

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE CIVIL**

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERO CIVIL**

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE**

**PARA SUELOS DE TIPO LIMO ARENOSO”**

**NOMBRES**

**KATYA GABRIELA ORTEGA CALLE**

**LUIS ENRIQUE VILLAFUERTE BERMÚDEZ**

**DIRECTOR: ING. WILSON CANDO**

**QUITO, 2015**

## DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto de disertación a todas las personas que me brindaron su cariño y amor incondicional, y me enseñaron que con esfuerzo y sacrificio los sueños se pueden hacer realidad.

A mis abuelitos, por motivarme a seguir en los momentos más difíciles y por ser quienes siempre me han ofrecido su más grande amor.

A mis padres, por ser mis guías y mi mejor ejemplo a seguir, me enseñaron que con amor, sinceridad y respeto puedo lograr mis más grandes ideales.

A mis hermanos por darme su cariño y llenarme de momentos de felicidad.

A mi enamorado Marquito Endara, por tener siempre una palabra de aliento que me ayudaba a continuar, ser incondicional conmigo y apoyarme en cada instante de mi vida.

*Gaby Ortega*

Dedico esta disertación de grado a Dios y a mi Madre Dolorosa, por darme la sabiduría y la perseverancia para llevarla a cabo.

A mi papi Fernando y mi mami Alicia por siempre apoyarme en todo momento de mi vida, por ser la base de todo lo que soy, y por todo su amor.

A mis hermanos Daniel y Andrés por enseñarme el valor de la constancia y la disciplina para conseguir cualquier objetivo que me proponga.

Finalmente dedico este trabajo a mis tías, Luisita, Paty y Glory, que como mis segundas madres me han brindado su amor incondicional y han sido un soporte en los momentos más difíciles de mi familia.

Luis Enrique Villafuerte B

## AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento en primer lugar a Dios por darme cada día una oportunidad para seguir adelante, por todo lo que tengo y lo que soy, dándome su ayuda cuando más lo necesito.

Mis sinceras gracias a mis padres por dar todo de ellos para que nunca me falte nada, y ser la luz en mi vida y a mis abuelitos por ser quienes me apoyaron desde el primero momento en la decisión de seguir esta carrera en especial a mi Abuelito Abdón, muchas gracias por demostrarme que todo lo que me proponga lo voy a lograr.

De igual manera a mis hermanos, tíos, primos y familiares en general, que con la mayor voluntad me ayudaron siempre con lo que necesité.

A mi Marquito Endara por ser mi fuerza y mi apoyo en los momentos más difíciles, por ser un compañero más de tesis, por toda tú ayuda en esta disertación y en mi carrera. Gracias mi amor.

Me complace de sobre manera a través de esta disertación exteriorizar mi más sincero agradecimiento a mi director Ing. Wilson Cando, quien con su constante apoyo y su confianza en nosotros ha permitido que este proyecto se lleve a cabo, brindándonos su experiencia y su amistad, de todo corazón muchas gracias.

A nuestro corrector Ing. Gustavo Yáñez, por ser más que un maestro, un guía, de quien recibimos siempre un consejo sincero, la paciencia para atendernos y explicarnos cualquier duda, reciba siempre mi mayor cariño, respeto y gratitud.

A nuestro corrector Ing. Jorge Buchelli, por su entera confianza y su buena disposición para ayudarnos y sobre todo por su apoyo durante toda la disertación.

A mi querido compañerito de tesis Luis Enrique Villafuerte por incentivar me a realizar este tema de disertación, y brindarme su amistad sincera e infinita, gracias de todo corazón amigo comenzamos y terminaremos juntos.

Finalmente a mis amigos y amigas, sin ustedes esta aventura no hubiera sido la misma, gracias porque nunca faltó una sonrisa, ni una mano de ayuda cuando más lo necesitaba.

*Gaby Ortega*

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más grande agradecimiento al Ing. Wilson Cando, director de este trabajo, por toda la preocupación para que esta disertación sea culminada con éxito, por el conocimiento y la paciencia brindada en las aulas y fuera de ellas. De la misma forma agradezco al Ing. Gustavo Yáñez por guiarnos cuando no teníamos ni idea que hacer, gracias por todo el tiempo brindado para aclarar nuestras dudas con el fin de que realicemos un excelente trabajo. Al Ing. Jorge Buchelli, mi gratitud por en todo momento incentivar que esta disertación sea efectuada, deseando que sea realizada de la mejor manera.

Igualmente quiero agradecer a todas las personas que con su amistad sincera y buenos deseos permitieron que esta disertación pueda ser terminada. A Gaby por ser una excelente compañera y amiga que supo con mucha disciplina y nobleza acompañarme en la realización de este trabajo .A Marco por ser mi suplente cuando por cuestiones de la Universidad no me alcanzaba el tiempo. A Marquiño, por sus valiosas contribuciones aportadas.

Un especial agradecimiento a todos mis amigos que hicieron que llegar a la meta fuera muy divertido y gratificante, a mi primo Alex y David, al par de Carlitos, Angelita, Joan, karlita, Patito, Alexis, Indira.

Finalmente, a todos mis profesores que supieron educarme con tanto cariño y desinterés. Al Ing. Nachito y al Ing. Pato Torres por enseñarme a amar mi profesión.

Luis Enrique Villafuerte B

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>iv</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS .....</b>	<b>v</b>
<b>INDICE DE TABLAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>INDICE FIGURAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>INDICE DE FOTOS.....</b>	<b>xiii</b>
<b>INDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>xv</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xvii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xviii</b>
<b>CAPITULO I INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES .....</b>	<b>1</b>
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2 INTRODUCCIÓN .....	1
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.4 OBJETIVOS:.....	4
1.4.1 OBJETIVO GENERAL:.....	4
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	4
1.5 METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	5
1.6 CARACTERÍSTICAS GENERALES .....	6
1.7. MARCO TEÓRICO .....	7
1.7.1. Pavimentos .....	7
1.7.1.1. Definición .....	7
1.7.1.2. Características de los pavimentos .....	7
1.7.1.3 Clasificación de pavimentos .....	9
1.7.1.4 Elementos estructurales de los diferentes tipos de pavimento....	10
1.7.1.5. Corte típico y diagrama de distribución de esfuerzos de los diferentes tipos de pavimento .....	13
1.7.1.6. Variables que afectan el diseño, la construcción y el comportamiento de los pavimentos. ....	14
1.8. DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES AASHTO-93 .....	14
<b>CAPITULO II PARÁMETROS DE DISEÑO .....</b>	<b>19</b>
2.1 CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R) .....	19
2.2. Penetrómetro Dinámico de Cono D.C.P.....	22
2.3 Parámetros de Diseño de Pavimentó Flexible .....	24
2.4. Ecuación para calcular el pavimento flexible:.....	25
2.5. CARGAS DE TRÁNSITO .....	26
2.6. NIVEL DE CONFIANZA (R).....	34
2.7. DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL DEL PAVIMENTO (So). 35	
2.8. DESVIACIÓN NORMAL DEL PAVIMENTO (ZR).....	35

2.9. FACTOR DE SEGURIDAD AASHTO.....	36
2.10. PERIODO DE VIDA O SERVICIALIDAD DEL PAVIMENTO. .	37
2.11. PERIODO DE DISEÑO DE LA VÍA .....	38
2.12. FACTOR DE CARGA EQUIVALENTE:.....	39
2.13.MÓDULO RESILIENTE .....	40
2.14. NÚMERO ESTRUCTURAL .....	40
2.15. COEFICIENTES DE DRENAJE .....	43
2.16. CONDICIONES DE BASE Y SUBBASE GRANULAR .....	44
2.17 DETERMINACIÓN DE LOS ESPESORES DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE .....	45
<b>CAPITULO III ENSAYOS DE LABORATORIO Y DE CAMPO .</b>	<b>47</b>
3.1. ENSAYOS DE LABORATORIO .....	47
3.1.1. OBTENCIÓN DEL MATERIAL .....	48
3.1.2. PREPARACIÓN DEL MATERIAL .....	48
3.1.3. HUMEDAD NATURAL.....	49
3.1.4. GRANULOMETRÍA .....	51
3.1.5. LIMITES DE CONSISTENCIA.....	57
3.1.5.1. LÍMITE LÍQUIDO .....	58
3.1.5.2 LÍMITE PLÁSTICO .....	64
3.1.6. CLASIFICACIÓN DE SUELOS.....	68
3.1.6.1. SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS “UNIFIED SOIL CLASSIFICATION SYSTEM” .....	68
3.1.6.2. SISTEMA DE LA “AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO).....	78
3.1.7. COMPACTACIÓN DE SUELOS.....	81
3.1.8 C.B.R CALIFORNIA BEARING RATIO .....	92
3.2. ENSAYOS DE CAMPO .....	109
3.2.1. CBR IN SITU .....	109
3.3 ENSAYO C.B.R. IN SITU POR MÉTODO DEL DCP (CONO DE PENETRACIÓN DINÁMICA) .....	121
<b>CAPITULO IV RESULTADOS .....</b>	<b>127</b>
4.1. Ubicación de los ensayos: .....	127
4.2. Hoja de Cálculo de Clasificación de suelos y Granulometría: .	128
4.3. Cuadro de Resumen de clasificación de suelos y granulometría .....	131
4.4. Hoja de Cálculo de Compactación Próctor Modificado: .....	131
4.5. Cuadro de Resumen de Compactación Próctor Modificado: ..	133
4.6. Hoja de Cálculo de CBR de laboratorio.....	134
4.7. Cuadro de Resumen de CBR de Laboratorio:.....	137
4.8. Cuadro de Resumen de Humedad Natural In- Situ .....	138
4.9. Hoja de Cálculo de CBR In-situ .....	139
4.10. Cuadro de Resumen de CBR In-situ. ....	140

4.11. Hoja de Cálculo de CBR mediante D.C.P .....	141
4.12. Cuadro de Resumen de DCP .....	142
4.13. Resumen Total de datos obtenidos .....	143
<b>CAPÍTULO V ANÁLISIS DE CORRELACIONES .....</b>	<b>144</b>
5.1. Análisis de Correlaciones .....	144
5.2. Análisis Estadístico .....	145
5.2.1. Media Aritmética.....	145
5.2.2. Mediana.....	147
5.2.3. Desviación Estándar.....	148
5.2.4. Análisis ANOVA de una entrada. ....	150
<b>CAPÍTULO VI DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO DE LA AASHTO 1993 .....</b>	<b>156</b>
6.1. DISEÑO CBR POR DCP .....	156
6.1.1. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO .....	156
6.1.2 PARÁMETROS DE DISEÑO.....	162
6.1.3 MÓDULOS RESILIENTES DE BASES, SUBBASES Y SUBRASANTE .....	170
6.1.4 ESTUDIO DE LOS MATERIALES A EMPLEARSE .....	173
6.1.5 DETERMINACIÓN DE LOS ESPESORES DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE .....	179
6.1.6. DISEÑO CBR DE LABORATORIO .....	189
6.1.7. DISEÑO CBR IN SITU .....	192
6.1.8 RESUMEN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE.....	197
<b>CAPITULO VII EVALUACIÓN FINANCIERA .....</b>	<b>198</b>
7.1. Evaluación financiera de Ensayos de campo.....	198
7.2 Evaluación financiera del diseño estructural del diseño de pavimento. ....	203
<b>CAPÍTULO VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..</b>	<b>204</b>
8.1. CONCLUSIONES .....	204
8.2. RECOMENDACIONES.....	207
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>208</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>210</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Elementos estructurales de los pavimentos flexibles.....	10
Tabla 1.2. Elementos estructurales de los pavimentos rígidos.....	11
Tabla 1.3. Elementos estructurales de los pavimentos articulados .....	12
Tabla 1.4. Corte típico y diagrama de distribución de esfuerzos de los diferentes tipos de pavimento .....	13
Tabla 2.1. Valores de Carga Unitaria .....	20
Tabla 2.2. Clasificación de suelos para Infraestructura de Pavimentos.....	20
Tabla 2.4. Distribución vehicular por carriles .....	30
Tabla 2.5. Tipo de vehículos motorizados remolques y semirremolques .....	31
Tabla 2.6. Clasificación de carreteras en función del TPDA.....	33
Tabla 2.7. Niveles de confiabilidad de la vía .....	34
Tabla 2.8. Desviación Estándar Normal del Pavimento (So).....	35
Tabla 2.9. Desviación Normal del Pavimento.....	36
Tabla 2.10. Factor de Seguridad AASHTO .....	37
Tabla 2.11. Periodo de diseño de la vía .....	38
Tabla 2.12. Coeficientes estructurales para pavimento flexible.....	42
Tabla 2.13. Coeficientes de drenaje.....	44
Tabla 2.14. Espesores mínimos en función de los ejes equivalentes.....	46
Tabla 3. 1. Lista de ensayos de laboratorio.....	47
Tabla 3. 2. Lista de equipos para la obtención del material.....	50
Tabla 3. 3. Hoja de datos para el contenido de humedad .....	51
Tabla 3. 4. Lista de equipos para el ensayo de granulometría .....	52
Tabla 3.5. Hoja de datos de pesos retenidos en el suelo .....	57
Tabla 3. 6. Masa de suelo seco para ensayos de plasticidad .....	58
Tabla 3. 7. Lista de equipos para ensayo de límite líquido.....	59
Tabla 3.8. Hoja de datos de límite líquido .....	63
Tabla 3. 9. Lista de equipos para realizar el Límite plástico .....	64
Tabla 3. 10. Sistema Unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S) .....	69
Tabla 3. 11. Tamaño de tamices para clasificación de suelos .....	75
Tabla 3. 12. Cálculo de porcentaje de pesos retenidos del suelo.....	76
Tabla 3. 13. Cálculo de porcentaje de suelo que pasa por el tamiz 200.....	76
Tabla 3. 14. Clasificación de suelos de la AASHTO.....	79
Tabla 3. 15. Sistema de clasificación de suelos de la AASHTO.....	80
Tabla 3. 16. Condiciones Variables del Ensayo de Compactación Próctor .....	81
Tabla 3. 17. Lista de equipos para el Ensayo de compactación.....	82
.....	82
Tabla 3. 14. Tipos de compactación para Ensayo Próctor .....	85
Tabla 3.19. Hoja de cálculo ensayo de compactación .....	91
Tabla 3.20. Lista de equipo para CBR de laboratorio.....	93
Tabla 3.21. Determinación del CBR de acuerdo a los tipos de suelo .....	106
Tabla 3.22. Nomenclatura de los tipos de suelo .....	107
Tabla 3.23. Hoja de cálculo para ensayo de CBR.....	108
Tabla 3.24. Lista de materiales para CBR in-situ .....	111
Tabla 3.25. Hoja de cálculo para CBR in-situ.....	120
Tabla 3.26. Lista de equipos para DCP .....	122
Tabla 3.27. Hoja de datos del DCP.....	125

Tabla 3.28. Tabla de correlación de CBR vs Pendiente del DCP .....	126
Tabla 4.1. Ubicación georreferenciada del abscisado de la vía La Chimba- Cayambe. .....	128
Tabla 4.2. Cuadro de Resumen de clasificación de suelos y granulometría.....	131
Tabla 4.3. Cuadro de Resumen de Compactación Próctor Modificado .....	133
Tabla 4.4. Cuadro de Resumen de CBR de Laboratorio .....	137
Tabla 4.5. Cuadro de Resumen de Humedad Natural In- Situ .....	138
Tabla 4.6. Cuadro de Resumen de CBR In-situ .....	140
Tabla 4.7. Cuadro de Resumen de DCP.....	142
Tabla 4.8. Resumen Total de datos obtenidos.....	143
Tabla 5.1. Cuadro de media aritmética de los CBR .....	146
Tabla 5.2. Cuadro de mediana de los CBR.....	147
Tabla 5.3. Cuadro de desviación estándar de CBR de laboratorio .....	148
Tabla 5.4. Cuadro de desviación estándar de CBR in-situ.....	149
Tabla 5.5. Cuadro de desviación estándar de CBR por DCP .....	149
Tabla 5.6. Tabla de ANOVA de una entrada.....	151
Tabla 5.7. Cálculos para realizar tabla ANOVA .....	153
Tabla 5.8. Análisis ANOVA .....	153
Tabla 5.9. Valores F de la distribución F de Fisher .....	154
Tabla 6.1. Valores de CBR por DCP.....	156
Tabla 6.2. Valores de CBR por DCP ordenados de forma ascendente .....	157
Tabla 6.3. Resultado del conteo de vehículos.....	158
Tabla 6.4. Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).....	159
Tabla 6.5. Determinación del percentil de los valores de CBR por DCP .....	160
Tabla 6.6. Cuadros de diseño para pavimentos flexibles .....	162
Tabla 6.7. Valores recomendados para la Desviación Estándar (So).....	163
Tabla 6.8. Tasas de crecimiento de tráfico.....	165
Tabla 6. 9. Proyección del tráfico promedio diario anual (TPDA) .....	166
Tabla 6. 10. Tipos de vehículos motorizados remolques y semirremolques.....	167
Tabla 6.12. Factor de carga equivalente de 8.2 T .....	168
Tabla 6.13. Cálculo de factor de carga equivalente de 8.2 T para cada tipo de vehículo .....	169
Tabla 6.14. Parámetros de deiseño para calcular el número estructural (SN) (CBR por DCP) .....	171
Tabla 6.15. Coeficiente de capas de diseño estructural de pavimento flexible .....	174
Tabla 6.16. Valores recomendados de coeficientes de drenaje .....	174
Tabla 6.17. Espesores mínimos en función del número de ejes equivalentes N (8.2T) .....	182
Tabla 6.18. Parámetros de diseño para calcular el número estructural (SN1) (CBR por DCP) .....	186
Tabla 6.19. Características de los materiales a usarse en las diferentes capas (CBR por DCP) .....	187
Tabla 6.20. Determinación del percentil de los valores de CBR de laboratorio .....	189
Tabla 6.21. Parámetros de diseño para calcular el número estructural (SN1).....	191
Tabla 6.22. Características de los materiales a usarse en las diferentes capas (CBR de laboratorio) .....	192
Tabla 6.23. Determinación del percentil de los valores de (CBR in-situ) .....	193

Tabla 6.24. Parámetros de diseño para calcular el número estructural (SN1) (CBR in-situ).....	195
Tabla 6.25. Características de los materiales a usarse en las diferentes capas (CBR in-situ).....	196
Tabla 6.26. Resumen de diseño de estructura de pavimentos.....	197
Tabla 7.1. Costo de ensayos de laboratorio y campo para personas en general. .	198
Tabla 7.2. Costo de ensayos de laboratorio y campo para estudiantes .....	199
Tabla 7.3. Detalle de precios unitarios de la Subbase clase 2 .....	200
Tabla 7.4. Detalle de precios unitarios de la Base clase 3 .....	201
Tabla 7.5. Detalle de precios unitarios para asfalto diluido tipo 2.....	202
Tabla 7.6. Evaluación financiera de la estructura del pavimento flexible.....	203

## INDICE FIGURAS

Figura 1.1. Implantación del proyecto vial "La Chimba - Cayambe" .....	3
Figura 1.2. Clasificación de pavimentos.....	9
Fuente: Elaborado por Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, basados en: (Sandoval, 2010) .....	9
Figura 1.3. Variables que afectan el diseño, la construcción y el comportamiento de los pavimentos.....	14
Figura 1.4. Ubicación del Experimento Vial de la AASHO sobre la futura autopista interurbana I-80, de la red Interestadal de los Estados Unidos).....	17
Fuente: "Experimento vial de la AASHO y las Guías de diseños de la AASHTO ". Recuperado el 17 de enero del 2015, de <a href="https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/aashto-931.pdf">https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/aashto-931.pdf</a> .....	17
Figura 2.1. Curvas de carga unitaria vs penetración en pulgadas.....	22
Figura 2.2. Esquema de Penetrómetro Dinámico de cono (DCP) .....	23
Figura 2.3. Curva de penetración vs golpes acumulados.....	24
Figura 2.4. Comportamiento del pavimento flexible y rígido.....	25
Figura 2.5. Serviciabilidad del Pavimento .....	38
Figura 2.6. Nomograma de diseño para la obtención del SN .....	41
Figura 2.7. Cálculo de las Ecuaciones de AASHTO 1993 (2.0).....	41
Figura 2.8. Coeficiente estructural para carpeta asfáltica.....	43
Figura 2.9. Coeficientes estructurales para base y subbase .....	44
Figura 2.10. Representación del SN1 de la carpeta Asfáltica .....	45
Figura 2.11. Representación del SN2 de la carpeta Asfáltica .....	46
Figura 3. 1. Curva Granulométrica po la serie de tamices.....	69
Figura 3. 2. Tabla de plasticidad .....	70
Figura 3. 3. Tabla de clasificación de suelos según norma ASTM .....	71
Figura 3. 4. Diagrama de flujo para clasificación de suelo de grano grueso norma ASTM .....	72
Figura 3. 5. Diagrama de flujo para clasificar suelos de grano fino norma ASTM ....	73
Figura 3. 6. Diagrama de flujo para clasificar suelos orgánicos de grano fino Norma ASTM .....	74
Figura 3.7. Curva carga - penetración.....	105
Figura 3.8 Corrección de la curva de CBR.....	106
Figura 3.9. Esquema del Cono Dinámico de Penetración .....	122
Figura 4.1. Hoja de Cálculo de Límites de Atterberg del Km 11+500 .....	129
Figura 4.2. Hoja de Cálculo de Clasificación de suelos y Granulometría del Km 11+500 .....	130
Figura 4.3. Hoja de Cálculo de Compactación Próctor Modificado.....	132
Figura 4.4. Hoja de Cálculo de CBR de laboratorio.....	135
Figura 4.5. Curvas de CBR de laboratorio .....	136
Figura 4.6. Hoja de Cálculo de CBR In-situ.....	139
Figura 4.7. Hoja de Cálculo de CBR mediante D.C.P .....	141
Figura 5.1. Gráfica CBR laboratorio vs pendiente del DCP .....	145
Figura 5.2. Curva de aceptación o rechazo de la muestra .....	155
Figura 6.1. Gráfica Frecuencia vs Valores de CBR para determinar el percentil 85 .....	161
Figura 6.2. Trazado de la vía La Chimba – Cayambe de 15 Km de longitud.....	162

Figura 6.3. Distribución de contadores por sentido de la vía .....	164
Figura 6.4. Cuadro de diseño para pavimentos flexibles para la obtención del número estructural (SN) .....	172
Figura 6.5. Cálculo de SN1 mediante programa. ....	173
Figura 6.6. Coeficiente Estructural para Carpeta Asfáltica (plg.) .....	175
Figura 6.7. Coeficientes Capa “a <sub>2</sub> ”, Bases Granulares.....	176
Figura 6.8. Coeficientes Capa “a <sub>3</sub> ”, Subbases Granulares .....	178
Figura 6.9. Determinación de SN1 .....	179
Figura 6.10. Cálculo de SN1 mediante programa. ....	180
Figura 6.11. Valor de SN1 calculado.....	180
Figura 6.12. Valor de SN1 corregido.....	181
Figura 6.13. Determinación de SN2.....	182
Figura 6.14. Cálculo de SN2 mediante programa. ....	183
Figura 6.15. Determinación de SN2 mediante programa .....	183
Figura 6.16. Determinación de SN3.....	184
Figura 6.17. Cálculo de SN3 mediante programa. ....	185
Figura 6.18. Determinación de SN3 mediante programa .....	185
Figura 6.19. Cálculo de SN1 mediante programa. ....	187
Figura 6.20. Diseño estructural del pavimento flexible usando el valor de CBR por DCP .....	188
Figura 6.21. Gráfica Frecuencia vs Valores de CBR de laboratorio para determinar el percentil 85.....	190
Figura 6.22. Cálculo de SN1 mediante programa. ....	191
Figura 6.23. Diseño estructural del pavimento flexible usando el valor de CBR de laboratorio.....	192
Figura 6.24. Gráfica Frecuencia vs Valores de CBR in-situ para determinar el percentil 85 .....	194
Figura 6.25. Cálculo de SN1 mediante programa (CBR in-situ). ....	195
Figura 6.26. Diseño estructural del pavimento flexible usando el valor de CBR in-situ. ....	196

## INDICE DE FOTOS

Foto 3. 1. Secado del material .....	49
Foto 3. 2. Balanza encerada .....	53
Foto 3. 3. Lavado del material.....	53
Foto 3. 4. Colocación de material en el recipiente para el secado .....	54
Foto 3. 5. Secado del material en el horno.....	55
Foto 3. 6. Balanza con los pesos retenidos del material .....	55
Foto 3. 7. Peso acumulado de los pesos retenidos.....	56
Foto 3. 8. Tamizado del material por la malla #40.....	60
Foto 3.9. Mezcla del material con espátula .....	60
Foto 3. 10. Máquina de Casagrande.....	61
Foto 3. 11. Corte con acanalador.....	61
Foto 3. 12. Suelo después de que la ranura se ha cerrado en la copa de Casagrande .....	62
Foto 3. 13. Colocación de muestras en el horno .....	62
Foto 3. 14. Tamizado de material por límite plástico .....	65
Foto 3. 15. Mezcla del suelo para ensayo de límite plástico .....	65
Foto 3. 16. Rollos de suelo de 3.2mm aproximadamente .....	66
Foto 3. 17. Pesado de los rollos en la balanza.....	67
Foto 3. 18. Muestras en el horno .....	67
Foto 3.19. Recolección y tamizado del material.....	83
Foto 3. 20. Secado del suelo en cajonetas .....	83
Foto 3. 21. Peso del material en la balanza .....	84
Foto 3. 22. Probeta en mL .....	84
Foto 3. 23. Peso del molde para el Ensayo Próctor Modificado .....	85
Foto 3. 24. Molde con la primera capa del suelo compactado .....	86
Foto 3. 25. Compactación del suelo con el martillo .....	86
Foto 3. 26. Remoción del suelo sobrante.....	87
Foto 3. 29. Enrazado del material .....	87
Foto 3. 30. Molde con el suelo pesado .....	88
Foto 3.29. Recolección del Material e funda plástica .....	93
Foto 3. 30. Peso del material en la balanza .....	94
Foto 3.31. Cálculo de la humedad óptima.....	94
Foto 3.32. Moldes para colocar contenidos de humedad .....	95
Foto 3.33. Pesado de molde en la balanza .....	95
Foto 3.34. Molde con suelo compactado .....	96
Foto 3.35. Compactación con martillo para ensayo próctor modificado .....	96
Foto 3.36. Remoción del anillo.....	97
Foto 3.37. Enrazado del material .....	97
Foto 3.38. Colocación del filtro en el molde .....	98
Foto 3.40. Colocación de la base del molde .....	98
Foto 3.41. Pesado del molde con material.....	99
Foto 3.42. Medición de los moldes sumergidos .....	99
Foto 3.43. Medición inicial del deformímetro.....	100
Foto 3.44. Medición de los molde sumergido es agua .....	100
Foto 3.45. Escurrimiento de agua de los moldes .....	101
Foto 3.46. Colocación de pesas en el molde .....	101

Foto 3.48. Realización del ensayo CBR de laboratorio .....	103
Foto 3.49. Desprendimiento de material para contenido de humedad .....	103
Foto 3.50. Equipo para realizar CBR in-situ .....	110
Foto 3.51. Ubicación del proyecto de la vía La Chimba - Cayambe .....	112
Foto 3.52. Recolección del material .....	112
Foto 3.53. Excavación de la calicata.....	113
Foto 3.54. Viga de acople colocada al camión.....	113
Foto 3.55. Alineación del camión en el lugar del ensayo.....	114
Foto 3.56. Pesas y gato hidráulico sosteniendo la viga de acople .....	114
Foto 3.57. Nivelación de la manivela para CBR in-situ .....	115
Foto 3.58. Colocación del anillo de carga .....	115
Foto 3.59. Colocación de las pesas en la base del pistón.....	116
Foto 3.60. Colocación del vástago.....	116
Foto 3.61. Alineación entre vástago y anillo de carga .....	116
Foto 3.62. Ubicación del deformímetro .....	117
Foto 3.63. Encerado del deformímetro.....	117
Foto 3.64. Realización del ensayo CBR in-situ .....	118
Foto 3.65. Superficie del suelo donde se va a realizar el ensayo .....	123
Foto 3.66. Equipo del Cono Dinámico de Penetración.....	123
Foto 3.67. Realización del ensayo del DCP .....	124

## INDICE DE ECUACIONES

(Ec.2.1).....	19
(Ec.2.2).....	25
(Ec.2.3).....	28
(Ec.2.4).....	29
(Ec.2.5).....	29
(Ec.2.6).....	29
(Ec.2.7).....	29
(Ec.2.8).....	29
(Ec.2.9).....	32
(Ec.2.10).....	36
(Ec.2.11).....	39
(Ec.2.12).....	39
(Ec.2.13).....	39
(Ec.2.14).....	39
(Ec.2.15).....	39
(Ec.2.16).....	39
(Ec.2.17).....	40
(Ec.2.18).....	40
(Ec.2.19).....	40
(Ec.2.20).....	45
(Ec.2.21).....	46
(Ec.2.22).....	46
(Ec.3. 1).....	51
(E.c 3.2).....	56
(E.c 3.3).....	75
(E.c 3.4).....	76
(Ec.3.5).....	77
(Ec.3.6).....	77
(Ec.3.7).....	77
(Ec.3.8).....	77
(Ec.3.9).....	77
(Ec.3.1).....	88
(Ec.3.10).....	88
(Ec.3.11).....	88
(Ec.3.12).....	89
(Ec.3.13).....	89
(Ec.3.14).....	89
(Ec.3.15).....	89
(Ec.3.16).....	89
(Ec.3.17).....	90
(Ec.3.1).....	104
(Ec.3.10).....	104
(Ec.3.18).....	104
(Ec.3.12).....	104

(Ec.3.13).....	104
(Ec.3.12).....	104
(Ec.3.13).....	104
(Ec.3.19).....	126
(Ec.3.20).....	126
(Ec. 5.1).....	151
(Ec. 5.2).....	152
(Ec. 5.3).....	152
(Ec. 6.1).....	169
(Ec. 6.2).....	170
(Ec. 6.3).....	170
(Ec. 6.4).....	181
(Ec. 6.5).....	181
(Ec. 6.6).....	184
(Ec. 6.7).....	184
(Ec. 6.8).....	186
(Ec. 6.9).....	186
(Ec. 6.10).....	188
(Ec. 6.10).....	192
(Ec. 6.10).....	196

## RESUMEN

El presente documento expone realizar una evaluación estructural y económica del pavimento flexible de la Vía La Chimba- Cayambe de 15km de longitud, con el fin de obtener un diseño óptimo de la estructura del pavimento, determinando el espesor de la base, subbase y carpeta asfáltica.

Se empezará con el estudio de la subrasante, mediante ensayos tanto en campo; CBR in situ y CBR por medio del Cono de Penetración Dinámica DCP, como de laboratorio; CBR de laboratorio, basados en las Normas ASTM (D1883, D4429, D6951).

Posteriormente, se buscará establecer una posible correlación, comparando los resultados de los diferentes valores de CBR obtenidos, y se realizará un análisis estadístico con el objeto de observar la dispersión de los resultados.

Finalmente, se realizará el diseño estructural del pavimento flexible, mediante el Método de diseño de la Norma AASHTO -93 y se efectuará la evaluación económica del mismo.

## **ABSTRACT**

The present document presents a structural and economic evaluation of flexible pavement of Via La Chimba- Cayambe which is 15 km length. The aim of this study is to obtain an optimal design of the pavement structure by determining the thickness of the base, subbase and asphalt.

In the first part of the document the subgrade is closely studied by different methods, field trials CBR in situ, CBR through the Dynamic Cone Penetration DCP and CBR of laboratory, everything based on the ASTM (D1883, D4429, D6951) Standards.

Secondly, a possible correlation between the methods is established by comparing the results of different CBR values obtained. Additionally, a statistical analysis is made in order to distinguish the dispersion between the tests results.

Then a structural design of the flexible pavement is made through the AASHTO Standard design -93 method, to finally make an economic evaluation of the design appliance.

# **CAPITULO I INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES**

## **1.1. ANTECEDENTES**

Uno de los aspectos de mayor importancia en la construcción de una carretera es tomar en cuenta sus condiciones de fundación, debido que al tener una información clara del tipo de suelo, las condiciones climáticas y a su vez teniendo en consideración el nivel posible de tráfico al cual va a ser expuesta, se puede diseñar de manera óptima una carretera brindando no solamente durabilidad sino también seguridad al usuario.

De esta manera con la ejecución de los ensayos de laboratorio CBR in- situ, D.C.P y CBR de laboratorio se podrán obtener los datos necesarios para realizar los estudios pertinentes para la evaluación estructural de pavimento, la cual será un factor decisivo para evitar los desplazamientos y asentamientos producidos por los efectos de la consolidación.

## **1.2 INTRODUCCIÓN**

Con el crecimiento poblacional al que se ha visto afectado nuestro país en estos últimos años, nos encontramos ante la necesidad fundamental de constituir nuevas rutas de conexión vial que permitan la comunicación entre los ciudadanos, mejorando la calidad de vida en la población e incentivando actividades como el comercio.

Por lo tanto se puede decir que un diseño estructural óptimo del pavimento analizando debidamente su base de fundación nos ayudará circunstancialmente en el desempeño de la carretera, logrando reducir costos al prolongar el tiempo de mantenimiento y su vida útil.

Para esto es necesario definir ciertas variables en la carretera, como el tipo de modelo estructural, la estimación del tránsito, la determinación de la resistencia de la subrasante y realización de una evaluación estructural del pavimento flexible.

Los parámetros mencionados nos permitirán analizar el entorno en el que se encuentra el proyecto y nos brindará alternativas factibles en el momento de tomar una decisión acertada en cuanto a la metodología de construcción a seguir.

Permitiendo así que futuras generaciones obtengan este proyecto como guía de trabajo para sectores con características similares al sitio que para el caso lleva el nombre de “La Chimba – Cayambe” en donde se realizará dicha evaluación y está ubicado en el Cantón Cayambe de la Provincia de Pichincha, como se muestra en el gráfico:

**Figura 1.1. Implantación del proyecto vial "La Chimba - Cayambe"**



Fuente: DIRECCIÓN GESTIÓN DE VIALIDAD, Gobierno de la provincia de Pichincha, Términos de referencia "ESTUDIOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DEL PROYECTO: LA CHIMBA – CAYAMBE, CANTÓN CAYAMBE" Febrero del 2014.

### 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proyecto de disertación pretende establecer una evaluación económica de los resultados de los diseños estructurales de pavimentos flexibles realizados para cada uno de los ensayos: CBR in situ, CBR de laboratorio, DCP y de igual manera si hubiese una correlación entre ellos, poder con estos resultados determinar aquel que resulte más económico para la carretera La Chimba-Cayambe de suelo en su mayoría limo arenoso.

## **1.4 OBJETIVOS:**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL:**

Realizar una evaluación financiera de los diferentes diseños estructurales de un pavimento flexible partiendo de los datos del CBR obtenidos de cada una de las metodologías de obtención; CBR in- situ, DCP, y CBR de laboratorio y finalmente del nuevo CBR derivado de las correlaciones (si existiera dicha correlación), para la vía La Chimba- Cayambe de 15 km de longitud, la cual se encuentra consolidada y cuyo suelo es de tipo limo arenoso principalmente.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Diseñar la estructura del pavimento flexible con cada uno de los resultados obtenidos por las tres diferentes metodologías las propuestas, junto con el nuevo resultado de la correlación realizada.
- Establecer una correlación entre los resultados de los ensayos de CBR y DCP realizados para facilitar el diseño de la subrasante en la carretera con suelos tipo limo arenoso.
- Determinar el diseño más eficiente de la estructura del pavimento flexible para suelos tipo limo arenosos de la vía La Chimba – Cayambe de 15 km de longitud y de esta manera aplicar el diseño del pavimento en la misma.
- Desarrollar una fuente de información referente a los estudios de correlación del CBR y el DCP que sirva como guía para el diseño de pavimentos en suelos tipo limo arenoso.

- Ampliar el uso del DCP en la evaluación de las carreteras con suelos tipo limo arenoso por medio de las correlaciones realizadas con el CBR in – situ y de laboratorio.

## 1.5 METODOLOGÍA DE TRABAJO

En la presente disertación se usará una metodología mediante consulta bibliográfica, consulta virtual y uso de laboratorio, trabajos de campo para la obtención de muestras representativas que nos permitan la evaluación financiera y estructural del pavimento flexible diseñado bajo las normas AASHTO (1993), de una carretera con suelo tipo limo- arenoso partiendo de los datos del CBR obtenidos de cada una de las metodologías de obtención; CBR in situ (ASTM D4429 – 09a) , Cono Penetrómetro Dinámico DCP (ASTM-D6951 – 03) y CBR de laboratorio (ASTM D1883 – 07<sup>e2</sup>) y del nuevo CBR derivado de las correlaciones realizadas.

Para la evaluación estructural del pavimento flexible se usará las siguientes metodologías:

1. Diseño de pavimento flexible usando los valores obtenidos del CBR de campo (in situ), que consiste en el uso de un camión con un peso normado y un gato que transmite la carga al suelo para obtener el CBR.
2. Diseño de pavimento flexible usando el penetrómetro dinámico de cono (DCP), que consiste en el conteo del número de golpes para un determinado espesor dejando caer una pesa de 8 kg, a una altura de

575 mm, con el fin de generar una curva, cuya pendiente mediante correlaciones, permite la obtención del CBR.

3. Diseño de pavimento flexible usando los datos del CBR obtenidos en laboratorio.
4. Diseño de pavimento flexible usando el nuevo CBR derivado de las correlaciones realizadas entre los datos de CBR obtenidos por las 3 metodologías precedentes.

Ya que los valores de los módulos resilientes (MR) de las diferentes capas del pavimento flexibles dependen del CBR. Y que los valores de los MR son los que determinan el número estructural (SN) que finalmente es el que establece el espesor a emplearse en cada capa del pavimento flexible, es conveniente partir de las metodologías antes mencionadas

El tipo de evaluación estructural del pavimento flexible se lo realizará obteniendo los diferentes espesores definitivos de las capas de subbase, base y carpeta asfáltica de los diseños antes mencionados y comparándolos entre sí para determinar el diseño estructural más eficiente.

## **1.6 CARACTERÍSTICAS GENERALES**

- La vía de 15 km de longitud.
- Ancho promedio de 10m
- La superficie de rodadura es subrasante

- Sección: 7.20 metros de calzada.
- Cunetas de 1m a cada lado de la calzada.
- Tipo de capa de rodadura propuesta: Asfalto en caliente

## **1.7. MARCO TEÓRICO**

### **1.7.1. Pavimentos**

#### **1.7.1.1. Definición**

Según la literatura (Montejo Fonseca, 2008, 1) un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito que le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento.

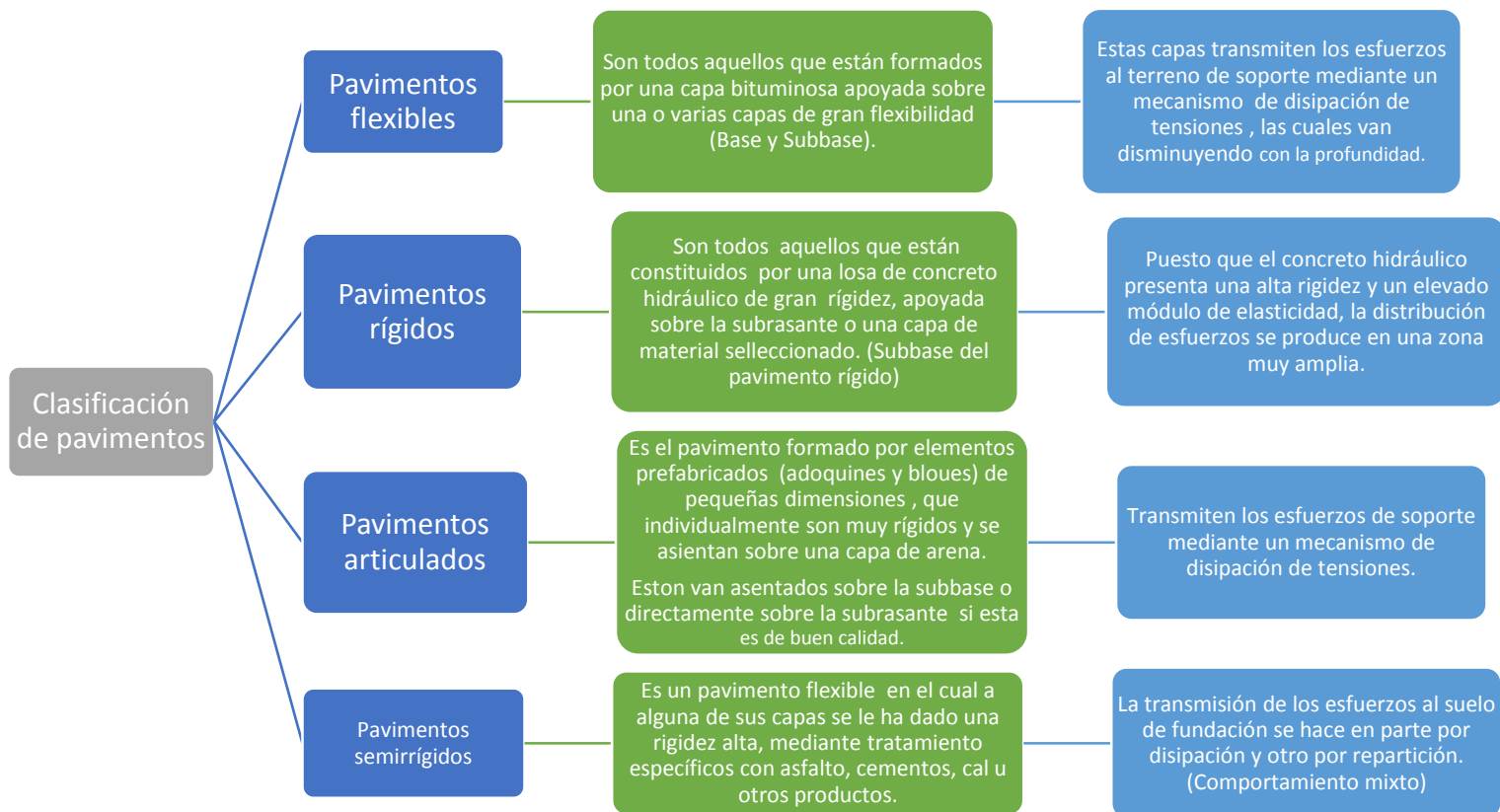
#### **1.7.1.2. Características de los pavimentos**

Higuera Sandoval (2010: 15) sostiene que para que un pavimento cumpla a cabalidad su función de transmitir al suelo de apoyo, esfuerzos y deformaciones, que no involucren su integridad estructural y proporcione al usuario vial una circulación de los vehículos con rapidez, comodidad, seguridad y economía debe tener las siguientes características:

1. Resistir la acción causada por el tránsito.
2. Ser durable.
3. Resistir los agentes ambientales externos.
4. Tener condiciones adecuadas respecto al drenaje.
5. Poseer una textura adecuada para el rodamiento cuya fricción se tal que evite el deslizamiento y a la vez tenga una resistencia tal que no se vea afectado por el efecto abrasivo de las llantas.
6. Ser económico.
7. Tener el color adecuado con el fin de evitar reflejos y deslumbramientos.

### 1.7.1.3 Clasificación de pavimentos

Figura 1.2. Clasificación de pavimentos



Fuente: Elaborado por Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, basados en: (Sandoval, 2010)

### 1.7.1.4 Elementos estructurales de los diferentes tipos de pavimento.

**Tabla 1.1. Elementos estructurales de los pavimentos flexibles.**

ELEMENTO	TIPOS	FUNCIONES	MATERIALES BASICOS DE CONSTRUCCIÓN
Subrasante	1. Según sección * Subrasante en corte * Subrasante en terraplén * Subrasante mixta 2. Según el material * Subrasante en roca * Subrasante en suelo arenoso * Subrasante en suelo limoso * Subrasante en suelo plástico	Servir de fundación al pavimento	*Roca *Suelos *Agua
Bases y Subbases	1. Bases granulares simples * Gradación abierta * Gradación densa * Gradación intermedia * Uniforme 2. Bases de suelo estabilizada * Suelo - cemento * Suelo - cal * Suelo - asfalto * Suelo - Aditivos químicos 3. Bases asfálticas * Granular estabilizada con asfalto * Macadam asfáltico * Concreto asfáltico	Función económica capa de transición Disminución de deformaciones Resistencia Drenaje Amortiguar cambios de volumen de la subrasante Facilitar la contrucción Servir de rodadura provisional	*Agregados *Agua *Suelo *Cemento *Asfalto *Otros
Riego de Imprimación	1. Imprimación	Ligar Impermeabilizar	*Asfalto líquido *Emulsiones asfálticas
Carpeta Asfáltica	1. Tratamientos Superficiales * Simple * Doble * Triple * Cuádruple 2. Macadam asfáltico 3. Concreto asfáltico * Mezcla en la vía * Mezcla en planta en frío o en caliente * Macadam asfáltico * Concreto asfáltico	Proveer una superficie de rodadura suave, segura y cómoda Impermeabilizar la estructura Mejorar la capacidad estructural - resistencia Limpieza	*Agregados *Asfalto *Otros

Fuente: FERNÁNDEZ ORDOÑEZ, Hernán Otoniel. Conferencia de pavimentos. Universidad del Cauca. Popayán, 1985. P. 10.

**Tabla 1.2. Elementos estructurales de los pavimentos rígidos**

ELEMENTO	TIPOS	FUNCIONES	MATERIALES BASICOS DE CONSTRUCCIÓN
Subrasante	1. Según sección *Subrasante en corte *Subrasante en terraplén *Subrasante mixta 2. Según el material *Subrasante en roca *Subrasante en suelo arenoso *Subrasante en suelo limoso *Subrasante en suelo plástico	Servir de fundación al pavimento	*Roca *Suelos *Agua
Bases y Subbases	1. Bases granulares simples *Gradación abierta *Gradación densa *Gradación intermedia *Uniforme 2. Bases de suelo estabilizada *Suelo- cemento *Suelo - cal *Suelo - asfalto *Suelo- Aditivos químicos 3. Bases asfálticas	Capa de transición Dar capacidad al pavimento Amortiguar cambios de volumen de la subrasante Facilitar la constucción Servir de rodadura provisional Prevenir el fenómeno de bombeo	*Agregados *Agua *Suelo *Cemento *Asfalto *Otros
Elementos Antifriccionantes	Riesgos asfálticos Tela de polietileno Otros	Reducir fricción entre la base y la losa	*Asfalto *Polietileno *Otros
Losa	*De concreto simple *De concreto reforzado *De concreto preesforzado	Resistencia estructural Superficie de rodadura Impermeabilización	*Concreto *Acero de refuerzo
Juntas	1. Según su función * De contrucción - Contracción *De expansión y alabeo 2. Según su posición *Longitudinal *Transversal 3. Según su forma *Al tope, caras planas *Con luz 4.Según refuerzo *Sin pasadores *Con pasadores (transferencia)	Facilitar la constucción Controlar el Agrietamiento por expansión, contracción o alabeo de las cosas.	*Llenante *Sellantes *Acero

Fuente: FERNÁNDEZ ORDÓÑEZ, Hernán Otoniel. Conferencias de pavimentos. Universidad del Cauca. Popayán, 1985. P. 11.



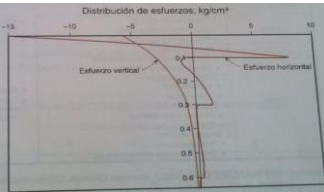

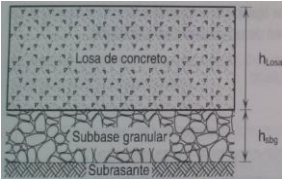
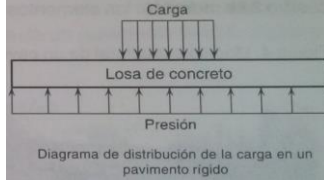

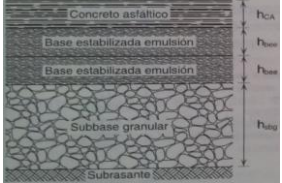
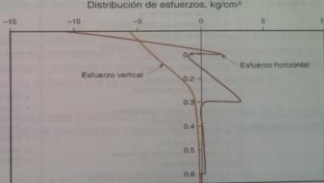

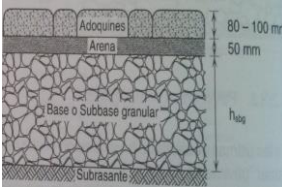
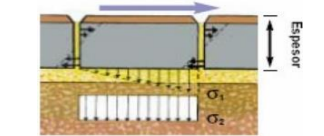
**Tabla 1.3. Elementos estructurales de los pavimentos articulados**

ELEMENTO	TIPOS	FUNCIONES	MATERIALES BASICOS DE CONSTRUCCIÓN
Subrasante	1. Según sección * Subrasante en corte * Subrasante en terraplén * Subrasante mixta 2. Según el material * Subrasante en roca * Subrasante en suelo arenoso * Subrasante en suelo limoso * Subrasante en suelo plástico	Servir de fundación al pavimento	*Roca *Suelos *Agua
Bases y/o Subbases	1. Bases granulares simples * Gradación abierta * Gradación densa * Gradación intermedia * Uniforme 2. Bases de suelo estabilizada * Suelo- cemento * Suelo - cal * Suelo - asfalto * Suelo- Aditivos químicos 3. Bases asfálticas * Granular estabilizada con asfalto * Macadam asfáltico * Concreto asfáltico	Dar capacidad al pavimento Amortiguar cambios de volumen de la subrasante Facilitar el drenaje Facilitar la construcción Servir de rodadura provisional Prevenir el bombeo	*Agregados *Agua *Suelo *Cemento *Asfalto *Otros
Elementos de superficie	1. Bloque en piedra 2. Bloque en madera 3. Bloque en ladrillo 4. Bloque de concreto 5. Bloque de otros materiales	Proveer una superficie suave y segura Mejorar la capacidad estructural Impermeabilizar Limpieza Ornato	*Piedra *Madera *Ladrillo *Concreto *Otros

Fuente: FERNÁNDEZ ORDÓÑEZ, Hernán Otoniel. Conferencias de pavimentos. Universidad del Cauca. Popayán, 1985. P. 12

### 1.7.1.5. Corte típico y diagrama de distribución de esfuerzos de los diferentes tipos de pavimento

Tabla 1.4. Corte típico y diagrama de distribución de esfuerzos de los diferentes tipos de pavimento

Pavimento	Fotografía	Corte típico	Diagrama de distribución de esfuerzos
Flexibles	 <p>Fuente: "Riesgo en el diseño de pavimentos flexibles para carretera". Recuperado el 16 de enero del 2015, de <a href="http://www.arqhys.com/arquitectura/riesgo-diseno-">http://www.arqhys.com/arquitectura/riesgo-diseno-</a></p>		
Rígidos	 <p>Fuente: "Pavimento rígido". Recuperado el 16 de enero del 2015, de <a href="http://www.arkiplus.com/pavimento-rigido">http://www.arkiplus.com/pavimento-rigido</a></p>		
Semirrígido	 <p>Fuente: "Pavimentos semirrígidos" (2009). Recuperado el 16 de enero del 2015, de <a href="https://pavimentosestructurales.wordpress.com">https://pavimentosestructurales.wordpress.com</a></p>		
Articulados	 <p>Fuente: "Pavimento articulado". Recuperado el 16 de enero del 2015, de <a href="http://www.arqhys.com/construccion/articulado-pavimento.html">http://www.arqhys.com/construccion/articulado-pavimento.html</a></p>		 <p>Fuente: "Modelo de distribución de esfuerzos y deflexiones para pavimentos articulados". Recuperado el 16 de enero del 2015, de <a href="https://prezi.com/gymtbttf1s5h/modelo-de-distribucion-de-esfuerzos-y-deflexiones-para-pavi/">https://prezi.com/gymtbttf1s5h/modelo-de-distribucion-de-esfuerzos-y-deflexiones-para-pavi/</a></p>

Fuente: Elaborado por Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte , basados en: (Higuera Sandoval, 2010)

### 1.7.1.6. Variables que afectan el diseño, la construcción y el comportamiento de los pavimentos.

Higuera Sandoval (2010: 24) menciona ciertas variables principales que deben ser tomadas en cuenta para el diseño estructural, la construcción y el comportamiento de los diferentes tipos de pavimento. En la figura 2. Se detalla las principales variables a considerarse.

**Figura 1.3. Variables que afectan el diseño, la construcción y el comportamiento de los pavimentos.**

Estructurales	El tránsito	Clima y condiciones regionales	Los Costos	Factores intrínsecos
<input type="checkbox"/> Terreno de fundación o subrasante <input type="checkbox"/> espesor adecuado condiciones mecánicas de cada capa y del conjunto	<input type="checkbox"/> Tipo de vehículo <input type="checkbox"/> Peso del vehículo <input type="checkbox"/> Clase de ejes <input type="checkbox"/> Cargas por ejes <input type="checkbox"/> Presión y área de contacto de las llantas <input type="checkbox"/> Velocidad de aplicación de la carga <input type="checkbox"/> Impacto <input type="checkbox"/> Número de aplicaciones de carga	<input type="checkbox"/> Lluvias <input type="checkbox"/> Cambios de temperatura <input type="checkbox"/> Topografía <input type="checkbox"/> Índices regionales (humedad, vientos, etc)	<input type="checkbox"/> Costos de construcción <input type="checkbox"/> Costos de conservación y mantenimiento.	<input type="checkbox"/> Resistencia estructural <input type="checkbox"/> Deformabilidad <input type="checkbox"/> Durabilidad

Fuente: Elaborado por Luis Enrique Villafuerte y Gabriela Ortega, basados en: (Higuera Sandoval, 2010)

## 1.8. DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES AASHTO-93

Uno de los principales objetivos que pretendía el diseño de pavimentos era fomentar el “dinamismo” es decir, el continuo avance en el grado de

conocimientos, por lo tanto se puede decir que para llegar a la norma conocida en nuestros tiempos la ciencia del diseño de pavimentos pasó por varias etapas que brevemente describiremos.

### **Primera Etapa:** Antes de la segunda guerra mundial

En esta etapa se puede decir que los métodos de diseño se basaban en las características de los suelos de fundación y también en la comparación del comportamiento entre pavimentos de materiales similares tomando aquellos en los que resultaban tener buena duración.

En cuanto al tráfico se le daba importancia necesaria, pero solo se realizaba un solo conteo de vehículos, además se disponía de más de 18 métodos de diseño recalcando como el más nombrado el Método del Índice de Grupo y el CBR.

### **Segunda Etapa:** Después de la Guerra Mundial y hasta 1988

En esta etapa el estudio avanzó progresivamente y por tanto se toma a consideración los efectos y la acción de las cargas en el pavimento, corrigiéndolos y ajustándolos, a su vez se cuantifican los diversos factores que alteran el comportamiento, como es el caso del grado de falla de la estructura en consideración.

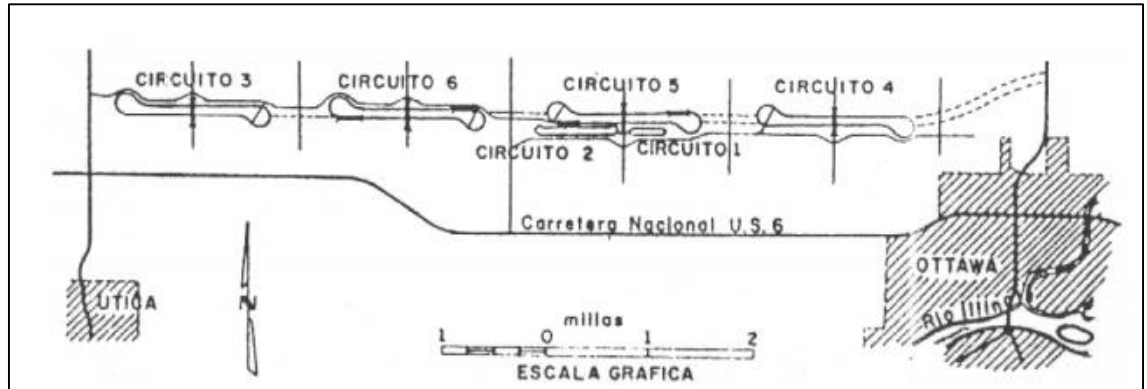
Cabe recalcar que uno de los aportes que se resalta en esta etapa es el desarrollo de modelos o ensayos de carreteras realizados a escala natural, los cuales sirven de fundamento para los métodos actuales.

Uno de los experimentos realizados en esta etapa tomó el nombre de Experimento Vial AASHO(USA), que se podría considerar sin duda alguna el mejor experimento en carreteras realizado a la fecha sirviendo así para que los posteriores experimentos tomen como partida los resultados de campo del mismo.

La preparación de esta carretera llevo aproximadamente siete años hasta la aplicación de cargas sobre tramos del pavimento construido (1958), mientras dos años más tarde en octubre de 1960 se concluye con la etapa de mediciones en campo y se realiza la recolección de datos a lo largo de la prueba por lo tanto se publican las primeras Guías Provisionales de Diseño de Pavimentos.

El método de diseño de la AASHO se desarrolló en los años sesenta, y se partió como base la realización de un ensayo a escala real que duro aproximadamente dos años en construirse, dicho ensayo fue realizado en la ciudad de Illinois, y se lo realizó con el fin de modelar situaciones en las cuales se representaran ciertas características de deterioro de la carretera solicitada a diversas situaciones.

**Figura 1.2. Ubicación del Experimento Vial de la AASHO sobre la futura autopista interurbana I-80, de la red Interestadal de los Estados Unidos)**



Fuente: "Experimento vial de la AASHO y las Guías de diseños de la AASHTO".  
Recuperado el 17 de enero del 2015, de  
<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/aashto-931.pdf>

Los circuitos trazados en la carretera fueron numerados del uno al seis, clasificándolos de la siguiente manera: el número uno destinado a medir el clima y algunas cargas estáticas, el dos se sometió a cargas dinámicas, finalmente los tres, cuatro, cinco y seis se sometieron a distintas cargas pesadas.

Una de las premisas que el Método ASSHO llevo a cabo fue la "servicapacidad" y el "comportamiento", es decir la habilidad de un pavimento para servir el tráfico para el cual fue diseñado y cómo se comporta a lo largo de su vida útil.

### **Tercera Etapa:** A partir de 1993

El método AASHTO, que originalmente se conocía como AASHO, fue desarrollado en Estados como una versión mejorada de la norma

anteriormente mencionada, esta norma comienza a introducir conceptos mecanistas para adecuar algunos de los parámetros a condiciones diferentes de las que se presentaron en el ensayo original.

Con el pasar de los años la AASHTO pretende como objetivo calcular el mínimo espesor de un pavimento de concreto para que este se encuentre en la capacidad de soportar las cargas de tránsito, y así mantener un nivel de servicio para el periodo de diseño.

Es así que AASHTO propone valores de serviciabilidad del pavimento los cuales tienen como referencia las correlaciones con el IRI, agrietamiento y las fallas del pavimento sabiendo que se demostró que existe una correlación subjetiva de los usuarios de la vía.

El resultado final se logra en el año 2002 en el que la AASHTO propone un método de diseño llamado “Empírico-Mecanicista”, el cual está en proceso de finalización y se espera culmine en el presente año (2015).

## CAPITULO II PARÁMETROS DE DISEÑO

### 2.1 CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R)

El ensayo de C.B.R. aquel que mide la resistencia al corte o esfuerzo cortante de un suelo cualquiera, el cual se encuentre bajo condiciones de humedad y densidad controlada.

Este ensayo fue inventado por La división de carreteras de California en 1929 demostrando que al obtener un porcentaje de esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón de una profundidad de 0.1” pulg en una muestra de suelo, y el mismo pistón de 0.1” pulg en una muestra de piedras trituradas

El valor del número del C.B.R se obtiene de la relación de la carga unitaria en kg/cm<sup>2</sup> o psi, la cual es necesaria para lograr una profundidad de penetración del pistón con un área de 3pulg, en suelo como se mencionó anteriormente con humedad y densidad controlada.

La fórmula viene dada por la siguiente ecuación:

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

(Ec.2.1)

Por ello de acuerdo a la profundidad de penetración del pistón se presenta el cuadro siguiente en donde se demuestra los valores de carga unitaria que deben utilizarse en la ecuación presentada.

**Tabla 2.1. Valores de Carga Unitaria**

Penetración		Carga unitaria patrón		
mm	Pulgada	Mpa	Kg/cm <sup>2</sup>	Psi
2,54	0,1	6,90	70,00	1000
5,08	0,2	10,30	105,00	1500
7,62	0,3	13,10	133,00	1900
10,16	0,4	15,80	162,00	2300
12,7	0,5	17,90	183,00	2600

Fuente: <http://www3.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/mecanica7.htm>. Acceso: 02/01/2014

La relación CBR se determina generalmente para 0.1" y 0.2" de penetración, lo cual produce 1000 y 1500 libras por pulgadas cuadradas respectivamente. Tomando generalmente el mayor valor. Cuando se trata de suelos de grava o arcilla el ensayo se realiza inmediatamente, pero en el caso de que el ensayo se realice para suelos cohesivos poco o nada plásticos y suelos cohesivos plásticos, es necesario realizar el ensayo de expansión el cual requiere sumergir 4 días para lograr la saturación completa.

El ensayo de CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y subrasantes bajo el pavimento de carreteras y aeropistas, la siguiente tabla da una clasificación típica:

**Tabla 2.2. Clasificación de suelos para Infraestructura de Pavimentos.**

CBR	Clasificación general	usos	Sistema de Clasificación	
			Unificado	AASHTO
0 - 3	muy pobre	subrasante	OH,CH,MH,OL	A5,A6,A7
3 - 7	pobre a regular	subrasante	OH,CH,MH,OL	A4,A5,A6,A7
7 - 20	regular	sub-base	OL,CL,ML,SC SM,SP	A2,A4,A6,A7
20 - 50	bueno	base,subbase	GM,GC,W,SM SP,GP	A1b,A2-5,A3 A2-6
> 50	excelente	base	GW,GM	A1-a,A2-4,A3

Fuente: <http://www3.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/mecanica7.htm>  
Acceso: 02/01/2014

Finalmente se puede decirte que este tipo de ensayo se aplica para la evaluación relativa de suelos de subrasante y de algunos materiales como bases granulares y sub-bases que contengan una pequeña cantidad de material que pasa por el tamiz 50mm y retiene el tamiz 20mm, es preferible que la fracción no exceda en el 20%.

Se presenta un cuadro que brinda una apreciación del valor del CBR y su clasificación:

CBR	CLASIFICACION
0 - 5	Subrasante muy mala
5 - 10	Subrasante mala
10 - 20	Subrasante regular a buena
20 - 30	Subrasante muy buena
30 - 50	Subbase buena
50 - 80	Base buena
80 - 100	Base muy buena

Tabla 2.3. Clasificación del suelo de acuerdo al CBR

Fuente: <http://www3.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/mecanica7.htm>.

Acceso: 02/01/2014

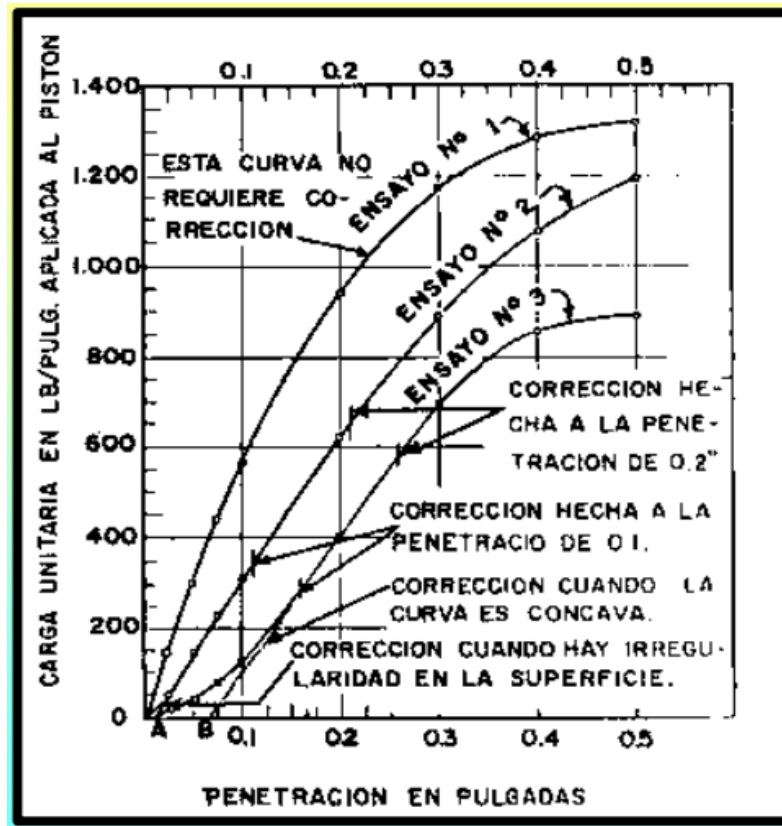
#### **Cálculo del CBR:**

Las lecturas que son tomadas se representan gráficamente como el gráfico lo indica a continuación:

Si la curva esfuerzo - penetración que se obtiene es semejante a la del ensayo No. 1, los valores anotados serán los que se tomen encuentra para el cálculo de CBR.

En cambio, si las curvas son semejantes a las correspondientes a los No. 2y 3, las curvas deberán ser corregidas trazando tangentes en la forma como muestra el gráfico. Los puntos A y B, donde dichas tangentes cortan el eje de abscisas, serán los nuevos ceros de las curvas. Por lo tanto las cargas se tomaran en cuenta a partir de estos nuevos valores de cero.

Figura 2.1. Curvas de carga unitaria vs penetración en pulgadas.



FUENTE: [http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/a\\_labgeo/labgeo32\\_p.pdf](http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/a_labgeo/labgeo32_p.pdf). Acceso: 02/01/2014

Si los CBR para 0.1" y 0.2" son semejantes, es recomendable usar el 0.2", ya que será el mayor, por otro lado también se recomienda realizar un promedio entre los 2 resultados de los CBR para obtener un cálculo conservador en el proceso.

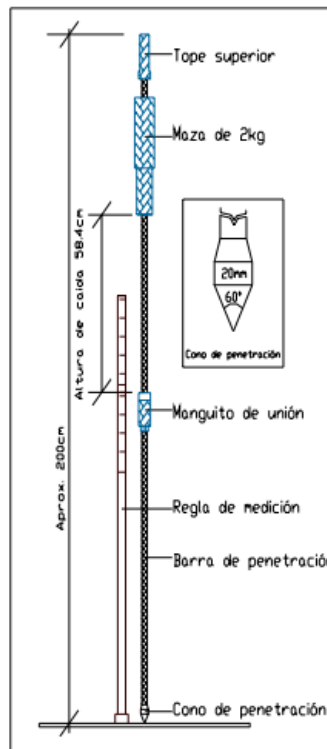
## 2.2. Penetrómetro Dinámico de Cono D.C.P

El DCP fue desarrollado en 1956 por Scala; estudios realizados en campo por Livneh e Ishali (1987) y Kleyn (1975) han sido básicos para la evaluación de pavimentos. El ensayo conocido como DCP es aquel que mide la penetración dinámica por golpes a través del terreno natural cementado levantado, es un método que a la vez nos permite determinar la capacidad estructural del suelo en consideración.

El DCP es un método muy utilizado en la actualidad para usos viales, ya que se han desarrollado diferentes correlaciones como por ejemplo con el ensayo del CBR, el módulo Resiliente y la Resistencia a la compresión no confinada.

Se puede afirmar que el ensayo del DCP es muy útil cuando se trata de encontrar la densidad in situ de un determinado lugar, a su vez es bajo en costos además de fácil equipamiento y manejo. El DCP es un equipo que evalúa la resistencia que se opone al suelo al ser penetrado por un cono normalizado, el cual proyecta una energía mediante la caída libre de un martillo de 8 a 10 kg desde una altura especificada de 584mm. En si el equipo posee una barra de acero de 16mm de diámetro, con una punta cónica de 20mm, se presenta a continuación un gráfico del equipo:

**Figura 2.2. Esquema de Penetrómetro Dinámico de cono (DCP)**

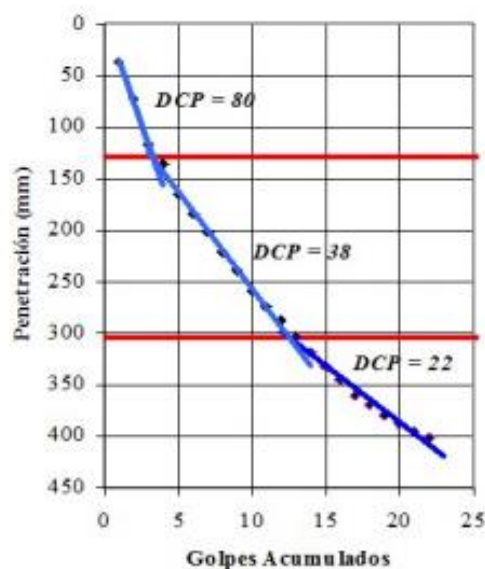


Fuente: [http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/a\\_labgeo/labgeo12\\_p.pdf](http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/a_labgeo/labgeo12_p.pdf). Acceso: 02/01/2014

### Curva DCP:

Esta gráfica representa la penetración acumulada en función del número de golpes acumulados para los respectivos datos. En dicha curva se puede visualizar el número de capas existentes representadas por rectas diferentes

Figura 2.3. Curva de penetración vs golpes acumulados



Fuente: <http://civil.upb.edu/files/2010/11/EL-CONO-DIN%C3%81MICO-DE-PENETRACI%C3%93N-Y-SU-APLICACI%C3%93N-EN-LA-EVALUACI%C3%93N-DE-SUELOS.pdf>. Acceso: 02/01/2014

Este número representa la penetración obtenida por golpe y se expresa en mm/golpe; es decir mientras más vertical sea la gradiente, menor será la resistencia del suelo.

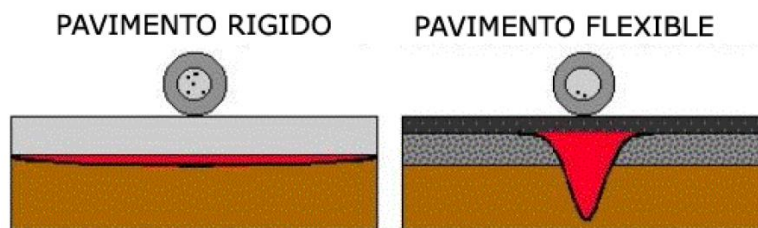
### 2.3 Parámetros de Diseño de Pavimentó Flexible

El pavimento debe ser diseñado de manera que las cargas impuestas en el pavimento por el tránsito, no generen deformaciones permanentes excesivas, como se trata de un pavimento flexible, las deformaciones se producen en cada capa, actualmente ciertos métodos describen que las deformaciones se producen

solamente en la subbase, por el contrario en diseños donde la capa de capa asfáltica es de un espesor delgadas o de baja rigidez, si se debe considerar la deformación de cada una de las capas debido a que se exponen a una mayor deformación. Por lo tanto la metodología a llevarse a cabo será la cual nos simule una deformación solo en la capa de la subrasante.

Es necesario conocer que los métodos de diseño para pavimento flexible generalmente son empíricos o mecánico- empírico, por tanto se toma en cuenta principalmente las cargas impuestas por el tránsito, las condiciones ambientales y la calidad de los materiales, así como las deficiencias que se produzcan en obra.

**Figura 2.4.Comportamiento del pavimento flexible y rígido**



Fuente: (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

## 2.4. Ecuación para calcular el pavimento flexible:

$$\log W_{18} = Z_R S_D + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log[(4.2 - P_f)/(4.2 - 1.5)]}{0.4 + 1,094/(SN + 1)^{5.19}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

Diagrama de flujo de la ecuación:

- EJES EQUIVALENTES** (arriba) apunta a  $Z_R$ .
- DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL** (arriba) apunta a  $S_D$ .
- NÚMERO ESTRUCTURAL** (arriba) apunta a  $SN$ .
- CAMBIO EN LA SERVICIALIDAD** (arriba) apunta al término de la fracción.
- DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL** (abajo) apunta desde  $Z_R$ .
- MÓDULO RESILIENTE** (abajo) apunta desde  $M_R$ .

(Ec.2.2)

De acuerdo con Pavimentos flexibles AASHTO 93, El modelo de ecuación de diseño para pavimento flexible, se centra básicamente en la variación en el índice de serviciabilidad ( DELTA PSI), durante la vida de servicio del pavimento, de tal manera que representará un parámetro acerca de las bondades de la superficie de rodadura para circular sobre ella.

Las ecuaciones del procedimiento AASHTO tienen un número de variable que afectaran de manera significativa en la solución o Número Estructural (SN), por lo tanto se calculará de tal manera que la estructura pueda soportar los ejes equivalentes durante el periodo de diseño.

Ciertamente el método AASHTO se recomienda usar en condiciones de viales de alto volumen y siempre mantener en consideración un periodo de mantenimiento de acuerdo a los años propuestos de uso.

## **2.5. CARGAS DE TRÁNSITO**

Es uno de los factores importantes a considerar, mas no el único, dichas cargas puede variar de acuerdo a su magnitud, configuración o a las repeticiones de los mismos.

De acuerdo con la literatura de Gustavo Yáñez, Existen varios métodos de calcular el tipo de cargas de tránsito a las cuales se expondrá el pavimento una de ellas es el cálculo del tránsito fijo, dicho método es considerado como si solo existiera una carga simple, en el caso que hubiere más cargas de llantas, estas deberán ser transformadas a su calor equivalente en llanta simple.

El segundo método a considerar es el de Vehículo fijo, en donde el espesor del pavimento se determina por el número de repeticiones de un eje estándar de un vehículo de 8.23 toneladas que equivale a 18.000 libras conocido como  $W_{18}$ .

Finalmente el tercer método es el de vehículo y tráfico variable en el que como su nombre lo indica las cargas son tomadas de manera variable, es decir las cargas se dividen por número de grupos de deformaciones de cada carga pueden ser evaluados de manera individual a manera de emplear el diseño personalizado con programas en computador.

Con esta información brindada se requiere aparte de escoger la manera de considerar las cargas de los vehículos, se deben considerar ciertos factores como:

- El tránsito promedio diario anual, TPDA, vehículos/día
- La distribución vehicular por sentido de circulación.
- La distribución vehicular por carriles, poniendo cuidado en el carril de proyecto.
- La distribución vehicular por tipo de vehículo.
- EL crecimiento vehicular a lo largo del período de análisis.

### **TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL, (TPDA).**

Se considera TPDA al promedio de tránsito total diario 24 horas que atraviesan por la sección a considerarse en la carretera durante los 365 días del año, esta consideración puede ser de un tránsito mezclado y a su vez en una o dos direcciones. Cuando se trata de un tramo desconocido el valor del TPDA son tomados de características socioeconómicas similares.

## CÁLCULO DEL TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)

Se basa en la siguiente ecuación:

$$TPDA = T_p + T_D + T_d + T_G$$

(Ec.2.3)

Donde:

**T<sub>d</sub>** = Tráfico desviado; Es aquel que es atraído de otras carreteras o de otros medios de transporte, una vez que entre en servicio la vía mejorada con respecto a tiempo, distancia o costo. En caso de una carretera nueva, el tráfico actual estaría constituido por el tráfico desviado y eventualmente por el tráfico inicial el cual produciría el área de influencia de la carretera.

**T<sub>p</sub>** = Tráfico proyectado; Es el pronóstico del volumen y composición del tráfico, se basa en el tráfico actual. Los diseños se basan en una predicción del tráfico a 15 o 20 años y su crecimiento.

**T<sub>D</sub>** = Tráfico desarrollado; Este tráfico se produce por incorporación de nuevas áreas a la explotación o por incremento de la producción de las tierras localizadas dentro del área de influencia de la carretera. Este parámetro podría continuar incrementándose durante parte o todo el período de estudio, por lo tanto su efecto se considera a partir de la incorporación de la carretera al servicio de los usuarios.

**T<sub>G</sub>** = Tráfico generado; El tráfico generado está constituido por aquel número de viajes que se efectuarían sólo si las mejoras propuestas ocurren, y lo constituyen, es decir considera los viajes que antes no se habían efectuado y los que se realizaron anteriormente en transporte público.

Para el cálculo de los factores de la Ecuación de TPDA se procede a realizar lo siguiente.

Se estima el valor del tráfico actual (TA) con la ecuación:

$$T_A = \frac{\text{Total de vehiculos}}{\text{tiempo}}$$

(Ec.2.4)

Para ello se requiere calcular la totalidad de vehículos en el área de estudio considerado para el análisis llevando el tiempo exacto en que se realizó dicho procedimiento.

Se procede ahora a calcular el tráfico proyectado con la siguiente ecuación:

$$T_p = T_A * (1+i)^n$$

(Ec.2.5)

Donde:

*i* = tasa de crecimiento.

*n* = período de proyección expresado en años.

De acuerdo con los estudios realizados a partir del año 1963, se ha podido estimar que la tasa de crecimiento vehicular para Ecuador varía entre un 5% a 7%, por lo tanto se recomienda usar estos valores para obtener un resultado más acertado.

Seguido a esto se calculará el valor del tráfico desarrollado de la siguiente manera.

$$T_D = T_A * (1+i)^{n-3}$$

(Ec.2.6)

Una vez realizado los anteriores cálculos, se procede a realizar el cálculo del tráfico desviado con la siguiente expresión:

$$T_d = 0.20 * (T_p + T_D)$$

(Ec.2.7)

De la misma manera se calcula el tráfico generado con la siguiente ecuación:

$$T_g = 0.25 * (T_p + T_D)$$

(Ec.2.8)

Finalmente se suman todos los componentes de la ecuación (2.3) y se obtiene el total de vehículos.

### **DISTRIBUCIÓN VEHICULAR POR SENTIDO DE CIRCULACIÓN o DIRECCION Fd.**

Este parámetro se considera en periodos de tiempos cortos, como un ejemplo de horas, por tanto es importante considerar que el recorrido de los vehículos no siempre es el mismo en los dos sentidos, que mejor ejemplo que el tráfico vehicular en la mañana es mayor en un sentido y mayor en el otro cuando el trafico regresa en la tarde. Se llega a determinar por extrapolación de varios años y nos da como resultado lo siguiente:

**Fd= 0.50 Cuando el flujo es en dos direcciones**

**Fd= 1.00 Cuando el flujo es en una dirección**

### **DISTRIBUCIÓN VEHICULAR POR CARRILES, Fc.**

Este parámetro se presenta cuando existen dos o más carriles en consideración, por tanto se toma el de mayores cargas y generalmente suele ser el carril derecho.

El valor Fc a considerar es el siguiente:

**Tabla 2.4. Distribución vehiculas por carriles**

<b>N DE CARRILES EN CADA SENTIDO</b>	<b>% DE W18 EN CARRIL DE DISEÑO</b>
1	100
2	80-100
3	60-80
4 o más	50-75

Fuente: (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

## DISTRIBUCIÓN VEHICULAR POR TIPO DE VEHÍCULO

Tipo A: Automóvil y Camioneta

Tipo B: Autobuses.

Tipo C: Camiones.

Tipo TS: Tracto camión con Semirremolque.

Tipo TSR: Tracto camión con Semirremolque y Remolque.

Tabla 2.5. Tipo de vehículos motorizados remolques y semirremolques

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2 D			7	5,00	2,60	3,00
2DA			10	7,50	2,60	3,50
2DB			18	12,20	2,60	4,10
3A			27	12,20	2,60	4,10
4-C			31	12,20	2,60	4,10
4-D			32	12,20	2,60	4,10
V2DB			18	12,20	2,60	4,10
V3A			27	12,20	2,60	4,10
VZS			27	12,20	2,60	4,10
T2			18	8,50	2,60	4,10
T3			27	8,50	2,60	4,10
S3			24	13,00	3,00	4,30
S2			20	13,00	3,00	4,30
S1			11	13,00	3,00	4,30
R2			22	10,00	3,00	4,30
R3			31	10,00	3,00	4,30
B1			11	10,00	3,00	4,30
B2			20	10,00	3,00	4,30
B3			24	10,00	3,00	4,30

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHÍCULO MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	ancho	Alto
2S1			29	20,50	2,60	4,50
2S2			38	20,50	2,60	4,30
2S3			42	20,50	2,00	4,30
3S1			38	20,50	2,60	4,30
3S2			47	20,50	2,60	4,30
3S3			48	20,50	2,00	4,50
2R2			40	20,50	2,60	4,30
2R3			48	20,50	2,00	4,30
3R2			48	20,50	2,00	4,50
3R3			48	20,50	2,60	4,30
2B1			29	20,50	2,00	4,30
2B2			38	20,50	2,60	4,30
2B3			42	20,50	2,60	4,30
3B1			38	20,50	2,00	4,50
3B2			47	20,50	2,60	4,30
3B3			48	>20,50	3,00	4,50

Fuente: Tabla 2A.106 -02 Nacional de Pesos y Dimensiones: “Tipo de vehículos motorizados remolques y semirremolques” tomado del Volumen N°2 –Libro A norma para estudios y diseños viales. (MTO, 2013)

## CRECIMIENTO VEHICULAR A LO LARGO DEL PERIODO DE ANÁLISIS

Consiste en calcular el número acumulado de vehículos que circularían durante el periodo de análisis para ello se debe conocer el tipo de crecimiento del tránsito vehicular y además conocer la tasa de crecimiento.

El análisis del tráfico futuro se realiza con la siguiente expresión:

$$Tf = Ta(1 + i)^n$$

(Ec.2.9)

Donde:

Tf=Tráfico futuro o proyectado

i= Tasa de crecimiento de trafico

n= Número de años proyectadps

Ta= Tráfico actual

Se presenta un cuadro de clasificación de carreteras de acuerdo a su TPDA

Tabla 2.6. Clasificación de carreteras en función del TPDA

CLASIFICACION DE CARRETERAS EN FUNCION DEL TRAFICO PROYECTADO	
Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA *
R-I o R-II	Más de 8.000
I	De 3.000 a 8.000
II	De 1.000 a 3.000
III	De 300 a 1.000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100
* EL TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado a 15 o 20 años. Cuando el pronóstico de tráfico para el año 10 sobrepasa los 7.000 vehículos debe investigarse la posibilidad de construir una autopista. Para la determinación de la capacidad de una carretera, cuando se efectúa el diseño definitivo, debe usarse tráfico en vehículos equivalentes.	

Fuente: Norma de diseño geométrico de carreteras 2003

## 2.6. NIVEL DE CONFIANZA (R)

La confiabilidad es la probabilidad de que el pavimento se comporte satisfactoriamente durante su vida útil o período de diseño, resistiendo las condiciones de tráfico y medio ambiente dentro de dicho período Según (AASHTO-93)

Cuando nos referimos a la confianza nos referimos a la capacidad estructural del pavimento y a la capacidad de soportar las cargas impuestas por el tránsito, a su vez también hablamos de la capacidad de confort que brinda la vía, de esta manera se asocia a las fallas presentadas en el pavimento.

Se recomienda valores desde 50 y hasta 99.9 para el parámetro “R” de confiabilidad, en donde los niveles más altos corresponden a obras que estarán sujetas a un uso intensivo, mientras que los niveles más bajos corresponden a obras o caminos locales y secundarios.

**Tabla.2.7. Niveles de confiabilidad de la vía**

* NIVELES DE CONFIABILIDAD	
CLASIFICACIÓN FUNCIONAL:	NIVEL RECOMENDADO POR AASHTO PARA CARRETERAS
Carretera Interestatal o Autopista.	80 - 99.9
Red Principal o Federal.	75 - 95
Red Secundaria o Estatal.	75 - 95
Red Rural o Local.	50 - 80

Fuente: (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Es importante recalcar que a medida que se incrementa el nivel de confianza, serán mayores los espesores del pavimento.

## 2.7. DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL DEL PAVIMENTO (So).

Se encuentra en función de las posibles variaciones en las estimaciones de tránsito y el comportamiento del mismo a lo largo de la vida de servicio.

**Tabla 2.8. Desviación Estándar Normal del Pavimento (So)**

So	PAVIMENTO RÍGIDO	PAVIMENTO FLEXIBLE
RANGO DE VALORES	0,30-0,40	0,40-0,50
SIN ERROR EN EL TRÁFICO	0,34	0,44
CON ERROR EN EL TRÁFICO	0,39	0,49

Fuente: (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

## 2.8. DESVIACIÓN NORMAL DEL PAVIMENTO (ZR)

Es el valor del desviador en una curva de distribución normal, y se encuentra en función del nivel de confianza R, Este valor es llevado a la ecuación general de diseño y se encuentra con la ayuda de la siguiente tabla.

**Tabla 2.9. Desviación Normal del Pavimento**

Confabilidad (R)	Valor de ZR
50	- 0,000
60	- 0,253
70	- 0,524
75	- 0,674
80	- 0,841
85	- 1,037
90	- 1,282
91	- 1,340
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	- 3,090
99,99	- 3,750

Fuente : (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

## 2.9. FACTOR DE SEGURIDAD AASHTO

Se representaa con la siguiente expresion:

$$FS_{AASHTO} = 10^{(-Z_r \times S_o)}$$

**(Ec.2.10)**

Donde:

Zr = desviación normal estandar para "R"  
So = desviación estándar

A continuación se presnta un cuadro de resumen de los factores de seguridad de acuerdo a su respectivo Zr y So.

Tabla 2.10. Factor de Seguridad AASHTO

## Factor de Seguridad AASHTO

Desviación Estándar $S_o$	Confiabilidad "R"							
	50%	60%	70%	80%	90%	95%	99%	99.9%
<b>0,40</b>	1,00	1,26	1,62	2,17	3,26	4,55	8,53	17,22
<b>0,44</b>	1,00	1,29	1,70	2,34	3,67	5,29	10,57	22,89
<b>0,45</b>	1,00	1,30	1,72	2,39	3,77	5,50	11,15	24,58
<b>0,49</b>	1,00	1,33	1,81	2,58	4,25	6,40	13,81	32,67
<b>0,50</b>	1,00	1,34	1,83	2,63	4,38	6,65	14,57	35,08

Fuente: (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

### 2.10. PERIODO DE VIDA O SERVICIALIDAD DEL PAVIMENTO.

Es el periodo de tiempo que existe entre la condición inicial de la estructura del pavimento hasta el instante en que el mismo necesita una rehabilitación de su estructura.

También es conocido como el periodo de tiempo que existe entre cada rehabilitación de una vía.

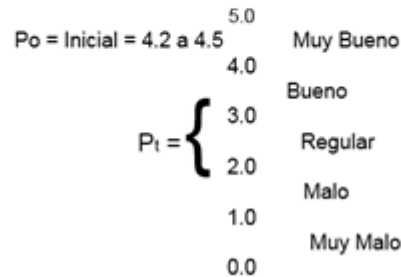
Para poder determinar el periodo de vida se necesitan los siguientes parámetros:

Serviciabilidad Inicial (PSI), la cual varía entre un valor de 4.2 a 4.5

Serviciabilidad Final (Pt) será;

**Figura 2.5. Serviciabilidad del Pavimento**

Para autopistas	Pt=3.0
Para carreteras de importancia media	Pt=2.5
Para carreteras de importancia baja	Pt=2.0



Fuente: (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

## 2.11. PERIODO DE DISEÑO DE LA VÍA

Es el tiempo que se tiempo para el cual estará proyectado el diseño del pavimento, el cual varía de acuerdo al tipo de carretera que va a construirse. Claro está que este valor puede verse afectado de acuerdo a los materiales colocados, el incremento del TPDA, las condiciones climáticas etc. La norma AASHTO nos brinda la siguiente recomendación:

**Tabla 2.11. Periodo de diseño de la vía**

Condiciones del Camino	Período de Análisis (años)
Alto Volumen Urbano	30 – 50
Alto Volumen Rural	20 – 50
Bajo Volumen Pavimentado	15 - 25
Bajo Volumen Revestido	10 - 20

Fuente: (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

## 2.12. FACTOR DE CARGA EQUIVALENTE:

Una vez encontrado el valor del TPDA de la carretera en consideración se procede a seleccionar los tipos de vehiculos de acuerdo al conteo realizado, los mismos seran clasificados de acuerdo a su eje, con la ayuda de los gráficos de la distribución vehicular, Finalmente se calcula el valor del factor equivalente para cada eje, para ello se hace uso de las siguientes ecuaciones:

$$F_{ss} = \left( \frac{L_{ss}}{6,6} \right)^4 \quad \text{Ecuación para ejes simples} \quad (\text{Ec.2.11})$$

$$F_{sd} = \left( \frac{L_{sd}}{8,2} \right)^4 \quad \text{Ecuación para ejes dobles} \quad (\text{Ec.2.12})$$

$$F_t = \left( \frac{L_t}{15} \right)^4 \quad \text{Ecuación para ejes tridem} \quad (\text{Ec.2.13})$$

$$F_{tr} = \left( \frac{L_{tr}}{23} \right)^4 \quad \text{Ecuación para ejes tandem} \quad (\text{Ec.2.14})$$

Una vez calculado el valor del factor equivalente de cada tipo de vehículo del TPDA estudiado se procede a multiplicar cada factor por el porcentaje de incidencia en la vía dando como resultado que la suma de los porcentajes nos de su totalidad(100%).

$$FCE_{total} = \%*FCEt1+\%FCE2+\dots\%FCE_n \quad (\text{Ec.2.15})$$

Finalmente se realiza el cálculo del número de ejes de equivalentes para  $N_{8,2}$  o  $W_{18}$  en kips.

$$N_{8,2} = \left( \frac{TPDA_o + TPDA_f}{2} \right) * 365 \text{ días} * \text{ periodo de diseño} * F_d * FCE_{total} \quad (\text{Ec.2.16})$$

## 2.13. MÓDULO RESILIENTE

Es un parámetro de la subrasante y de las bases granulares que se obtiene a través de ecuaciones de correlación con la capacidad portante o CBR de los materiales. El cálculo del módulo resiliente se lo puede determinar por los siguientes métodos: Efectuando los ensayos del módulo resiliente por medio del laboratorio siguiendo la norma ASSHTO T-274 y se lo realiza mediante celdas triaxiales.

Estimando valores del módulo resiliente a partir de correlaciones entre deflexiones de pavimentos en servicio de varios años atrás. Por medio de ecuaciones que correlacionan el valor del CBR como son las siguientes:

$$M_R = 10.3 * CBR \quad (\text{Mpa}) \quad (\text{Ec.2.17})$$

$$M_R = 1500 * CBR \quad (\text{CBR} \leq 10) \quad (\text{psi}) \quad (\text{Ec.2.18})$$

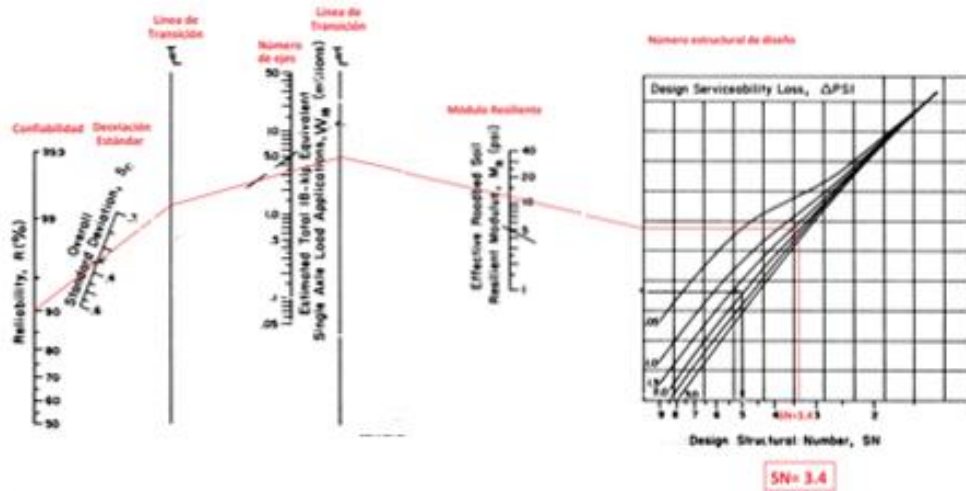
$$M_R = 2555 * CBR^{0.64} \quad (\text{CBR} > 10) \quad (\text{psi}) \quad (\text{Ec.2.19})$$

## 2.14. NÚMERO ESTRUCTURAL

Es la capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones establecidas. Una vez calculado el módulo resiliente, se puede diseñar el número estructural de cada capa del pavimento con la ayuda de un programa de manera computarizada, caso contrario de no existir el mismo se puede realizar el cálculo en nomogramas.

Ejemplo 1 con NOMOGRAMAS

Figura 2.6. Nomograma de diseño para la obtención del SN



Fuente: (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Ejemplo 2 con PROGRAMA EN COMPUTADOR

Figura 2.7. Cálculo de las Ecuaciones de AASHTO 1993 (2.0)

**Ecuación AASHTO 93**

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

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

Tipo de Pavimento:  Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So): 90 % Zr=-1.282 So = 0.44

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial = 4 PSI final = 2

Módulo resiliente de la subrasante: Mr = 1854.4722 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi):  Coeficiente de transmisión de carga - (J):

Módulo de rotura del concreto - Sc (psi):  Coeficiente de drenaje - (Cd):

Tipo de Análisis:  Calcular SN  Calcular W18

Número Estructural: SN = 3.44

W18 = 3339001.75

Observaciones:

Calcular Salir

Fuente: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004

Ahora se procede a calcular el coeficiente de capas para pavimentos flexibles denominado  $a_1$ , para la carpeta asfáltica. A continuación se presenta el cuadro obtenido de la Norma AASHTO en donde se presentan los rangos de valores a obtener de acuerdo a la capa de superficie

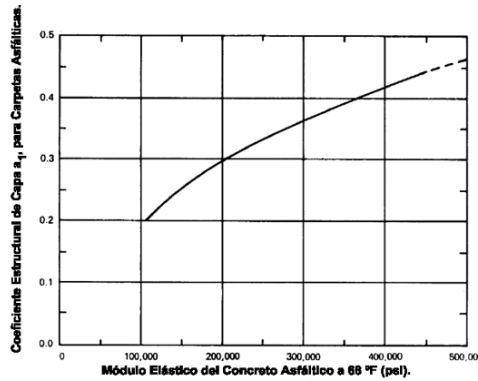
**Tabla 2.12. Coeficientes estructurales para pavimento flexible**

CLASE DE MATERIAL	NORMAS	COEFICIENTE (CM)
<b>CAPA DE SUPERFICIE</b>		
CONCRETO ASFALTICO	ESTABILIDAD DE MARSHALL 1000 - 1800 LBS	0.134 - 0.173
ARENA ASFALTICA	ESTABILIDAD DE MARSHALL 500 - 600 LBS	0.079 - 0.118
CARPETA BITUMINOSA MEZCLADA EN EL CAMINO	ESTABILIDAD DE MARSHALL 300 - 600 LBS	0.059 - 0.098
<b>CAPA DE BASE</b>		
AGREGADOS TRITURADOS GRADUADOS UNIFORMEMENTE	P.I. 0 - 4, CBR > 100%	0.047 - 0.056
GRAVA GRADUADA UNIFORMEMENTE	P.I. 0 - 4, CBR 30 - 60%	0.028 - 0.051
CONCRETO ASFALTICO	ESTABILIDAD DE MARSHALL 1000 - 1600 LBS	0.098 - 0.138
ARENA ASFALTICA	ESTABILIDAD DE MARSHALL 500 - 600 LBS	0.059 - 0.098
AGREGADO GRUESO ESTABILIZADO CON CEMENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESION 28 - 46 kg/cm <sup>2</sup>	0.079 - 0.139
AGREGADO GRUESO ESTABILIZADO CON CAL	RESISTENCIA A LA COMPRESION 7 kg/cm <sup>2</sup>	0.089 - 0.119
SUELO - CEMENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESION 18 - 32 kg/cm <sup>2</sup>	0.047 - 0.079
<b>CAPA DE SUB - BASE</b>		
ARENA - GRAVA, GRADUADA UNIFORMEMENTE	P.I. 0 - 6, CBR 30%	0.032 - 0.043
SUELO - CEMENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESION 18 - 22 kg/cm <sup>2</sup>	0.025 - 0.071
SUELO - CAL	RESISTENCIA A LA COMPRESION 8 kg/cm <sup>2</sup>	0.059 - 0.071
<b>MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE</b>		
ARENA O SUELO SELECCIONADO	P.I. 0 - 10	0.020 - 0.025
SUELO CON CAL	3% MINIMO DE CAL EN PESO DE LOS SUELOS	0.028 - 0.029
<b>TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO</b>		
TRIPLE RIEGO		* 0.40
DOBLE RIEGO		* 0.25
SIMPLE RIEGO		* 0.15
	* USAR ESTOS VALORES PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE TRATAMIENTOS BITUMINOSOS, SIN CALCULAR ESPESORES	

Fuente: (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Figura 2.8. Coeficiente estructural para carpeta asfáltica

Coeficiente Estructural para Carpeta Asfáltica (plg.)



Fuente: (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

## 2.15. COEFICIENTES DE DRENAJE

Es aquel que determina que tan expuesto a circunstancias de filtración de agua va a estar expuesta la carretera en condición de estudio, a continuación la norma AASHTO nos presenta el siguiente cuadro de resumen de las condiciones de drenaje.

El coeficiente de drenaje se respresenta con la letra m.

Las condiciones de drenaje varían de acuerdo a cada capa granular siendo para el pavimento flexible m1, m2, m3.

**Tabla 2.13. Coeficientes de drenaje**

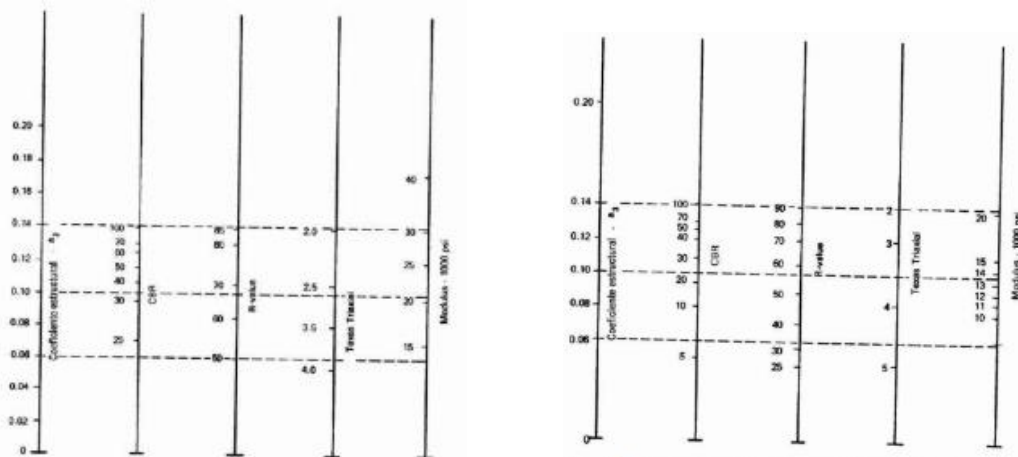
C <sub>d</sub>	Tiempo transcurrido para que el suelo libere el 50 % de su agua libre	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad cercanas a la saturación.			
		< 1%	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25 %
Excelente	2 horas	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1 día	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1 semana	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1 mes	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy pobre	Nunca	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Fuente: (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

## 2.16. CONDICIONES DE BASE Y SUBBASE GRANULAR

Para lograr las condiciones óptimas de diseño nos basamos en las recomendaciones de la Norma AASHTO y de la misma manera se determina el coeficiente estructural por medio de los nomogramas. **a<sub>2</sub>**= coeficiente estructural para base granular **a<sub>3</sub>**= coeficiente estructural para subbase granular

**Figura 2.9. Coeficientes estructurales para base y subbase**



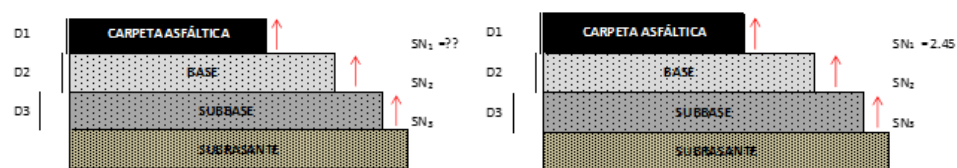
Fuente: Fuente: (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

## 2.17 DETERMINACIÓN DE LOS ESPESORES DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Para determinar los espesores de cada capa de pavimento se debe realizar el siguiente procedimiento que se expresa a continuación:

1. Se debe calcular el  $SN_1$  necesario para proteger la capa de base, con el MR escogido de la capa del material. (Yáñez, 2013)

Figura 2.10. Representación del  $SN_1$  de la carpeta Asfáltica



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Por lo tanto el espesor es determinado con la siguiente ecuación:

$$D_1 \geq SN_1/a_1 \text{ (cm)}$$

(Ec.2.20)

2. Se corrige el valor colocando aquel que haya sido aproximado de pulgada en pulgada y se vuelve a calcular el valor de  $SN_1$
3. Se revisa la tabla de espesores mínimos, no es recomendable usar espesores menores a los mínimos debido a que se expone de manera significativa el diseño y la durabilidad de la vía.

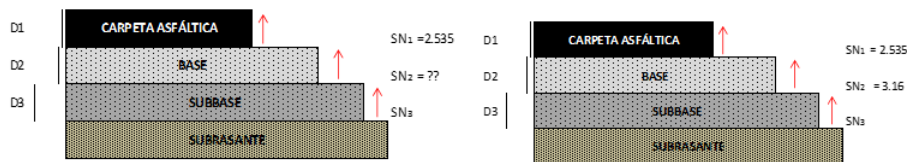
**Tabla 2.14. Espesores mínimos en función de los ejes equivalentes**

Ejes W8.2	Concreto Asfáltico (mm)	Capa Base (mm)
Menos de 50,000	30	100
50,001 – 150,000	60	100
150,001 – 500,000	75	100
500,001 – 2'000,000	90	150
2'000,001 – 7'000,000	100	150
Mayor que 7'000,000	120	150

Fuente: Fuente: (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Se calcula el  $SN_2$  el cual protegerá la capa de subbase, con un el módulo resiliente escogido. (Yáñez, 2013), en caso de usar el programa los datos quedan exactamente igual solo se varía el módulo resiliente.

**Figura 2.11. Representación del  $SN_2$  de la carpeta Asfáltica**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

- Se procede a calcular el espesor de la siguiente capa con la siguiente ecuación:

$$D_2 \geq [SN_2 - a_1 D_1] / a_2 m_2 \quad (\text{Ec.2.21})$$

- Se corrige el valor colocando aquel que haya sido aproximado de pulgada en pulgada y se vuelve a calcular el valor de  $SN_2$

- Se determinar el valor del espesor  $D_3$  de la subbase con la siguiente ecuación:

$$D_3 \geq [SN_3 - a_1 D_1 - D_2 a_2 m_2] / a_3 m_3 \quad (\text{Ec.2.22})$$

- Se corrige el valor de  $D_3$  y se realiza un resumen de consolidación de datos.

## CAPITULO III ENSAYOS DE LABORATORIO Y DE CAMPO

### 3.1. ENSAYOS DE LABORATORIO

El método de ensayo para la determinación del índice C.B.R. (AASHTO - T193, ASTM - D 1883) en el laboratorio fue propuesto en 1929 por los ingenieros Staton y Porter del departamento de carreteras del Estado de California. Este método es uno de los más usados en la actualidad para determinar las principales características de un suelo.

En cierto modo este ensayo no determina todas las características importantes del suelo de la subrasante en el cual se cimentará la vía, razón por la cual es necesario realizar los ensayos mostrados en la tabla con el fin de realizar un caracterización adecuada del suelo de la subrasante.

**Tabla 3. 1. Lista de ensayos de laboratorio**

Propósito del ensayo	Ensayo	Referencia	
1°	Relaciones fundamentales	Contenido de humedad (w)	INEN: 690, AASHTO: T-93, ASTM: D2216
	Granulometría	Granulometría por tamizado	AASHTO: T-87, T-88; ASTM: D-421, D-422; Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil, Josep E. Bowles.
	Límites de consistencia	Límite Líquido	INEN: 691; AASHTO: T-89, ASTM: D 4318
		Límite Plástico	INEN: 692, AASHTO: T-90, ASTM: D 4318
	Contenido	Contenido orgánico	AASHTO: T-267
3°			
Preparación seca de suelos	Preparación en seco de muestras de suelo para análisis de tamaño de partícula y determinación de constantes del suelo	ASTM: D 421, AASHTO T 87, FM1 - T87	
Compactación	Proctor Modificado	AASHTO: T-180, ASTM: D-1557, Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil, Josep E. Bowles.	
C.B.R.	C.B.R. de laboratorio	ASTM: D 1883, AASHTO T-193	

Ensayo	Referencia	
2°	Ensayo de clasificación de suelos - SUCS	A S T M
		D 2 4 8 7

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

### **3.1.1. OBTENCIÓN DEL MATERIAL**

Para obtener la muestra de suelo se debe realizar una calicata en el sitio del proyecto de dimensiones de (0.50\*0.50\*0.50) cm a nivel de la subrasante. Se procede a recuperar una muestra de aproximadamente 30 kg en un costal.

Debido a que necesitamos conocer la humedad natural del terreno se procede a obtener una muestra de aproximadamente 200 gr en doble funda plástica para que no se pierda la humedad y posteriormente dicha muestra será usada para realizar análisis granulométrico por tamizado.

### **3.1.2. PREPARACIÓN DEL MATERIAL**

Una vez que el material haya sido traslado al laboratorio, se prepara el material para su posterior uso en los ensayos previstos.

Para realizar el ensayo Próctor modificado se necesita secar al aire los 30 kg de material obtenido en los trabajos de campo. Para esto se tamiza el material a través del tamiz #4 y se lo esparce por el suelo de tal manera que pueda secarse homogéneamente a temperatura ambiente.

**Foto 3. 1. Secado del material**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Para efectuar todos los ensayos de clasificación de suelos SUCS, se separa 1 kg aproximadamente de muestra de suelo obtenida de los 30 Kg recuperado en trabajos de campo en una funda plástica o recipiente que pueda contener la muestra y se la traslada al laboratorio.

### **3.1.3. HUMEDAD NATURAL**

REFERENCIAS: INEN: 690; AASHTO: T-93, ASTM: D 2216

#### **CONCEPTO**

El contenido de humedad o contenido de agua es la relación entre la masa de agua o de poros y la masa de partículas sólidas.

#### **ALCANCE**

Determinar el contenido de humedad de los suelos.

EQUIPO:

**Tabla 3. 2. Lista de equipos para la obtención del material**

Lista de Equipos	
N°	Materiales
1	Balanza de sensibilidad de 0.01 gr para masa <200 gr y aprox.01 gr para masa >200
2	Tarros de humedad
3	Horno de temperatura constante (110 ±5 °C)

Fuente: Elaborado por Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, basados en (Juan Carlos Montero, 2004)

PROCEDIMIENTO:

Para determinar la humedad natural se siguen los siguientes pasos.

1. Se determina los datos del proyecto. (Obra, Localización, Número de muestra, profundidad, descripción, operador, y fecha.
2. Se selecciona la capsula a usar y se la identifica. Se anota el número de cápsula en el formato correspondiente a humedad natural.
3. Se pesa el peso de la cápsula (Mt) en gramos.
4. Se pesa en gramos el peso de la cápsula más el peso del suelo húmedo (Mtm). 20 gr aproximadamente para nuestro tipo de suelo.
5. Posteriormente la muestra se introduce la muestra anterior a un horno a temperatura constante 110°C ±5°C y se deja secar el suelo de 12 a 16 horas hasta que esté completamente seco.
6. Una vez seca la muestra se procede a retirarla del horno y a pesar el peso del suelo seco más la cápsula y se lo registra en el formato respectivo. Posterior a eso se procede a eliminar la muestra.

CÁLCULOS

Se realiza el cálculo indicado por la fórmula para obtener el contenido de humedad.

$$w\% = \frac{Mtm - Mts}{Mts - Mt} * 100 = \frac{Mw}{Ms} * 100$$

(Ec.3. 1)

Nomenclatura:

Mtm: Masa del tarro más muestra húmeda.

Mts: Masa tarro más muestra seca.

Mt: Masa tarro.

Mw: Masa del agua contenida.

Ms: Masa de suelo seco

## HOJA DE CÁLCULO

**Tabla 3. 3. Hoja de datos para el contenido de humedad**

CONTENIDO DE HUMEDAD				
	N° DE CÁPSULA	PESO CÁPSULA (gr)	PESO DE LA CÁPSULA + SUELO HÚMEDO	PESO DE LA CÁPSULA + SUELO SECO
MATERIAL RETENIDO TAMIZ N°4				
MATERIAL PASANTE TAMIZ N°4				

Fuente: Gabriela Ortega y Luis Villafuerte basados en hoja de campo de laboratorio de materiales de construcción de la P.U.C.E

### 3.1.4. GRANULOMETRÍA

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

REFERENCIAS: AASHTO: T-87, T-88; ASTM: D 421, D 422

CONCEPTO

La granulometría por tamizado es la medición y graduación del tamaño de los diferentes granos del suelo, con fines de análisis, y el cálculo de las correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

#### ALCANCE

Determinar por vía húmeda la medida granulométrica de los suelos.

#### EQUIPO:

**Tabla 3. 4. Lista de equipos para el ensayo de granulometría**

Lista de Equipos	
N°	Materiales
1	Tamices números 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", No. 4, 10, 40, 200, fondo y tapa. En caso de ser necesario se podría incrementar la serie de tamices en especial de la fracción fina, utilizando los siguientes: No. 20, 60 y 140
2	Horno de temperatura constante ( $110 \pm 5$ °C)
3	Cápsula de porcelana
4	Balanza de sensibilidad de 0.01 gr. Para la masa del material que pasa el No. 10 y 0.1% de la masa del suelo a ser pesada para materiales retenidos en el No.10.
5	Cepillo metálico

Fuente: Elaborado por Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, basados en (Juan Carlos Montero, 2004)

#### PROCEDIMIENTO:

Para realizar el ensayo de granulometría por tamizado se necesita separar 120 a 200 gramos de material obtenido en la funda de 1 kg recuperada para realizar los ensayos de clasificación de suelos.

El procedimiento a seguir luego de obtener el material necesario para esta prueba es el siguiente:

1. Enceramos el vaso en el cual contendrá el material

**Foto 3. 2. Balanza encerada**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

2. Se coloca los 120 gr a 200 gr en el envase encerado y se registra el nuevo peso.

“Tarro N°: \_\_\_\_\_” “Peso Suelo húmedo total

(#): \_\_\_\_\_”

Posteriormente se arma la serie de tamices que dice la norma, esto son el #40 y #200. Y se empieza a lavar el material para que se filtren los finos.

**Foto 3. 2. Lavado del material**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

4. Se lava el material hasta que por los tamices solamente pase agua cristalina. Se debe eliminar todos los terrones ya que estos suelen confundirse con gravilla.

5. Se vierte todo el material retenido en la serie de tamices (#40 y #200) en un envase. Para poder recuperar todo el material se da la vuelta el tamiz y se coloca agua para que fluya hacia el recipiente.

Para eliminar el exceso de agua se espera a que el material se sedimente y se procede a eliminarla. Se repite el proceso hasta que se recupere todo el material de los tamices.

**Foto 3. 3. Colocación de material en el recipiente para el secado**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

6. Finalmente se coloca el envase con la muestra en el horno a una temperatura constante de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por un lapso de 24 horas o hasta que se seque la muestra.

**Foto 3. 4. Secado del material en el horno**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

7. Al siguiente día, una vez secado el material, se procede a sacar el material del horno.

8. Puesto que el registro de peso retenido por la serie de tamices (#4, #10, #40, #200) es acumulado es aconsejable encerar el recipiente en el cual se colocará todo el material tamizado.

**Foto 3. 5. Balanza con los pesos retenidos del material**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

9. Se tamiza por la serie de partículas finas. (#4, #10, #40, #200). Se debe pesar el material retenido de cada tamiz y se registra los pesos acumulados en el registro correspondiente.

**Foto 3. 6. Peso acumulado de los pesos retenidos**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

## CÁLCULOS

1. Se determina la masa seca de la muestra con el contenido de agua.

$$M_s = \frac{M_n}{1 + \frac{w\%}{100}}$$

**(E.c 3.2)**

Nomenclatura:

M<sub>m</sub> = Masa de la muestra húmeda

M<sub>s</sub> = Masa de la muestra seca

W = Contenido de agua en %

2. Se resta la masa de muestra seca calculado (M<sub>s</sub>) y la masa retenida acumulada en el tamiz #200 se obtiene la masa del material que pasa el tamiz #200.

3. Se calcula los porcentajes retenidos acumulados dividiendo las masas retenidas acumuladas en cada tamiz para la Ms y multiplicando por 100 para expresarlo en porcentaje.
4. Se calcula el porcentaje que pasa cada tamiz se obtiene por diferencia de 100 del porcentaje retenido acumulado.

## HOJA DE CÁLCULO

**Tabla 3.5. Hoja de datos de pesos retenidos en el suelo**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Tarro N°: \_\_\_\_\_ PESO Suelo Húmedo Total (gr): \_\_\_\_\_

PESO Suelo Húmedo Retenido Tamiz N°4 (gr) \_\_\_\_\_

PESO Suelo Húmedo Pasante Tamiz N°4 (gr) \_\_\_\_\_

TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO RET. ACUM.	TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO RET. ACUM.
3"	75.00		10	2.00	
2"	50.00		40	0.43	
1 1/2"	37.50		200	0.08	
1"	25.00				
3/4"	19.00				
1/2"	12.50				
3/8"	9.50				
4	4.75				

Fuente: Gabriela Ortega y Luis Villafuerte, basados en hoja de campo de laboratorio de materiales de construcción de la P.U.C.E

### 3.1.5. LIMITES DE CONSISTENCIA

REFERENCIAS: INEN: 691; AASHTO: T-89, ASTM: D 4318

Con el fin de medir la plasticidad del suelo, es necesario que se realice los siguientes ensayos:

1. Límite líquido
2. Límite plástico
3. Límite de Contracción (No es necesario para realizar la clasificación SUCS)

Los ensayos de plasticidad se recomienda hacerlos simultáneamente para lo cual se necesita la cantidad mínima de suelo indicada en la tabla 2.

**Tabla 3. 6. Masa de suelo seco para ensayos de plasticidad**

Masa de suelo seco para ensayos de plasticidad	
Ensayo	Masa mínima de suelo seco [gr]
Límite Líquido	100
Límite Plástico	15
Límite de Contracción	30
<p>Nota: La masa mínima en condición de humedad natural requerida es de 150 a 200 gr de suelo húmedo.</p> <p>***La masa de suelo requerida tanto para el suelo seco como para el suelo húmedo debe ser aquel que pase el tamiz # 40</p>	

Fuente: Elaborado por Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, basados en (Juan Carlos Montero, 2004)

### 3.1.5.1. LÍMITE LÍQUIDO

#### CONCEPTO

Es el contenido de agua de un suelo remoldeado en el punto en el cual pasa de un estado plástico a un estado semilíquido.

#### ALCANCE

Determinar el límite líquido del suelo.

## EQUIPO

**Tabla 3. 7. Lista de equipos para ensayo de límite líquido**

Lista de Equipos	
N°	Materiales
1	Copa de Casagrande (manual o automático)
2	Ranurador (Curvo o plano)
3	Espátula metálica (2cm de ancho y de 10 a 13 cm de longitud)
4	Cápsulas para mezclado
5	Tamiz # 40
6	Mortero y pistillo de caucho
7	Tarros de humedad
8	Balanza de sensibilidad de 0.01 gr
9	Horno 110 ±5 °C

Fuente: Elaborado por Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, basados en (Juan Carlos Montero, 2004)

## PROCEDIMIENTO

Para la determinación del límite líquido existen dos métodos:

1. Método A (Multipunto)
2. Método B (Ensayo de un punto, en este caso no necesitamos realizarlo porque disponemos material suficiente para hacer el método A)

## MÉTODO A

1. Se coloca en un envase preferiblemente metálico la cantidad de material requerida para realizar los ensayos de plasticidad que se muestra en la Tabla 2. Generalmente basta con 120 a 200 gr de suelo que pase el tamiz # 40.

**Foto 3. 8. Tamizado del material por la malla #40**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

2. Se derrama agua al suelo y se mezcla con una espátula hasta que forme una consistencia suave y uniforme.

**Foto 3.9. Mezcla del material con espátula**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

3. Se coloca una porción de 10 mm de la mezcla de suelo realizada en la copa de Casagrande. Enraso en la copa hasta que quede su superficie plana. Antes de colocar la pasta se debe humedecer la copa de Casagrande con una franela húmeda.

**Foto 3. 10. Máquina de Casagrande**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

4. Se corta con el acanalador la ranura en el medio de la superficie, preferiblemente en una sola pasada. En el caso de suelos arenosos se recomienda usar el ranurador plano con el fin de que se obtenga una ranura limpia y uniforme. Antes de proceder a realizar la ranura tengo que humedecer el acanalador con una franela húmeda.

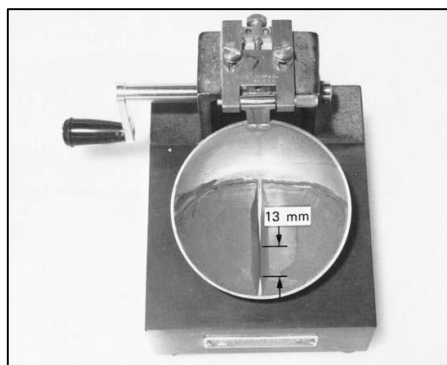
**Foto 3. 11. Corte con acanalador**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

5. Se acciona la copa de Casagrande a razón de 1.9 a 2.1 golpes por segundo, contando los golpes con el fin de que se cierre 13 mm (1/2") el suelo cortado con el ranurador. Es importante mencionar que la ranura de cerrarse por flujo del suelo y no por el deslizamiento del mismo respecto a la copa.

**Foto 3. 12. Suelo después de que la ranura se ha cerrado en la copa de Casagrande**



Fuente: ASTM D4318, Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

6. Se toma con una espátula una porción de suelo en el sitio donde se juntaron los bordes de la ranura para determinar el contenido de humedad de la muestra.

**Foto 3. 13. Colocación de muestras en el horno**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

- Se pesa la cápsula vacía, se pesa la cápsula con el suelo húmedo recuperado del ensayo, se registra el número de golpes y los pesos antes mencionados en la hoja de trabajo cuando se obtenga los tres puntos comprendidos respectivamente entre 15-20, 23-27 y de 30-35. En caso de no obtener los números de golpes correspondientes, se repite el proceso hasta obtenerlos. Finalmente, se mete las cápsulas en el horno.

**Tabla 3.8. Hoja de datos de límite líquido**

LÍMITE LÍQUIDO

N DE GOLPES	N DE CÁPSULA	PESO CÁPSULA	PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO	PESO CÁPSULA + SUELO SECO

15-20 GOLPES

23-27 GOLPES

30-35 GOLPES

Fuente: Gabriela Ortega y Luis Villafuerte basados en hoja de campo de laboratorio de materiales de construcción de la P.U.C.E

CÁLCULOS

- Se determina los contenidos de humedad ( $W\%$ ) para cada uno de los puntos ensayados.
- Se realiza un gráfico de dispersión de los puntos obtenidos en el ensayo, en el cual las abscisas señalen los números de golpes en escala logarítmica, y las ordenadas los respectivos contenidos de humedad.
- El límite líquido del suelo será el valor de la ordenada correspondiente a los 25 golpes.

### 3.1.5.2 LÍMITE PLÁSTICO

#### CONCEPTO

Es el contenido de agua de un suelo remoldeado en el punto en el cual pasa de un estado plástico a un estado semisólido.

#### ALCANCE

Determinar el límite plástico del suelo.

#### EQUIPO

**Tabla 3. 9. Lista de equipos para realizar el Límite plástico**

Lista de Equipos	
N°	Materiales
1	Placa de vidrio esmerilado de 30 x 30 cm
2	Cápsula para mezclado
3	Espátula metálica (2cm de ancho y de 10 a 13 cm de longitud)
4	Tarros de humedad
5	Balanza de sensibilidad de 0.01 gr.
6	Tamiz # 40
7	Horno de temperatura constante ( $110 \pm 5$ °C)

Fuente: Elaborado por Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, basados en (Juan Carlos Montero, 2004)

#### PROCEDIMIENTO

1. Se coloca en un envase preferiblemente metálico la cantidad de material requerida para realizar los ensayos de plasticidad que se muestra en la Tabla
2. Para la determinación del límite plástico suele usarse 15 gr de suelo seco o alrededor de 20 gr de suelo húmedo.

**Foto 3. 14. Tamizado de material por límite plástico**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

2. Se derrama agua al suelo y mezclo con una espátula hasta que forme una consistencia suave y uniforme. Otra alternativa es tomar 20 gr de suelo húmedo utilizado en el ensayo de límite líquido.

**Foto 3. 15. Mezcla del suelo para ensayo de límite plástico**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

3. Se toma aproximadamente 1.5 a 2 gr de suelo húmedo y se procede a amasarla en forma elipsoidal. Se coloca la masa de suelo elipsoidal sobre una placa de vidrio y se moldea el suelo con una presión tal que se pueda formar un rollo de 3.2 mm (1/8"), por un tiempo menor a 2 minutos y a una velocidad de amasado de 80 a 90 recorridos por minuto. Un recorrido es un movimiento completo de la mano hacia adelante y hacia atrás hasta la posición de partida.

**Foto 3. 16. Rollos de suelo de 3.2mm aproximadamente**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

4. Si al llegar el tira cilíndrica de suelo a los 3.2 mm de diámetro sin presentar agrietamiento o división, se recoge la tira y se lo moldea nuevamente entre los dedos para repetir el proceso desde el punto 3. En el segundo intento si la tira cilíndrica de suelo presenta agrietamiento antes de alcanzar los 3.2 mm de diámetro puede tomarse El punto de ensayo como válido.
5. Se repite el procedimiento completo hasta reunir dos porciones agrietadas de rollos de suelo de 6 gr de masa mínima cada uno y se los coloca en tarros de humedad para luego ser pesados y dichos pesos registrados.

**Foto 3. 17. Pesado de los rollos en la balanza**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

6. Se procede a meter al horno las dos cápsulas con los rollos de suelo agrietado al horno con el fin de determinar la masa de suelo seco y contenido de humedad para el cálculo del límite plástico. Luego de 24 horas se registra los pesos antes mencionados en la hoja de trabajo.

**Foto 3. 18. Muestras en el horno**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

## CÁLCULOS

1. Se determina los contenidos de humedad (W%) para cada una de las muestras. El promedio de los dos contenidos de humedad es el límite plástico.

### **3.1.6. CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

#### **3.1.6.1. SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS “UNIFIED SOIL CLASSIFICATION SYSTEM”**

REFERENCIAS: ASTM: D 2487

##### CONCEPTO

Braja M. Das (2012: 17) indica que los sistemas de clasificación de suelos, divide a los mismos en grupos y en subgrupos en base a propiedades geotécnicas obtenidos luego de realizar ciertos ensayos de laboratorio. El análisis granulométrico, el límite líquido y el límite plástico son datos fundamentales para poder clasificar a los suelos en los principales sistemas de clasificación de uso actual. El sistema unificado de clasificación de suelos “Unified Soil Classification System” (También es el sistema de la ASTM)

El sistema unificado de clasificación de suelos lo propuso A. Casagrande en 1942 y más tarde lo adoptó el United States Bureau of Reclamation y el US Army Corps of Engineers. En la actualidad el sistema se utiliza prácticamente en todo el trabajo geotécnico. En el sistema unificado se utilizan los símbolos siguientes para fines de identificación:

**Tabla 3. 10.Sistema Unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S)**

Sistema Unificado de clasificación de suelos (SUCS)	
Símbolo	Descripción
G	Grava
S	Arena
M	Limo
C	Arcilla
O	Límos Orgánicos y arcilla
Pt	Turba y suelos altamente orgánicos
H	Alta plasticidad
L	Baja plasticidad
w	Bien graduada
p	Mal graduada

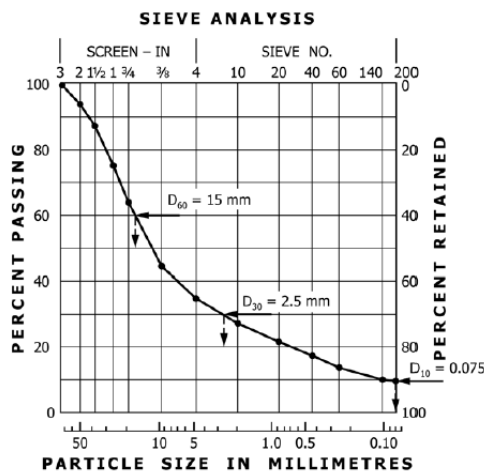
Fuente: Elaborado por Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte , basado en (Juan Carlos Montero, 2004)

### ALCANCE

Clasificar un suelo con el fin de proporcionar el nombre del grupo que generalmente describe el suelo, junto con el símbolo respectivo de acuerdo al sistema de clasificación que se use.

### TABLAS Y CUADROS

**Figura 3. 1. Curva Granulométrica po la serie de tamices**



$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{15}{0.075} = 200 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{(2.5)^2}{0.075 \times 15} = 5.6$$

Fuente: ASTM: D 2487 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)

Figura 3. 2. Tabla de plasticidad

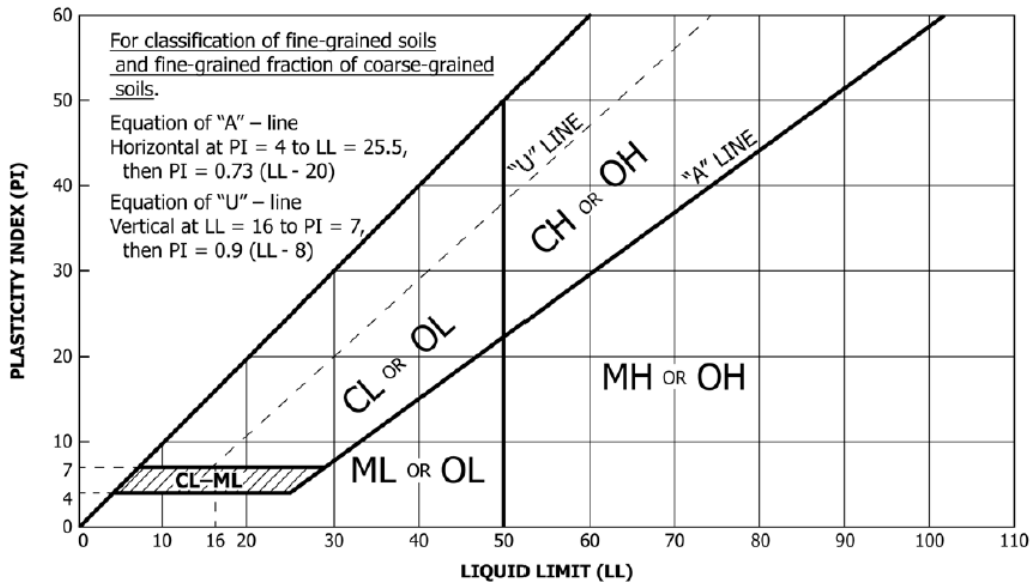


FIG. 4 Plasticity Chart

Fuente: ASTM: D 2487 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)

Figura 3. 3.Tabla de clasificación de suelos según norma ASTM

**Tabla 1.8** Gráfica de la Unified Soil Classification (según la ASTM, 2009) (ASTM D2487-98: Práctica estándar para la clasificación de suelos para fines ingenieriles (Unified Soil Classification). Derechos de autor de la ASTM INTERNATIONAL. Reimpresa con permiso).

Criterios para asignar símbolos y nombres de grupo utilizando pruebas de laboratorio <sup>a</sup>			Clasificación del suelo		
			Símbolo de grupo	Nombre de grupo <sup>b</sup>	
<b>Suelos de grano grueso</b> Más de 50% retenido en la malla núm. 200	Gravas Más de 50% de la fracción gruesa retenida en la malla núm. 4	Gravas limpias	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	GW	Grava bien graduada <sup>f</sup>
		Menos de 5% finos <sup>c</sup>	$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^c$	GP	Grava mal graduada <sup>f</sup>
		Gravas con finos	Los finos se clasifican como ML o MH	GM	Grava limosa <sup>g,h</sup>
		Más de 12% finos <sup>c</sup>	Los finos se clasifican como CL o CH	GC	Grava arcillosa <sup>g,h</sup>
	Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla núm. 4	Arenas limpias	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	SW	Arena bien graduada <sup>f</sup>
		Menos de 5% finos <sup>d</sup>	$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^c$	SP	Arena mal graduada <sup>f</sup>
	Arena con finos	Los finos se clasifican como ML o MH	SM	Arena limosa <sup>g,i</sup>	
	Más de 12% finos <sup>d</sup>	Los finos se clasifican como CL o CH	SC	Arena arcillosa <sup>g,i</sup>	
<b>Suelos de grano fino</b> 50% o más pasa la malla núm. 200	Limos y arcillas Límite líquido menor que 50	Inorgánicos	$IP > 7$ y se encuentra en o arriba de la línea "A" <sup>j</sup>	CL	Arcilla de baja compresibilidad <sup>k,l,m</sup>
			$IP < 4$ o se encuentra debajo de la línea "A" <sup>j</sup>	ML	Limo de baja compresibilidad <sup>k,l,m</sup>
		Orgánicos	$\frac{\text{Límite líquido—secado en horno}}{\text{Límite líquido—no secado}} < 0.75$	OL	Arcilla orgánica <sup>k,l,m,n</sup> Limo orgánico <sup>k,l,m,o</sup>
	Limos y arcillas Límite líquido 50 o mayor	Inorgánicos	$IP$ se encuentra en o arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta compresibilidad <sup>k,l,m,n</sup>
			$IP$ se encuentra debajo de la línea "A"	MH	Limo de alta compresibilidad <sup>k,l,m,n</sup>
		Orgánicos	$\frac{\text{Límite líquido—secado en horno}}{\text{Límite líquido—no secado}} < 0.75$	OH	Arcilla orgánica <sup>k,l,m,p</sup> Limo orgánico <sup>k,l,m,q</sup>
				PT	Turba
	<b>Suelos altamente orgánicos</b>		Principalmente materia orgánica, de color oscuro y olor orgánico		

<sup>a</sup>Con base en el material que pasa la malla de 75 mm (3 in).  
<sup>b</sup>Si la muestra de campo contenía cantos rodados o piedra bola, o ambos, agregue "con cantos rodados o piedra bola, o ambos" al nombre de grupo.  
<sup>c</sup>Gravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: grava bien graduada con limo, GW-GM; grava bien graduada con arcilla, GW-GC; grava mal graduada con limo, GP-GM; grava mal graduada con arcilla, GP-GC.  
<sup>d</sup>Arenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: arena bien graduada con limo SW-SM; arena bien graduada con arcilla SW-SC; arena mal graduada con limo SP-SM; arena mal graduada con arcilla SP-SC.  
 $C_u = D_{60}/D_{10}$   $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$   
<sup>e</sup>Si el suelo contiene  $\geq 15\%$  de arena, agregue "con arena" al nombre de grupo.  
<sup>f</sup>Si los finos se clasifican como CL-ML, utilice el símbolo doble GC-GM o SC-SM.  
<sup>g</sup>Si los finos son orgánicos, agregue "con finos orgánicos" al nombre de grupo.  
<sup>h</sup>Si el suelo contiene  $\geq 15\%$  de grava, agregue "con grava" al nombre de grupo.  
<sup>i</sup>Si los límites de Atterberg se encuentran en el área sombreada, el suelo es una arcilla limosa, CL-ML.  
<sup>j</sup>Si el suelo contiene 15 a 29% más la malla núm. 200, agregue "con arena" o "con grava," lo que predomine.  
<sup>k</sup>Si el suelo contiene  $\geq 30\%$  más la malla núm. 200, predominantemente arena, agregue "arenoso" al nombre de grupo.  
<sup>l</sup>Si el suelo contiene  $\geq 30\%$  más la malla núm. 200, predominantemente grava, agregue "gravoso" al nombre de grupo.  
<sup>m</sup>Si  $IP \geq 4$  y se encuentra en o arriba de la línea "A."  
<sup>n</sup>Si  $IP < 4$  o se encuentra debajo de la línea "A."  
<sup>o</sup>Si  $IP$  se encuentra en o arriba de la línea "A."  
<sup>p</sup>Si  $IP$  se encuentra debajo de la línea "A."

Fuente: Das, Braja M, Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, México, Cenage Learning, Séptima edición, 2012.

Figura 3. 4. Diagrama de flujo para clasificación de suelo de grano grueso norma ASTM

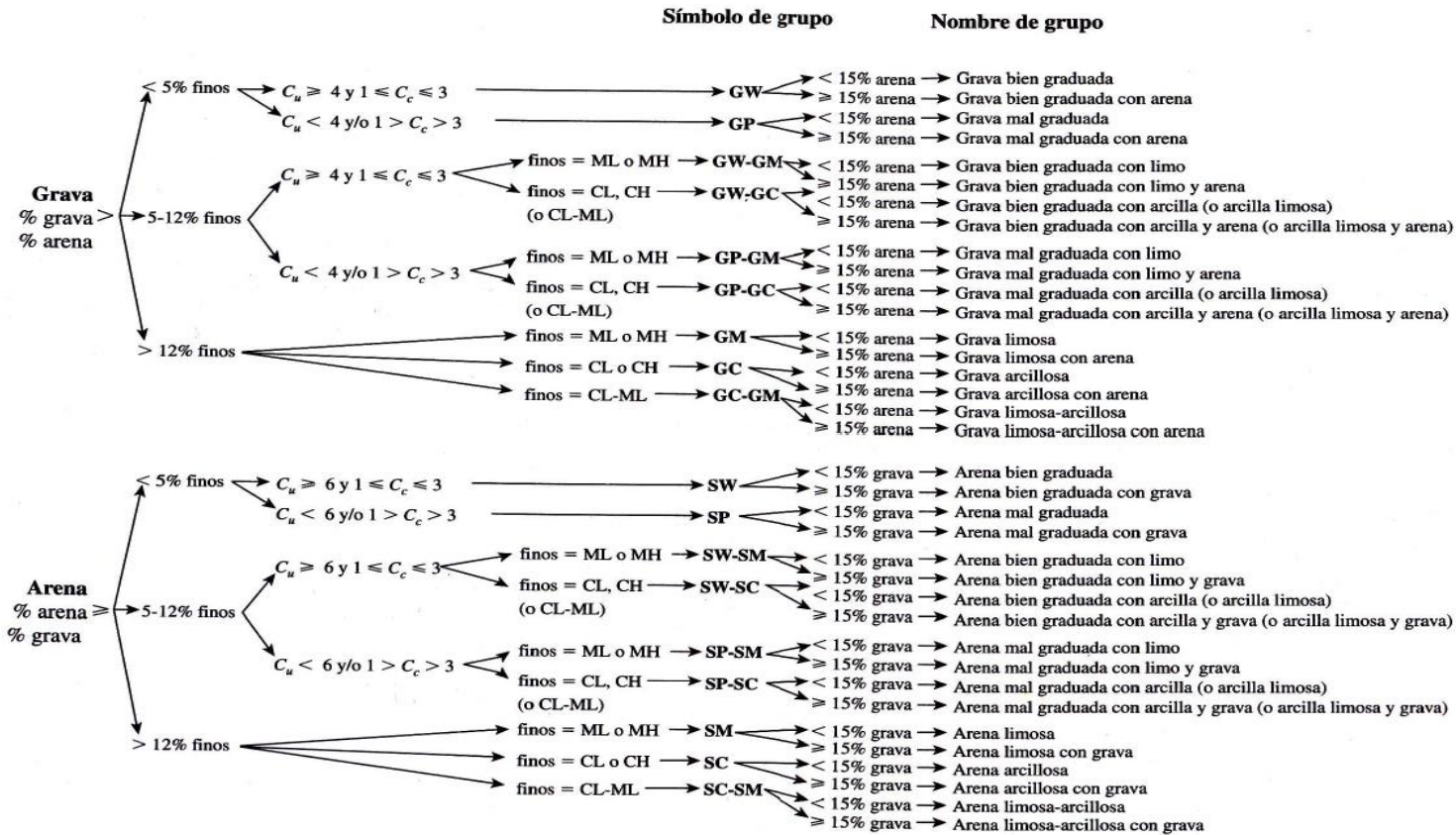
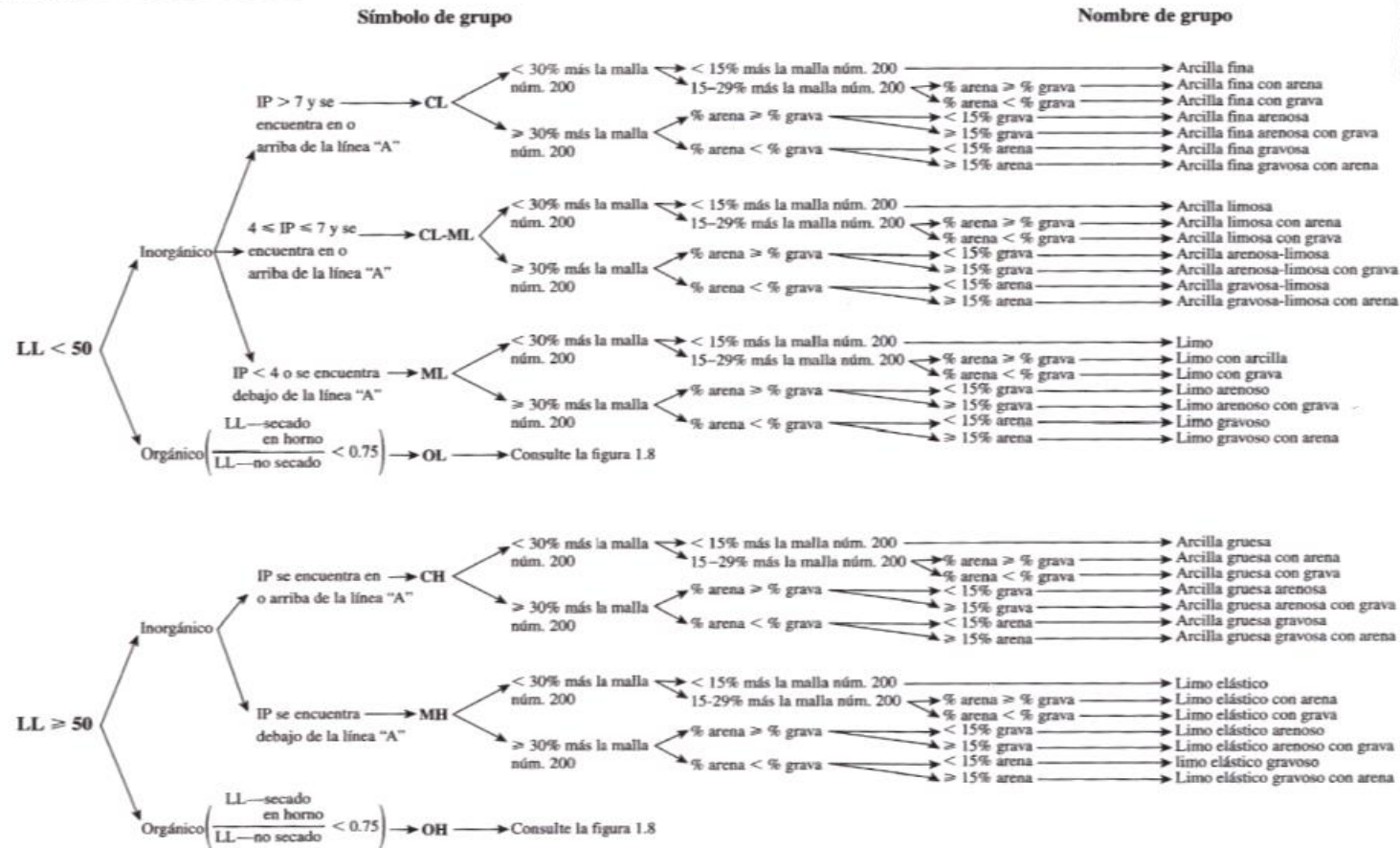


Figura 1.6 Diagrama de flujo para clasificar suelos de grano grueso (más de 50% retenido en la malla núm. 200) (según ASTM, 2009) (ASTM D2487-98: Práctica estándar para clasificación de suelos para fines ingenieriles (Unified Soil Classification). Derechos de autor ASTM INTERNATIONAL. Reimpresa con permiso).

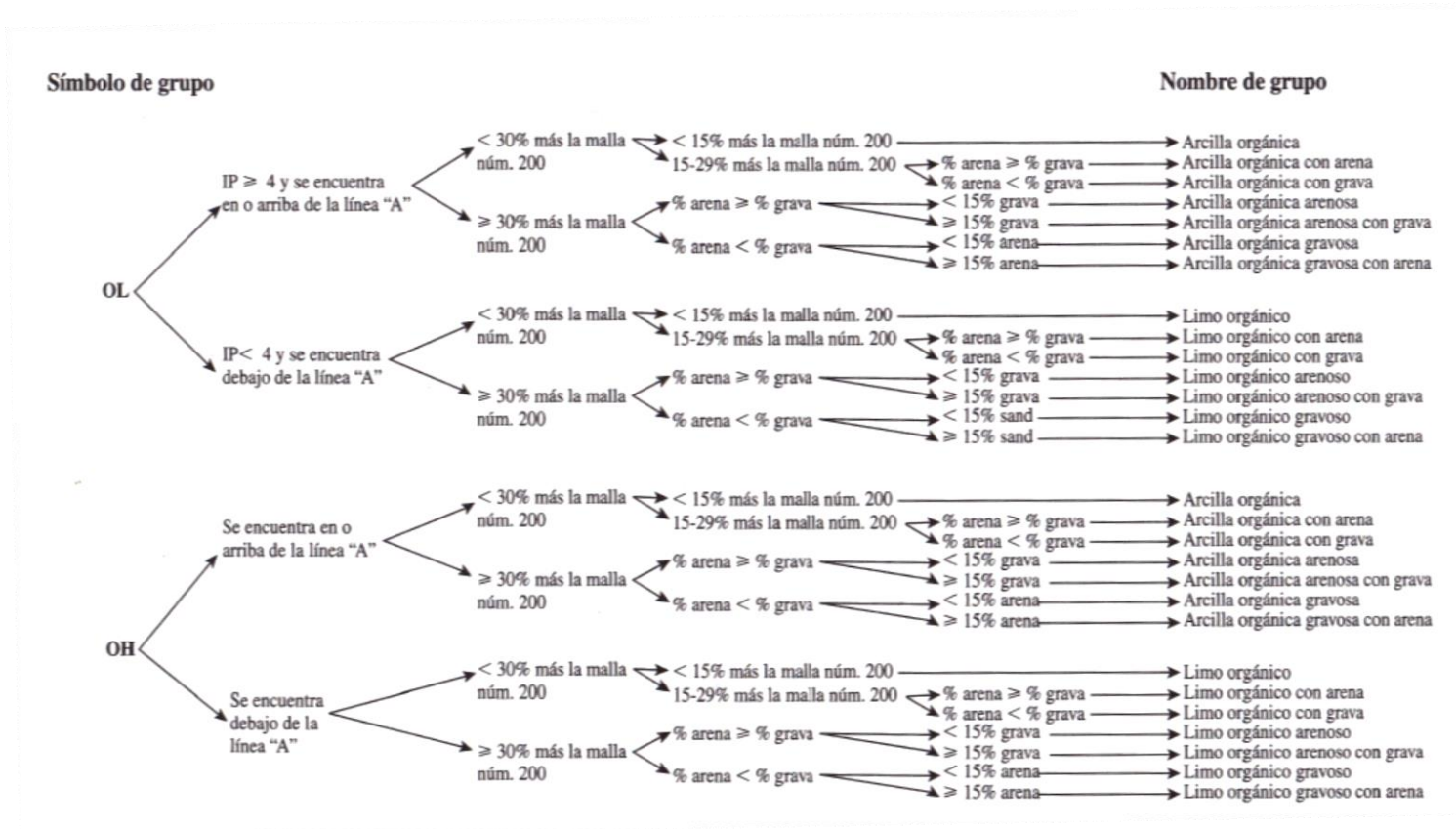
Fuente: Das, Braja M, Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, México, Cenage Learning, Séptima edición, 2012.

Figura 3. 5. Diagrama de flujo para clasificar suelos de grano fino norma ASTM



Fuente: Das, Braja M, Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, México, Cenage Learning, Séptima edición, 2012.

Figura 3. 6. Diagrama de flujo para clasificar suelos orgánicos de grano fino Norma ASTM



Fuente: Das, Braja M, Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, México, Cenage Learning, Séptima edición, 2012.

## PROCEDIMIENTO

1. Se recupera los datos necesarios de los análisis granulométricos mostrados en la siguiente tabla. Estos datos son el peso del suelo húmedo total en gramos, el peso retenido acumulado de la serie de tamices correspondientes al tamiz #4, #10, #40, #200 y pasante del #200. Además del Límite líquido (LL) y el índice de plasticidad (IP).

Estos son los datos de partida para poder realizar la cualquiera de las dos clasificaciones, tanto la SUCS, como la de la AASHTO.

**Tabla 3. 11. Tamaño de tamices para clasificación de suelos**

TAMIZ		MASA RETENIDA	
INEN	ASTM	parcial (gr)	acumulado (gr)
76,00mm	3'		
63,00mm	2½'		
50,80mm	2'		
38,00mm	1½'		
25,40mm	1'		
19,00mm	¾'		
12,70mm	½'		
9,50mm	¾"		
4,75mm	No.4		
pasa 4,75mm			
Σ			
4,75mm	No.4		
2,36mm	No.8		
2,00mm	No.10		
1,68mm	No.16		
850 μm	No.20		
600 μm	No.30		
425 μm	No.40		
300 μm	No.50		
250 μm	No.60		
150 μm	No.100		
75 μm	No.200		
Pasa 75 μm			
Σ			

Fuente: Elaborado por Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte , basado en hoja de cálculo de LDMS Laboratorio.

2. Se procede a calcular el porcentaje retenido que pasa por la serie de tamices antes mencionados. Para calcular este porcentaje se aplica la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{masa retenida acumulada [gr]}}{\text{peso suelo humedo total [gr]}} * 100$$

**(E.c 3.3)**

**Tabla 3. 12. Cálculo de porcentaje de pesos retenidos del suelo**

TAMIZ		MASA RETENIDA		%	
INEN	ASTM	parcial (gr)	acumulado (gr)	Retenido	
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¾'				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ				ARENA	
4,75mm	No.4				
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10				
1,68mm	No.16				
850 μm	No.20				
600 μm	No.30				
425 μm	No.40				
300 μm	No.50				
250 μm	No.60				
150 μm	No.100				
75 μm	No.200				
Pasa 75 μm					
Σ					

Fuente: Elaborado por Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte , basado en hoja de cálculo de LDMS Laboratorio.

- Se procede a calcular el porcentaje que pasa por la serie de tamices antes mencionados. Para calcular este porcentaje se aplica la siguiente fórmula:

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \% \text{ retenido}$$

(E.c 3.4)

**Tabla 3. 13. Cálculo de porcentaje de suelo que pasa por el tamiz 200**

TAMIZ		MASA RETENIDA		%	
INEN	ASTM	parcial (gr)	acumulado (gr)	Retenido	que pasa
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¾'				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ				ARENA	
4,75mm	No.4				
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10				
1,68mm	No.16				
850 μm	No.20				
600 μm	No.30				
425 μm	No.40				
300 μm	No.50				
250 μm	No.60				
150 μm	No.100				
75 μm	No.200				
Pasa 75 μm					
Σ					

Fuente: Elaborado por Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte , basado en hoja de cálculo de LDMS Laboratorio.

4. Se procede a determinar si el suelo es de grano grueso o fino. Para esto se debe evaluar el porcentaje que pasa el tamiz #200. Si este porcentaje supera el 50%, el suelo es de grano fino. Si dicho porcentaje es menor al 50%, el suelo es de grano grueso.
5. Se procede a determinar la fracción de grava y la fracción de arena de nuestro análisis granulométrico. El porcentaje retenido de grava es igual al porcentaje retenido en el tamiz # 4. Y el porcentaje de arena se lo calcula con la siguiente fórmula:

$$F. Arena = \% \text{ retenido del tamiz \#200} - \% \text{ retenido del tamiz \# 4} \quad (\text{Ec.3.5})$$

$$F. Grava = \% \text{ retenido del tamiz \#4} \quad (\text{Ec.3.6})$$

6. Se calcula la fracción total gruesa de suelo.

$$F. Total \text{ de suelo grueso} = F. Grava + F. Arena \quad (\text{Ec.3.7})$$

7. Comparamos si el porcentaje de arena es mayor o menor al porcentaje de grava. Para este comparamos cada una de las fracciones. Tanto la fracción de arena, como la fracción de grava con respecto a la fracción total de suelos de grano grueso.

$$\% Arena = \frac{F. Arena}{F. Total \text{ de de suelo grueso}} * 100 \quad (\text{Ec.3.8})$$

$$\% Grava = \frac{F. Grava}{F. Total \text{ de de suelo grueso}} * 100 \quad (\text{Ec.3.9})$$

8. Consultamos en las tablas correspondientes para identificar el símbolo de grupo del suelo. Se debe seguir el diagrama de flujo para clasificar suelos de grano fino y la gráfica de plasticidad.

En este caso nuestro suelo es de tipo limo arenoso razón por la cual no se usara el tabla que representa el diagrama de flujo para clasificar suelo de grano grueso.

De acuerdo a la Figura 3.2,3.3 y 3.5.

### **3.1.6.2. SISTEMA DE LA “AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO)**

REFERENCIAS: CLASIFICACIÓN AASHTO

CONCEPTO

Braja M. Das (2012: 17) indica que los sistemas de clasificación de suelos, divide a los mismos en grupos y en subgrupos en base a propiedades geotécnicas obtenidos luego de realizar ciertos ensayos de laboratorio. El análisis granulométrico, el límite líquido y el límite plástico son datos fundamentales para poder clasificar a los suelos en los principales sistemas de clasificación de uso actual.

El sistema de la “American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Este sistema se lo utiliza principalmente para la clasificación de las capas de pavimento de una carretera. Fue propuesto originalmente para el Highway Research Board’s Committee on Classification Of Materials for Subgrades and Granular Type Roads (1945). Según la forma presente de este sistema los suelos se pueden clasificar según 8 grupos principales.

**Tabla 3. 14. Clasificación de suelos de la AASHTO**

Clasificación de suelos de la AASHTO	
Símbolo	Descripción
A1	Materiales de grano grueso
A2	
A3	
A4	Materiales de grano fino
A5	
A6	
A7	
A8	Turba, fango y otros suelos altamente orgánicos , se identifican mediante inspección visula

Fuente: Elaborado por Gabriela Ortega Y Luis Enrique Villafuerte, basado en la Norma American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO.(1945).

#### ALCANCE

Clasificar un suelo con el fin de proporcionar el nombre del grupo que generalmente describe el suelo, junto con el símbolo respectivo de acuerdo al sistema de clasificación que se use.

TABLAS Y CUADROS

Tabla 3. 15. Sistema de clasificación de suelos de la AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos de la muestra total pasa la malla núm. 200)						
	A-1			A-2			
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis por mallas (% que pasa)							
Malla núm. 10	50 máx						
Malla núm. 40	30 máx	50 máx	51 mín				
Malla núm. 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx
Para la fracción que pasa Malla núm. 40				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Límite líquido (LL)				10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Índice de plasticidad (IP)	6 máx		No plástico				
Tipo usual de material	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			
Clasificación de la capa	Excelente a buena						
Clasificación general	Materiales de limo y arcilla (más de 35% de la muestra total pasa la malla núm. 200)						
Clasificación de grupo	A-4	A-5	A-6	A-7			
				A-7-5 <sup>a</sup> A-7-6 <sup>b</sup>			
Análisis por mallas (% que pasa)							
Malla núm. 10							
Malla núm. 40							
Malla núm. 200	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín			
Para la fracción que pasa Malla núm. 40							
Límite líquido (LL)	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín			
Índice de plasticidad (IP)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín			
Tipo usual de material	Principalmente suelos limosos		Principalmente suelos arcillosos				
Calificación subrasante	Regular a malo						

<sup>a</sup>Si  $IP \leq LL - 30$ , la clasificación es A-7-5.  
<sup>b</sup>Si  $IP > LL - 30$ , la clasificación es A-7-6.

Fuente: Das, Braja M, Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, México, Cenage Learning, Séptima edición, 2012.

## PROCEDIMIENTO

1. Se procede a determinar si el suelo es un material granular o es un material compuesto de limo y arcilla. Para esto se debe evaluar el porcentaje que pasa el tamiz #200. Si este porcentaje supera el 35%, el suelo es de material de limo y arcilla. Si dicho porcentaje es menor al 35%, el suelo es un material granular.
2. Con el Límite Líquido e índice plástico se procede a consultar en la tabla correspondiente para identificar el símbolo de grupo del suelo.

### 3.1.7. COMPACTACIÓN DE SUELOS

REFERENCIAS: ASTM D 1557-12,

CONCEPTO:

Es un ensayo de compactación, sirve para determinar la máxima densidad que es posible alcanzar en suelos o áridos, este ensayo se puede realizar solo en suelos que pasen totalmente el tamiz # 4 o al menos que tengan un retenido máximo del 10% en esa malla, pero que pase este material retenido por el tamiz #3/8.

A continuación se presenta un cuadro con las condiciones variables de Próctor que se pueden presentar.

**Tabla 3. 16. Condiciones Variables del Ensayo de Compactación Próctor**

Método Proctor	N	Tamaño molde (cm)	Volumen molde (cm)	Pisón (kg)	Nº Capas	Altura caída (cm)	Nº Golpes	Energía compac. / volumen (kg*m/m3)
ESTÁNDAR	1	11.64*10.16	943.33	2.49	3	30.48	25	60.500
ESTÁNDAR	2	11.64*15.24	2123.03	2.49	3	30.48	55	60.500
MODIFICADO	3	11.64*10.16	943.33	2.49	5	45.72	25	275.275
MODIFICADO	4	11.64*15.24	2123.03	2.49	5	45.72	55	275.275
15 GOLPES	5	11.64*10.16	943.33	2.49	3	30.48	15	36.400

Fuente: <http://www3.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/mecanica6.htm>. Acceso: 03/05/2015

#### ALCANCE:

El ensayo de compactación de suelos es uno de los ensayos de mayor importancia en cuanto al control de calidad de la compactación de un terreno, de acuerdo con su grado de humedad. De esta manera se puede optimizar el costo beneficio de la obra, a su vez este ensayo nos ayuda a determinar características como la resistencia al esfuerzo de corte, compresibilidad y permeabilidad al cual se encuentra expuesto el suelo.

#### EQUIPO:

**Tabla 3. 17. Lista de equipos para el Ensayo de compactación.**

LISTA DE EQUIPOS	
N°	Materiales
1	Cajoneta de madera para secar el suelo
1	Tamiz # 4
	Fundas plásticas
1	Balanza que soporte más de 10kg
1	Bandeja grande para colocar el material
1	Molde cilindrico que tenga en promedio $4,000 \pm 0,016$ pulg ( $101,6 \pm 0,4$ mm) de diámetro interior, una altura de $4,584 \pm 0,018$ pulg
1	Pisón ó Martillo operado manualmente ó mecánicamente. El pisón debe caer libremente a una distancia de $18 \pm 0,05$ pulg ( $457,2 \pm 1,6$ mm) de la superficie de espécimen.
2	Envases pequeños para colocar muestras de humedad
1	Enrazador o regleta
1	Balanza con aproximación a un gramo
1	Horno con control de temperatura a $105-110^{\circ}$ C
1	Martillo metálico
1	Probeta de vidrio con medida en ml

Fuente: Fuente: Elaborado por Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, basado en (Gustavo Yáñez,2013)

#### PROCEDIMIENTO:

1. Se toma el material extraído de campo y se pasa el mismo por el tamiz # 4, Es recomendable tener al 15kg de material por lo menos.

**Foto 3.19. Recolección y tamizado del material**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

2. El material tamizado es colocado en el cajón de madera procurando que este sea expuesto al sol, se recomienda mover el material con la ayuda de una pala de esta manera se secará más rápidamente.

**Foto 3. 20.Secado del suelo en cajonetas**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

- Una vez seco el material, se toman aproximadamente 3kg del material para poder realizar el ensayo de compactación, el resto del material se deja en la cajoneta para con el poder realizar el ensayo del CBR de laboratorio.

**Foto 3. 21. Peso del material en la balanza**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

- De acuerdo con la norma se debe colocar el 3% de agua en la muestra por tanto se colocarán 90ml de agua midiéndola en la probeta, se mezcla el agua con el material intentando que la mezcla sea homogénea

**Foto 3. 22. Probeta en mL**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

- Se pesa el molde sin el anillo.

**Foto 3. 23.Peso del molde para el Ensayo Próctor Modificado**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

- Para saber el número de capas y las veces que debe compactarse el material, nos basamos en la norma ya mencionada, a continuación se presenta un cuadro de acuerdo a la compactación que se va a realizar.

Por lo tanto, en nuestro caso el material pasa el 100% tamiz número 4, se procede a seleccionar el método de compactación ,modificada A correspondiente a usar un molde de 4 pulgadas el cual será compactado con cinco capas cada una de 25 moldes.

**Tabla 3. 3.Tipos de compactación para Ensayo Próctor**

MÉTODO	COMPACTACIÓN ESTÁNDAR			COMPACTACIÓN MODIFICADA		
	A	B	C	A	B	C
TAMIZ	Nº4	Nº 3/8	Nº3/4	Nº4	Nº 3/8	Nº3/4
PORCENTAJE RETENIDO MAX	25%	25%	30%	25%	25%	30%
DIÁMETRO DEL MOLDE	4 pulg	4 pulg	6 pulg	4 pulg	4 pulg	6 pulg
Nº DE CAPAS	3	3	3	5	5	5
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	56	25	25	56

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

7. Se coloca la primera capa con la ayuda de un jarro, es importante colocar en cada capa la misma cantidad de suelo, por ello es necesario observar cuidadosamente cuanto llevara cada capa.

**Foto 3. 24. Molde con la primera capa del suelo compactado**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

8. Se compacta con cinco capas de 25 golpes cada una, procurando que al compactar el martillo gire en forma circular de tal manera el suelo se compactará uniformemente.

**Foto 3. 25. Compactación del suelo con el martillo**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

9. Una vez compactado el suelo, con la ayuda del martillo se golpea a los costados y se retira el disco de tal manera que quede el molde con el excedente de suelo.

**Foto 3. 26. Remoción del suelo sobrante.**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

10. Se retira el excedente de suelo con el enrazador o regla dejando el molde únicamente con la cantidad de suelo exacta contenida en el mismo.

**Foto 3. 7. Enrazado del material**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

11. Se pesa el molde con el suelo.

**Foto 3. 8. Molde con el suelo pesado**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

12. Se retira el suelo del molde y con el mismo suelo se repite el procedimiento incrementando el contenido de humedad del 3%, 9%,12% etc. Hasta que el peso del suelo con el molde disminuya. Es recomendable por lo menos obtener cuatro puntos para que la curva pueda apreciarse de mejor manera.

## CÁLCULOS

1. Cálculo del índice de humedad.

$$w\% = \frac{M_{tm} - M_{ts}}{M_s} * 100$$

(Ec.3.1)

$$M_s = M_{ts} - M_t$$

(Ec.3.10)

2. Masa del suelo húmedo

$$M_{sh} = \text{peso del molde} + \text{suelo húmedo} - \text{peso del molde}$$

(Ec.3.11)

3. Peso específico húmedo

$$\gamma_m = \frac{M_{sh}}{\text{volumen del molde}} \quad \gamma_m = \frac{gr}{cm^3}$$

(Ec.3.12)

4. Peso específico seco

$$\gamma_d = \frac{\gamma_m}{1 + \frac{w\%}{100}} \quad \gamma_d = \frac{T}{m^3}$$

(Ec.3.13)

5. Dibujar en escala logarítmica apropiada, en el eje de las abscisas los contenidos de agua promedio con una aproximación del 0.1%, y en las ordenadas el peso del valor específico seco correspondiente a cada contenido de agua con aproximación de 0.1 T/cm.<sup>3</sup>

6. Con esto se origina un gráfico donde se formará una curva de tipo parabólica y el punto máximo será el valor de la densidad máxima seca por el lado de las abscisas y del lado de las ordenadas, nos indica el valor de la humedad óptima en porcentaje.

Nota: la curva debe hacerse ajustando los puntos obtenidos.

7. Los valores de  $\gamma_{dmax}$  deberán ser corregidos, si el porcentaje retenido en el tamiz escogido para el ensayo tipo (A,B,C) supera el 5% con un máximo de 30% en el tamiz 3/4" y 40% retenido en el tamiz N# 4 mediante las siguientes expresiones.

$$\gamma_{dmax \text{ corregido}} = \frac{\gamma_{dmax} * G_s * \gamma_w}{\gamma_{dmax} * P_G + G_s * \gamma_w * P_f} * 100$$

(Ec.3.14)

$$W_{\text{corregido}} = W_F * P_F + W_G * P_G$$

(Ec.3.15)

$$P_F = \frac{M_{SF}}{M_{SF} + M_{SG}} \quad P_G = \frac{M_{SG}}{M_{SF} + M_{SG}}$$

(Ec.3.16)

$$M_{SF} = \frac{M_{mF}}{1+W_F} \quad M_{SG} = \frac{M_{mG}}{1+W_G}$$

(Ec.3.17)

8. Los porcentajes de  $P_G$  y  $P_F$  se obtendrán de un ensayo granulométrico, utilizando los No 4,3/8 y 3/4" con su correspondiente contenido de humedad tanto de suelos finos como suelos gruesos, la corrección de  $\gamma_{dmax}$  no es aplicable para mezclas de suelos y rocas que se han fraccionado o efecto de compactación de campo.

Nomenclatura:

W% Contenido de humedad en %

Mtm Peso de cápsula + suelo húmedo

Mts Peso de cápsula + suelo seco

Ms Masa del suelo seco

Mt Masa del tarro

Msh Masa del suelo húmedo

$\gamma_m$  Peso específico húmedo

$\gamma_d$  Peso específico seco

$\gamma_{dmax\text{ corregido}}$  Densidad seca máxima corregida

$G_S$  Gravedad específica Bulk de la fracción gruesa material retenida en tamiz #4

$\gamma_w$  Peso unitario del agua

$P_G$  % de partículas gruesas retenidas en el tamiz # (4,3/8" o 3/4") según el método escogido

$P_F$  % de partículas finas retenidas en el tamiz # (4,3/8" o 3/4") según el método escogido

$W_G$  Contenido de humedad de la fracción gruesa

$W_F$  Contenido de humedad de la fracción fina

$M_{SF}$  Masa del suelo seco fino

$M_{SG}$  Masa del suelo seco grueso

$M_{mF}$  Masa de la muestra húmeda de finos

$M_{mG}$  Masa de la muestra húmeda de gruesos

## HOJA DE CÁLCULO

**Tabla 3.19. Hoja de cálculo ensayo de compactación**

AREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTÉCNICA  
HOJA DE CAMPO  
ENSAYO DE COMPACTACIÓN

HOJA:  
DESCRIPCION DE MUESTRA:  
FECHA DE PREPARACIÓN:  
FECHA DE ENSAYO:


COMPACTACIÓN MODIFICADA(2700KN.m/m<sup>3</sup>)  
COMPACTACIÓN ESTÁNDAR(600KN.m/m<sup>3</sup>)

ASTM D1557  
ASTM D698

	PESO HÚMEDO	PESO SECO CALCULADO	PORCENTAJE RETENIDO CALCULADO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO
Peso del material retenido Tamiz N 3/4,g				
Peso del material retenido Tamiz N 3/8,g				
Peso del material retenido Tamiz N 4 g				
Peso del material pasante Tamiz N 4 g				
<b>PESO SECO TOTAL</b>				

	HUMEDAD RETENIDO TAMIZ N 3/4	HUMEDAD RETENIDO TAMIZ N 3/8	HUMEDAD RETENIDO TAMIZ N 4	HUMEDAD PASANTE TAMIZ N 4
IDENTIFICACIÓN CÁPSULA				
Peso cápsula g- A				
Peso cap + suelo húmedo, g - B				
Peso cap + suelo seco, g, - C				
Porcentajes de Humedad, %				
<b>PORCENTAJE DE HUMEDAD PROMEDIO</b>				

MÉTODO:	COMPACTACIÓN ESTÁNDAR			COMPACTACIÓN MODIFICADA		
	A	B	C	A	B	C
TAMIZ:	N 4	N 3/8	N3/4	N 4	N 3/8	N3/4
PORCENTAJE RETENIDO MAX:	25 %	25%	25%	25 %	25%	30%
DIAMETRO DEL MOLDE:	4pulg	4 pulg	6 pulg	4pulg	4 pulg	6 pulg
N DE CAPAS:	3	3	3	5	5	5
N DE GOLPES POR CAPA:	25	25	56	25	25	56

N DE PRUEBA	1	2	3	4	5
Peso molde+ suelo húmedo, g - B					
IDENTIFICACIÓN DE LA CÁPSULA					
Peso cápsula, g					
Peso cap + suelo húmedo, g					
Peso cap + suelo seco, g					

MOLDE:

PESO DEL MOLDE:

DATPS PARA LA REALIZACIÓN DE CBR O MOLDEO DE ESPECÍMENES

Densidad seca máxima= \_\_\_\_\_ gr/cm<sup>2</sup>

%HUMEDAD ÓPTIMA gr  
Peso de Material guardado, g

HUMEDAD MUESTRA GUARDADA EN FUNDA	
IDENTIFICACIÓN CAP	
PESO CAP, g	
PESO CAP + SUELO HÚMEDO, g	
PESO CAP + SUELO SECO, g	

OBSERVACIONES

EJECUTADO POR :

Fuente: Gabriela Ortega y Luis Villafuerte basados en hoja de campo de laboratorio de materiales de construcción de la P.U.C.E

### **3.1.8 C.B.R CALIFORNIA BEARING RATIO**

#### **REFERENCIAS:**

ASTM D 1883-73, ASHTO T-193

#### **CONCEPTO:**

El ensayo del CBR es usado para determinar la resistencia de un suelo, el cual va a estar sometido a condiciones de humedad y densidad controlada.

Este ensayo es utilizado para la de la calidad relativa de suelos se subrasante, bases y subbases granulares que contengan solamente una pequeña cantidad de material que pasa por el tamiz #4 (50mm), y con un tamaño máximo de partículas de 19 mm (3/4 in).

#### **ALCANCE:**

Dentro del alcance de este ensayo se pueden contemplar los siguientes aspectos, los cuales se encuentran de acuerdo a la granulometría y las características físicas de cada suelo, por lo tanto se podrá usar este ensayo en suelos perturbados y remoldeados , así también en gravas, arenas, suelos cohesivos ( plásticos, no plásticos, expansivos) y finalmente para suelos inalterados.

#### **EQUIPO:**

**Tabla 3.20. Lista de equipo para CBR de laboratorio**

Lista de Equipo	
N°	Materiales
1	Paquete de fundas plásticas.
1	Balanza superior a 10kg de capacidad, sensible al gramo.
1	Bandeja grande.
1	Probeta de 1000cm <sup>3</sup> .
1	Envase pequeño (taza).
3	Moldes cilíndricos de 6" de diámetro y 7" de altura, cons su respectiva base.
3	Collares de 2" de altura.
4	Moldes pequeños para humedades.
1	Maza de compactación o martillo de 10 libras con una altura de caída de 18" ASHTO T 190.
1	Barra espaciadora de 6" de diametro y 2" de altura.
	Pales filtro o papel periódico cortados en forma circular.
1	Regla metálica para enrazar el molde
1	Brocha mediana
1	Horno con control de temperatura a 105-110°C
1	Placa perforada de 15 cm de diámetro, con vástago en el centro y un trípode con un cuadrante adaptado para medir el hinchamiento
2	Pesas de sobrecarga de 5 libras de peso de forma redonda o en forma de herradura.
1	Tanque para la inmersión de los moldes
2	Rieles de acero o de madera
1	Prensa de 3000 kg de capacidad que tenga convenientemente adaptado un pistón cilíndrico de 3" cuadradas de sección para hacer el ensayo de penetración, en la que se pueda regular la velocidad de desplazamiento del
1	Prensa cargada con diez libras para colocar los moldes del CBR
1	Cronómetro
1	Martillo metálico

Fuente: Fuente: Elaborado por Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, basado en (Gustavo Yáñez, 2013)

#### PROCEDIMIENTO:

1. Se saca el volumen del molde del CBR que servirá en el cálculo del mismo, considerando que se debe tomar la altura del molde sin el anillo, y la altura de la barra espaciadora.
2. Se toma 15 kg de material en una funda plástica para que no pierda la humedad natural.

**Foto 3.29. Recolección del Material e funda plástica**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

3. Se encera la balanza con la bandeja y se coloca el material hasta llegar a 15kg de preferencia exactos.

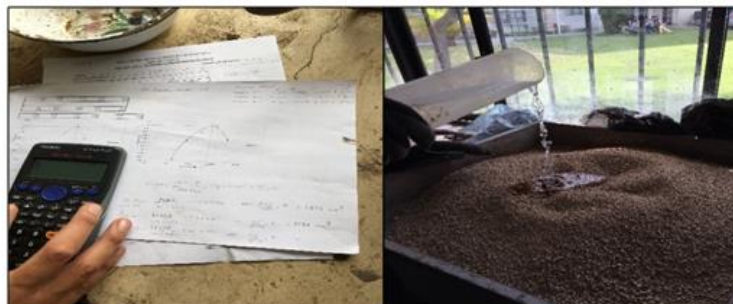
**Foto 3. 30. Peso del material en la balanza**



Fuente: Elaborado por Luis Enrique Villafuerte y Gabriela Ortega

4. Con los datos conseguidos de los cálculos del Ensayo Próctor Modificado se obtuvo la humedad óptima que requiere la muestra, la misma que se colocará con la ayuda de la probeta.

**Foto 3.31. Cálculo de la humedad óptima**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

5. Se debe tomar dos muestras de suelo en los envases pequeños para realizar el ensayo de contenido de humedad, se recomienda tomar las muestras al empezar la primera capa y al finalizar la última capa de suelo de cada molde

**Foto 3.32. Moldes para colocar contenidos de humedad**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

6. Se pesa el molde del CBR sin el anillo donde se va a colocar el suelo.

**Foto 3.33. Pesado de molde en la balanza**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

7. Se coloca dentro del molde la barra espaciadora y el papel filtro, cabe recalcar que la barra se debe poner con la concavidad hacia arriba, se agrega la cantidad de una tasa y media de suelo en el molde.

**Foto 3.34. Molde con suelo compactado**



Fuente (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

8. De acuerdo con la norma ASTM D 1883-73 se deben realizar tres moldes de CBR con cinco capas de igual espesor, de 12, 25 y 56 golpes respectivamente para cada molde. Por tanto se toma el molde y se coloca la primera capa compactando 56 veces con el martillo y se repite el mismo procedimiento de compactación hasta finalizar en este caso con la quinta capa.

**Foto 3.35. Compactación con martillo para ensayo próctor modificado**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

9. Se levanta el anillo introduciendo el enrazador en los filos del anillo para poder sacarlo cuidando que al retirar el anillo del molde no produzca un corte paralelo el cual provoque una socavación perdiendo material del molde sin el anillo, se pueden dar unos golpes al contorno con el martillo para ayudar a retirar el anillo.

**Foto 3.36. Remoción del anillo**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

10. Con la ayuda del enrazador, se retira el excedente de suelo en el molde y se limpia el molde con una brocha para que el peso no se altere.

**Foto 3.37. Enrazado del material**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

11. Se retira la pesa, se toma el anillo y se coloca encima el molde con el suelo compactado, se añade también el filtro encima del suelo.

**Foto 3.38. Colocación del filtro en el molde**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

12. Se atornilla la base como lo muestra la foto de tal manera que en ambos lados del suelo se encuentran con el filtro de papel.

**Foto 3.40. Colocación de la base del molde**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

13. Se pesa el molde con el suelo compactado, el peso se toma sin el anillo.

**Foto 3.41. Pesado del molde con material**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

14. Se coloca el vástago y las dos pesas en el molde.

**Foto 3.42. Medición de los moldes sumergidos**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

15. Se realiza la primera lectura con el dispositivo de medición, teniendo en cuenta que debe ser apoyado en el mismo lugar evitando así que la lectura pudiera variar debido a posibles irregularidades en el molde. Se regula y encera el dispositivo con el vástago central girando de acuerdo a lo que requiera.

Nota: se debe tomar la medida siempre en el mismo lugar en el que fue tomado por primera vez para evitar variaciones debido a la irregularidad de los moldes

**Foto 3.43. Medición inicial del deformímetro**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

16. Se sumergen los moldes en el tanque colocando antes los dos rieles en donde van a estar asentados los moldes, esto permitirá que se sature completamente la mezcla, se realiza una segunda medida del molde ya sumergido en el agua.

Este proceso de medición se realiza durante tres días hasta que las medidas sean estables o no varíen mucho.

**Foto 3.44. Medición de los molde sumergido es agua**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

17. Una vez transcurrido los cinco días se retira los moldes del tanque y se deja reposar por unos cinco minutos para que toda el agua escurra en el molde.

**Foto 3.45. Escurrecimiento de agua de los moldes**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

18. Se retira el papel filtro y se colocan las pesas junto con el pistón, tomando en cuenta que el agujero del pistón va hacia arriba.

**Foto 3.46. Colocación de pesas en el molde**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

19. Se coloca el molde en la máquina del CBR de laboratorio, hasta que el pistón haga contacto con el anillo central de la máquina, seguido a este proceso encerramos el deformímetro y el dial del anillo.



Foto 3.47. Máquina para realizar ensayos de CBR

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

20. Se realiza el ensayo el cual consiste en girar a una velocidad constante el manubrio comprobando que el deformímetro este girando al mismo tiempo que el cronómetro, es decir el deformímetro debe llegar al 25 cuando el cronómetro este en 0.5 min de igual manera cuando este en 50 el dial, el cronometro estará en un minuto, cuando el dial este en 75, el cronómetro estará en 1.30min y finalmente cuando el dial este en 100 el cronómetro se encontrará en dos minutos , teniendo en cuenta que a partir de los primeros dos minutos se deberán tomar las medidas del dial cada dos minutos hasta completar los 10min y el manubrio nunca debe detenerse ni retroceder.

NOTA: Puesto que este peso es demasiado pequeño para que se lea en el indicador de presión, se puede estimar dando una ligera rotación el émbolo, que se hace a mano según se alza el gato. Después se pone el indicador de presión del gato hidráulico en cero.

**Foto 3.48. Realización del ensayo CBR de laboratorio**



Fuente: Elaborado por Luis Enrique Villafuerte y Gabriela Ortega

21. Una vez realizado el ensayo se retira el molde de la máquina y se retiran las pesas, se puede observar cuando ha penetrado el pistón, se saca el suelo del molde y se toma una muestra de humedad del centro del suelo compactado para que no se encuentre totalmente saturado.

Finalmente se desprende el suelo, se limpian los moldes y con esto queda finalizado el ensayo. Se debe tomar humedades de esta muestra correspondientes al suelo saturado.

**Foto 3.49. Desprendimiento de material para contenido de humedad**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

## CÁLCULOS

### Datos del moldeo

1. Cálculo del índice de humedad de la muestra guardada en funda.

$$w\% = \frac{Mtm - Mts}{Ms} * 100$$

(Ec.3.1)

$$Ms = Mts - Mt$$

(Ec.3.10)

2. Porcentaje de agua

$$\%AGUA = \frac{\text{Muestra del suelo}(kg)}{(100 + w \text{ en funda}\%)} * (wopt\% - w \text{ en funda}\%)$$

(Ec.3.18)

3. Peso específico húmedo

$$\gamma_m = \frac{Msh}{\text{volumen del molde}} \quad \gamma_m = \frac{gr}{cm^3}$$

(Ec.3.12)

4. Peso específico seco

$$\gamma_d = \frac{\gamma_m}{1 + \frac{w\%}{100}} \quad \gamma_d = \frac{T}{m^3}$$

(Ec.3.13)

### Datos después de la saturación

5. Cálculo del índice de humedad

6. Peso específico húmedo

$$\gamma_m = \frac{Msh}{\text{volumen del molde}} \quad \gamma_m = \frac{gr}{cm^3}$$

(Ec.3.12)

7. Peso específico seco

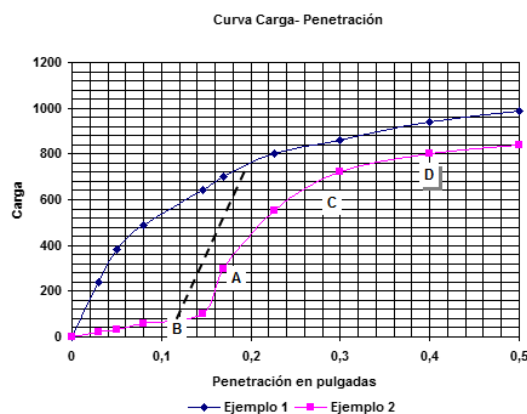
$$\gamma_d = \frac{\gamma_m}{1 + \frac{w\%}{100}} \quad \gamma_d = \frac{T}{m^3}$$

(Ec.3.13)

- Se trazan los gráficos de penetración vs carga de ensayo el lb/plg<sup>2</sup> de los tres moldes.
- Se traza la gráfica de densidad máxima vs CBR
- Se calcula la densidad máxima al 95% de acuerdo a la norma.

Dichas graficas se realizan en el papel milimetrado y si la curva es uniforme como en el ejemplo #1, el CBR se calcula para 0.1 y 0.2" de penetración con las cargas obtenidas, caso contrario si la curva tiene la concavidad como el ejemplo #2, se dibuja una línea tangente en el punto de mayor pendiente (Punto A) y se prolonga hasta la base, para obtener un cero corregido (Punto B). Luego se obtiene los valores de carga corregidos, por ejemplo para 0.1" de penetración (Punto C); 0.2" de penetración (Punto D). (Yané G: 2013)

**Figura 3.7. Curva carga - penetración**



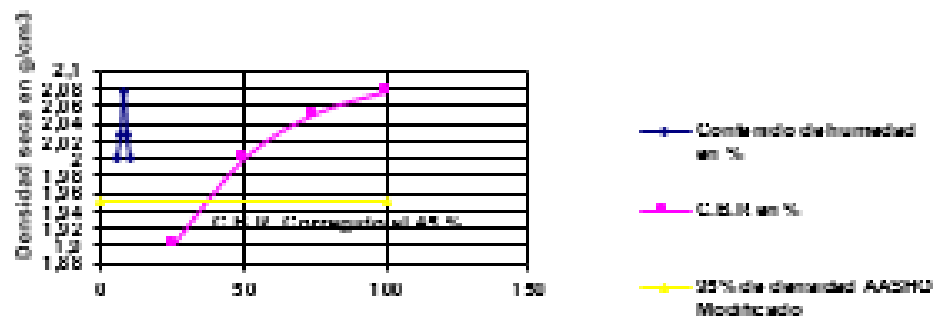
Fuente: (Gustavo Yáñez, 2013)

### **CORRECCIÓN DEL C.B.R. PARA UNA DENSIDAD 95 % DE LA AASHTO MODIFICADO**

Se determinará en la gráfica donde se encuentran colocadas las tres muestras, la relación entre la densidad y el C.B.R. para cada una de las tres muestras se dibuja

sobre papel milimetrado. Se dibuja luego una línea horizontal que corresponda a la densidad igual al 95% de la máxima obtenida. La intersección de esta línea con la curva C.B.R. - densidades, determinará el C.B.R. final para el 95% de la densidad AASHO Modificado. Este C.B.R. es el que se considera tiene la muestra en estudio. (Yáñez G: )

**Figura 3.8 Corrección de la curva de CBR**



Fuente: (Gustavo Yáñez, 2013)

**Tabla 3.21. Determinación del CBR de acuerdo a los tipos de suelo**

CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
A	B	C
GRAVAS Y ARENAS	SUELOS COHESIVOS POCO PLÁSTICOS Y POCO O NADA EXPANSIVOS	SUELOS COHESIVOS, PLÁSTICOS Y EXPANSIVOS
GW	GM	MH
GP	GC	CH
SW	SM	OH
SP	SC	
	CL	
INDICES PLÁSTICOS INF A 2 El CBR puede ser el de densidad máxima el C.B.R. tomado para los cálculos de diseño o el menor de los mismos, generalmente mayor de 20%.	EL CBR se determina aplicando a condiciones climáticas normales, y no varía mucho con la humedad. Y el segundo aplicado a condiciones desfavorables y sensibles a cambios de humedad, lo cual requiere mayor control.	EL CBR se determina como el método anterior pero seleccionando cuidadosamente las unidades y densidades ya que no siempre la humedad óptima y la densidad máxima son las más adecuadas, presentando menor hinchamiento.

Fuente: Fuente: Elaborado por Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, basado en (Gustavo Yáñez, 2013)

## DETERMINACIÓN DEL CBR DE ACUERDO A LOS TIPOS DE SUELO.

**Tabla 3.22. Nomenclatura de los tipos de suelo**

NOMENCLATURA	
GW	Gravas mal graduadas y mezclas de grava y arena con un poco o nada de material fino
GP	Gravas bien graduadas y mezclas de grava y arena con un poco o nada de material fino
SW	Arenas bien graduadas, arenas gravosas con poco o nada de material fino
SP	Arenas mal graduadas y arenas gravosas con poco o nada de material fino
GM	Gravas limosas y mezclas limo – areno - gravosas
GC	Gravas arcillosas y mezclas arcillo – areno - gravosas.
SM	Arenas limosas y mezclas limo - arenosas.
SC	Arenas arcillosas y arcillas arenosas
CL	Arcillas orgánicas de baja a mediana plasticidad; arcillas limosas, arenosas y gravosas.
ML	Limos orgánicos y arenas muy finas; arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos de baja plasticidad
OL	Limos o arcillas limosas inorgánicas, de baja plasticidad.
OH	Grupos orgánicos; suelos limosos y arenosos de granulometría fina, micáceos y diatomáceos y limos elásticos
MH	Grupos orgánicos; suelos limosos y arenosos de granulometría fina, micáceos y diatomáceos y limos elásticos.
CH	Arcillas inorgánicas muy plásticas
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada.

Fuente: Fuente: Elaborado por Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, basado en (Gustavo Yáñez,2013)

### HOJA DE CÁLCULO

Anotar el volumen de cada cilindro de CBR ensayado.

**Tabla 3.23. Hoja de cálculo para ensayo de CBR**

AREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTÉCNICA  
 HOJA DE CAMPO  
 ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

HOJA:  
 DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:  
 FECHA DE PREPARACIÓN:  
 FECHA DE ENSAYO:

1. DATOS DE MOLDEO

IDENTIFICACIÓN MOLDE  
 Peso molde, g  
 Peso molde + suelo húmedo, g  
 IDENTIFICACIÓN CÁPSULA  
 Peso cápsula g  
 Peso cap + suelo húmedo, g  
 Peso cap + suelo seco g

56 GOLPES		25 GOLPES		12 GOLPES	

2. DATOS DE EXPANSIÓN

FECHA	LECTURAL DIAL	LECTURAL DIAL	LECTURAL DIAL

CARACTERÍSTICAS DEL DEFORMÍMETRO  
 DEFORMIMETRO  
 PRECISIÓN

3. DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN

Peso molde + suelo húmedo, g  
 IDENTIFICACIÓN CÁPSULA  
 Peso cápsula g  
 Peso cap + suelo húmedo, g  
 Peso cap + suelo seco g


4. DATOS DE LA PENETRACIÓN

Tiempo minutos	PENETRACIÓN		Lectura del anillo	Lectura del anillo	Lectura del anillo
	mm	plg			
0,50	0,63	0,025			
1,00	1,27	0,050			
1,50	1,90	0,075			
2,00	2,54	0,100			
4,00	5,08	0,200			
6,00	7,62	0,300			
8,00	10,16	0,400			
10,00	12,70	0,500			

CARACTERÍSTICAS DEL ANILLO

ANILLO:  
 CONSTANTE DEL ANILLO:

OBSEVACIONES

EJECUTADO POR:

Fuente: Gabriela Ortega y Luis Villafuerte, basados en hoja de campo de laboratorio de materiales de construcción de la P.U.C.E

## **3.2. ENSAYOS DE CAMPO**

### **3.2.1. CBR IN SITU**

REFERENCIAS: ASTM D44-29

#### CONCEPTO

Este ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas de tal manera que permita obtener un (%) de la relación de soporte. El ensayo CBR se define como la fuerza necesaria para que el pistón penetre con una velocidad constante y a una misma profundidad, teniendo este un porcentaje de fuerza necesaria.

Por tanto el Ensayo de C.B.R in situ realiza la comparación entre la carga de penetración del suelo y la de un material estándar de referencia, este método sirve tanto para subrasantes, como para bases y subbase.

#### ALCANCE

Los ensayos de CBR "in situ" son usados para evaluación y diseño en cualquiera de las condiciones siguientes:

- Cuando el grado de saturación (porcentaje de "vacíos" llenos con agua) es 80% o mayor.
- Cuando el material es de grano grueso y no cohesivo, así que no es afectado de manera significativa por cambios en la humedad.

- Cuando el suelo no ha sido modificado por actividades de construcción durante los dos últimos años anteriores al ensayo. En el último caso, la humedad realmente no se vuelve constante sino que generalmente fluctúa dentro de un rango más bien estrecho.

Este ensayo de campo puede usarse para encontrar de manera eficiente la capacidad promedio de soporte de carga, cabe recalcar que cualquier actividad de construcción como nivelación o compactación previa al análisis afectará de manera significativa el ensayo y sus resultados.

Finalmente el ensayo del C.B.R. "in-situ", tiene como propósito obtener valores sobre el material colocado en la carretera, los cuales pueden ser comparados con los materiales obtenidos en el laboratorio.

**Foto 3.50. Equipo para realizar CBR in-situ**



Fuente: Norma ASTM D44-29

## EQUIPO

**Tabla 3.24. Lista de materiales para CBR in-situ**

LISTA DE MATERIALES		
N°	Materiales	Observaciones
Gato mecánico de tornillo, operado manualmente, equipado con un dispositivo giratorio especial de manivela para aplicar la carga al pistón de penetración y diseñado con las siguientes especificaciones:	Capacidad máxima de 2700 kg (5950 lb). Mínima altura de elevación: 50 mm (2"). Manubrio desmontable 150 mm (6") de radio. Relación de velocidad alta, aproximadamente 2.4 revoluciones para 1 mm (0.04") de penetración. Relación de velocidad media, aproximadamente 5 revoluciones para 1 mm (0.04") de penetración. Relación de velocidad baja, aproximadamente 14 revoluciones para 1 mm (0.04") de penetración.	También se pueden usar otros gatos mecánicos, con la misma carga máxima y altura de elevación, siempre y cuando se obtenga con ellos una fuerza uniforme de penetración-carga de 1.3 mm (0.05") por minuto.
Anillos de carga	Dos en total, debidamente calibrados, uno de ellos con amplitud de carga de 0 a 8.8 kN (1984 lbf) y el otro de 0 a 22.6 kN (5070 lbf) aproximadamente.	
Pistón de penetración	De $50.8 \pm 0.1$ mm ( $2 \pm 0.004$ ") de diámetro (3 pulg <sup>2</sup> = 19.35 cm <sup>2</sup> de área) y aproximadamente 101 mm (4") de longitud.	
Adaptador	De pistón y de extensiones de tubo de rosca interna con conectores.	
Diales	Uno para medir deformaciones del anillo de carga con lecturas de 0.0025 mm (0.0001") y recorrido de aproximadamente 6.4 mm (0.25") y otro para medir penetraciones del pistón con lecturas de 0.025mm(0.001") y recorrido de aproximadamente 25 mm (1")	Debe estar equipado con un soporte o abrazadera de extensión para ajustar la posición del dial.
Soporte para el dial de penetración.		
Platina de sobrecarga	Circular, de acero, de $254 \pm 0.5$ mm ( $10 \pm 0.02$ ") de diámetro, con un agujero central circular de $51 \pm 0.5$ mm ( $2 \pm 0.02$ ").	La platina debe pesar $4.54 \pm 0.01$ kg ( $10 \pm 0.02$ lb).
Pesas de sobrecarga	Dos pesas anulares de sobrecarga de $4.54 \pm 0.01$ kg ( $10 \pm 0.02$ lb), de $216 \pm 1$ mm ( $8.5 \pm 0.04$ ") de diámetro total, y dos pesas similares de las mismas dimensiones, pero de $9.08 \pm 0.01$ kg ( $20 \pm 0.02$ lb) cada una.	
Vehículo de carga	Un vehículo (o pieza de equipo pesado) de carga suficiente para proveer una reacción de aproximadamente 31 kN (6970 lb).	El vehículo debe estar equipado con una viga metálica debidamente acondicionada en la parte posterior del chasis que ofrezca una reacción adecuada para forzar la penetración del pistón en el suelo.
Gatos hidráulicos	Dos gatos tipo camión, de 14 Mg (15 toneladas) de capacidad, de doble acción combinada y descenso automático.	
Equipo misceláneo	Envases de muestras para determinación de humedad y peso unitario, espátula, regla de enrase, cucharones para excavar, etc.	

Fuente: Elaborado por Luis Enrique Villafuerte y Gabriela Ortega, basado en pagina Web: [www.erosion.com.co/.../23-normas-de-ensayo-de-materiales-para-carrete](http://www.erosion.com.co/.../23-normas-de-ensayo-de-materiales-para-carrete). Acceso: 03/20/2015

## PROCEDIMIENTO

1. Se debe alistar el área de la superficie donde se va a ensayar retirando si hubiere la capa vegetal o cualquier tipo de material suelto y superficial que no represente el suelo que se someterá a ensayo.

**Foto 3.51. Ubicación del proyecto de la vía La Chimba - Cayambe**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

2. Realizar una excavación de aproximadamente 50 cm de lado formando un cuadrado de diámetro hasta llegar a la profundidad correspondiente al nivel en el cual se desea efectuar el ensayo. En el caso de ser el ensayo superficial se debe considerar la estabilidad de las placas por tanto se realiza una excavación de al menos 3cm.

**Foto 3.52. Recolección del material**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Se debe limpiar y nivelar el sitio retirando en especial las piedras de grosor mayor a 20 mm.

**Foto 3.53. Excavación de la calicata**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

3. Se debe colocar la viga de acople se encuentre nivelada horizontalmente, ya que tiene por objeto absorber la reacción del suelo evitando que el pistón se desplace.

**Foto 3.54. Viga de acople colocada al camión**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

4. Comprobar con el nivel que la base rígida o barra de acople esté en una posición horizontal correcta. Esta base rígida puede ser ya sea una viga anclada, o bien, un eje o guardachoque de un camión cargado y tiene por objeto absorber la reacción del suelo, evitando el desplazamiento del pistón hacia arriba.
5. Localícese el camión en tal forma que el dispositivo de reacción quede directamente sobre la superficie por ensayar.

**Foto 3.55. Alineación del camión en el lugar del ensayo**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

6. Colocar los gatos a cada lado del y levantar para que no exista peso alguno sobre los resortes posteriores; cerciórese de que el vehículo este nivelado en la parte trasera. Además el camión debe estar previamente cargado para que aporte con el peso necesario para hacer el ensayo.

**Foto 3.56. Pesas y gato hidráulico sosteniendo la viga de acople**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

7. Se instala la prensa bajo la barra de acople utilizando los pernos respectivos y se nivela la barra con la ayuda de los gatos hidráulicos los cuales están colocados en bases de metal para que la presión que ejerzan se realice en una superficie uniforme.

**Foto 3.57. Nivelación de la manivela para CBR in-situ**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

8. Se coloca el anillo de carga de 10lb y utilizando la plomada se coloca a nivel el mismo para que el resultado sea uniforme

**Foto 3.58. Colocación del anillo de carga**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Se coloca sobre la placa circular en la base una o dos pesas de 10 y 20lb, esto nos sirve para simular la sobrecarga que ser colocado el pavimento, aproximadamente 12,5 cm de espesor que equivale a un pavimento asfáltico.

**Foto 3.59. Colocación de las pesas en la base del pistón**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

9. Se coloca el vástago de penetración con su respectivo anillo de carga.

**Foto 3.60. Colocación del vástago**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

10. Se debe ajustar el pistón en el acople de modo que el vástago se apoye en el centro, asegurándolo bien y controlando que no exista rozamiento entre las bases y el pistón.

**Foto 3.61. Alineación entre vástago y anillo de carga**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

11. Se coloca el deformímetro controlando que este brinde una correcta lectura.

**Foto 3.62. Ubicación del deformímetro**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Se puede iniciar el ensayo del CBR, por tanto se debe tener en cuenta que se necesita más de una persona para poder tomar las lecturas del deformímetro del anillo.

12. Colocar en cero los dos diales de para poder iniciar el ensayo.

**Foto 3.63. Encerado del deformímetro**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

13. Aplicar la carga al pistón de penetración de tal manera que la velocidad aproximada de penetración sea de 1.3 mm (0.05") por minuto. Utilizando la relación de baja velocidad del gato durante el ensayo se puede mantener una presión uniforme de penetración por parte del operador.

**Foto 3.64. Realización del ensayo CBR in-situ**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

14. Registrar las lecturas de la misma manera como se registra en el ensayo de CBR de laboratorio, es decir, las lecturas de presión que se observan en el anillo de carga necesarias para hacer penetrar el pistón a 0,025; 0,050; 0,075; 0,100; 0,200; 0,300; 0,400 y 0,500 pulgadas. La velocidad con la que se aplica la penetración se puede controlar con un cronómetro tomando 30, 60, 90,120 segundos y partir de ese tiempo las lecturas se registrarán cada dos minutos hasta completar los diez minutos.
15. Se desarma el equipo y queda finalizado el ensayo del CBR in situ.
16. Repetir el ensayo en otros dos puntos siguiendo los pasos antes indicados.

## CALCULOS

1. Se debe tomar el valor de la humedad In- Situ con la ecuación de la humedad mencionada en el Ensayo CBR de laboratorio.
2. Se calcula el esfuerzo de penetración para cada incremento de penetración, dividiendo la fuerza aplicada por el área del pistón.
3. Se debe realizar la curva de Esfuerzo vs. Penetración para cada incremento de penetración.
4. Se realiza la corrección de la curva, si es que necesitara corrección, la misma se realiza exactamente como se realizó en la corrección del CBR de laboratorio.
5. De la curva ya corregida se toman los valores de esfuerzo de las penetraciones de 2.54 mm (0.100") y 5.08 mm (0.200").
6. Se calculan las relaciones de soporte para cada uno dividiendo los esfuerzos corregidos por los esfuerzos de referencia de 6.9 MPa (1000 lb/pulg<sup>2</sup>) y 10.3 MPa (1500 lb/pulg<sup>2</sup>) respectivamente y se deben multiplicar por 100.
7. El valor de la relación de soporte reportada para el suelo es normalmente la de 2.54 mm (0.100") de penetración. Cuando la relación a 5.08 mm (0.200") de penetración resulta ser mayor, se debe repetir el ensayo.

## HOJA DE CÁLCULO

**Tabla 3.25. Hoja de cálculo para CBR in-situ**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LABORATORIO DE PAVIMENTOS**

### ENSAYO C.B.R.

OBRA:

LOCALIZACIÓN:

ENSAYO N°

MUESTRA N°

DESCRIPCIÓN

SONDEO N°

PROFUNDIDAD

FECHA:

OPERADOR:

CÁLCULO:

#### DATOS DE ESPONJAMIENTO

Fecha	Hora	Intervalo (días)	Molde N° 1		
			Lectura dial	Esponjamiento	
				Pulgadas	%

#### DESPUES DE LA SATURACIÓN

Molde N°	
Peso muestra húmeda + molde + base (g)	
Peso molde + base (g)	
Peso del agua absorbida (g)	
Porcentaje del agua absorbida (%)	
Observaciones	

#### DATOS DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN C.B.R.

Tiempo (min)	Penetra- ción (mm-pulg)	Cargas tipo (Kg/cm2)	Molde N° 1				
			Carga de ensayo			C.B.R.	
			dial	Kg	Kg/cm2	Kg/cm2	%
0,5	0,63						
1,0	1,27						
1,5	1,90						
2,0	2,54	70,31					
4,0	5,08	105,46					
6,0	7,62	133,58					
8,0	10,16	161,71					
10,0	12,70	182,80					

Fuente: Laboratorio de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador

### **3.3 ENSAYO C.B.R. IN SITU POR MÉTODO DEL DCP (CONO DE PENETRACIÓN DINÁMICA)**

REFERENCIAS: ASTM D 6951

#### **CONCEPTO**

Este método de ensayo cubre la medición de la penetración del cono de penetración dinámica (DCP) con un martillo de 8 kg a través de suelo no alterado o compactado. Este método suele usarse principalmente para determinar los valores de CBR de subrasantes o de capas de pavimentos existentes sin necesidad de excavación de pozos a cielo abierto. Su capacidad para suprimir los pozos a cielo abierto es la gran ventaja de estos ensayos de tal manera que es posible reducir los costos y minimizar las perturbaciones en el tránsito. Prácticamente estos ensayos pueden ser denominados ensayos SEMI NO DESTRUCTIVOS (Semi-NDT) (Yáñez G, 2013). Con este método se puede estimar la densidad del suelo in situ si el tipo y el contenido de humedad del suelo son conocidos. El análisis del ensayo del Cono de Penetración Dinámica, está basado en un esquema gráfico de penetración en función del número acumulado de golpes aplicados.

#### **ALCANCE**

Determinar el valor del CBR en sitio de materiales para cualquier rango de resistencia pero con una profundidad límite de 800 mm.

## EQUIPO

**Tabla 3.26. Lista de equipos para DCP**

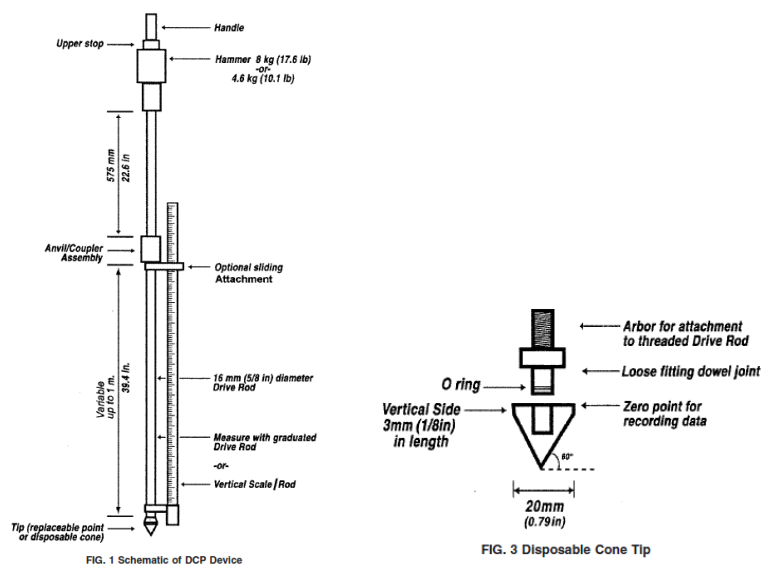
Lista de Equipos	
N°	Materiales
1	Equipo de cono de penetración dinámica
2	Regla calibrada
3	Hoja de registro de # golpes y penetración

Fuente: Fuente: Elaborado por Gabriela Ortega Y Luis Enrique Villafuerte, basado en (Gustavo Yáñez,2013)

El equipo de cono de penetración dinámica (DCP) consta de los siguientes componentes.

- Una varilla de 15.8 mm de diámetro de acero con una punta en forma de cono reemplazable o desechable. (La punta tiene un ángulo de 60° y un diámetro en la base de 20 mm)
- Un martillo de 8 Kg que se deja caer a una altura fija de 575 mm.
- Acoples de ensamble
- Un mango

**Figura 3.9. Esquema del Cono Dinámico de Penetración**



Fuente: Norma ASTM D 6951

## PROCEDIMIENTO

1. Se remueve la superficie requerida hasta el punto de ensayo

**Foto 3.65. Superficie del suelo donde se va a realizar el ensayo**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Se revisa si el equipo está completo, se prepara las herramientas necesarias para posteriormente ensamblarlo.

**Foto 3.66. Equipo del Cono Dinámico de Penetración**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

2. Se registra la lectura cero del instrumento. Para hacerlo se sostiene el cono de penetración dinámica en la superficie de la subrasante, comprobando que este en posición vertical e ingresando la lectura cero en las hojas de registro.

### Foto 3.67. Realización del ensayo del DCP



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

3. El operador debe sostener el dispositivo de tal manera que este aplomado y la caída del martillo sea libre y en posición vertical.
4. Se procede a dejar caer el martillo libremente, se lo regresa la posición original y se lo vuelve a dejar caer libremente. Hay que tomar en cuenta que se debe respetar la altura de caída de 575 mm. Si durante el ensayo, el equipo se desplaza de la vertical, no se debe intentar corregir esto, ya que el contacto entre el extremo inferior de la varilla y el bore del orificio va producir resultados equivocados.
5. Se registra la penetración para un número de golpes dado.
6. Se repite el proceso desde el numeral 3 hasta que la barra de con la punta de cono del equipo del DCP alcance una profundidad de al menos 800 mm.

Según la literatura (Yané G, 2013) se recomienda que se tomen lecturas a incrementos de penetración de 10 milímetros; sin embargo, es más sencillo tomar

una lectura luego de un número dado de golpes. Se puede variar el número de golpes de acuerdo a que tan resistente sea el suelo a penetrar.

Para sub-rasantes es más conveniente tomar lecturas cada 1 o 2 golpes. No existe ventaja alguna al tomar un mayor número de lecturas.

En la construcción de un pavimento, cada capa se va a representar por una penetración en función de una línea de golpes de pendiente constante. Los límites de capas se pueden identificar generalmente por un cambio de pendiente de esta línea.

Además, algunos investigadores han producido relaciones que indican el CBR del sitio como una función de la pendiente de la línea (mm/golpes). Esto permite obtener una aproximación del CBR de las capas individuales del pavimento.

## CÁLCULOS

**Tabla 3.27. Hoja de datos del DCP**

**TABLE 1 DCP Data Sheet<sup>3</sup>**

Project: Forest Service Road Location: STA 30+50, 1 M RT of C/L Depth of zero point below Surface: 0 Material Classification: GW/CL Pavement conditions: Not applicable				Date: 7 July 2001 Personnel: JLS & SDT Hammer Weight: 8-kg (17.6-lb) Weather: Overcast, 25°C, (72°F) Water Table Depth: Unknown			
Number of Blows <sup>A</sup>	Cumulative Penetration (mm) <sup>B</sup>	Penetration Between Readings (mm) <sup>C</sup>	Penetration per Blow (mm) <sup>D</sup>	Hammer Factor <sup>E</sup>	DCP Index mm/blow <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>	Moisture % <sup>H</sup>
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	

<sup>A</sup> Number of hammer blows between test readings.  
<sup>B</sup> Cumulative penetration after each set of hammer blows.  
<sup>C</sup> Difference in cumulative penetration (Footnote B) between readings.  
<sup>D</sup> Footnote C divided by Footnote A.  
<sup>E</sup> Enter 1 for 8-kg (17.6-lb) hammer; 2 for 4.6-kg (10.1-lb) hammer.  
<sup>F</sup> Footnote D × Footnote E.  
<sup>G</sup> From CBR versus DCP Index correlation.  
<sup>H</sup> % Moisture content when available.

Fuente: ASTM D6951-03

1. Partimos como dato del número de golpes y la penetración acumulada tomada en campo.
2. Se calcula la diferencia de la penetración acumulada entre lecturas.

3. Se calcula la penetración por golpe.

$$\text{Penetración por golpe [mm]} = \frac{\text{Penetración entre lecturas [mm]}}{\text{Numero de golpes}}$$

(Ec.3.19)

4. Se selecciona el factor por martillo. Para martillo de 8 Kg el factor es 1, para martillo de 4.6 Kg el factor es 2.

5. Se calcula el índice del DCP.

$$\text{índice DCP} = \text{Penetración por golpe [mm]} * \text{Factor del martillo}$$

(Ec.3.20)

6. Finalmente se obtiene el % CBR de la siguiente tabla.

**Tabla 3.28. Tabla de correlación de CBR vs Pendiente del DCP**

**TABLE 2 Tabulated Correlation of CBR versus DCP Index<sup>3</sup>**

DCP Index mm/blow	CBR %	DCP Index mm/blow	CBR %	DCP Index mm/blow	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 D6951-03

7. Se calcula el contenido de humedad en caso de ser necesario.

## **CAPITULO IV RESULTADOS**

Se presenta a continuación las tablas de resultados de clasificación, compactación Próctor modificado, C.B.R de laboratorio y C.B.R in situ y C.B.R in situ por el método del D.C.P, los cuales se realizaron cada 500m partiendo de la abscisa 0+000 hasta el kilómetro 15+000 de la vía La Chimba Cayambe.

### **4.1. Ubicación de los ensayos:**

El cuadro siguiente despliega la información de las coordenadas UTM de la Vía La Chimba-Cayambe, el estudio incluye las cotas de cada abscisa en consideración.

**Tabla 4.1. Ubicación georreferenciada del abscisado de la vía La Chimba- Cayambe.**

UTM WGS 84 ZONA 17 N			
Abscisa	Norte	Este	Cota m.s.n.m
0+000	826430	15288	3117
0+500	826419	14883	3106
1+000	826313	14403	3117
1+500	825952	14197	3112
2+000	825692	13827	3103
2+500	825391	13476	3095
3+000	825328	13000	3096
3+500	825265	12505	3091
4+000	825167	12044	3089
4+500	825009	11598	3089
5+000	824657	11349	3097
5+500	824239	10915	3117
6+000	824207	10830	3117
6+500	823831	10547	3081
7+000	823711	10137	3097
7+500	823255	10510	3043
8+000	822788	10027	3021
8+500	822625	9604	2995
9+000	822295	9275	2980
9+500	822024	8885	2967
10+000	821817	8454	2970
10+500	821999	8036	2973
11+000	821708	8001	2982
11+500	821319	7768	2966
12+000	821044	7555	2953
12+500	820673	7246	2942
13+000	820597	6774	2926
13+500	820448	6382	2931
14+000	819997	6220	2938
14+500	819639	6269	2906
15+000	819345	5785	2897

Altitud mínima 2897 m

Altitud máxima 3117 m

Pendiente max: 1,47 %

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

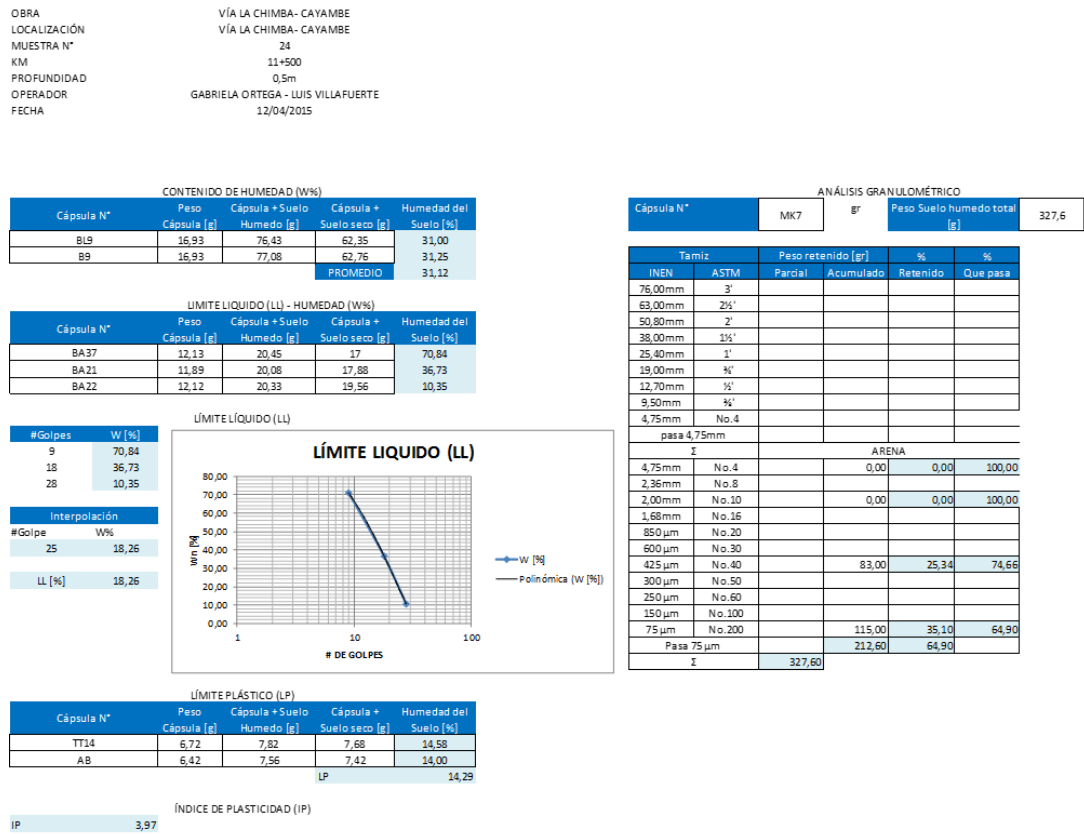
#### **4.2. Hoja de Cálculo de Clasificación de suelos y Granulometría:**

Se partirá de la granulometría obtenida de cada kilómetro analizado, para determinar los distintos tamaños de partículas contenidas en cada muestra, el tipo del suelo al que pertenece, y la evaluación de la existencia de los límites de Atterberg.

Se realizó este análisis contemplando las normas S.U.C.S y AASHTO.

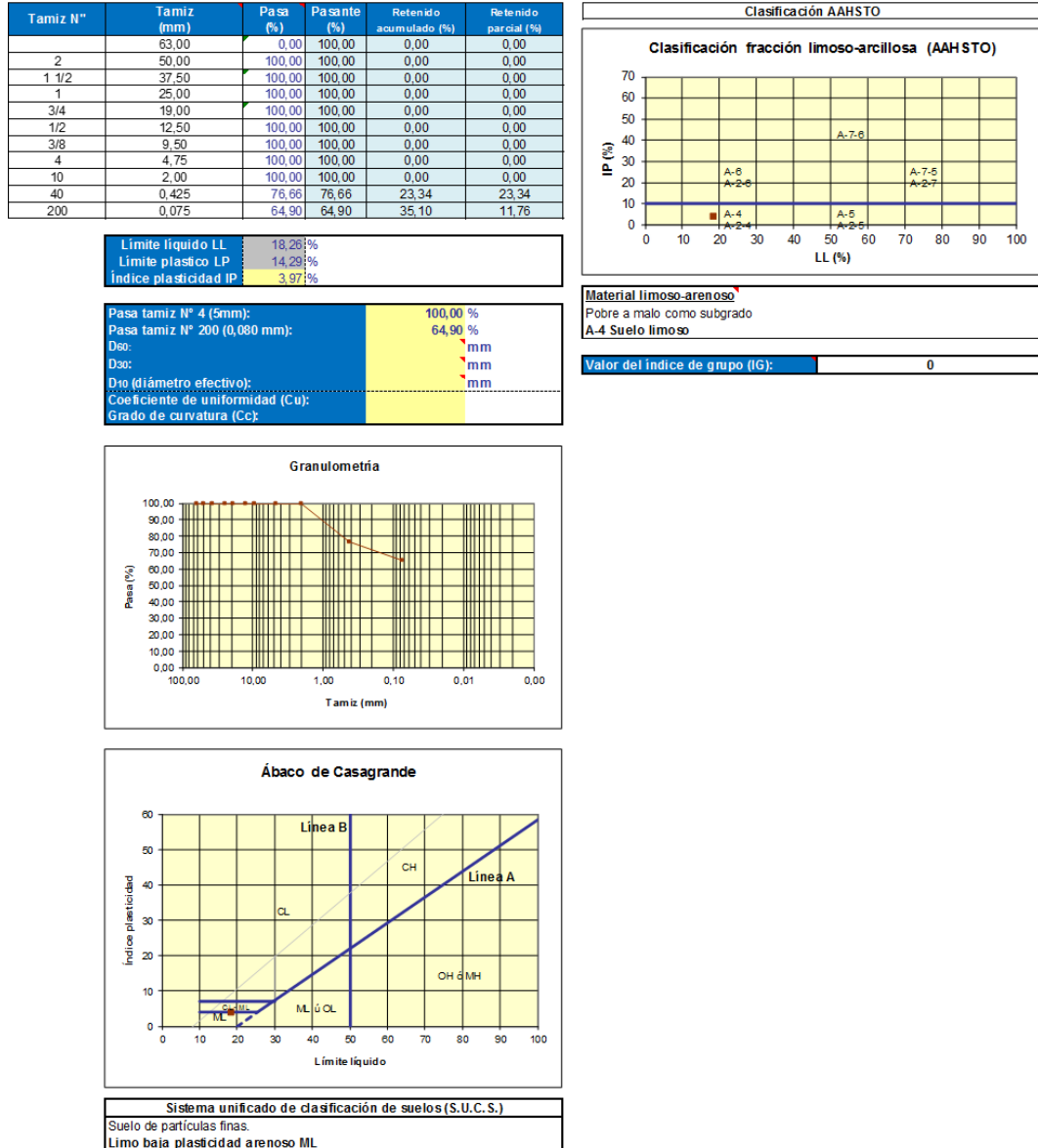
A continuación se presenta la hoja de cálculo en la que se desarrolló el procedimiento de identificación y clasificación de suelos.

Figura 4.1. Hoja de Cálculo de Límites de Atterberg del Km 11+500



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Figura 4.2. Hoja de Cálculo de Clasificación de suelos y Granulometría del Km 11+500



Fuente: Jordi González Boada. Geólogo nº 230 I.C.O.G.A. [geologo@jordigonalezboada.com](mailto:geologo@jordigonalezboada.com)

### 4.3. Cuadro de Resumen de clasificación de suelos y granulometría

Como resultado de la clasificación de suelos realizada para cada kilómetro se presenta la siguiente tabla en donde se expresan los resultados obtenidos.

**Tabla 4.2. Cuadro de Resumen de clasificación de suelos y granulometría**

DESCRIPCIÓN		CUADRO DE RESUMEN DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS									
MUESTRA	ABSCISA KM	GRANULOMETRÍA				HUMEDAD	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	NORMA	
		4	10	40	200	W%	LL	LP	IP	SUCS	AASHTO
1	0+000	100,00	100,00	67,57	51,52	35,34	0,00	0,00	0,00	ML	A4
2	0+500	100,00	99,97	98,52	78,24	14,77	31,25	23,25	8,01	ML	A4
3	1+000	100,00	98,75	91,27	60,08	11,55	29,15	21,72	7,43	CL	A4
4	1+500	99,99	98,60	87,86	62,23	31,69	0,00	0,00	0,00	ML	A4
5	2+000	99,01	96,83	91,19	66,50	15,71	26,09	19,38	6,71	CL-ML	A4
6	2+500	100,00	99,85	97,72	77,52	19,17	29,95	28,78	1,17	ML	A4
7	3+000	100,00	99,90	96,12	56,06	14,33	32,96	25,86	7,09	ML	A4
8	3+500	100,00	99,89	98,32	76,17	21,08	0,00	0,00	0,00	ML	A4
9	4+000	98,59	98,20	94,29	63,63	18,78	29,67	26,11	3,55	ML	A4
10	4+500	100,00	99,38	92,65	64,89	3,96	27,48	23,23	4,25	ML	A4
11	5+000	100,00	99,73	93,87	64,86	3,84	26,41	22,73	3,69	ML	A4
12	5+500	100,00	100,00	97,70	68,30	3,22	28,06	23,10	4,96	ML	A4
13	6+000	100,00	99,66	96,57	60,35	2,32	26,34	19,15	7,19	CL	A4
14	6+500	100,00	87,82	68,20	55,35	24,32	0,00	0,00	0,00	ML	A4
15	7+000	93,74	80,61	72,26	60,04	20,54	0,00	0,00	0,00	ML	A4
16	7+500	100,00	96,22	81,35	61,94	28,39	0,00	0,00	0,00	ML	A4
17	8+000	100,00	100,00	72,55	62,34	32,13	0,00	0,00	0,00	ML	A4
19	9+000	97,54	83,42	73,28	56,39	24,95	26,11	22,62	3,50	ML	A4
21	10+000	100,00	96,20	75,93	60,72	32,61	0,00	0,00	0,00	ML	A4
22	10+500	96,31	92,92	70,14	46,12	29,57	22,97	17,60	5,36	SC-SM	A4
24	11+500	100,00	100,00	74,66	64,90	31,12	18,26	14,29	3,97	ML	A4
26	12+500	100,00	100,00	72,20	50,71	31,61	29,37	22,69	6,68	ML	A4
28	13+500	100,00	90,09	69,32	54,62	26,88	0,00	0,00	0,00	ML	A4
29	14+000	100,00	92,18	73,14	50,70	26,56	0,00	0,00	0,00	ML	A4
30	14+500	92,77	74,83	61,81	45,31	27,86	34,33	14,30	20,03	SC	A6
31	15+000	88,65	74,27	60,66	39,97	29,43	35,80	15,69	20,11	SC	A6

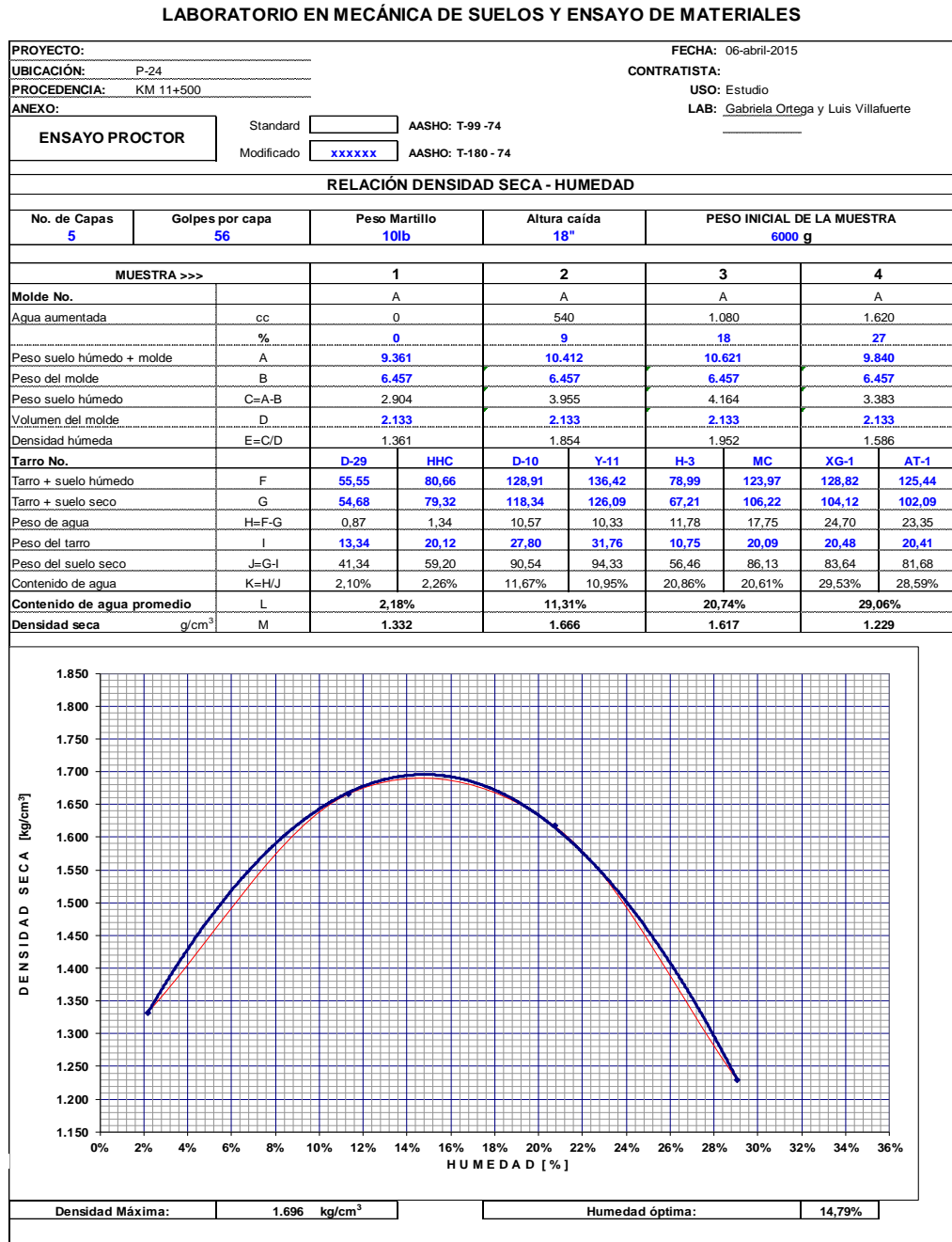
Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

### 4.4. Hoja de Cálculo de Compactación Próctor Modificado:

Una vez obtenidas las granulometrías, de los kilómetros en estudio, se procedió a realizar los ensayos de compactación de los mismos, para de esta manera determinar la humedad óptima y la densidad máxima seca de cada uno respectivamente.

Se presenta la hoja de cálculo que se realizó el proceso de determinación de los parámetros de importancia mencionados anteriormente.

Figura 4.3. Hoja de Cálculo de Compactación Próctor Modificado



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015). Basado en Laboratorio LDMS

#### 4.5. Cuadro de Resumen de Compactación Próctor Modificado:

Por tanto se exhiben en el siguiente cuadro los resultados obtenidos de los ensayos de compactación de cada kilómetro en consideración.

**Tabla 4.3. Cuadro de Resumen de Compactación Próctor Modificado**

DESCRIPCIÓN		ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE PRÓCTOR	
MUESTRA	ABSCISA	HUMEDAD ÓPTIMA	DENSIDAD MÁXIMA SECA
	KM	W%	Kg/cm <sup>3</sup>
1	0+000	18,10	1620
2	0+500	15,80	1745
3	1+000	14,30	1752
4	1+500	26,00	1377
5	2+000	17,00	1713
6	2+500	19,90	1705
7	3+000	17,70	1724
8	3+500	13,00	1792
9	4+000	18,00	1670
10	4+500	15,04	1612
11	5+000	13,20	1625
12	5+500	14,60	1595
13	6+000	15,20	1598
14	6+500	18,52	1719
15	7+000	15,19	1728
16	7+500	12,02	1766
17	8+000	12,66	1665
19	9+000	15,73	1694
21	10+000	11,63	1724
22	10+500	15,54	1709
24	11+500	14,79	1696
26	12+500	18,77	1734
28	13+500	16,15	1649
29	14+000	16,08	1712
30	14+500	13,05	1715
31	15+000	16,69	1738

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

#### **4.6. Hoja de Cálculo de CBR de laboratorio**

Como siguiente proceso se realizó el cálculo del Ensayo de C.B.R de laboratorio, partiendo con los datos obtenidos de la granulometría y el Ensayo de compactación de cada muestra en análisis.

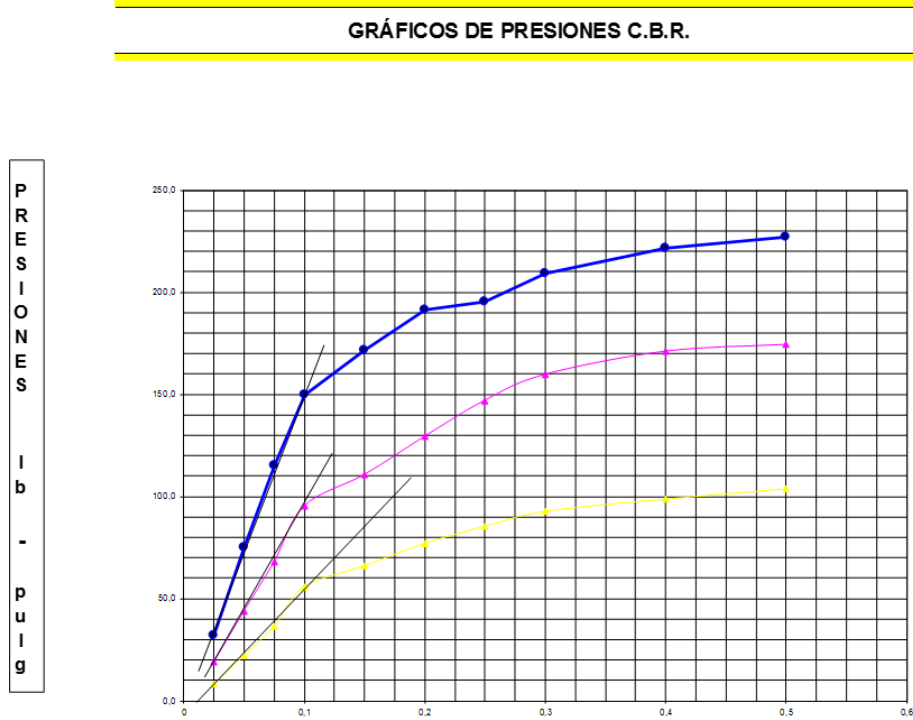
Se adjunta la hoja de cálculo con la cual se realizó los ensayos de C.B.R de laboratorio para cada muestra.

Figura 4.4. Hoja de Cálculo de CBR de laboratorio

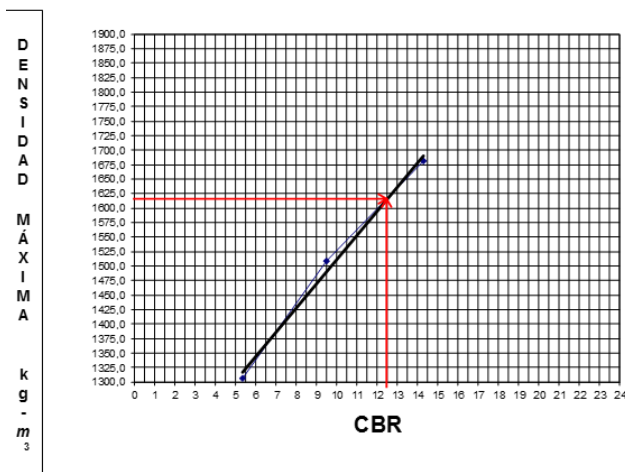
LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES																										
PROYECTO:																										
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557																										
MUESTRA No. 24				FECHA: 07/04/2015																						
UBICACIÓN: Km 11+500				LABORATORISTA: Gabriela Ortega y Luis Villafuerte																						
USO:				CALCULADO: Gabriela Ortega y Luis Villafuerte																						
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA																										
C.B.R.																										
MOLDE No.			L-61				R-32				SL-12															
No. DE CAPAS			5				5				5															
No. DE GOLPES POR CAPAS			56				25				10															
CONDICIONES DE LA MUESTRA			ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.													
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE A			11809		12230		10012		10532		10501		11341													
PESO MOLDE B			7400		7400		6376		6376		7110		7110													
PESO MUESTRA HÚMEDA C = A - B			4409		4830		3636		4156		3391		4231													
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN) D			2291		2291		2099		2099		2270		2270													
DENSIDAD HÚMEDA E = C/D*1000			1.924		2.108		1.732		1.980		1.494		1.864													
DENSIDAD SECA F = E / (1 + G)			1681		1780		1509		1685		1307		1544													
CONTENIDO DE HUMEDAD			ARRIBA		ABAJO		ARRIBA		ABAJO		ARRIBA		ABAJO													
RECIPIENTE No.			OP-7		ML-13		JL		JL-33		QT-9		JL		MJ-16		ML-13		JL-33		MJ-16		OP-7		QT-9	
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE G			83,31		88,67		106,78		96,21		76,75		102,52		102,69		107,20		97,56		107,88		111,56		103,63	
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE H			75,51		79,88		94,12		83,88		69,34		92,22		90,87		93,85		87,67		97,00		96,32		88,65	
PESO AGUA I = G - H			7,80		8,79		12,66		12,33		7,41		10,30		11,82		13,35		9,89		10,88		15,24		14,98	
PESO RECIPIENTE J			20,09		20,60		23,61		18,95		18,76		23,61		20,42		20,60		18,95		20,42		20,09		18,76	
PESO MUESTRA SECA K = H - J			55,42		59,28		70,51		64,93		50,58		68,61		70,45		73,25		68,72		76,58		76,23		69,89	
CONTENIDO DE HUMEDAD L = (I / K)*100			14,07%		14,83%		17,95%		18,99%		14,65%		15,01%		16,78%		18,23%		14,39%		14,21%		19,99%		21,43%	
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD M = (L1+L2)/2			14,45%		18,47%		14,83%		17,50%		14,30%		20,71%													
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA																										
MOLDE No.			L-61				R-32				SL-12															
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN N			12230				10532				11341															
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN P			11809				10012				10501															
PESO AGUA ABSORBIDA Q = N - P			421				520				840															
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA R = (Q/C)*100			9,55				14,30				24,77															
DATOS DE ESPONJAMIENTOS																										
FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No. L-61			MOLDE No. R-32			MOLDE No. SL-12																		
		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO																	
		0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%																
07/04/2015	0	0		0			0																			
08/04/2015	1	1		3			7																			
09/04/2015	2	1		5			9																			
10/04/2015	3	4		5			11																			
11/04/2015	4	4		5			11																			
12/04/2015	5	4		5			11																			
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN																										
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. L-61			MOLDE No. R-32			MOLDE No. SL-12																		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR																
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%																
0,025		96	32,0		57	19,0		24	8,0																	
0,050		225	75,0		132	44,0		66	22,0																	
0,075		346	115,3		204	68,0		109	36,3																	
0,100	1000	450	150,0	15,50	286	95,3	10,03	167	55,7	5,57																
0,150		514	171,3		332	110,7		198	66,0																	
0,200		574	191,3	13,09	388	129,3	8,96	231	77,0	5,13																
0,250		586	195,3		441	147,0		256	85,3																	
0,300		627	209,0		479	159,7		278	92,7																	
0,400		665	221,7		513	171,0		296	98,7																	
0,500		681	227,0		523	174,3		311	103,7																	
ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS																										

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015). Basado en Laboratorio LDMS

Figura 4.5. Curvas de CBR de laboratorio



**DENSIDAD MÁXIMA VERSUS CBR**



**VALOR C.B.R.**

**RESUMEN DE DATOS**

Límite Líquido	=	18,26	%
Límite Plástico	=	14,29	%
Índice Plástico	=	3,97	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	ML	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	31,12	%
Humedad Óptima	=	14,79	%
Densidad Seca	=	1681	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	1696	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	12,50	%
95% Densidad Máxima	=	1611	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015). Basado en Laboratorio LDMS

#### 4.7. Cuadro de Resumen de CBR de Laboratorio:

En la siguiente cuadro de resumen se presentan los resultados de los C.B.R obtenidos en laboratorio para cada kilómetro en consideración.

Tabla 4.4. Cuadro de Resumen de CBR de Laboratorio

DESCRIPCIÓN		ENSAYO DE CBR LABORATORIO
MUESTRA	ABSCISA	%
	KM	
1	0+000	13,80
2	0+500	14,30
3	1+000	17,00
4	1+500	14,90
5	2+000	16,20
6	2+500	11,10
7	3+000	13,90
8	3+500	17,60
9	4+000	15,80
10	4+500	12,20
11	5+000	13,20
12	5+500	12,50
13	6+000	14,10
14	6+500	14,10
15	7+000	14,20
16	7+500	14,20
17	8+000	13,40
19	9+000	12,30
21	10+000	17,80
22	10+500	11,90
24	11+500	12,50
26	12+500	10,60
28	13+500	10,90
29	14+000	13,10
30	14+500	16,10
31	15+000	16,10

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

#### 4.8. Cuadro de Resumen de Humedad Natural In- Situ

En cuanto a los ensayos de campo, se empezó realizando el cálculo de la humedad natural de cada kilómetro de estudio para determinar las propiedades del suelo in situ.

Tabla 4.5. Cuadro de Resumen de Humedad Natural In- Situ

HUMEDAD NATURAL IN SITU DE LA VÍA LA CHIMBA-CAYAMBE							
DESCRIPCIÓN		Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]	Promedio
MUESTRA	ABSCISA KM						
1	0+000	ML12	19,40	88,42	70,43	35,25	35,34
		22	18,70	93,12	73,65	35,43	
2	0+500	L31	8,73	22,90	19,51	31,45	31,39
		L23	8,49	20,94	17,97	31,33	
3	1+000	L32	18,00	43,57	40,90	11,66	11,55
		L21	18,51	43,83	41,23	11,44	
4	1+500	114	16,81	39,03	33,87	30,25	31,69
		Z1	18,24	36,28	31,79	33,14	
5	2+000	33	14,05	44,04	39,58	17,47	15,71
		134	16,98	44,09	40,77	13,96	
6	2+500	6P	11,47	35,43	31,58	19,14	19,17
		C9	11,35	33,45	29,89	19,20	
7	3+000	119	17,26	51,66	47,32	14,44	14,33
		E15	18,38	50,25	46,28	14,23	
8	3+500	137	16,68	44,17	39,38	21,10	21,08
		2D	16,72	48,00	42,56	21,05	
9	4+000	202	16,68	44,37	40,02	18,64	18,78
		W2	17,64	48,26	43,39	18,91	
10	4+500	2D	16,74	62,36	60,62	3,97	3,96
		NW1	16,94	60,68	59,02	3,94	
11	5+000	137	16,72	65,89	64,04	3,91	3,84
		L7X	18,00	74,48	72,43	3,77	
12	5+500	209	16,20	62,08	60,62	3,29	3,22
		109	16,53	59,67	58,35	3,16	
13	6+000	S44	17,59	57,48	56,58	2,31	2,32
		BK1	19,05	65,47	64,41	2,34	
14	6+500	62	19,94	55,26	50,36	16,11	16,01
		W10	18,52	53,40	48,61	15,92	
15	7+000	125	16,52	48,18	41,93	24,60	24,59
		S4	19,04	63,39	54,64	24,58	
16	7+500	C5	18,33	52,66	46,27	22,87	22,77
		57	18,39	58,92	51,43	22,67	
17	8+000	202	16,69	54,48	46,87	25,22	24,97
		L19	16,85	54,43	46,98	24,73	
19	9+000	W2	17,66	53,98	46,70	25,07	26,00
		2D	16,75	49,84	42,82	26,93	
21	10+000	N8	18,26	54,48	48,09	21,42	19,88
		302	18,37	65,99	58,61	18,34	
22	10+500	L51	18,01	55,37	48,46	22,69	23,42
		L24	17,97	54,47	47,37	24,15	
24	11+500	E8	18,20	51,59	47,28	14,82	15,11
		A10	17,65	52,03	47,44	15,41	
26	12+500	M7	18,28	52,50	48,17	14,49	14,83
		159	16,93	55,17	50,13	15,18	
28	13+500	TE5	16,21	47,97	43,10	18,11	17,96
		210	18,20	58,83	52,69	17,80	
29	14+000	L30	11,57	36,86	33,58	14,90	71,25
		100	16,73	55,08	50,01	127,60	
30	14+500	L18	18,03	55,94	50,95	18,54	20,09
		L7X	17,96	58,09	52,45	21,64	
31	15+000	105	16,57	49,91	44,46	19,54	17,58
		118	16,88	48,77	43,58	15,63	

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

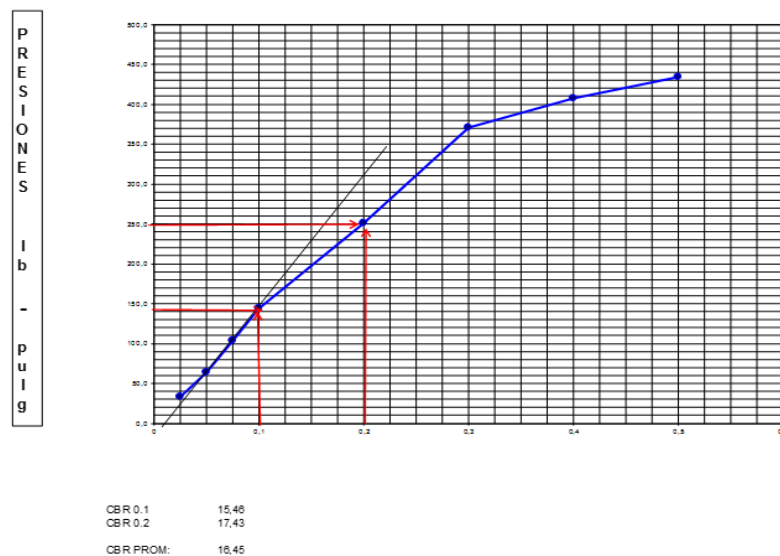
## 4.9. Hoja de Cálculo de CBR In-situ

Posterior a este proceso se determinan los C.B.R in situ con la hoja de cálculo siguiente:

Figura 4.6. Hoja de Cálculo de CBR In-situ

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	24	FECHA:	04/04/2015	
UBICACIÓN:	11+500	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		
		DIAL	CARGA DE ENSAYO lb/pulg <sup>2</sup>	CBR CCRR %
0,025		10	33,4	
0,050		19	63,5	
0,075		31	103,5	
0,100	1000	43	143,6	15,46
0,200	1500	75	250,5	17,43
0,300		111	370,7	
0,400		122	407,5	
0,500		130	434,2	

### GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015). Basado en Laboratorio LDMS

#### 4.10. Cuadro de Resumen de CBR In-situ.

Se despliegan de esta manera siguiente tabla los resultados de los Ensayos C.B.R in situ obtenidos:

Tabla 4.6. Cuadro de Resumen de CBR In-situ

DESCRIPCIÓN		ENSAYO DE CBR IN- SITU
MUESTRA	ABSCISA	%
	KM	
1	0+000	13,53
2	0+500	16,06
3	1+000	16,31
4	1+500	11,63
5	2+000	16,20
6	2+500	15,61
7	3+000	14,97
8	3+500	16,09
9	4+000	11,47
10	4+500	14,30
11	5+000	14,97
12	5+500	14,11
13	6+000	12,30
14	6+500	11,19
15	7+000	11,02
16	7+500	12,66
17	8+000	15,64
19	9+000	14,25
21	10+000	15,42
22	10+500	8,68
24	11+500	16,45
26	12+500	15,84
28	13+500	11,02
29	14+000	16,56
30	14+500	13,22
31	15+000	15,31

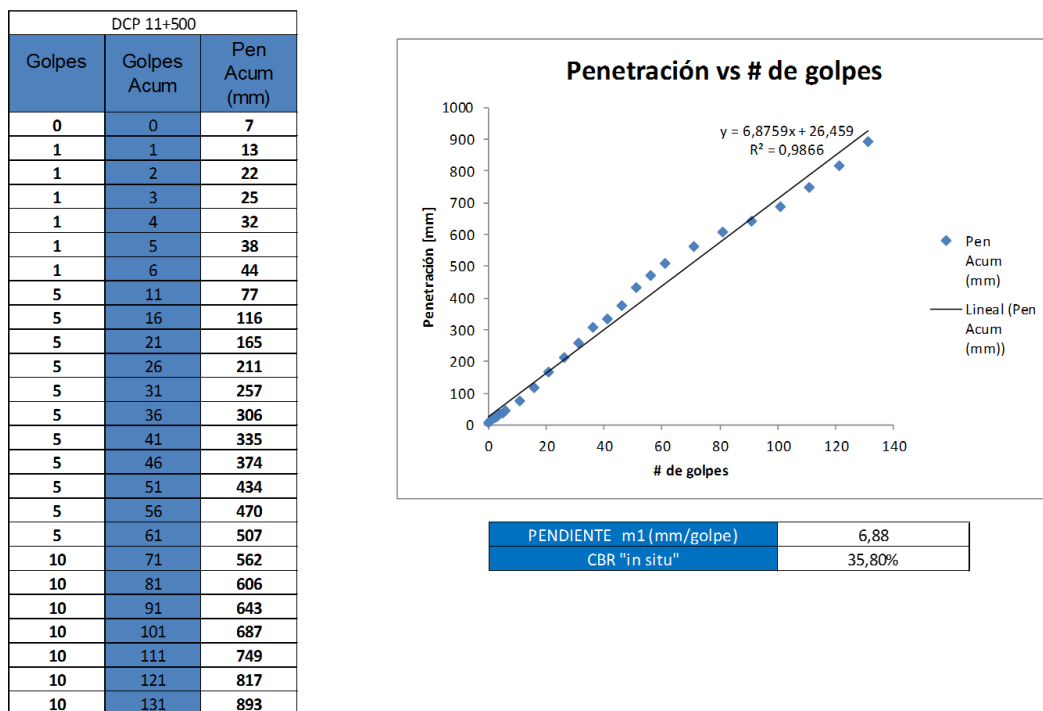
Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

#### 4.11. Hoja de Cálculo de CBR mediante D.C.P

Se realizó el Ensayo del Penetrómetro Dinámico de Cono (D.C.P) el cual mide la penetración dinámica y a su vez es capaz de medir la capacidad estructural in-situ en el suelo en estudio.

En cuanto a lo dicho se presenta la hoja de cálculo para resolver los Ensayos del Penetrómetro Dinámico de Cono (D.C.P)

Figura 4.7. Hoja de Cálculo de CBR mediante D.C.P



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

#### 4.12. Cuadro de Resumen de DCP

Dicho esto se adjunta los datos obtenidos de los Ensayos de D.C.P para cada kilómetro en consideración.

Tabla 4.7. Cuadro de Resumen de DCP

DESCRIPCIÓN		ENSAYO DE CBR POR DCP
MUESTRA	ABSCISA	%
	KM	
1	0+000	20,00
2	0+500	6,00
3	1+000	9,80
4	1+500	15,80
5	2+000	20,00
6	2+500	35,00
7	3+000	39,90
8	3+500	13,85
9	4+000	16,00
10	4+500	24,80
11	5+000	39,90
12	5+500	14,10
13	6+000	21,00
14	6+500	26,00
15	7+000	20,00
16	7+500	11,00
17	8+000	8,00
19	9+000	36,50
21	10+000	35,00
22	10+500	32,50
24	11+500	35,80
26	12+500	38,00
28	13+500	3,70
29	14+000	37,50
30	14+500	25,10
31	15+000	28,00

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

#### 4.13. Resumen Total de datos obtenidos

Finalmente se adjunta la recopilación de datos obtenidos en la presente disertación, a fin de lograr una mayor apreciación de los resultados obtenidos por los distintos métodos ensayados.

Tabla 4.8. Resumen Total de datos obtenidos

DESCRIPCIÓN		CUADRO DE RESUMEN DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS										ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE PRÓCTOR		ENSAYO DE CBR LABORATORIO	ENSAYO DE CBR IN-SITU	ENSAYO DE CBR POR DCP
MUESTRA	ABSCISA	GRANULOMETRÍA				HUMEDAD	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	NORMA		HUMEDAD ÓPTIMA	DENSIDAD MÁXIMA SECA	%	%	%
	KM	4	10	40	200	W%	LL	LP	IP	SUCS	AASHTO	W%	Kg/cm <sup>3</sup>			
1	0+000	100,00	100,00	67,57	51,52	35,34	0,00	0,00	0,00	ML	A4	18,10	1620	13,80	13,53	20,00
2	0+500	100,00	99,97	98,52	78,24	14,77	31,25	23,25	8,01	ML	A4	15,80	1745	14,30	16,06	6,00
3	1+000	100,00	98,75	91,27	60,08	11,55	29,15	21,72	7,43	CL	A4	14,30	1752	17,00	16,31	9,80
4	1+500	99,99	98,60	87,86	62,23	31,69	0,00	0,00	0,00	ML	A4	26,00	1377	14,90	11,63	15,80
5	2+000	99,01	96,83	91,19	66,50	15,71	26,09	19,38	6,71	CL-ML	A4	17,00	1713	16,20	16,20	20,00
6	2+500	100,00	99,85	97,72	77,52	19,17	29,95	28,78	1,17	ML	A4	19,90	1705	11,10	15,61	35,00
7	3+000	100,00	99,90	96,12	56,06	14,33	32,96	25,86	7,09	ML	A4	17,70	1724	13,90	14,97	39,90
8	3+500	100,00	99,89	98,32	76,17	21,08	0,00	0,00	0,00	ML	A4	13,00	1792	17,60	16,09	13,85
9	4+000	98,59	98,20	94,29	63,63	18,78	29,67	26,11	3,55	ML	A4	18,00	1670	15,80	11,47	16,00
10	4+500	100,00	99,38	92,65	64,89	3,96	27,48	23,23	4,25	ML	A4	15,04	1612	12,20	14,30	24,80
11	5+000	100,00	99,73	93,87	64,86	3,84	26,41	22,73	3,69	ML	A4	13,20	1625	13,20	14,97	39,90
12	5+500	100,00	100,00	97,70	68,30	3,22	28,06	23,10	4,96	ML	A4	14,60	1595	12,50	14,11	14,10
13	6+000	100,00	99,66	96,57	60,35	2,32	26,34	19,15	7,19	CL	A4	15,20	1598	14,10	12,30	21,00
14	6+500	100,00	87,82	68,20	55,35	24,32	0,00	0,00	0,00	ML	A4	18,52	1719	14,10	11,19	26,00
15	7+000	93,74	80,61	72,26	60,04	20,54	0,00	0,00	0,00	ML	A4	15,19	1728	14,20	11,02	20,00
16	7+500	100,00	96,22	81,35	61,94	28,39	0,00	0,00	0,00	ML	A4	12,02	1766	14,20	12,66	11,00
17	8+000	100,00	100,00	72,55	62,34	32,13	0,00	0,00	0,00	ML	A4	12,66	1665	13,40	15,64	8,00
19	9+000	97,54	83,42	73,28	56,39	24,95	26,11	22,62	3,50	ML	A4	15,73	1694	12,30	14,25	36,50
21	10+000	100,00	96,20	75,93	60,72	32,61	0,00	0,00	0,00	ML	A4	11,63	1724	17,80	15,42	35,00
22	10+500	96,31	92,92	70,14	46,12	29,57	22,97	17,60	5,36	SC-SM	A4	15,54	1709	11,90	8,68	32,50
24	11+500	100,00	100,00	74,66	64,90	31,12	18,26	14,29	3,97	ML	A4	14,79	1696	12,50	16,45	35,80
26	12+500	100,00	100,00	72,20	50,71	31,61	29,37	22,69	6,68	ML	A4	18,77	1734	10,60	15,84	38,00
28	13+500	100,00	90,09	69,32	54,62	26,88	0,00	0,00	0,00	ML	A4	16,15	1649	10,90	11,02	3,70
29	14+000	100,00	92,18	73,14	50,70	26,56	0,00	0,00	0,00	ML	A4	16,08	1712	13,10	16,56	37,50
30	14+500	92,77	74,83	61,81	45,31	27,86	34,33	14,30	20,03	SC	A6	13,05	1715	16,10	13,22	25,10
31	15+000	88,65	74,27	60,66	39,97	29,43	35,80	15,69	20,11	SC	A6	16,69	1738	16,10	15,31	28,00

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

## **CAPÍTULO V ANÁLISIS DE CORRELACIONES**

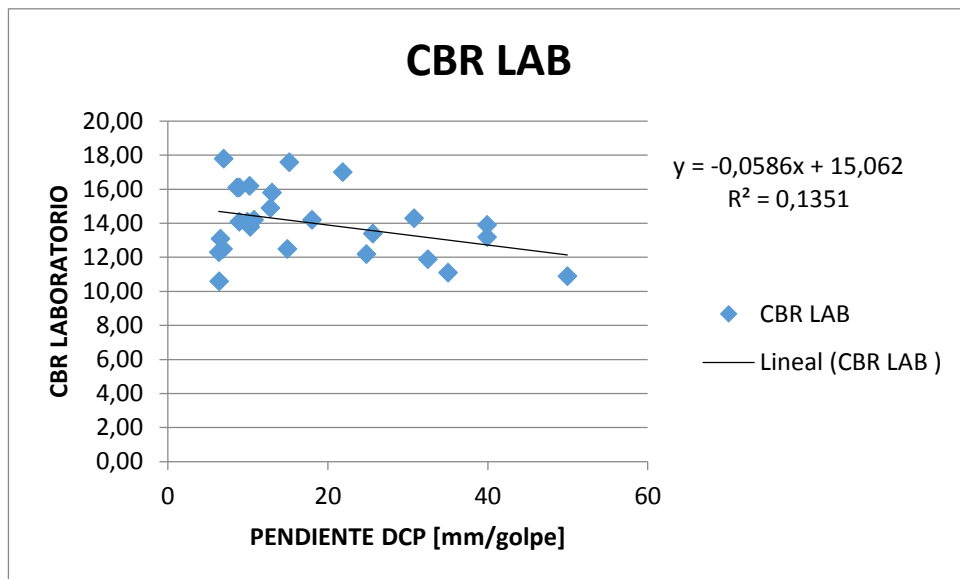
### **5.1. Análisis de Correlaciones**

De acuerdo con la literatura de Estadística para Administración y Economía de Mason, Lind, Marchall 10ma edición un análisis de correlación es el conjunto de técnicas estadística empleadas para medir la intensidad de la asociación entre dos variables, por lo tanto su fin máximo es determinar qué tan intensa es la relación entre dos variables en consideración.

De acuerdo a nuestro análisis, se pudo determinar que no existe correlación entre las variables CBR In Situ y CBR por el Método del DCP, y a su vez entre las variables CBR de Laboratorio y CBR por el Método del DCP debido a que presenta una correlación negativa débil, lo que nos indica que las variables se encuentran relacionadas linealmente. TOMADO DE Estadística para Administración y Economía de Mason, Lind, Marchall 10ma edición, Pág. 434.

A continuación se presentan los diagramas de dispersión obtenidos de las correlaciones enunciadas anteriormente.

Figura 5.1. Gráfica CBR laboratorio vs pendiente del DCP



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

## 5.2. Análisis Estadístico

### 5.2.1. Media Aritmética

De acuerdo con Estadística para Administración y Economía de Mason, Lind, Marchall 10ma edición, la Media Aritmética se define como el único valor que describe un conjunto de valores, este valor se denomina tendencia central o promedio.

Estos son los resultados que se obtuvieron de los promedios de cada ensayo.

**Tabla 5.1. Cuadro de media aritmética de los CBR**

	ENSAYO DE CBR LABORATORIO	ENSAYO DE CBR IN-SITU	ENSAYO DE CBR POR DCP
	%	%	%
	13,80	13,53	20,00
	14,30	16,06	6,00
	17,00	16,31	9,80
	14,90	11,63	15,80
	16,20	16,20	20,00
	11,10	15,61	35,00
	13,90	14,97	39,90
	17,60	16,09	13,85
	15,80	11,47	16,00
	12,20	14,30	24,80
	13,20	14,97	39,90
	12,50	14,11	14,10
	14,10	12,30	21,00
	14,10	11,19	26,00
	14,20	11,02	20,00
	14,20	12,66	11,00
	13,40	15,64	8,00
	12,30	14,25	36,50
	17,80	15,42	35,00
	11,90	8,68	32,50
	12,50	16,45	35,80
	10,60	15,84	38,00
	10,90	11,02	3,70
	13,10	16,56	37,50
	16,10	13,22	25,10
	16,10	15,31	28,00
<b>PROMEDIO</b>	13,99	14,03	23,59

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

El promedio entre de los ensayos de CBR por Laboratorio y por CBR In- situ presentan resultados similares; Es decir los resultados son cercanos uno con otro, por el contrario los resultados del CBR por DCP presentan una media mucho mayor que las anteriores, lo cual nos indica que el rango de valores tienen una mayor dispersión.

### 5.2.2. Mediana

La mediana es el punto medio de los valores al ser ordenados de menor a mayor, o de mayor a menor. De esta manera se presenta el cuadro de resultados de las medianas de cada Ensayo en consideración.

**Tabla 5.2. Cuadro de mediana de los CBR**

ENSAYO DE CBR LABORATORIO	ENSAYO DE CBR IN- SITU	ENSAYO DE CBR POR DCP
%	%	%
10,60	8,68	3,70
10,90	11,02	6,00
11,10	11,02	8,00
11,90	11,19	9,80
12,20	11,47	11,00
12,30	11,63	13,85
12,50	12,30	14,10
12,50	12,66	15,80
13,10	13,22	16,00
13,20	13,53	20,00
13,40	14,11	20,00
13,80	14,25	20,00
13,90	14,30	21,00
14,10	14,97	24,80
14,10	14,97	25,10
14,20	15,31	26,00
14,20	15,42	28,00
14,30	15,61	32,50
14,90	15,64	35,00
15,80	15,84	35,00
16,10	16,06	35,80
16,10	16,09	36,50
16,20	16,20	37,50
17,00	16,31	38,00
17,60	16,45	39,90
17,80	16,56	39,90
<b>MEDIANA</b>	14	22,9

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

De acuerdo con el análisis se observa que la mediana del Ensayo CBR in situ se asemeja al resultado del Ensayo de CBR de laboratorio; sin embargo el Resultado del Ensayo de CBR por DCP mantiene su valor alto alejándose de los otros dos ensayos.

### 5.2.3. Desviación Estándar

La desviación estándar es aquella que se basa en las desviaciones con respecto a la media de los datos en estudio, se define como la raíz cuadrada positiva de la varianza.

Se expone a continuación el cuadro de las varianzas calculadas para cada Ensayo realizado.

**Tabla 5.3. Cuadro de desviación estándar de CBR de laboratorio**

ENSAYO DE CBR LABORATORIO		
	X-μ	(X-μ) <sup>2</sup>
%(X)		
13,80	-0,19	0,04
14,30	0,31	0,09
17,00	3,01	9,05
14,90	0,91	0,82
16,20	2,21	4,87
11,10	-2,89	8,37
13,90	-0,09	0,01
17,60	3,61	13,02
15,80	1,81	3,27
12,20	-1,79	3,21
13,20	-0,79	0,63
12,50	-1,49	2,23
14,10	0,11	0,01
14,10	0,11	0,01
14,20	0,21	0,04
14,20	0,21	0,04
13,40	-0,59	0,35
12,30	-1,69	2,86
17,80	3,81	14,50
11,90	-2,09	4,38
12,50	-1,49	2,23
10,60	-3,39	11,51
10,90	-3,09	9,56
13,10	-0,89	0,80
16,10	2,11	4,44
16,10	2,11	4,44
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,00</b>	<b>100,78</b>

$$\theta^2 = \frac{\sum(X - \mu)^2}{N} = \frac{100,78}{26} = 3,88$$

$$\mu = \frac{\sum X}{N}$$

X (%)= CADAVALOR\*

u= 13,99

N= 26

<b>VARIANZA</b>	1,969
-----------------	-------

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

**Tabla 5.4. Cuadro de desviación estándar de CBR in-situ**

ENSAYO DE CBR IN- SITU		
%(X)	X-μ	(X-μ) <sup>2</sup>
13,53	-0,50	0,25
16,06	2,03	4,12
16,31	2,28	5,19
11,63	-2,40	5,77
16,20	2,17	4,70
15,61	1,58	2,49
14,97	0,94	0,88
16,09	2,06	4,24
11,47	-2,56	6,56
14,30	0,27	0,07
14,97	0,94	0,88
14,11	0,08	0,01
12,30	-1,73	3,00
11,19	-2,84	8,07
11,02	-3,01	9,07
12,66	-1,37	1,88
15,64	1,61	2,59
14,25	0,22	0,05
15,42	1,39	1,93
8,68	-5,35	28,63
16,45	2,42	5,85
15,84	1,81	3,27
11,02	-3,01	9,07
16,56	2,53	6,40
13,22	-0,81	0,66
15,31	1,28	1,64
<b>PROMEDIO</b>	<b>364,81</b>	<b>117,26</b>

$$\sigma^2 = \frac{\sum(X - \mu)^2}{N} = \frac{117,26}{26} = 4,51$$

$$\mu = \frac{\sum X}{N}$$

X (%)= CADAVALOR\*  
 u= 14,03  
 N= 26

<b>VARIANZA</b>	2,124
-----------------	-------

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

**Tabla 5.5. Cuadro de desviación estándar de CBR por DCP**

ENSAYO DE CBR POR DCP		
% (X)	X-μ	(X-μ) <sup>2</sup>
20,00	-3,59	12,86
6,00	-17,59	309,29
9,80	-13,79	190,07
15,80	-7,79	60,63
20,00	-3,59	12,86
35,00	11,41	130,27
39,90	16,31	266,13
13,85	-9,74	94,80
16,00	-7,59	57,56
24,80	1,21	1,47
39,90	16,31	266,13
14,10	-9,49	89,99
21,00	-2,59	6,69
26,00	2,41	5,82
20,00	-3,59	12,86
11,00	-12,59	158,42
8,00	-15,59	242,94
36,50	12,91	166,76
35,00	11,41	130,27
32,50	8,91	79,45
35,80	12,21	149,17
38,00	14,41	207,75
3,70	-19,89	395,47
37,50	13,91	193,58
25,10	1,51	2,29
28,00	4,41	19,48
<b>PROMEDIO</b>	<b>613,25</b>	<b>3263,02</b>

$$\sigma^2 = \frac{\sum(X - \mu)^2}{N} = \frac{3263,02}{26} = 125,50$$

$$\mu = \frac{\sum X}{N}$$

X (%)= CADAVALOR\*  
 u= 23,59  
 N= 26

<b>VARIANZA</b>	11,203
-----------------	--------

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Con la ayuda de la varianza se puede determinar que los valores obtenidos del Ensayo del C.B.R por medio del D.C.P se encuentran altamente dispersos, es decir si bien es cierto que los resultados son reales y bien calculados , se recomienda descartar los valores bajos y altos para obtener una desviación más cercana, como presentan los otros dos ensayos.

#### **5.2.4. Análisis ANOVA de una entrada.**

El análisis de la varianza (ANOVA) es una herramienta estadística, la cual es de gran utilidad para el control de procesos y también para el control de métodos analíticos, se considera de una entrada porque esta realiza este tipo de ANOVA porque solo se emplea una característica para categorizar las muestras.

Este método busca principalmente la comparación de múltiples datos y la estimación de los componentes de variación de un proceso.

Según Ricard Boqué, Alicia Maroto Grupo de Quimiometría y Cualimetría. Universitat Rovira i Virgili. Pl. Imperial Tàrraco, 1. 43005-Tarragona

“El objetivo del ANOVA es comparar los diversos valores medios para determinar si alguno de ellos difiere significativamente del resto. Para ello se utiliza una estrategia bien lógica: si los resultados proporcionados por los diversos laboratorios no contienen errores sistemáticos, los valores medios respectivos no diferirán mucho los unos de los otros y su dispersión, debida a los errores aleatorios, será comparable a la dispersión presente individualmente en cada laboratorio.”

**Procedimiento a seguir para realizar el análisis ANOVA:**

1. Definir los parámetros de estudio.

**UNIDADES EXPERIMENTALES:** kilómetros de estudio

**TRATAMIENTO O FACTOR:** Métodos de obtener un CBR.

2. Plantear una hipótesis nula y una hipótesis alternativa.

Ho: U1=U2=U3

H1: Existe al menos una diferencia

3. Seleccionar el nivel de significancia.

$$\alpha=0,05$$

4. Seleccionar la muestra, realizar los cálculos y tomar una decisión, siguiendo la siguiente tabla.

**Tabla 5.6. Tabla de ANOVA de una entrada**

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados medios	F
Tratamientos	SST	k-1	SST/(k-1)=MST	MST/MSE
Error (Residuo)	SSE	n-k	SSE/(n-1)=MSE	
Total	SS Total	n-1		

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Fuente: Lind, D. A., Marchal, W. G., & Mason, R. D. (2004). *Estadística para administración y economía: Douglas A. Lind, William G. Marchal y Robert D. Mason* (11a. ed. --). Bogotá: Alfaomega.

Donde :

k=Número de columnas de datos en estudio

- Suma de cuadrados 
$$SStotal = \sum x^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}$$

**(Ec. 5.1)**

$\sum x^2$  Es la suma de los valores elevados al cuadrado.

$(\sum X)^2$  Es el cuadrado de la suma de los valores

$n$  Es el número total de informaciones

- Suma de cuadrados de tratamientos 
$$SST = \sum \left( \frac{T_c^2}{n_c} \right) - \frac{(\sum X)^2}{n}$$
 (Ec. 5.2)

$T_c$  Es el total de la columna para cada tratamiento

$n_c$  Es el número de observaciones (tamaño de la muestra), para cada tratamiento.

- Suma de cuadrados Error (Residuo) 
$$SSE = SStotal - SST$$
 (Ec. 5.3)

A continuación se presenta los cálculos realizados para obtener la tabla de Análisis ANOVA:

**Tabla 5.7. Cálculos para realizar tabla ANOVA**

ENSAYO DE CBR LABORATORIO	ENSAYO DE CBR IN- SITU	ENSAYO DE CBR POR DCP	x1	x1^2	x2	x2^2	x3	x3^2	
13,80	13,53	20,00	13,80	190,44	13,53	183,06	20,00	400,00	
14,30	16,06	6,00	14,30	204,49	16,06	257,92	6,00	36,00	
17,00	16,31	9,80	17,00	289,00	16,31	266,02	9,80	96,04	
14,90	11,63	15,80	14,90	222,01	11,63	135,26	15,80	249,64	
16,20	16,20	20,00	16,20	262,44	16,20	262,44	20,00	400,00	
11,10	15,61	35,00	11,10	123,21	15,61	243,67	35,00	1225,00	
13,90	14,97	39,90	13,90	193,21	14,97	224,10	39,90	1592,01	
17,60	16,09	13,85	17,60	309,76	16,09	258,89	13,85	191,82	
15,80	11,47	16,00	15,80	249,64	11,47	131,56	16,00	256,00	
12,20	14,30	24,80	12,20	148,84	14,30	204,49	24,80	615,04	
13,20	14,97	39,90	13,20	174,24	14,97	224,10	39,90	1592,01	
12,50	14,11	14,10	12,50	156,25	14,11	199,09	14,10	198,81	
14,10	12,30	21,00	14,10	198,81	12,30	151,29	21,00	441,00	
14,10	11,19	26,00	14,10	198,81	11,19	125,22	26,00	676,00	
14,20	11,02	20,00	14,20	201,64	11,02	121,44	20,00	400,00	
14,20	12,66	11,00	14,20	201,64	12,66	160,28	11,00	121,00	
13,40	15,64	8,00	13,40	179,56	15,64	244,61	8,00	64,00	
12,30	14,25	36,50	12,30	151,29	14,25	203,06	36,50	1332,25	
17,80	15,42	35,00	17,80	316,84	15,42	237,78	35,00	1225,00	
11,90	8,68	32,50	11,90	141,61	8,68	75,34	32,50	1056,25	
12,50	16,45	35,80	12,50	156,25	16,45	270,60	35,80	1281,64	
10,60	15,84	38,00	10,60	112,36	15,84	250,91	38,00	1444,00	
10,90	11,02	3,70	10,90	118,81	11,02	121,44	3,70	13,69	
13,10	16,56	37,50	13,10	171,61	16,56	274,23	37,50	1406,25	
16,10	13,22	25,10	16,10	259,21	13,22	174,77	25,10	630,01	
16,10	15,31	28,00	16,10	259,21	15,31	234,40	28,00	784,00	
<b>SUMATORIA</b>	363,800	364,810	613,250						
<b>PROMEDIO</b>	13,992	14,031	23,587						
				<b>SUMATORIA</b>	5191,18	<b>SUMATORIA</b>	5235,96	<b>SUMATORIA</b>	17727,46
				<b>TOTAL</b>			28154,605		

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

**CUADRO ANOVA:**

**Tabla 5.8. Análisis ANOVA**

Fuente de Variacion (FV)	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	F (ANOVA)
Entre grupos (SQM)	1589,087	2	794,543	17,119
Dentro de grupos (SQR)	3481,053	75	46,414	
Total	5070,140	77	-	

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Determinar la regla de decisión :

Una vez encontrado el valor F, se procede a buscar la desviación en la tabla de Fisher con un error del 5%.

F(5%)<sub>2;75</sub>

El valor es encontrado en la siguiente tabla con valores de F(5%)

**Tabla 5.9. Valores F de la distribución F de Fisher**

**1 -  $\alpha = 0.95$**   
**1 -  $\alpha = P(F \leq f_{\alpha, n_1, n_2})$**

$n_1$  = grados de libertad del numerador  
 $n_2$  = grados de libertad del denominador

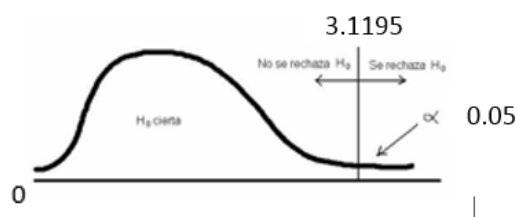
$n_2 \backslash n_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	161.446	199.499	215.707	224.583	230.160	233.988	236.787	238.884	240.543	241.882	242.981	243.905	244.690	245.363	245.946	246.466	246.917	247.324	247.688	248.016
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.329	19.353	19.371	19.385	19.396	19.405	19.412	19.419	19.424	19.429	19.433	19.437	19.440	19.443	19.446
3	10.128	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.887	8.845	8.812	8.785	8.763	8.745	8.729	8.715	8.703	8.692	8.683	8.675	8.667	8.660
4	7.709	6.944	6.591	6.388	6.256	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964	5.936	5.912	5.891	5.873	5.858	5.844	5.832	5.821	5.811	5.803
5	6.608	5.788	5.409	5.192	5.050	4.950	4.876	4.818	4.772	4.735	4.704	4.678	4.655	4.636	4.619	4.604	4.590	4.579	4.568	4.558
6	5.987	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.060	4.027	4.000	3.976	3.956	3.938	3.922	3.908	3.896	3.884	3.874
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.972	3.868	3.787	3.726	3.677	3.637	3.603	3.575	3.550	3.529	3.511	3.494	3.480	3.467	3.455	3.445
8	5.318	4.459	4.066	3.838	3.688	3.581	3.500	3.438	3.388	3.347	3.313	3.284	3.259	3.237	3.218	3.202	3.187	3.173	3.161	3.150
9	5.117	4.258	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.179	3.137	3.102	3.073	3.048	3.025	3.006	2.989	2.974	2.960	2.948	2.936
10	4.985	4.103	3.708	3.478	3.326	3.217	3.136	3.072	3.020	2.978	2.943	2.913	2.887	2.865	2.845	2.828	2.812	2.798	2.785	2.774
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.896	2.854	2.818	2.788	2.761	2.739	2.719	2.701	2.685	2.671	2.658	2.646
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.996	2.913	2.849	2.796	2.753	2.717	2.687	2.660	2.637	2.617	2.599	2.583	2.568	2.555	2.544
13	4.667	3.806	3.411	3.179	3.025	2.915	2.832	2.767	2.714	2.671	2.635	2.604	2.577	2.554	2.533	2.515	2.499	2.484	2.471	2.459
14	4.600	3.739	3.344	3.112	2.958	2.848	2.764	2.699	2.646	2.602	2.565	2.534	2.507	2.484	2.463	2.445	2.428	2.413	2.400	2.388
15	4.543	3.682	3.287	3.056	2.901	2.790	2.707	2.641	2.588	2.544	2.507	2.475	2.448	2.424	2.403	2.385	2.368	2.353	2.340	2.328
16	4.494	3.634	3.239	3.007	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538	2.494	2.456	2.425	2.397	2.373	2.352	2.333	2.317	2.302	2.288	2.276
17	4.451	3.592	3.197	2.965	2.810	2.699	2.614	2.548	2.494	2.450	2.413	2.381	2.353	2.329	2.308	2.289	2.272	2.257	2.243	2.230
18	4.414	3.555	3.160	2.928	2.773	2.661	2.575	2.510	2.456	2.412	2.374	2.342	2.314	2.290	2.269	2.250	2.233	2.217	2.203	2.191
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740	2.628	2.544	2.477	2.423	2.378	2.340	2.308	2.280	2.256	2.234	2.215	2.198	2.182	2.168	2.155
20	4.351	3.493	3.098	2.866	2.711	2.599	2.514	2.447	2.393	2.348	2.310	2.278	2.250	2.225	2.203	2.184	2.167	2.151	2.137	2.124
21	4.325	3.467	3.072	2.840	2.685	2.573	2.488	2.420	2.366	2.321	2.283	2.250	2.222	2.197	2.176	2.156	2.139	2.123	2.109	2.096
22	4.301	3.443	3.049	2.817	2.661	2.549	2.464	2.397	2.342	2.297	2.259	2.226	2.198	2.173	2.151	2.131	2.114	2.098	2.084	2.071
23	4.279	3.422	3.028	2.796	2.640	2.528	2.442	2.375	2.320	2.275	2.236	2.204	2.175	2.150	2.128	2.109	2.091	2.075	2.061	2.048
24	4.260	3.403	3.009	2.776	2.621	2.508	2.423	2.355	2.300	2.255	2.216	2.183	2.155	2.130	2.108	2.088	2.070	2.054	2.040	2.027
25	4.242	3.385	2.991	2.758	2.603	2.490	2.405	2.337	2.282	2.236	2.198	2.165	2.136	2.111	2.089	2.069	2.051	2.035	2.021	2.007
26	4.225	3.369	2.975	2.743	2.587	2.474	2.388	2.321	2.265	2.220	2.181	2.148	2.119	2.094	2.072	2.052	2.034	2.018	2.003	1.990
27	4.210	3.354	2.960	2.728	2.572	2.459	2.373	2.305	2.250	2.204	2.166	2.132	2.103	2.078	2.056	2.036	2.018	2.002	1.987	1.974
28	4.196	3.340	2.947	2.714	2.558	2.445	2.359	2.291	2.236	2.190	2.151	2.118	2.089	2.064	2.041	2.021	2.003	1.987	1.972	1.959
29	4.183	3.328	2.934	2.701	2.545	2.432	2.346	2.278	2.223	2.177	2.138	2.104	2.075	2.050	2.027	2.007	1.989	1.973	1.958	1.945
30	4.171	3.316	2.922	2.690	2.534	2.421	2.334	2.266	2.211	2.165	2.126	2.092	2.063	2.037	2.015	1.995	1.977	1.960	1.945	1.932
40	4.085	3.232	2.839	2.606	2.449	2.336	2.249	2.180	2.124	2.077	2.038	2.003	1.974	1.948	1.924	1.904	1.885	1.868	1.853	1.839
50	4.034	3.183	2.790	2.557	2.400	2.286	2.199	2.130	2.073	2.026	1.986	1.952	1.921	1.895	1.871	1.850	1.831	1.814	1.798	1.784
60	4.001	3.150	2.758	2.525	2.368	2.254	2.167	2.097	2.040	1.993	1.952	1.917	1.887	1.860	1.836	1.815	1.796	1.778	1.763	1.748
70	3.978	3.128	2.736	2.503	2.346	2.231	2.143	2.074	2.017	1.969	1.928	1.893	1.863	1.836	1.812	1.790	1.771	1.753	1.737	1.722
80	3.960	3.111	2.719	2.486	2.329	2.214	2.126	2.056	1.999	1.951	1.910	1.875	1.845	1.817	1.793	1.772	1.752	1.734	1.718	1.703
90	3.947	3.098	2.706	2.473	2.316	2.201	2.113	2.043	1.986	1.938	1.897	1.861	1.830	1.803	1.779	1.757	1.737	1.720	1.703	1.688
100	3.936	3.087	2.696	2.463	2.305	2.191	2.103	2.032	1.975	1.927	1.886	1.850	1.819	1.792	1.768	1.746	1.726	1.708	1.691	1.676
200	3.888	3.041	2.650	2.417	2.259	2.144	2.056	1.985	1.927	1.878	1.837	1.801	1.769	1.742	1.717	1.694	1.674	1.656	1.639	1.623
500	3.880	3.014	2.623	2.390	2.232	2.117	2.028	1.957	1.899	1.850	1.808	1.772	1.740	1.712	1.686	1.664	1.643	1.625	1.607	1.592
1000	3.851	3.005	2.614	2.381	2.223	2.108	2.019	1.948	1.889	1.840	1.798	1.762	1.730	1.702	1.676	1.654	1.633	1.614	1.597	1.581

Fuente: <http://www.mat.uda.cl/hsalinas/cursos/2011/2do/tabla-fisher.pdf>. Acceso: 04/10/2015

5. Gráfico de aceptación o rechazo de la muestra.

El valor de  $f$  será 3.1195, dicho valor ahora pasa a ser el límite para rechazar la hipótesis o aceptarla.

**Figura 5.2. Curva de aceptación o rechazo de la muestra**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

6. Decisión

Como el valor obtenido de  $F$  por el método de Anova nos da como resultado 17.119, es valor quiere decir que se rechaza La hipótesis  $H_0$  debido a que existe por lo menos una diferencia entre los Ensayos.

Además debido a que existe mayor varianza entre grupos, se determina que existe un valor significativo que afecta la hipótesis  $H_0$ .

## CAPÍTULO VI DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO DE LA AASHTO 1993

### 6.1. DISEÑO CBR POR DCP

#### 6.1.1. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

1. Se determina el CBR de diseño.

**Tabla 6.1. Valores de CBR por DCP**

DESCRIPCIÓN		ENSAYO DE CBR POR DCP
MUESTRA	ABSCISA KM	%
1	0+000	20.00
2	0+500	6.00
3	1+000	9.80
4	1+500	15.80
5	2+000	20.00
6	2+500	35.00
7	3+000	39.90
8	3+500	13.85
9	4+000	16.00
10	4+500	24.80
11	5+000	39.90
12	5+500	14.10
13	6+000	21.00
14	6+500	26.00
15	7+000	20.00
16	7+500	11.00
17	8+000	8.00
19	9+000	36.50
21	10+000	35.00
22	10+500	32.50
24	11+500	35.80
26	12+500	38.00
28	13+500	3.70
29	14+000	37.50
30	14+500	25.10
31	15+000	28.00

(Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

2. Se acomoda de menor a mayor, incluido los valores de CBR repetidos

**Tabla 6.2. Valores de CBR por DCP ordenados de forma ascendente**

DESCRIPCIÓN		ENSAYO DE CBR POR DCP
MUESTRA	ABSCISA	%
10	4+500	3.70
2	0+500	6.00
21	10+000	8.00
17	8+000	9.80
31	15+000	11.00
4	1+500	13.85
15	7+000	14.10
3	1+000	15.80
9	4+000	16.00
28	13+500	20.00
16	7+500	20.00
14	6+500	20.00
13	6+000	21.00
1	0+000	24.80
22	10+500	25.10
30	14+500	26.00
11	5+000	28.00
29	14+000	32.50
8	3+500	35.00
19	9+000	35.00
26	12+500	35.80
24	11+500	36.50
6	2+500	37.50
7	3+000	38.00
12	5+500	39.90
5	2+000	39.90

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

3. Se determina el Tráfico Promedio Diario Anual de la vía La Chimba – Cayambe. Según el Departamento de la dirección de vialidad del GAD de Pichincha, por medio del Ing. Edgar Rivadeneira, se efectuó el estudio de tráfico para la determinación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) que tiene actualmente la vía Ayora – Cariacu

– Pesillo – Olmedo. En este estudio de tráfico se basará nuestro diseño de pavimentos.

Ayora, Cariacu, Pesillo y Olmedo son poblaciones beneficiadas a lo largo de la vía La Chimba – Cayambe por lo que el estudio de tráfico es válido.

**Tráfico Diario:** Los cuadros que a continuación se detallan, contienen el resumen del Tráfico Diario (TD), clasificado, sentido de circulación y tipo de vehículo.

(Departamento de la dirección de vialidad del GAD de Pichincha, 2013)

**Tabla 6.3. Resultado del conteo de vehículos**

RESULTADOS DEL CONTEO DE VEHICULOS			
LIVIANO	BUS	PESADOS.	TOTAL
162	14	134	310

Fuente: (Departamento de la dirección de vialidad del GAD de Pichincha, 2013)

El Departamento de la dirección de vialidad del GAD de Pichincha, de igual manera realizó la determinación del TPDA para el proyecto, se fundamentó en los resultados obtenidos del conteo de vehículos realizado.

Se determinó el Tráfico Promedio Semanal y se realizó la siguiente consideración: El proyecto corresponde a una vía de servicio al tráfico vehicular local, es regular y permanente, razón por la que los factores de ponderación y de estacionalidad se asume con el valor de 1,000, es decir los resultados del conteo son asumidos como TPDA. **(Departamento de la dirección de vialidad del GAD de Pichincha, 2013)**

Se desprecia el tráfico liviano en el estudio de una vía. Son datos representativos únicamente, los datos del conteo de buses y transporte pesado.

**Tabla 6.4. Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)**

TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)			
LIVIANO	BUS	PESADOS.	TOTAL
162	14	134	310

Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)	310
---	-----

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

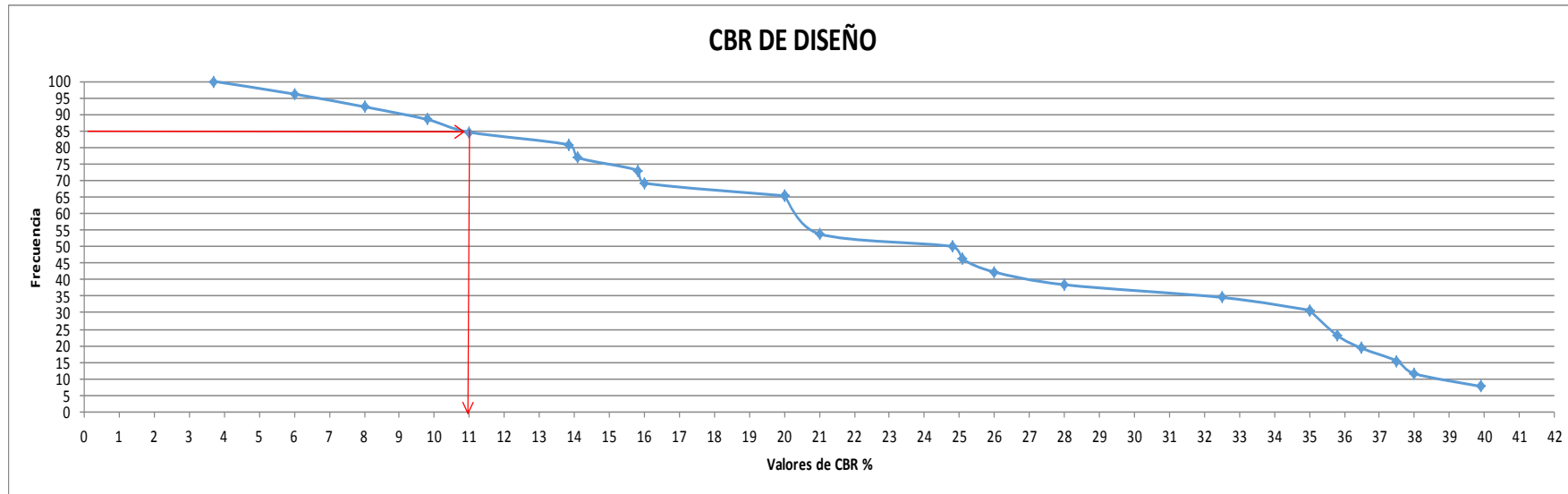
4. Se determina la frecuencia y el percentil de diseño. En este caso nuestra vía pertenece a tráfico pesado y se diseñará con un percentil de 85%.

**Tabla 6.5. Determinación del percentil de los valores de CBR por DCP**

N°	% CBR	Frecuencia	# de ensayos, iguales o	Percentil
1	3.7	1	26.00	100.00
2	6	1	25.00	96.15
3	8	1	24.00	92.31
4	9.8	1	23.00	88.46
5	11	1	22.00	84.62
6	13.85	1	21.00	80.77
7	14.1	1	20.00	76.92
8	15.8	1	19.00	73.08
9	16	1	18.00	69.23
10	20	3	17.00	65.38
11	20		17.00	65.38
12	20		17.00	65.38
13	21	1	14.00	53.85
14	24.8	1	13.00	50.00
15	25.1	1	12.00	46.15
16	26	1	11.00	42.31
17	28	1	10.00	38.46
18	32.5	1	9.00	34.62
19	35	2	8.00	30.77
20	35		8.00	30.77
21	35.8	1	6.00	23.08
22	36.5	1	5.00	19.23
23	37.5	1	4.00	15.38
24	38	1	3.00	11.54
25	39.9	2	2.00	7.69
26	39.9		2.00	7.69

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Figura 6.1. Gráfica Frecuencia vs Valores de CBR para determinar el percentil 85



CBR DE DISEÑO	
Tráfico	Especificación
Pesado	85%
Mediano	75%
Livianos	60%

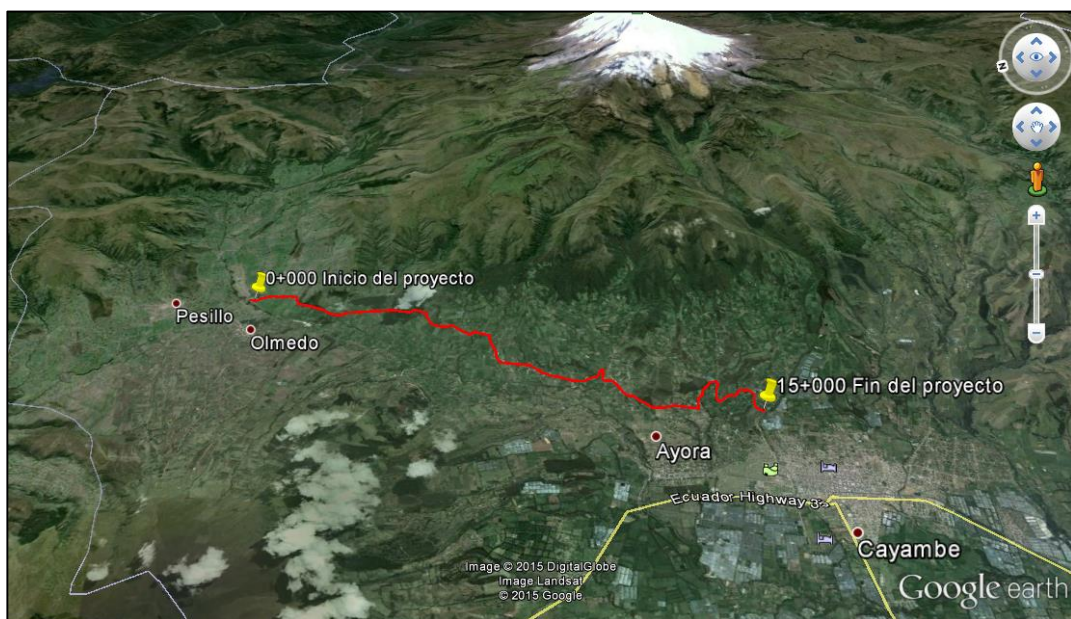
CBR DE DISEÑO	11%
---------------	-----

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

## 6.1.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

5. Se determina el nivel de confianza de diseño. Para esto se debe conocer la clasificación funcional de la vía.

Figura 6.2. Trazado de la vía La Chimba – Cayambe de 15 Km de longitud



Fuente: Google Earth de Google Inc. Versión 7.1.2.2041

Como se puede observar la vía por su funcionalidad, aparte de extensión e importancia, pertenece a una Autopista, localizada en el sector rural. Por lo que usaremos un nivel de confianza de 90% que está dentro del rango de diseño.

Tabla 6.6. Cuadros de diseño para pavimentos flexibles

Clasificación Funcional	Nivel de Confianza Recomendados	
	Urbano	Rural
Interestatal y Autopista	85 – 99.9	80 - 99.9
Arteria Principales	80 – 99	75 - 95
Calles Colectoras	80 – 95	75 - 95
Calles Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Nivel de confianza (R) [%]	90%
----------------------------	-----

6. Se determina la desviación estándar global de la vía. Para ello hay que diferenciar la variación de la predicción en el comportamiento del pavimento y en la estimación del tráfico.

Se debe determinar dos alternativas:

1. Sin error de tráfico: Esta alternativa se la escoge si el estudio de tráfico y el estudio de la capacidad de soporte de subrasante son de completa confiabilidad. La desviación estándar en esta alternativa es de 0.25. Es muy común que se tome este valor de desviación estándar cuando el consultor realiza ambos estudios antes mencionados.
2. Con error de tráfico: Esta alternativa se la escoge si el consultor realizó solamente el estudio de tráfico o el estudio de la capacidad de soporte de subrasante. Es decir, solamente uno de los dos estudios antes mencionados. La desviación estándar en esta alternativa puede estar en el intervalo de 0.35 a 0.50.

**Tabla 6.7. Valores recomendados para la Desviación Estándar (So)**

TABLA II Valores Recomendados para la Desviación Estándar (So)	
Condición de Diseño	Desviación Estándar
Variación de la predicción en el comportamiento del pavimento (sin error de tráfico)	0,25
Variación total en la predicción del comportamiento del pavimento y en la estimación del tráfico	0,35 — 0.50 <i>(0.45 valor recomendado)</i>

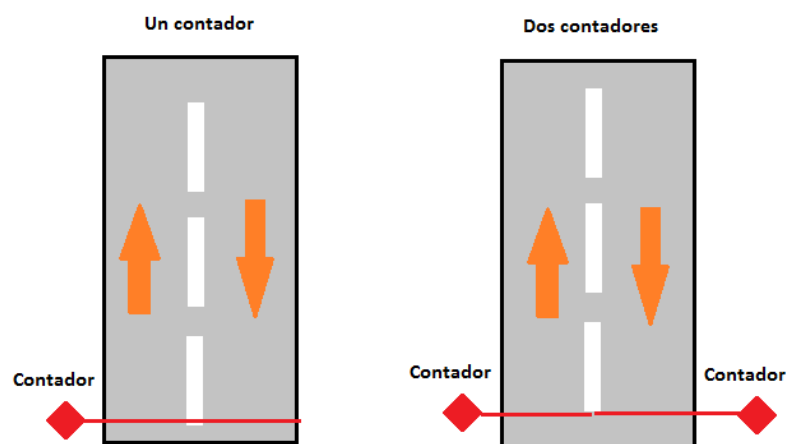
Fuente: (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

<b>Desviación Estándar Global (So)</b>	0.44
--	------

7. Se determina la distribución de tráfico de la vía según el estudio de tráfico.

Para realizar esta distribución de debe considerar el valor del TPDA. Es importante considerar el número de contadores ocupados al realizar el estudio de tráfico ya que de estos depende completamente la distribución. Por ejemplo, en el caso de tener un solo contador para ambos sentidos se debe tomar el 50% del TPDA. En el caso de tener dos contadores, uno para cada sentido se toma el 100% del mayor TPDA entre los dos sentidos.

**Figura 6.3. Distribución de contadores por sentido de la vía**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Según el Departamento de la dirección de vialidad del GAD de Pichincha, el Tráfico Diario (TD) fue clasificado por el sentido de circulación y los tipos de vehículos. Al decir según el sentido de circulación se infiere que para realizar el estudio de tráfico se usó un solo contador, por lo que se selecciona el 50% del TPDA.

<b>Distribución de tráfico (Dt)</b>	50%	<b>Dt</b>	0.50
-------------------------------------	-----	-----------	------

8. Se determina el periodo de diseño. Este parámetro depende del contratante. El diseño se basa en el periodo de diseño especificado en los términos de referencia del contrato. En este caso el periodo de diseño será de 10 años.

<b>Periodo de diseño [Años]</b>	10 años
-------------------------------------	---------

9. Se realiza la proyección el tráfico

Las proyecciones de tráfico se fundamentaron en la evaluación y análisis de las estadísticas y tendencias históricas de los registros del número de vehículos, que han definido tasas de crecimiento generales por tipo de vehículos como las siguientes: (Departamento de la dirección de vialidad del GAD de Pichincha, 2013)

**Tabla 6.8. Tasas de crecimiento de tráfico**

TASAS DE CRECIMIENTO			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	PESADOS
0 a 5	5,39	4,26	6,32
5 a 10	4,02	3,36	4,52
10 a 15	3,21	2,78	3,52
15 a 20	2,68	2,37	2,89

Fuente: Elaborado por (Departamento de la dirección de vialidad del GAD de Pichincha, 2013), Estudio de Evaluación Estructural de Pavimentos, 2013

10. Se procede a realizar la proyección del TPDA

Según el estudio de tráfico realizado por el Departamento de la dirección de vialidad del GAD de Pichincha. Con el Tráfico Promedio Diario Anual Asignado al proyecto para el año base (2013), se realizó la proyección para los próximos 20 años, mediante la aplicación de las tasas de crecimiento determinadas en el cuadro anterior, obteniéndose los siguientes resultados para cada tipo de vehículo.

El resultado expuesto en el siguiente cuadro.

**Tabla 6. 9. Proyección del tráfico promedio diario anual (TPDA)**

PROYECCIÓN DEL TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)				
AÑO	LIVIANO	BUSES	PESADOS.	TOTAL
2014	162	14	134	310
2015	171	15	142	328
2016	180	15	151	347
2017	190	16	161	367
2018	200	17	171	388
2019	211	17	182	410
2020	219	18	190	427
2021	228	18	199	445
2022	237	19	208	464
2023	247	20	217	484
2024	257	20	227	504
2025	265	21	235	521
2026	273	21	243	538
2027	282	22	252	556
2028	291	23	261	575
2029	300	23	270	594
2030	309	24	278	610
2031	317	24	286	627
2032	325	25	294	644
2033	334	26	303	662
2034	343	26	311	680

Fuente: Elaborado por (Departamento de la dirección de vialidad del GAD de Pichincha, 2013),  
Estudio de Evaluación Estructural de Pavimentos, 2013

De la tabla anterior, se extrae los valores de TPDA del año inicial y de TPDA proyectado a los 10 años. Es decir, el TPDA del año 2015 y el TPDA del año 2025.

<b>TPDA<sub>o</sub></b>	<b>328</b>
<b>TPDA<sub>f</sub></b>	<b>521</b>

11. Se determinar la distribución máxima de carga por ejes.

Para realizar la distribución máxima de carga por ejes se debe determinar el tipo de ejes de los vehículos que transitan por la vía.

El tráfico pesado que circula por la vía son:

1. Livianos de un eje delantero simple y rueda simple, y de eje trasero de eje simple y eje simple.
2. Buses de un eje delantero simple y rueda simple, y de eje trasero de eje simple y rueda doble.
3. Camiones de tres ejes, un eje delantero simple y rueda simple, y un eje tándem trasero de ruedas dobles.

Estos vehículos se los caracteriza de acuerdo a la Tabla 2A.106 -02 Nacional de Pesos y Dimensiones: “Tipo de vehículos motorizados remolques y semirremolques” tomado del Volumen N°2 –Libro A norma para estudios y diseños viales. (MTO, 2013)

**Tabla 6. 10. Tipos de vehículos motorizados remolques y semirremolques**

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				largo	Ancho	Alto
2 D			7	5,00	2,60	3,00
2DA			10	7,50	2,60	3,50
2DB			18	12,20	2,60	4,10
3-A			27	12,20	2,60	4,10
4-C			31	12,20	2,60	4,10
4-0			32	12,20	2,60	4,10
V2DB			18	12,20	2,60	4,10
V3A			27	12,20	2,60	4,10

Fuente: Tabla 2A.106 -02 Nacional de Pesos y Dimensiones: “Tipo de vehículos motorizados remolques y semirremolques” tomado del Volumen N°2 –Libro A norma para estudios y diseños viales. (MTO, 2013)

De la tabla anterior se determina el peso por eje de los vehículos que circulan por la vía y el peso máximo permitido.

TIPO	CARGA TOTAL [T]
2D	7
2DB	18
3A	27

Tabla 6.11. Tipos de vehículos que transitan por la vía y su peso máximo permitido

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

12. Se determina el factor de carga equivalente de 8.2 Toneladas.

Para determinar el factor de carga equivalente de 8.2 Toneladas primero se debe determinar el porcentaje de incidencia de cada tipo de vehículo que circula por la vía.

Basado en la proyección del tráfico promedio diario anual, me indica que para el 2025 circularán 265 vehículos livianos, 21 buses y 235 vehículos pesados

**Tabla 6.12. Factor de carga equivalente de 8.2 T**

Tipo de vehículo	TPDA proyectado a 10 años	Porcentaje %	Factor de carga equivalente de 8.2 T(Ver cuadro de factores de carga equivalente)	FCE 8.2T * Porcentaje
Livianos	265	51	0.18	0.09
Buses 2DB	21	4	4.50	0.18
Pesados 3A	235	45	4.43	2.00

Total	521	<b>Factor de carga equivalente 8.2 T</b>	<b>2.27</b>
-------	-----	--	-------------

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

**Tabla 6.13. Cálculo de factor de carga equivalente de 8.2 T para cada tipo de vehículo**

Tipo	Eje delantero	Eje trasero	Factor de carga equivalente de 8.2 Ton
2DB	Fss + Fsd = FCE 8.2 T		
	1.27	3.24	4.50
3A	Fss + Ft = FCE 8.2 T		
	1.27	3.16	4.43
2D	Fss + Fss = FCE 8.2 T		
	0.04	0.13	0.18

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

13. Se calcula en número de ejes de 8.2 toneladas, N (8.2 T)

$$N ( 8.2 T ) = \left( \frac{TPDAo + TPDAf}{2} \right) * 365 * Dt * n * FCE$$

(Ec. 6.1)

Distribución de tráfico (Dt)	50%	Dt	0.5
Periodo de diseño [Años]	10		
TPDAo	328		
TPDAf	521		
Factor de carga equivalente 8.2 T	2.27		

N ( 8.2 T )	1758597.38
-------------	------------

Donde:

TPDAo : Tránsito promedio diario anual en el inicio del periodo de diseño.

TPDAf: Tránsito promedio diario anual al fin del periodo de diseño.

Dt: Distribución de tráfico.

n: Número de años del periodo de diseño.

FCE: Factor de carga equivalente de 8.2 Ton

### 6.1.3 MÓDULOS RESILIENTES DE BASES, SUBBASES Y SUBRASANTE

14. Se calcula el módulo resiliente a partir del CBR de diseño del material. Para el suelo tipo limo arenoso y mediante el método del DCP, EL cbr de diseño fue 11%.

$$MR = 2555 * CBR^{0.64} \quad (CBR > 10) \quad (psi)$$

(Ec. 6.2)

$$MR = 2555 * 11^{0.64} = 11854.47 \quad (psi)$$

<b>Módulo Resiliente (MR)</b> [Psi]	11854.47
--	----------

Si el CBR de diseño era menor a 10 se debía usar la siguiente expresión.

$$MR = 1500 * CBR \quad (CBR \leq 10) \quad (psi)$$

(Ec. 6.3)

15. Se determina el índice Presente de Serviabilidad (PSI) del diseño. Este parámetro depende del contratante. El diseño se basa en el índice Presente de Serviabilidad (PSI) especificado en los términos de referencia del contrato. En este caso su valor inicial será 4,0 y su valor final será de 2,0.

<b>índice presente de serviabilidad (PSI)</b>	<b>Po</b>	4.00	<b>ΔPSI</b>	2.00
	<b>Pt</b>	2.00		

16. Se obtiene el número estructural de las diferentes capas estructurales del pavimento flexible.

Para calcular el Número estructural de la carpeta asfáltica se debe acudir al nomograma correspondiente.

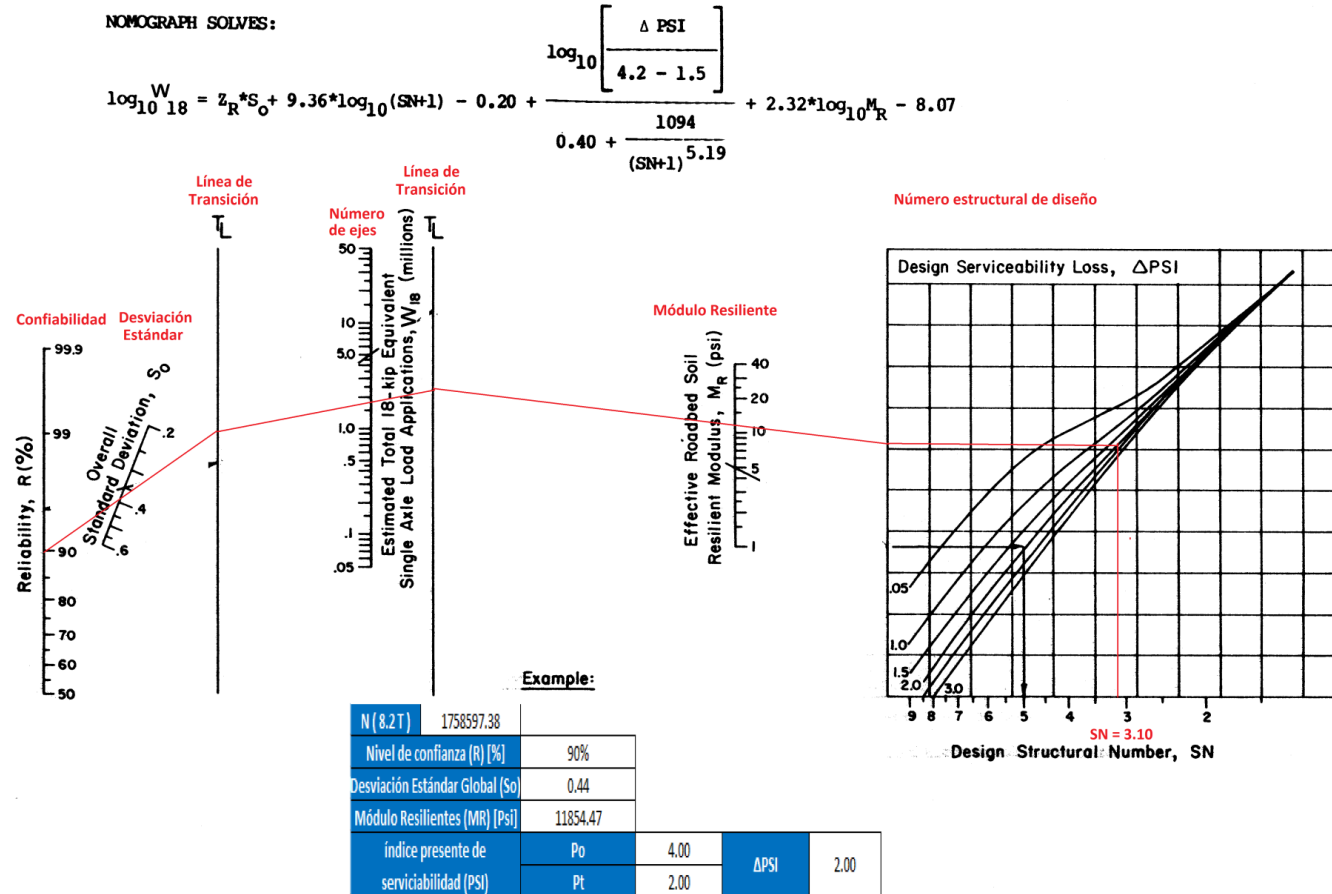
Los datos necesarios para usar el nomograma son los mostrados en la siguiente tabla.

**Tabla 6.14. Parámetros de deiseño para calcular el número estructural (SN) (CBR por DCP)**

<b>N ( 8.2 T )</b>	1758597.38			
<b>Nivel de confianza (R) [%]</b>	90%			
<b>Desviación Estándar Global (So)</b>	0.44			
<b>Módulo Resilientes (MR) [Psi]</b>	11854.47			
<b>índice presente de serviciabilidad (PSI)</b>	<b>Po</b>	4.00	<b>ΔPSI</b>	2.00
	<b>Pt</b>	2.00		

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Figura 6.4. Cuadro de diseño para pavimentos flexibles para la obtención del número estructural (SN)



Fuente: (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Ahora se comparará con el programa desarrollado por Ing. Luis Ricardo Vásquez Varela.

Figura 6.5. Cálculo de SN1 mediante programa.

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015). Basado en Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004

#### 6.1.4 ESTUDIO DE LOS MATERIALES A EMPLEARSE

17. Se debe realizar un estudio completo de las diferentes clases de materiales que se usarán en el diseño estructural del pavimento flexible. Las propiedades que deben establecerse son las de los módulos resilientes, coeficientes estructurales y coeficientes de drenaje para clase de material. En la base, subbase y subrasante se debe conocer el valor del CBR del material que se utilizará.

**Tabla 6.15. Coeficiente de capas de diseño estructural de pavimento flexible**

COEFICIENTE DE CAPAS  
DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES  
METODO AASHTO

CLASE DE MATERIAL	NORMAS	COEFICIENTE (CM)
<b>CAPA DE SUPERFICIE</b>		
CONCRETO ASFALTICO	ESTABILIDAD DE MARSHALL 1000 - 1800 LBS	0.134 - 0.173
ARENA ASFALTICA	ESTABILIDAD DE MARSHALL 500 - 600 LBS	0.079 - 0.118
CARPETA BITUMINOSA MEZCLADA EN EL CAMINO	ESTABILIDAD DE MARSHALL 300 - 600 LBS	0.059 - 0.098
<b>CAPA DE BASE</b>		
AGREGADOS TRITURADOS GRADUADOS UNIFORMEMENTE	P.I. 0 - 4, CBR > 100%	0.047 - 0.056
GRAVA GRADUADA UNIFORMEMENTE	P.I. 0 - 4, CBR 30 - 60%	0.028 - 0.051
CONCRETO ASFALTICO	ESTABILIDAD DE MARSHALL 1000 - 1600 LBS	0.098 - 0.138
ARENA ASFALTICA	ESTABILIDAD DE MARSHALL 500 - 600 LBS	0.059 - 0.098
AGREGADO GRUESO ESTABILIZADO CON CEMENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESION 28 - 46 kg/cm <sup>2</sup>	0.079 - 0.139
AGREGADO GRUESO ESTABILIZADO CON CAL	RESISTENCIA A LA COMPRESION 7 kg/cm <sup>2</sup>	0.089 - 0.119
SUELO - CEMENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESION 18 - 32 kg/cm <sup>2</sup>	0.047 - 0.079
<b>CAPA DE SUB - BASE</b>		
ARENA - GRAVA, GRADUADA UNIFORMEMENTE	P.I. 0 - 6, CBR 30%	0.032 - 0.043
SUELO - CEMENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESION 18 - 22 kg/cm <sup>2</sup>	0.025 - 0.071
SUELO - CAL	RESISTENCIA A LA COMPRESION 8 kg/cm <sup>2</sup>	0.059 - 0.071
<b>MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE</b>		
ARENA O SUELO SELECCIONADO	P.I. 0 - 10	0.020 - 0.025
SUELO CON CAL	3% MINIMO DE CAL EN PESO DE LOS SUELOS	0.028 - 0.029
<b>TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO</b>		
TRIPLE RIEGO		* 0.40
DOBLE RIEGO		* 0.25
SIMPLE RIEGO		* 0.15
	* USAR ESTOS VALORES PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE TRATAMIENTOS BITUMINOSOS, SIN CALCULAR ESPESORES	

Fuente : (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

**Tabla 6.16. Valores recomendados de coeficientes de drenaje**

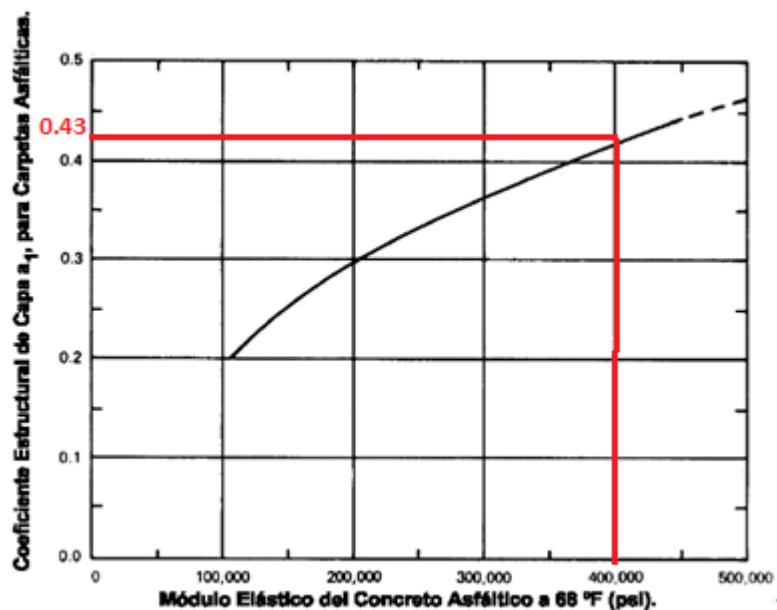
C <sub>d</sub>	Tiempo transcurrido para que el suelo libere el 50 % de su agua libre	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad cercanas a la saturación.			
		< 1%	1 - 5 %	5 - 25 %	> 25 %
Excelente	2 horas	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1 día	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1 semana	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1 mes	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy pobre	Nunca	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Fuente: Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos, 1993". Tomado de [http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1\\_102\\_181\\_62\\_936.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_102_181_62_936.pdf).

**Carpeta Asfáltica:** En el caso de la carpeta asfáltica en nuestro medio, prácticamente todas las carpetas asfálticas deben cumplir las propiedades expuestas a continuación:

Módulo resiliente = 400,000 psi (2,760 Mpa)

Figura 6.6. Coeficiente Estructural para Carpeta Asfáltica (plg.)



Fuente: (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Coeficiente estructural ( $a_1$ ) = 0.173

$$\left[ \begin{array}{c} \blacksquare \\ \square \end{array} \right] a_1 \quad \left| \quad \begin{array}{l} 1 \text{ inche} = 2.54 \text{ cm} \end{array} \right.$$

$$a_1 = \frac{0.43}{2.54} = 0.169$$

Coeficiente de drenaje ( $m_1$ ) = 1.0

**Base Granular:**

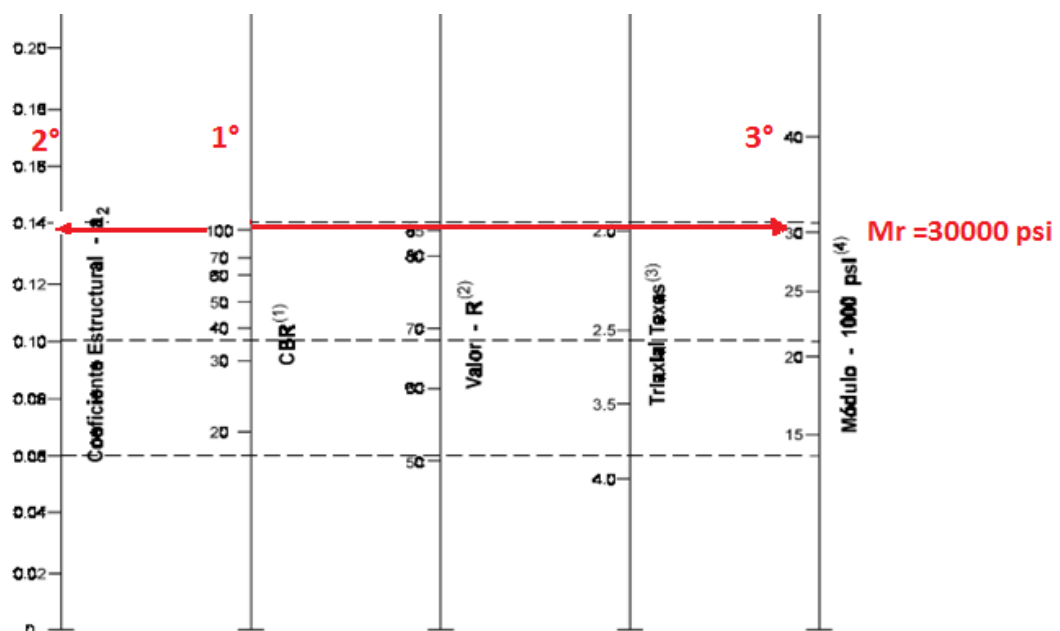
La clase y tipo de base que deba utilizarse en la obra estará especificada en los documentos contractuales. En todo caso, el límite líquido de la fracción que pase el tamiz N° 40 deberá ser menor de 25 y el índice de plasticidad menor de 6. El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor del 40%. (MOP, 2002)

El valor de soporte de CBR deberá ser igual o mayor al 100%, cuyo coeficiente estructural será de 0.055 cm de espesor.

CBR > 100.0%

Módulo resiliente = 30,000 psi (206 Mpa)

Figura 6.7. Coeficientes Capa "a<sub>2</sub>", Bases Granulares



(1) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de Illinois.

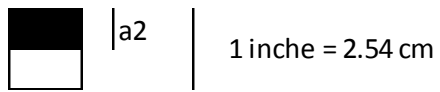
(2) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de California, Nuevo México y Wyoming.

(3) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de Texas.

(4) Escala derivada del proyecto (3) del NCHRP.

Fuente: (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Coeficiente estructural ( $a_2$ ) = 0.055


$$a_2 = \frac{0.14}{2.54} = 0.055$$

Coeficiente de drenaje ( $m_2$ ) = 1.0

### **Subbase Granular**

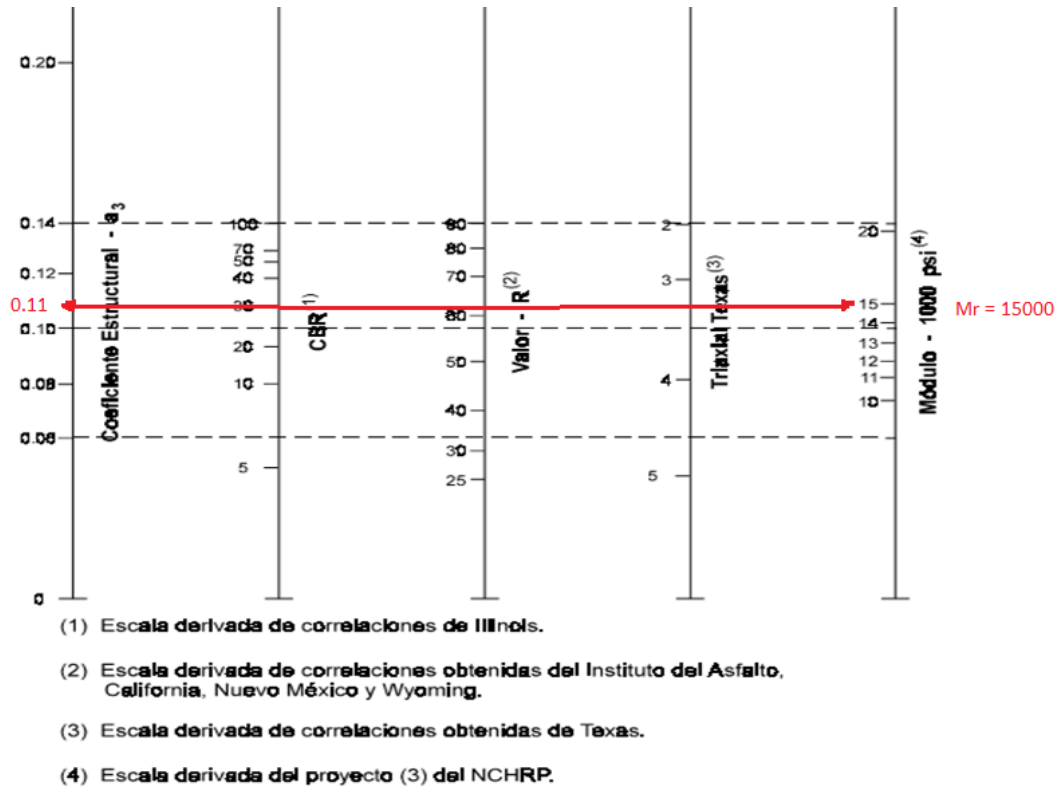
La clase de sub-base que deba utilizarse en la obra estará especificada en los documentos contractuales, de todos modos, los agregados que se empleen deberán tener un coeficiente de desgaste máximo de 50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los ángeles y la porción que pase el tamiz n° 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25. (MOP, 2002)

La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%, cuyo coeficiente estructural será de 0.043 cm de espesor.

CBR > 30.0%

Módulo resiliente = 15,000 psi (103 Mpa)

Figura 6.8. Coeficientes Capa “a<sub>3</sub>”, Subbases Granulares



Fuente: (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Coeficiente estructural (a<sub>3</sub>) = 0,043

$$\frac{\text{[Black Box]}}{\text{[White Box]}} \left| a_3 \right| \quad \left| \begin{array}{l} 1 \text{ inche} = 2.54 \text{ cm} \end{array} \right.$$

$$a_3 = \frac{0.11}{2.54} = 0.043$$

Coeficiente de drenaje (m<sub>3</sub>) = 1.0

**Subrasante**

CBR = 11.0%

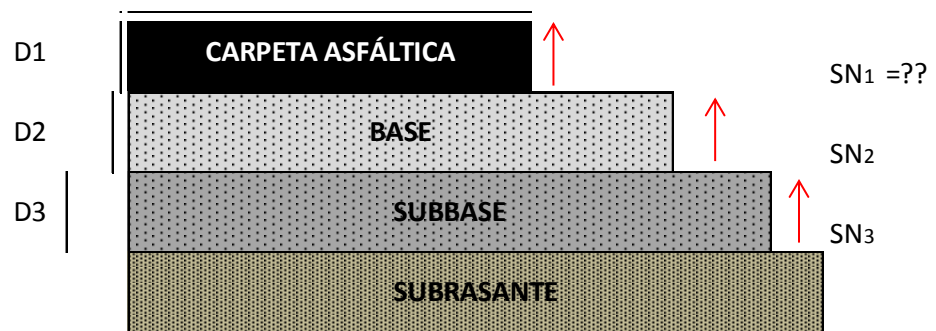
Módulo resiliente = 11,854 psi

## 6.1.5 DETERMINACIÓN DE LOS ESPESORES DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

18. Se procede a determinar los espesores de las capas de pavimento flexible. Para ello se debe seguir los siguientes pasos.

Se calcula el  $SN_1$  necesario para proteger la capa de base, con un  $MR=30,000$  psi, la ecuación del método proporciona: (Gustavo Yáñez, 2013)

Figura 6.9. Determinación de  $SN_1$

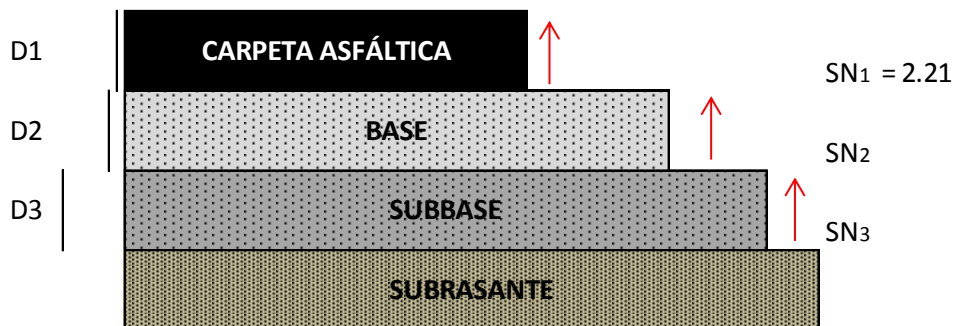


Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Figura 6.10. Cálculo de SN1 mediante programa.

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015). Basado en Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004

Figura 6.11. Valor de SN1 calculado



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Empleando el valor de  $E_2$  como MR, se determina mediante la ecuación del método el valor de  $SN_1$  que se requiere para proteger la capa inferior base de las acciones del tránsito. Con este valor se encuentra el espesor de la capa de rodamiento  $D_1$ . (Gustavo Yáñez, 2013)

$$D_1 \geq SN_1/a_1$$

(Ec. 6.4)

Con el valor de  $SN_1=2.21$  se calcula el espesor de carpeta asfáltica necesaria.

$$D_1 = 2.21 / 0.169 = 13.08 \text{ cm}$$

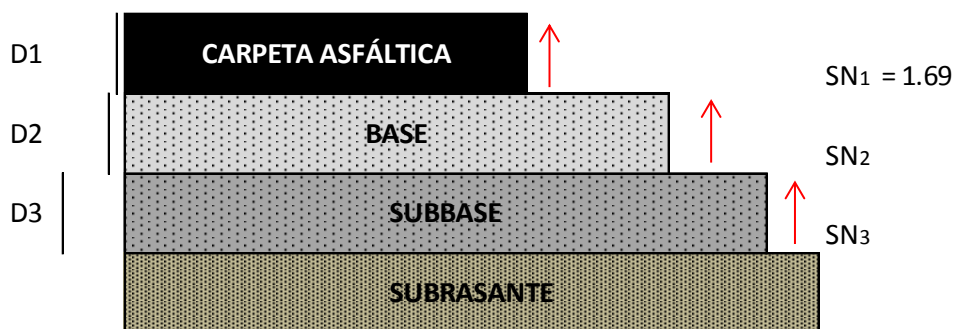
Si consideramos que el espesor de carpeta asfáltica a emplearse es de 10.0 cm el valor real de SN es:

$$SN_1^* = D_1 \cdot a_1$$

(Ec. 6.5)

$$SN_1^* = 10.0 \cdot 0.169 = \underline{1.69}$$

Figura 6.12. Valor de  $SN_1$  corregido.



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Se revisa la tabla de espesores mínimos.

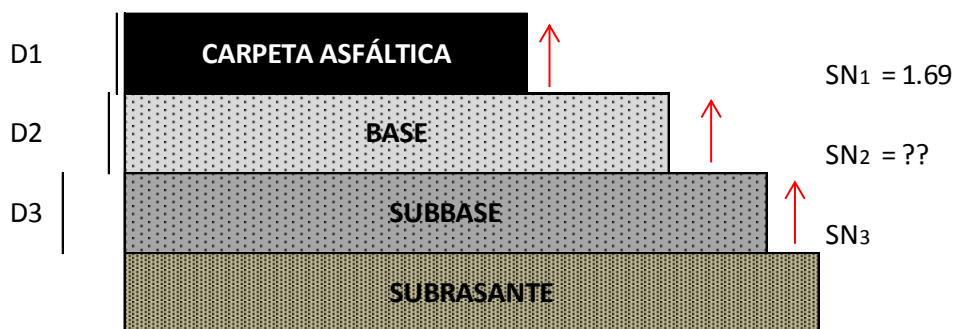
**Tabla 6.17. Espesores mínimos en función del número de ejes equivalentes N (8.2T)**

Ejes W8.2	Concreto Asfáltico (mm)	Capa Base (mm)
Menos de 50,000	30	100
50,001 – 150,000	60	100
150,001 – 500,000	75	100
➔ 500,001 – 2'000,000	➔ 90	150
2'000,001 – 7'000,000	100	150
Mayor que 7'000,000	120	150

Fuente: (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Ahora, si se calcula el  $SN_2$  necesario para proteger la capa de subbase, con un  $MR=15,000$  psi, la ecuación del método proporciona: (Gustavo Yáñez, 2013)

**Figura 6.13. Determinación de  $SN_2$**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Figura 6.14. Cálculo de SN2 mediante programa.

**Ecuación AASHTO 93**

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

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

Tipo de Pavimento:  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):  
 90 % Zi=-1.282 So 0.44

Serviciabilidad inicial y final:  
 PSI inicial 4 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante:  
 Mr 15000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:  
 Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)  
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis:  
 Calcular SN **W18 = 1758597.38/**  
 Calcular w18

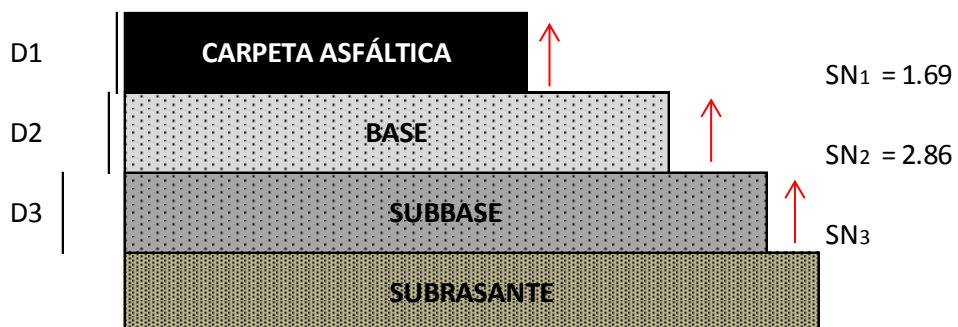
Número Estructural:  
**SN = 2.86**

Observaciones:

Calcular Salir

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015). Basado en Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004

Figura 6.15. Determinación de SN2 mediante programa



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Empleando el valor de  $E_3$  como MR, se determina mediante la ecuación del método el valor de  $SN_2$  que se requiere para proteger la capa inferior subbase de las acciones del tránsito. Con este valor se encuentra el espesor de la capa de base  $D_2$ . (Gustavo Yáñez, 2013)

$$D_2 \geq [SN_2 - a_1 D_1]/a_2 m_2$$

(Ec. 6.6)

$$D_2 = (2.86 - 1.69) / (0.055 * 1.0) = 21.27 \text{ cm}$$

Si consideramos que el espesor de base a emplearse es de 20.0 cm (para cumplir con el mínimo recomendado) el valor real de SN es:

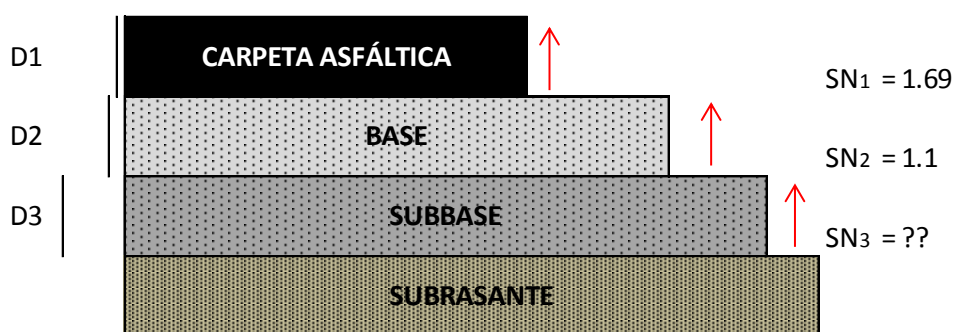
$$SN_2^* = D_2 * a_2 m_2$$

(Ec. 6.7)

$$SN_2^* = 20.0 * 0.055 * 1.0 = \underline{1.1}$$

Ahora, si se calcula el  $SN_3$  necesario para proteger la capa de subrasante, la cual tiene un  $MR = 11854 \text{ psi}$ , la ecuación del método proporciona:

Figura 6.16. Determinación de  $SN_3$

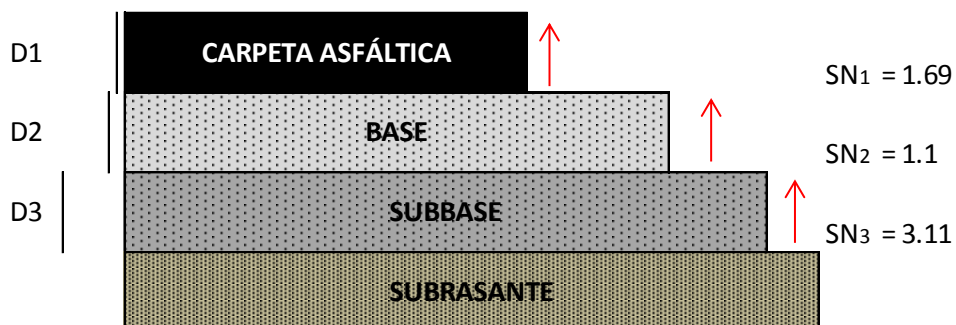


Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Figura 6.17. Cálculo de SN3 mediante programa.

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015). Basado en Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004

Figura 6.18. Determinación de SN3 mediante programa



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Empleando el valor de  $E_3$  como MR, se determina mediante la ecuación del método el valor de  $SN_3$  que se requiere para proteger la capa inferior subbase de las acciones del tránsito. Con este valor se encuentra el espesor de la capa de subbase  $D_3$ . (Gustavo Yáñez, 2013)

Con el valor de  $SN_3=3.11$  se calcula el espesor de subbase necesaria.

$$D_3 \geq [SN_3 - a_1D_1 - D_2a_2m_2]/a_3m_3 \quad (\text{Ec. 6.8})$$

$$D_3 = [3.11 - 1.69 - 1.1]/(0.043*1.0) = 7.44 \text{ cm}$$

Si consideramos que el espesor de subbase a emplearse es de 15.0 cm (para cumplir con el mínimo recomendado), el valor real de SN es:

$$SN_3^* = D_3 * a_3 m_3 \quad (\text{Ec. 6.9})$$

$$SN_3^* = 15.0 * 0.043 * 1.0 = \underline{\underline{0.645}}$$

Se realiza un resumen del diseño estructural de pavimento flexible.

**Tabla 6.18. Parámetros de diseño para calcular el número estructural (SN1) (CBR por DCP)**

N ( 8.2 T )	1758597.38			
Nivel de confianza (R) [%]	90%			
Desviación Estándar Global (So)	0.44			
Módulo Resilientes (MR) [Psi]	11854.47			
índice presente de serviciabilidad (PSI)	Po	4.00	$\Delta$ PSI	2.00
	Pt	2.00		

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

**Tabla 6.19. Características de los materiales a usarse en las diferentes capas (CBR por DCP)**

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A USARSE EN LAS DIFERENTES CAPAS							
PROPIEDADES	CAPA		Base Granular		Sub Base Granular		Subrasante
CBR [%]	n/a		> 100		>30		\$11.0
Módulo Resiliente (Mr) [Psi]	400000		30000		15000		11854
Coefficiente estructural	a1	0.169	a2	0.055	a3	0.043	n/a
Coefficiente de drenaje	m1	1	m2	1	m3	1	

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

**Figura 6.19. Cálculo de SN1 mediante programa.**

**Ecuación AASHTO 93**

**CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)**  
 Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento:  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):  
 90 %  $Z_r = -1.282$  So = 0.44

Serviciabilidad inicial y final:  
 PSI inicial = 4 PSI final = 2

Módulo resiliente de la subrasante:  
 Mr = 11854.47 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:  
 Módulo de elasticidad del concreto -  $E_c$  (psi)   
 Módulo de rotura del concreto -  $S_c$  (psi)   
 Coeficiente de transmisión de carga - (J)   
 Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis:  
 Calcular SN **W18 = 1758597.38/**  
 Calcular W18

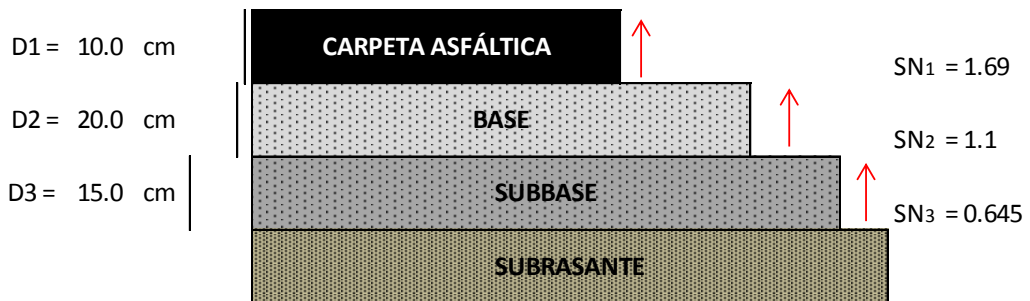
Número Estructural:  
**SN = 3.11**

Observaciones:

Botones: **Calcular** **Salir**

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015). Basado en Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004

**Figura 6.20. Diseño estructural del pavimento flexible usando el valor de CBR por DCP**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Finalmente, se compara la suma de los SN calculados con la suma de los SN del nomograma o programa. Si el SN calculado es mayor que el SN del nomograma o programa, el diseño es correcto.

$$\text{Si } \sum \text{SN (Calculado)} \geq \text{SN (Nomograma o programa)} \quad \text{OK}$$

$$(1.69+1.1+0.645) \geq 3.11$$

$$3.435 \geq 3.11 \quad \text{OK}$$

(Ec. 6.10)

### 6.1.6. DISEÑO CBR DE LABORATORIO

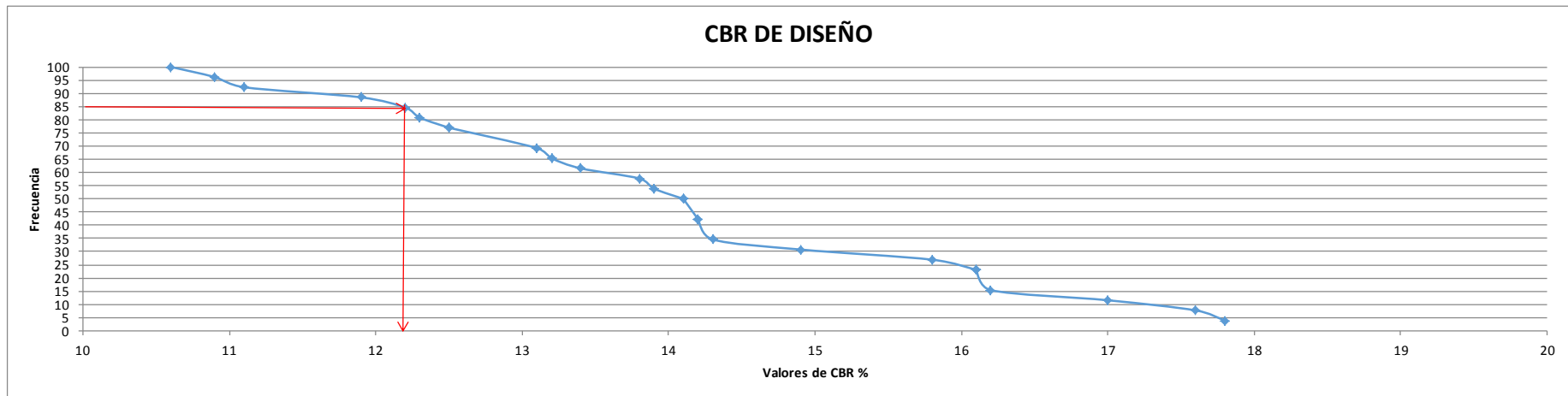
El segundo diseño de la estructura del pavimento flexible, está basado en los datos de CBR de laboratorio. Los parámetros de diseño fueron calculados de la misma manera que el diseño realizado al inicio del presente capítulo.

**Tabla 6.20. Determinación del percentil de los valores de CBR de laboratorio**

N°	% CBR	Frecuencia	# de ensayos, iguales o	Percentil
1	10.60	1	26.00	100.00
2	10.90	1	25.00	96.15
3	11.10	1	24.00	92.31
4	11.90	1	23.00	88.46
5	12.20	1	22.00	84.62
6	12.30	1	21.00	80.77
7	12.50	2	20.00	76.92
8	12.50		20.00	76.92
9	13.10	1	18.00	69.23
10	13.20	1	17.00	65.38
11	13.40	1	16.00	61.54
12	13.80	1	15.00	57.69
13	13.90	1	14.00	53.85
14	14.10	2	13.00	50.00
15	14.10		13.00	50.00
16	14.20	2	11.00	42.31
17	14.20		11.00	42.31
18	14.30	1	9.00	34.62
19	14.90	1	8.00	30.77
20	15.80	1	7.00	26.92
21	16.10	2	6.00	23.08
22	16.10		6.00	23.08
23	16.20	1	4.00	15.38
24	17.00	1	3.00	11.54
25	17.60	1	2.00	7.69
26	17.80	1	1.00	3.85

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Figura 6.21. Gráfica Frecuencia vs Valores de CBR de laboratorio para determinar el percentil 85



CBR DE DISEÑO	
Tráfico	Especificación
Pesado	85%
Mediano	75%
Livianos	60%

CBR DE DISEÑO 12.20%

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Los datos necesarios para usar el nomograma son los mostrados en la siguiente tabla.

**Tabla 6.21. Parámetros de diseño para calcular el número estructural (SN1)**

<b>N ( 8.2 T )</b>	1758597.38			
<b>Nivel de confianza (R) [%]</b>	90%			
<b>Desviación Estándar Global (So)</b>	0.44			
<b>Módulo Resilientes (MR) [Psi]</b>	12666.63			
<b>índice presente de serviciabilidad (PSI)</b>	<b>Po</b>	4.00	<b>ΔPSI</b>	2.00
	<b>Pt</b>	2.00		

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

**Figura 6.22. Cálculo de SN1 mediante programa.**

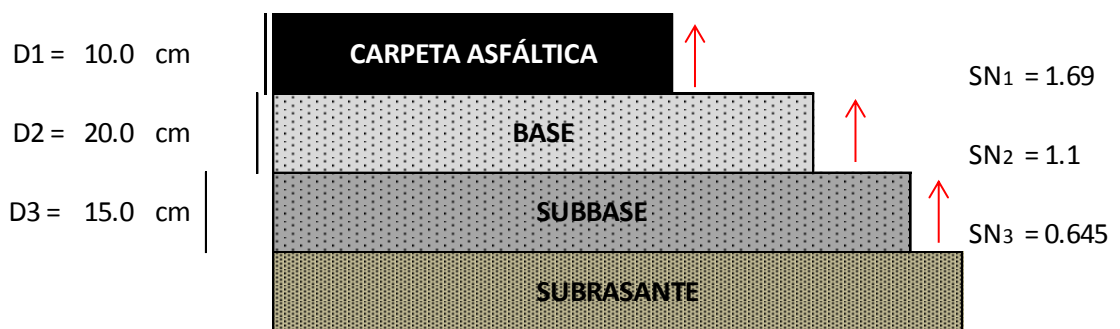
Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015). Basado en Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004

**Tabla 6.22. Características de los materiales a usarse en las diferentes capas (CBR de laboratorio)**

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A USARSE EN LAS DIFERENTES CAPAS							
PROPIEDADES \ CAPA	Carpeta Asfáltica		Base Granular		Sub Base Granular		Subrasante
CBR [%]	n/a		> 100		>30		12.2
Módulo Resiliente (Mr) [Psi]	400000		30000		15000		12666.63
Coefficiente estructural	a1	0.169	a2	0.055	a3	0.043	n/a
Coefficiente de drenaje	m1	1	m2	1	m3	1	

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

**Figura 6.23. Diseño estructural del pavimento flexible usando el valor de CBR de laboratorio.**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

**Si  $\sum SN$  (Calculado)  $\geq$  SN (Nomograma o programa) OK**

**(Ec. 6.10)**

$$(1.69+1.1+0.645) \geq 3.04$$

$$3.435 \geq 3.04 \quad \text{OK}$$

### 6.1.7. DISEÑO CBR IN SITU

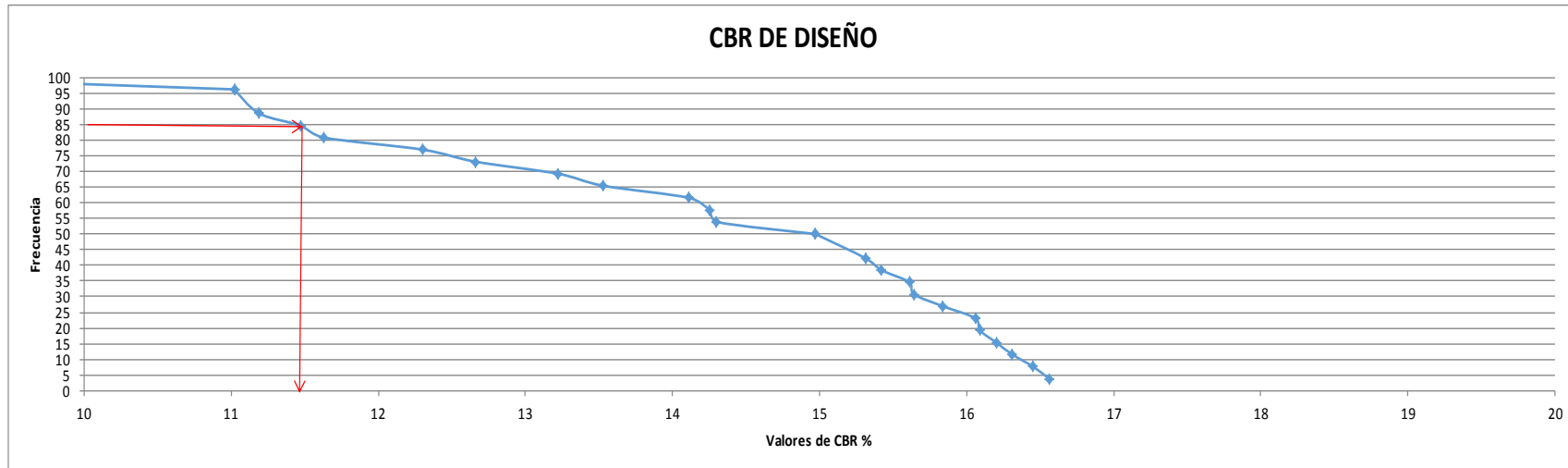
El tercer diseño de la estructura del pavimento flexible, está basado en los datos de CBR in situ. Los parámetros de diseño fueron calculados de la misma manera que el diseño realizado al inicio del presente capítulo.

**Tabla 6.23. Determinación del percentil de los valores de (CBR in-situ)**

N°	% CBR	Frecuencia	# de ensayos, iguales o	Percentil
1	8.68	1	26.00	100.00
2	11.02	2	25.00	96.15
3	11.02		25.00	96.15
4	11.19	1	23.00	88.46
5	11.47	1	22.00	84.62
6	11.63	1	21.00	80.77
7	12.30	1	20.00	76.92
8	12.66	1	19.00	73.08
9	13.22	1	18.00	69.23
10	13.53	1	17.00	65.38
11	14.11	1	16.00	61.54
12	14.25	1	15.00	57.69
13	14.30	1	14.00	53.85
14	14.97	2	13.00	50.00
15	14.97		13.00	50.00
16	15.31	1	11.00	42.31
17	15.42	1	10.00	38.46
18	15.61	1	9.00	34.62
19	15.64	1	8.00	30.77
20	15.84	1	7.00	26.92
21	16.06	1	6.00	23.08
22	16.09	1	5.00	19.23
23	16.20	1	4.00	15.38
24	16.31	1	3.00	11.54
25	16.45	1	2.00	7.69
26	16.56	1	1.00	3.85

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

Figura 6.24. Gráfica Frecuencia vs Valores de CBR in-situ para determinar el percentil 85



CBR DE DISEÑO	
Tráfico	Especificación
Pesado	85%
Mediano	75%
Livianos	60%

CBR DE DISEÑO 11.50%

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

**Tabla 6.24. Parámetros de diseño para calcular el número estructural (SN1) (CBR in – situ)**

<b>N ( 8.2 T )</b>	1758597.38			
<b>Nivel de confianza (R) [%]</b>	90%			
<b>Desviación Estándar Global (So)</b>	0.44			
<b>Módulo Resilientes (MR) [Psi]</b>	12196.56			
<b>índice presente de serviciabilidad (PSI)</b>	<b>Po</b>	4.00	<b>ΔPSI</b>	2.00
	<b>Pt</b>	2.00		

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

**Figura 6.25. Cálculo de SN1 mediante programa (CBR in-situ).**

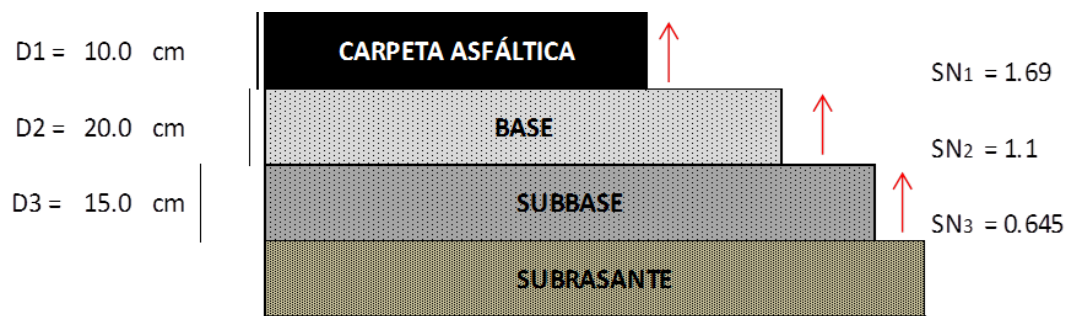
Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015). Basado en Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004

**Tabla 6.25. Características de los materiales a usarse en las diferentes capas (CBR in-situ)**

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A USARSE EN LAS DIFERENTES CAPAS							
PROPIEDADES \ CAPA	Carpetas Asfáltica		Base Granular		Sub Base Granular		Subrasante
CBR [%]	n/a		> 100		>30		11.50
Módulo Resiliente (Mr) [Psi]	400000		30000		15000		12196.56
Coefficiente estructural	a1	0.169	a2	0.055	a3	0.043	n/a
Coefficiente de drenaje	m1	1	m2	1	m3	1	

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

**Figura 6.26. Diseño estructural del pavimento flexible usando el valor de CBR in-situ.**



Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

**Si  $\sum SN$  (Calculado)  $\geq$  SN (Nomograma o programa) OK**

$$(1.69+1.1+0.645) \geq 3.08$$

$$3.435 \geq 3.08 \quad \text{OK}$$

**(Ec. 6.10)**

## 6.1.8 RESUMEN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Tabla 6.26. Resumen de diseño de estructura de pavimentos

RESUMEN DE DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		CBR POR DCP	CBR IN SITU	CBR DE LABORATORIO
CBR DE DISEÑO		11.00%	11.50%	12.20%
NÚMERO ESTRUCTURAL AASHTO "SN"		3.11	3.08	3.04
ALTERNATIVA SN CALCULADO = 3.435		$\Delta$ SN	$\Delta$ SN	$\Delta$ SN
		0.325	0.355	0.395
D1 = 10.0 cm D2 = 20.0 cm D3 = 15.0 cm	<p> <b>CARPETA ASFÁLTICA</b>  <b>BASE</b>  <b>SUBBASE</b>  <b>SUBRASANTE</b> </p> <p> <math>SN_1 = 1.69</math>  <math>SN_2 = 1.1</math>  <math>SN_3 = 0.645</math> </p>	OK	OK	OK

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

## CAPITULO VII EVALUACIÓN FINANCIERA

### 7.1. Evaluación financiera de Ensayos de campo.

Se realizaron los ensayos CBR de laboratorio, CBR In-Situ, y CBR por medio del D.C.P, para la determinación de la capacidad portante del suelo de la vía “La Chimba-Cayambe” de 15km de longitud.

A continuación se detalla una estimación de costos asumidos para la realización de los ensayos mencionados anteriormente, basados en los precios del laboratorio de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

**Tabla 7.1. Costo de ensayos de laboratorio y campo para personas en general.**

PERSONAS EN GENERAL				
ENSAYOS DE LABORATORIO				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Clasificación de Suelos(Contento de Agua, Granulometría y Límite líquido)	u	26,00	23,00	598,00
Compactación Modificada	u	26,00	22,50	585,00
C.B.R (3 moldes)	u	26,00	110,50	2873,00
			SUBTOTAL	4056,00
ENSAYOS DE CAMPO				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
C.B.R In- Situ	u	26,00	116,75	3035,50
Cono Dinámico de Penetración D.C.P	u	26,00	31,00	806,00
			SUBTOTAL	3841,50
			SUBTOTAL 1	7897,50
			IVA	947,70
			TOTAL	8845,20

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

**Tabla 7.2. Costo de ensayos de laboratorio y campo para estudiantes**



ENSAYOS DE LABORATORIO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	
Clasificación de Suelos (Contenido de Agua, Granulometría y límite líquido)	u	26,00	0,00	0,00	
Compactación Modificada	u	26,00	0,00	0,00	
C.B.R (3 moldes)	u	26,00	0,00	0,00	
<b>SUBTOTAL 1</b>				0,00	
ENSAYOS DE CAMPO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	
C.B.R In- Situ				0,00	
Alimentación (Almuerzo)	u	25,00	2,50	62,50	
Gasolina	gl	25,00	1,45	36,25	
Herramienta menor	u	3,00	20,00	60,00	
Impermeables	u	6,00	4,00	24,00	
Costales y fundas plásticas	u	2,00	5,00	10,00	
Arriendo de Volqueta de 6970lb	días	5,00	140,00	700,00	
Arriendo de camioneta	días	3,00	20,00	60,00	
<b>SUBTOTAL 2</b>				952,75	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/H	DÍAS	TOTAL
<b>MANO DE OBRA</b>					
Jornalero (5días)	u	0,50	15,00	5,00	75,00
Técnicas de Laboratorio P.U.C.E	n/a	3,00	0,00	5,00	0,00
<b>SUBTOTAL 3</b>				75,00	
				<b>TOTAL 1</b>	1027,75
<b>D.C.P</b>					
<b>MANO DE OBRA</b>					
Jornalero (5días)	u	0,50	15,00	5,00	75,00
Técnicas de Laboratorio P.U.C.E	n/a	3,00	0,00	5,00	0,00
<b>SUBTOTAL 3</b>				75,00	
				<b>TOTAL 2</b>	75,00
				<b>TOTAL</b>	1102,75

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

## 7.2. Detalle de precios unitarios las capas del pavimento.

El análisis de precios unitarios fue proporcionado por el Ing. Marco de la Torre, basados en los archivos de La Cámara de la Construcción de Quito.

**Tabla 7.3. Detalle de precios unitarios de la Subbase clase 2**

 CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE QUITO	<b>CAMARA DE LA CONSTRUCCION DE QUITO</b> <b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>	 APISIS APLICACIONES TÉCNICAS
<b>CODIGO :</b>	03.003.03.03	
<b>RUBRO :</b>	<b>SUB-BASE CLASE 2</b>	
<b>UNIDAD :</b>	<b>m3</b>	
<b>ESPECIFICACION :</b>		

**EQUIPO :**

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
	A	B	C = A x B	R	D = C x R	
Motoni/eladora	1,00	30,00	30,00	0,0153	0,46	2,50
Rodillo compactad	1,00	25,00	25,00	0,0153	0,38	2,07
Tanquero	1,00	14,00	14,00	0,0153	0,21	1,14
<b>SUBTOTAL M:</b>					1,05	5,71

**MANO DE OBRA :**

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
	A	B	C = A x B	R	D = C x R	
Peon (Estr.Oc E2)	4,00	2,78	11,12	0,0153	0,17	0,92
Ayudante en gener	3,00	2,78	8,34	0,0153	0,13	0,71
Chofer (Estr.Oc. C	1,00	4,16	4,16	0,0153	0,06	0,33
Operador equipo p	1,00	3,02	3,02	0,0153	0,05	0,27
<b>SUBTOTAL N:</b>					0,41	2,23

**MATERIALES :**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	COSTO	%
		A	B	C = A x B	
Sub-base clase 2	m3	1,3000	13,03	16,94	92,07
<b>SUBTOTAL O:</b>				16,94	92,07



**TRANSPORTE :**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	%	
		A	B	C = A x B		
<b>SUBTOTAL P:</b>					0,00	0,00

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	18,40	100,00
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES ( 0%) :</b>	0,00	
<b>OTROS INDIRECTOS:</b>		
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO :</b>	18,40	
<b>VALOR OFERTADO :</b>	18,40	

Fuente: Ing. Marco de la Torre basado en los archivos de la cámara de la construcción de Quito

**Tabla 7.4. Detalle de precios unitarios de la Base clase 3**

	<b>CAMARA DE LA CONSTRUCCION DE QUITO</b> <b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>	
<b>CODIGO :</b>	03.003.04.03	
<b>RUBRO :</b>	<b>BASE CLASE 3</b>	
<b>UNIDAD :</b>	<b>m3</b>	
<b>ESPECIFICACION :</b>		

**EQUIPO :**

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
	A	B	C = A x B	R	D = C x R	
Motoniveladora	1,00	30,00	30,00	0,0150	0,45	2,33
Rodillo compactad	1,00	25,00	25,00	0,0150	0,38	1,97
Tanquero	1,00	14,00	14,00	0,0150	0,21	1,09
<b>SUBTOTAL M:</b>					1,04	5,39

**MANO DE OBRA :**

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
	A	B	C = A x B	R	D = C x R	
Peon (Estr.Oc E2)	4,00	2,78	11,12	0,0150	0,17	0,88
Ayudante en gener	3,00	2,78	8,34	0,0150	0,13	0,67
Chofer (Estr.Oc. C	1,00	4,16	4,16	0,0150	0,06	0,31
Operador equipo p	1,00	3,02	3,02	0,0150	0,05	0,26
<b>SUBTOTAL N:</b>					0,41	2,12

**MATERIALES :**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	COSTO	%
		A	B	C = A x B	
Base clase 3	m3	1,3000	13,73	17,85	92,49
<b>SUBTOTAL O:</b>				17,85	92,49



**TRANSPORTE :**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	%
		A	B	C = A x B	
<b>SUBTOTAL P:</b>				0,00	0,00

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	19,30	100,00
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES ( 0% ) :</b>	0,00	
<b>OTROS INDIRECTOS:</b>		
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO :</b>	19,30	
<b>VALOR OFERTADO :</b>	19,30	

Fuente: Ing. Marco de la Torre basado en los archivos de la cámara de la construcción de Quito

**Tabla 7.5. Detalle de precios unitarios para asfalto diluido tipo 2**

 CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE QUITO	CAMARA DE LA CONSTRUCCION DE QUITO ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	 APISIS APLICACIONES TÉCNICAS
CODIGO : 03.003.05.03 RUBRO : Asfalto diluido tipo 2 UNIDAD : m2 ESPECIFICACION :		

**EQUIPO :**

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
	A	B	C = A x B	R	D = C x R	
Distribuidor de asfa	1,00	30,00	30,00	0,0150	0,45	4,36
Cargadora frontal	1,00	25,00	25,00	0,0150	0,38	3,68
Planta asfáltica	1,00	120,00	120,00	0,0150	1,80	17,44
Rodillo compactad	1,00	25,00	25,00	0,0150	0,38	3,68
Rodillo vibratorio	1,00	35,00	35,00	0,0150	0,53	5,14
<b>SUBTOTAL M:</b>					3,54	34,30

**MANO DE OBRA :**

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	%
	A	B	C = A x B	R	D = C x R	
Peon (Estr.Oc E2)	4,00	2,78	11,12	0,0150	0,17	1,65
Ayudante en gener	4,00	2,78	11,12	0,0150	0,17	1,65
Operador equipo p	4,00	3,02	12,08	0,0150	0,18	1,74
Operador equipo p	1,00	2,94	2,94	0,0150	0,04	0,39
<b>SUBTOTAL N:</b>					0,56	5,43

**MATERIALES :**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	COSTO	%
		A	B	C = A x B	
Material fino cribado	m3	0,1000	20,34	2,03	19,67
Material granular	m3	0,1500	20,91	3,14	30,43
Asfalto ap-3 rc-350	Kg	5,0000	0,21	1,05	10,17
<b>SUBTOTAL O:</b>				6,22	60,27

**TRANSPORTE :**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	%
		A	B	C = A x B	
<b>SUBTOTAL P:</b>				0,00	0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	10,32	100,00
INDIRECTOS Y UTILIDADES ( 0% ) :	0,00	
OTROS INDIRECTOS:		
COSTO TOTAL DEL RUBRO :	10,32	
VALOR OFERTADO :	10,32	

Fuente: Ing. Marco de la Torre basado en los archivos de la cámara de la construcción de Quito

## 7.2 Evaluación financiera del diseño estructural del diseño de pavimento.

Tabla 7.6. Evaluación financiera de la estructura del pavimento flexible.

EVALUACIÓN FINANCIERA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
SUB-BASE CLASE II	m3	16200	18,40	298.080,00
BASE CLASE III	m3	21600	19,30	416.880,00
ASFALTO DILUIDO TIPO II GRADO 2	m2	108000	10,32	1.114.560,00
			SUBTOTAL	\$ 1.829.520,00
			I.V.A	\$ 219.542,40
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2.049.062,40</b>

Fuente: (Gabriela Ortega y Luis Enrique Villafuerte, 2015)

**NOTA:** Los valores presentados en la tabla no contemplan el transporte al sitio de trabajo.

## **CAPÍTULO VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **8.1. CONCLUSIONES**

1. Se determinó las propiedades y características del suelo de la vía La Chimba – Cayambe llegando a la conclusión de que un 81% de las 26 muestras ensayadas resultaron ser de tipo limo arenoso, Sin embargo se presentó un 12% de suelo tipo arenoso y el 7% restante de suelo tipo arcilloso.
2. No se pudo realizar una correlación entre los valores del CBR y la pendiente del DCP debido a que existe una correlación negativa débil, es decir, los valores se encuentran relacionados linealmente, por cuanto el valor de confiabilidad (R cuadrado) da como resultado un valor no significativo para realizar dicha correlación.
3. De acuerdo con los análisis estadísticos realizados se llegó a la conclusión de que los ensayos CBR de laboratorio y CBR in situ, presentan desviaciones estándar cercanas a 2 respectivamente. Sin embargo el ensayo del CBR mediante el método del DCP presenta una desviación del 11.20. Esto no significa que el ensayo este mal realizado, sino que se deben rechazar los valores que causen mayor dispersión para obtener una desviación estándar similar.
4. Con respecto al análisis ANOVA de una entrada realizado, se pudo determinar que existe al menos una diferencia entre los tres métodos de ensayo, debido a que al determinar la regla de decisión con un 5% de nivel de significancia, 2 grados de libertad entre grupos y 75 grados de libertad

dentro de grupos, se obtuvo un valor de 3.119, representando que todo valor mayor o igual al mismo rechazará la hipótesis inicial que considera que los tres métodos son iguales. El valor F de ANOVA obtenido fue 17.119, siendo mayor a 3.119, se rechazó la hipótesis inicial que consideraba los tres métodos iguales.

5. Se pudo establecer que los distintos valores de CBR de diseño obtenidos por las tres métodos diferentes (In-situ, de laboratorio, DCP) correspondiente al percentil ochenta y cinco para tráfico de vehículos pesados, no tuvo una variación significativa. El valor de CBR de diseño mediante DCP fue de 11.00%, el valor de CBR de diseño in-situ fue de 11.50% y finalmente el valor de CBR de laboratorio de diseño fue de 12.20%. Entre todos los CBR de diseños descritos anteriormente no hubo una variación superior a un 10%.
6. Se concluyó que el valor del CBR de diseño obtenido mediante DCP es confiable, pese a que tenga una desviación estándar de 9.2 superior a los valores de CBR de diseño obtenidos por los métodos de laboratorio e in-situ.
7. Se estableció que los números estructurales obtenidos del nomograma del método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos flexibles, correspondientes a los valores de CBR de diseño por las tres métodos diferentes (In-situ, de laboratorio, DCP) fueron en el caso del CBR mediante DCP de 3.11, en el caso de CBR in-situ de 3.08 y en el caso de CBR de laboratorio de 3.04. Entre todos los números estructurales antes mencionados no existió una variación superior al 3%.

8. Dado que la máxima variación entre los números estructurales obtenidos de los métodos en estudio no sobrepasa el 3%, se dispuso realizar un solo diseño estructural de pavimento flexible, el cual está compuesto por una carpeta asfáltica de 10 cm de espesor, una base de 20 cm y una subbase de 15 cm cumpliendo así con los espesores mínimos establecidos en la norma AASHTO 93 y el requisito “ $\sum \text{SN (Calculado)} \geq \text{SN (Nomograma o programa)}$ ”
  
9. Se determinó mediante una evaluación económica que el costo aproximado las diferentes capas estructurales del pavimento flexible de la vía La Chimba Cayambe de 15 Km y de sección típica de 7.20 m de ancho fue de \$2.049.062,40. Sin tomar en cuenta el costo de transporte de los materiales.
  
10. Se concluyó que para realizar el estudio de suelos de la subrasante con el fin de determinar el CBR de diseño de la vía, resulta más económico el realizar el ensayo del Cono de penetración dinámica, pese a que los valores de CBR que presenta el método puedan tener una desviación estándar de 11.20, su CBR de diseño fue de 11.00%, el cual fue muy similar a los dos datos de CBR de diseño obtenidos por los dos métodos alternativos.

## **8.2. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda realizar un recorrido previo por la carretera con el fin de identificar si la vía es apta para el ingreso del camión con las características que se requiere para realizar el ensayo del CBR in-situ. Es decir, el ancho de ejes del camión con respecto a la sección típica de la vía.
2. Se recomienda verificar que el equipo necesario para realizar los ensayos de campo, se encuentre completo y en buenas condiciones.
3. En la ejecución del ensayo del DCP, al observar que a pesar de incrementar el número de golpes, la penetración del cono no disminuye, se recomienda cambiar el sitio de estudio ya que puede existir la presencia de un obstáculo que no permita el descenso del aparato.

## BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. (1993). Guide for Design of Pavement Structures (4th Edition). Estados Unidos.
- American Society for Testing and Materials ASTM. (1985). Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants D 421-85. Estados Unidos.
- American Society for Testing and Materials ASTM. (2003). Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications D5961-03. Estados Unidos.
- American Society for Testing and Materials ASTM. (2007). Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils D1883-07. Estados Unidos.
- American Society for Testing and Materials ASTM. (2009). Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Soils in Place D4429-09. Estados Unidos.
- American Society for Testing and Materials ASTM. (2010). Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils D4318-10. Estados Unidos.
- American Society for Testing and Materials ASTM. (2011). Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) D2487-11. Estados Unidos.
- American Society for Testing and Materials ASTM. (2012). Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2,700 kN-m/m<sup>3</sup>)) D1557-12. Estados Unidos.
- Braja, D. (2012). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones. México: Cenage Learning.
- Dirección de Gestión de Vialidad del Gobierno de la Provincia de Pichincha. (2013). Estudio de Evaluación Estructural de Pavimentos .
- Dirección de Gestión de Vialidad del Gobierno de la Provincia de Pichincha. (Febrero de 2014). Términos de referencia "Estudios de diseño de pavimentos del proyecto: La Chimba - Cayambe, cantón Cayambe".
- Fernández Ordoñez, H. O. (1985). Conferencia de pavimentos. Popayán: Universidad del Cauca.
- Gonzalez Boada, J. (s.f.). Clasificación SUCS y AASHTO. España.
- Yáñez, Gustavo. (2013). Apuntes de clase de Diseño de Pavimento Flexible. *Basado en AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. PUCE 2013.

- Higuera Sandoval, C. H. (2010). *Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos de carreteras*. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Corredor, Gustavo. (17 de Enero de 2015). *Experimento Vial de la AASHO y guías de diseño de la AASHTO*. Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/aashto-931.pdf>
- Montero, Juan Carlos. (2004). *Manual de laboratorio de mecánica de suelos*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Mason, R. L. (2004). *Estadística para administración y economía*. Bogotá: Alfaomega.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas MTOP. (2013). *Norma Ecuatorina Vial NEVI 12*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- MOP. (2002). *Especificaciones Generales para la construcción de caminos y puentes. MOP-001F-2002*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- RAZON DE SOPORTE DE SUELOS COMPACTADOS - ENSAYE DE C.B.R.* (02 de Febrero de 2014). Obtenido de <http://www3.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/mecanica7.htm>.
- T.A.M.S - ASTEC. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito, Ecuador.
- Vásquez Varela, L. R. (2004). *Cálculo de las Ecuaciones AASHTO 1993 (2.0)*. Manizales.

# ANEXOS

## CLASIFICACIÓN SUCS Y AASHTO

OBRA VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 MUESTRA N° 1  
 KM 0+000  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 03/03/2015

### CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso	Cápsula + Suelo	Cápsula +	Humedad del
	Cápsula [g]	Humedo [g]	Suelo seco [g]	
ML12	19,4	88,42	70,43	35,25
22	18,7	93,12	73,65	35,43
			PROMEDIO	35,34

### LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

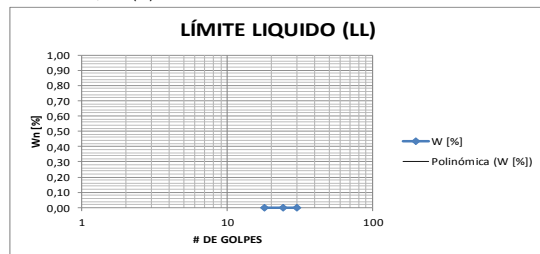
Cápsula N°	Peso	Cápsula + Suelo	Cápsula +	Humedad del
	Cápsula [g]	Humedo [g]	Suelo seco [g]	
				0,00
				0,00
				0,00

### LÍMITE LIQUIDO (LL)

#Golpes	W [%]
18	0,00
24	0,00
30	0,00

Interpolación	
#Golpe	W%
25	0,00

LL [%]	0,00
--------	------



### LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso	Cápsula + Suelo	Cápsula +	Humedad del
	Cápsula [g]	Humedo [g]	Suelo seco [g]	
				0,00
				0,00
			LP	0,00

### ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP	0,00
----	------

OBSERVACIONES  
SUELO NO PLÁSTICO

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	MD6	gr	Peso Suelo humedo total [g]	292,9
------------	-----	----	-----------------------------	-------

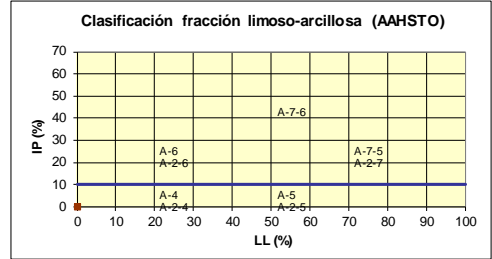
Tamiz		Peso retenido [gr]		%	
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que pasa
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¾'				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ				ARENA	
4,75mm	No.4	0,00		0,00	100,00
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10	0,00		0,00	100,00
1,68mm	No.16				
850 μm	No.20				
600 μm	No.30				
425 μm	No.40		95,00	32,43	67,57
300 μm	No.50				
250 μm	No.60				
150 μm	No.100				
75 μm	No.200		142,00	48,48	51,52
Pasa 75 μm			150,90	51,52	
Σ			292,90		

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	100,00	100,00	0,00	0,00
10	2,00	100,00	100,00	0,00	0,00
40	0,425	67,57	67,57	32,43	32,43
200	0,075	51,52	51,52	48,48	16,05

Limite liquido LL	0,00%
Limite plastico LP	0,00%
Indice plasticidad IP	0,00%

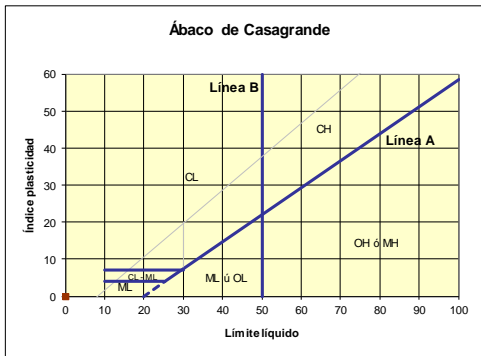
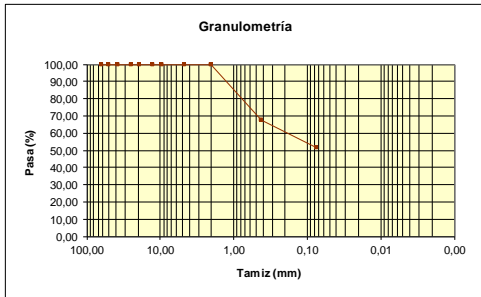
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	100,00 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	51,52 %
D <sub>60</sub> :	0,12 mm
D <sub>30</sub> :	mm
D <sub>10</sub> (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AAHSTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

Valor del índice de grupo (IG):



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas finas.  
**Limo baja plasticidad arenoso ML**

OBRA VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 MUESTRA N° 2  
 KM 0+500  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 03/03/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
141	16,76	41,06	37,78	15,60
E22	18,53	46,18	42,8	13,93
PROMEDIO				14,77

LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

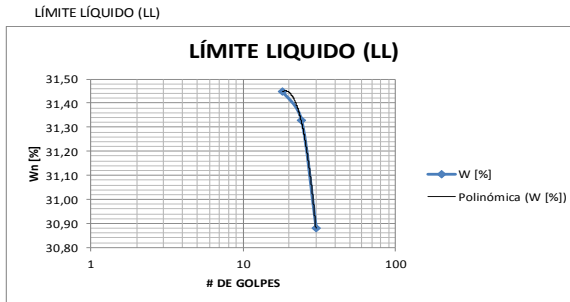
Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
L31	8,73	22,9	19,51	31,45
L23	8,49	20,94	17,97	31,33
M8	8,78	20,69	17,88	30,88

#Golpes	W [%]
18	31,45
24	31,33
30	30,88

Interpolación

#Golpe	W%
25	31,25

LL [%] 31,25



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
E9	9,06	14,1	13,1	24,75
L16	8,87	13,91	13,01	21,74
LP				23,25

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP) 8,01

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

OBSERVACIONES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	MS20	gr	Peso Suelo humedo total [g]	gr
			183,75	

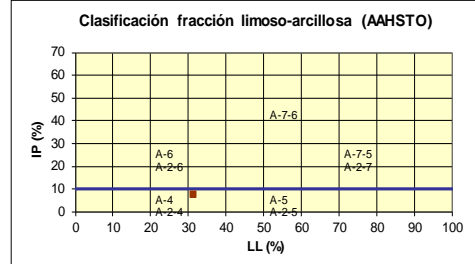
Tamiz	Peso retenido [gr]	%	%		
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que pasa
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¾'				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ					
ARENA					
4,75mm	No.4	0,00	0,00	100,00	
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10	0,05	0,03	99,97	
1,68mm	No.16				
850 μm	No.20				
600 μm	No.30				
425 μm	No.40	2,72	1,48	98,52	
300 μm	No.50				
250 μm	No.60				
150 μm	No.100				
75 μm	No.200	39,98	21,76	78,24	
Pasa 75 μm		143,77	78,24		
Σ		183,75			

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	100,00	100,00	0,00	0,00
10	2,00	99,97	99,97	0,03	0,03
40	0,425	98,52	98,52	1,48	1,45
200	0,075	78,24	78,24	21,76	20,28

Limite líquido LL	31,25%
Limite plástico LP	23,25%
Índice plasticidad IP	8,01%

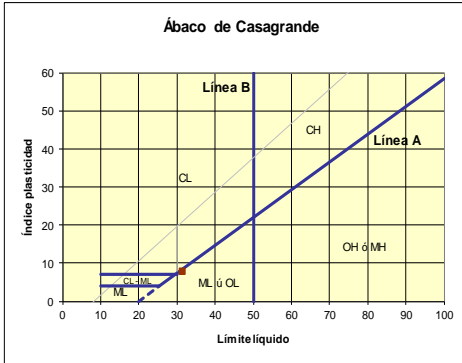
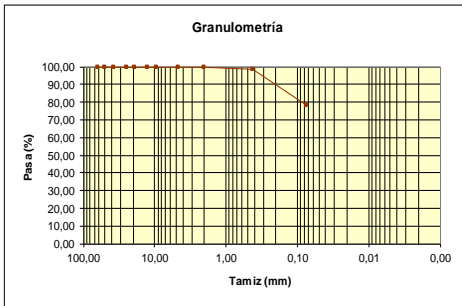
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	100,00 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	78,24 %
D60:	mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

Clasificación AAHSTO



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

Valor del índice de grupo (IG): 5



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas finas.  
**Limo baja plasticidad con arena ML**

OBRA VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 MUESTRA N° 3  
 KM 1+000  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 03/03/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

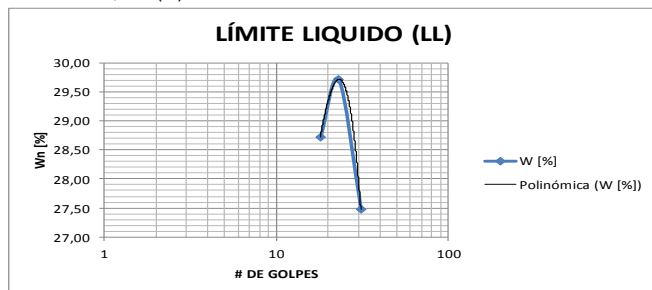
Cápsula N°	Peso	Cápsula + Suelo	Cápsula +	Humedad del
	Cápsula [g]	Humedo [g]	Suelo seco [g]	
L32	18	43,57	40,9	11,66
L21	18,51	43,83	41,23	11,44
			PROMEDIO	11,55

LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso	Cápsula + Suelo	Cápsula +	Humedad del
	Cápsula [g]	Humedo [g]	Suelo seco [g]	
8,8	8,79	23,31	20,07	28,72
130	9,23	20,45	17,88	29,71
L16	8,87	20,7	18,15	27,48

#Golpes	W [%]
18	28,72
23	29,71
31	27,48
Interpolación	
#Golpe	W%
25	29,15
LL [%]	29,15

LÍMITE LÍQUIDO (LL)



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso	Cápsula + Suelo	Cápsula +	Humedad del
	Cápsula [g]	Humedo [g]	Suelo seco [g]	
E20	9,27	11,94	11,47	21,36
L23	8,5	12,15	11,49	22,07
			LP	21,72

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP 7,43

OBSERVACIONES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	MS18	gr	Peso Suelo humedo total [g]	177,8
------------	------	----	-----------------------------	-------

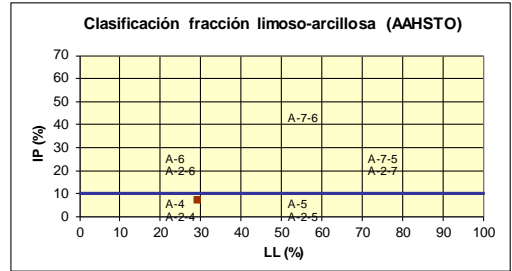
Tamiz		Peso retenido [gr]		%	
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que pasa
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¼'				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ		ARENA			
4,75mm	No.4		0,00	0,00	100,00
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10		2,22	1,25	98,75
1,68mm	No.16				
850 μm	No.20				
600 μm	No.30				
425 μm	No.40		15,53	8,73	91,27
300 μm	No.50				
250 μm	No.60				
150 μm	No.100				
75 μm	No.200		70,97	39,92	60,08
Pasa 75 μm			106,83	60,08	
Σ			177,80		

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	100,00	100,00	0,00	0,00
10	2,00	98,75	98,75	1,25	1,25
40	0,425	91,27	91,27	8,73	7,48
200	0,075	60,08	60,08	39,92	31,19

Límite líquido LL	29,15%
Límite plástico LP	21,72%
Índice plasticidad IP	7,43%

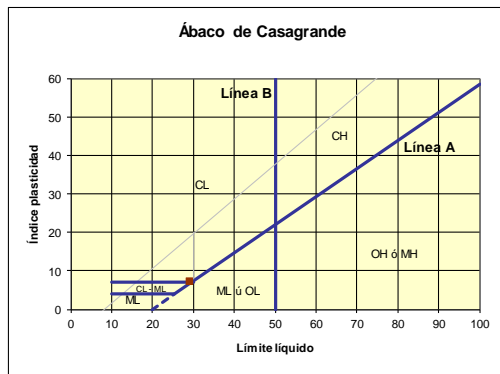
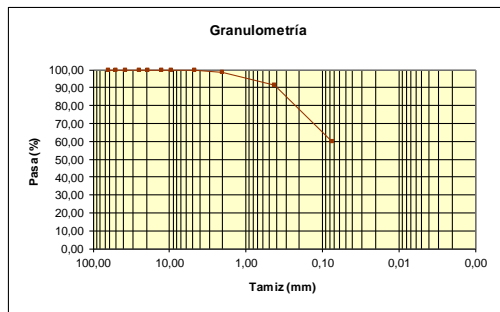
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	100,00 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	60,08 %
D60:	mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AASHTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

Valor del índice de grupo (IG): **2**



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas finas.  
**Arcilla baja plasticidad arenosa CL**

OBRA VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 MUESTRA N° 4  
 KM 1+500  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 03/03/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
114	16,81	39,03	33,87	30,25
Z1	18,24	36,28	31,79	33,14
			PROMEDIO	31,69

LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]

LÍMITE LÍQUIDO (LL)

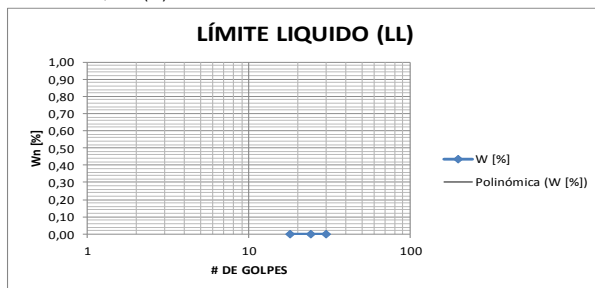
#Golpes	W [%]
18	0,00
24	0,00
30	0,00

Interpolación	
#Golpe	W%
25	0,00

LL [%]	0,00
--------	------



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]

LP 0,00

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP 0,00

OBSERVACIONES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	M51	gr	Peso Suelo humedo total [g]	170,51
------------	-----	----	-----------------------------	--------

Tamiz	ASTM	Peso retenido [gr]		% Retenido	% Que pasa
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado		
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¼'				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ					
ARENA					
4,75mm	No.4		0,02	0,01	99,99
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10		2,39	1,40	98,60
1,68mm	No.16				
850 µm	No.20				
600 µm	No.30				
425 µm	No.40		20,70	12,14	87,86
300 µm	No.50				
250 µm	No.60				
150 µm	No.100				
75 µm	No.200		64,40	37,77	62,23
Pasa 75 µm			106,11	62,23	
Σ			170,51		

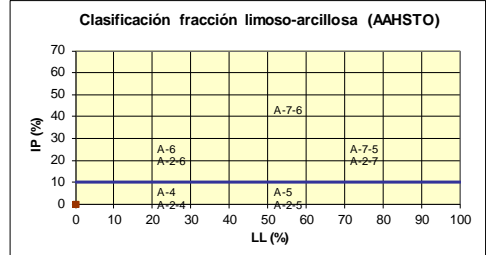
gr

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	99,99	99,99	0,01	0,01
10	2,00	98,60	98,60	1,40	1,39
40	0,425	87,86	87,86	12,14	10,74
200	0,075	62,23	62,23	37,77	25,63

Limite líquido LL	0,00%
Limite plástico LP	0,00%
Índice plasticidad IP	0,00%

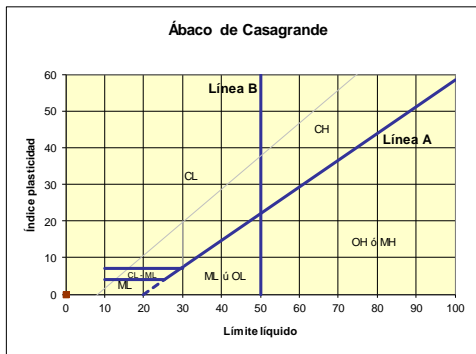
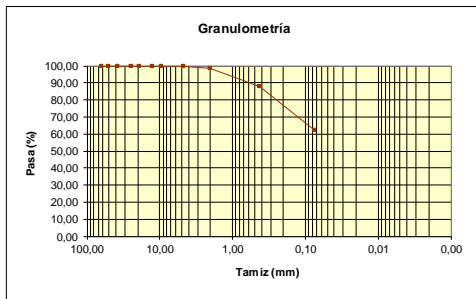
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	99,99 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	62,23 %
D60:	mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AAHSTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

Valor del índice de grupo (IG):



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas finas.  
**Limo baja plasticidad arenoso ML**

OBRA VÍA LA CHIMBA - CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA - CAYAMBE  
 MUESTRA N° 5  
 KM 2+000  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 09/03/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

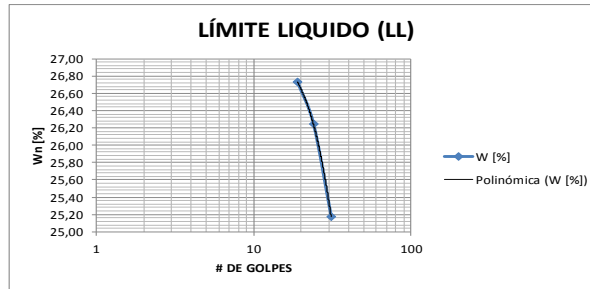
Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
33	14,05	44,04	39,58	17,47
134	16,98	44,09	40,77	13,96
			PROMEDIO	15,71

LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
C1	7,32	23,44	20,04	26,73
L7	8,69	18,6	16,54	26,24
L56	9,5	21,68	19,23	25,18

#Golpes	W [%]
19	26,73
24	26,24
31	25,18
Interpolación	
#Golpe	W%
25	26,09
LL [%]	
	26,09

LÍMITE LÍQUIDO (LL)



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
E1	8,87	11,32	11	15,02
L1	8,66	11,11	10,64	23,74
			LP	19,38

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP 6,71

OBSERVACIONES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	MS1	gr	Peso Suelo humedo total [g]	180,7	gr
------------	-----	----	-----------------------------	-------	----

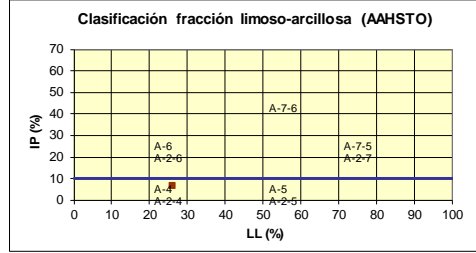
Tamiz		Peso retenido [gr]		% Retenido	% Que pasa
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado		
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¾"				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ		ARENA			
4,75mm	No.4		1,79	0,99	99,01
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10		5,72	3,17	96,83
1,68mm	No.16				
850 μm	No.20				
600 μm	No.30				
425 μm	No.40		15,92	8,81	91,19
300 μm	No.50				
250 μm	No.60				
150 μm	No.100				
75 μm	No.200		60,54	33,50	66,50
Pasa 75 μm			120,16	66,50	
Σ			180,70		

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	99,01	99,01	0,99	0,99
10	2,00	96,83	96,83	3,17	2,18
40	0,425	91,19	91,19	8,81	5,64
200	0,075	66,50	66,50	33,50	24,69

Limite líquido LL	26,09%
Limite plástico LP	19,38%
Índice plasticidad IP	6,71%

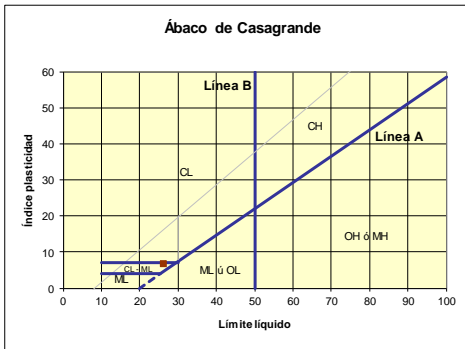
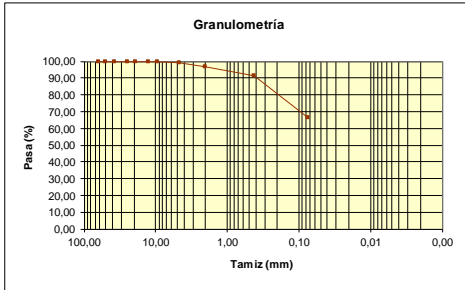
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	99,01 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	66,50 %
D60:	mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AAHSTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

Valor del índice de grupo (IG): 2



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas finas.  
**Arcilla limosa arenosa CL-ML**

OBRA VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 MUESTRA N° 6  
 KM 2+500  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 09/03/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

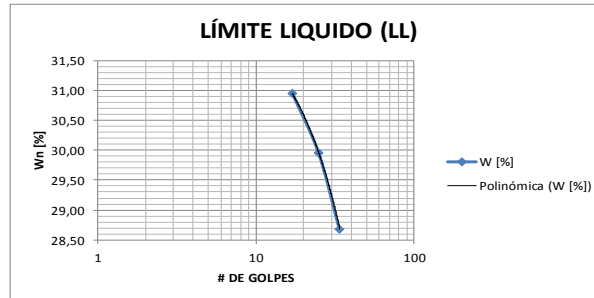
Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
6P	11,47	35,43	31,58	19,14
C9	11,35	33,45	29,89	19,20
PROMEDIO				19,17

LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
141	9,74	19,98	17,56	30,95
528	6,83	20,54	17,38	29,95
734	6,37	20,82	17,6	28,67

#Golpes	W [%]
17	30,95
25	29,95
34	28,67
Interpolación	
#Golpe	W%
25	29,95
LL [%]	
	29,95

LÍMITE LÍQUIDO (LL)



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
109	9,45	11,1	10,72	29,92
742	6,4	7,97	7,63	27,64
LP				28,78

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP 1,17

OBSERVACIONES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	MS3	gr	Peso Suelo humedo total [g]	200,06
------------	-----	----	-----------------------------	--------

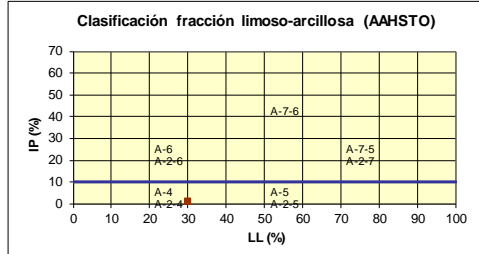
Tamiz		Peso retenido [gr]		% Retenido	% Que pasa
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado		
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¼'				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ		ARENA			
4,75mm	No.4	0,00	0,00	100,00	
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10	0,30	0,15	99,85	
1,68mm	No.16				
850 μm	No.20				
600 μm	No.30				
425 μm	No.40	4,57	2,28	97,72	
300 μm	No.50				
250 μm	No.60				
150 μm	No.100				
75 μm	No.200	44,98	22,48	77,52	
Pasa 75 μm		155,08	77,52		
Σ		200,06			

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	100,00	100,00	0,00	0,00
10	2,00	99,85	99,85	0,15	0,15
40	0,425	97,72	97,72	2,28	2,13
200	0,075	77,52	77,52	22,48	20,20

Límite líquido LL	29,95%
Límite plástico LP	28,78%
Índice plasticidad IP	1,17%

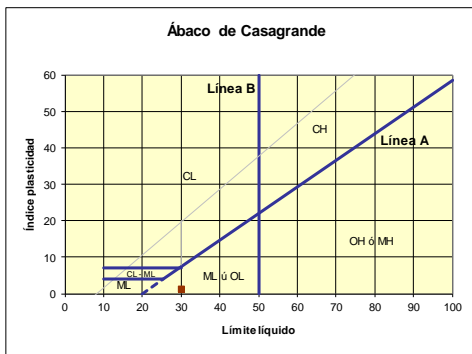
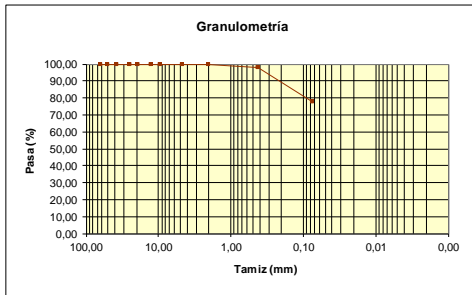
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	100,00 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	77,52 %
D60:	mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AAHSTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

Valor del índice de grupo (IG): 1



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas finas.  
**Limo baja plasticidad con arena ML**

OBRA VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 MUESTRA N° 7  
 KM 3+000  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 09/03/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

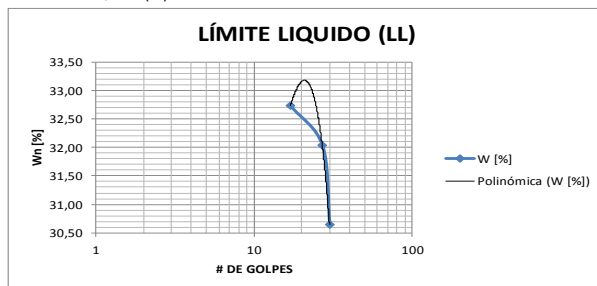
Cápsula N°	Peso	Cápsula + Suelo	Cápsula +	Humedad del Suelo [%]
	Cápsula [g]	Humedo [g]	Suelo seco [g]	
119	17,26	51,66	47,32	14,44
E15	18,38	50,25	46,28	14,23
			PROMEDIO	14,33

LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso	Cápsula + Suelo	Cápsula +	Humedad del Suelo [%]
	Cápsula [g]	Humedo [g]	Suelo seco [g]	
S20	6,55	24,19	19,84	32,73
722	6,31	15,79	13,49	32,03
L5	8,55	21,21	18,24	30,65

#Golpes	W [%]
17	32,73
27	32,03
30	30,65
Interpolación	
#Golpe	W%
25	32,96
LL [%]	
	32,96

LÍMITE LÍQUIDO (LL)



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso	Cápsula + Suelo	Cápsula +	Humedad del Suelo [%]
	Cápsula [g]	Humedo [g]	Suelo seco [g]	
L13	8,9	11,69	11,13	25,11
709	6,41	9,74	9,04	26,62
			LP	25,86

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP 7,09

OBSERVACIONES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

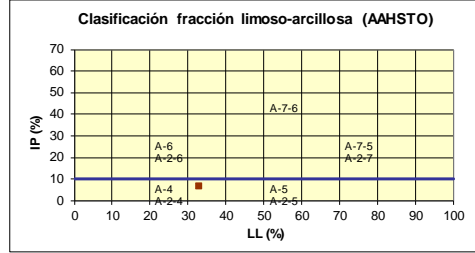
Cápsula N°	MS4	gr	Peso Suelo humedo total [g]	215,68	gr
Tamiz		Peso retenido [gr]		%	%
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que pasa
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¼'				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ		ARENA			
4,75mm	No.4		0,00	0,00	100,00
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10		0,22	0,10	99,90
1,68mm	No.16				
850 μm	No.20				
600 μm	No.30				
425 μm	No.40		8,36	3,88	96,12
300 μm	No.50				
250 μm	No.60				
150 μm	No.100				
75 μm	No.200		94,76	43,94	56,06
Pasa 75 μm			120,92	56,06	
Σ			215,68		

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	100,00	100,00	0,00	0,00
10	2,00	99,90	99,90	0,10	0,10
40	0,425	96,12	96,12	3,88	3,78
200	0,075	56,06	56,06	43,94	40,06

Límite líquido LL	32,96%
Límite plástico LP	25,86%
Índice plasticidad IP	7,09%

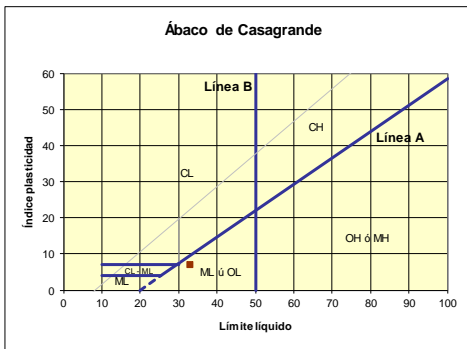
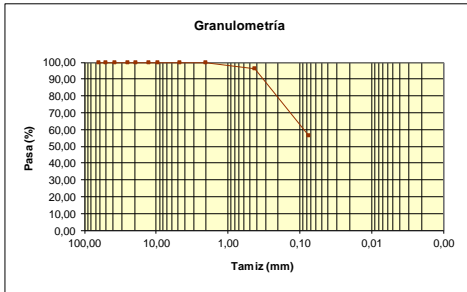
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	100,00 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	56,06 %
D60:	0,06 mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AASHTO**



Material limoso-arenoso  
Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

Valor del índice de grupo (IG): 2



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
Suelo de partículas finas.  
**Limo baja plasticidad arenoso ML**

LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 MUESTRA N° 8  
 KM 3+500  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 16/03/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
137	16,68	44,17	39,38	21,10
2D	16,72	48	42,56	21,05
			PROMEDIO	21,08

LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
				0,00
				0,00
				0,00

LÍMITE LÍQUIDO (LL)

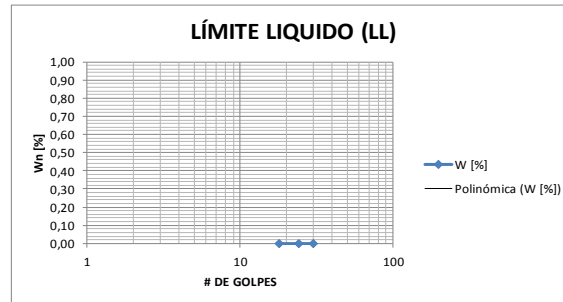
#Golpes	W [%]
18	0,00
24	0,00
30	0,00

Interpolación	
#Golpe	W%
25	0,00

LL [%]
0,00



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
				0,00
				0,00
			LP	0,00

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP 0,00

OBSERVACIONES

SUELO NO PLÁSTICO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	MS15	gr	Peso Suelo humedo total [g]	208,55
------------	------	----	-----------------------------	--------

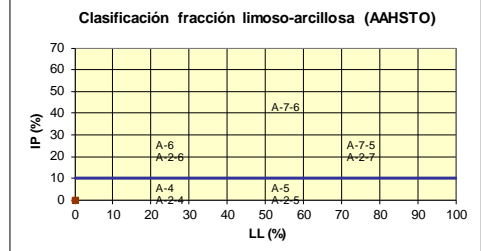
Tamiz	ASTM	Peso retenido [gr]		%	
		Parcial	Acumulado	Retenido	Que pasa
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¾'				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ					
ARENA					
4,75mm	No.4	0,00		0,00	100,00
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10	0,22		0,11	99,89
1,68mm	No.16				
850 μm	No.20				
600 μm	No.30				
425 μm	No.40	3,51		1,68	98,32
300 μm	No.50				
250 μm	No.60				
150 μm	No.100				
75 μm	No.200	49,70		23,83	76,17
Pasa 75 μm		158,85		76,17	
Σ		208,55			

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	100,00	100,00	0,00	0,00
10	2,00	99,89	99,89	0,11	0,11
40	0,425	98,32	98,32	1,68	1,57
200	0,075	76,17	76,17	23,83	22,15

Límite líquido LL	0,00%
Límite plástico LP	0,00%
Índice plasticidad IP	0,00%

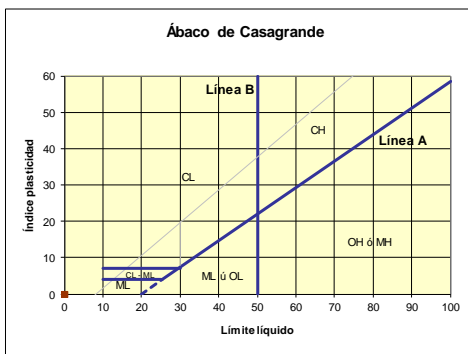
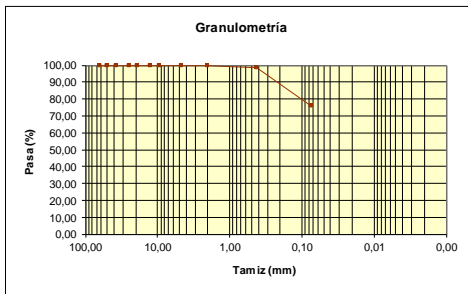
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	100,00 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	76,17 %
D60:	mm
D30:	mm
D <sub>10</sub> (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AASHTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

Valor del índice de grupo (IG):



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas finas.  
**Limo baja plasticidad con arena ML**

OBRA  
 LOCALIZACIÓN  
 MUESTRA N°  
 KM  
 PROFUNDIDAD  
 OPERADOR  
 FECHA

VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 9  
 4+000  
 0,5m  
 GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 16/03/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
202	16,68	44,37	40,02	18,64
W2	17,64	48,26	43,39	18,91
PROMEDIO				18,78

LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
E31	7,15	24,29	20,29	30,44
743	6,33	19,53	16,51	29,67
131	9,28	24,88	21,44	28,29

#Golpes	W [%]
19	30,44
25	29,67
35	28,29

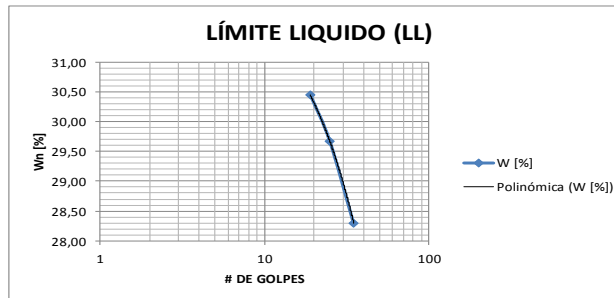
  

Interpolación	
#Golpe	W%
25	29,67

LL [%]	W%
	29,67

LÍMITE LÍQUIDO (LL)



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
X4	8,46	12,95	12,02	26,12
7M	6,26	9,69	8,98	26,10
LP				26,11

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP 3,55

OBSERVACIONES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	MS1	gr	Peso Suelo humedo total [g]	208,33
------------	-----	----	-----------------------------	--------

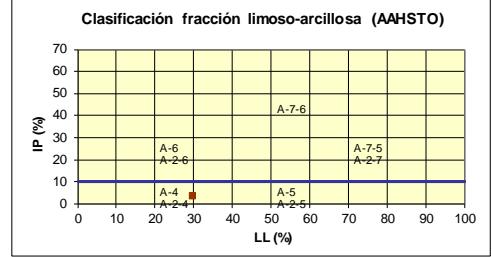
Tamiz		Peso retenido [gr]		% Retenido	% Que pasa
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado		
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¼'				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ		ARENA			
4,75mm	No.4		2,94	1,41	98,59
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10		3,74	1,80	98,20
1,68mm	No.16				
850 μm	No.20				
600 μm	No.30				
425 μm	No.40		11,90	5,71	94,29
300 μm	No.50				
250 μm	No.60				
150 μm	No.100				
75 μm	No.200		75,78	36,37	63,63
Pasa 75 μm			132,55	63,63	
Σ			208,33		

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	98,59	98,59	1,41	1,41
10	2,00	98,20	98,20	1,80	0,39
40	0,425	94,29	94,29	5,71	3,91
200	0,075	63,63	63,63	36,37	30,66

Limite líquido LL	29,67%
Limite plástico LP	26,11%
Indice plasticidad IP	3,55%

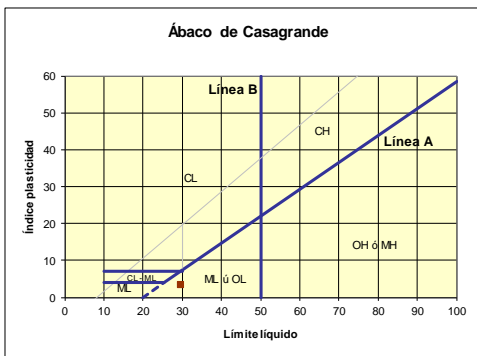
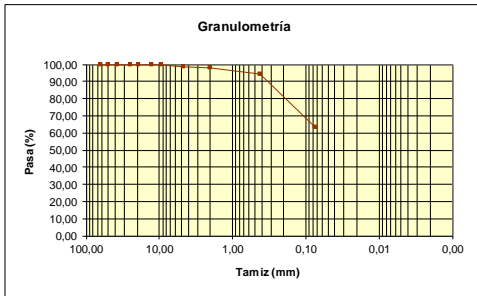
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	98,59 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	63,63 %
D60:	mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AASHTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

Valor del indice de grupo (IG): 1



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas finas.  
**Limo baja plasticidad arenoso ML**

OBRA VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 MUESTRA N° 10  
 KM 4+500  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 23/03/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

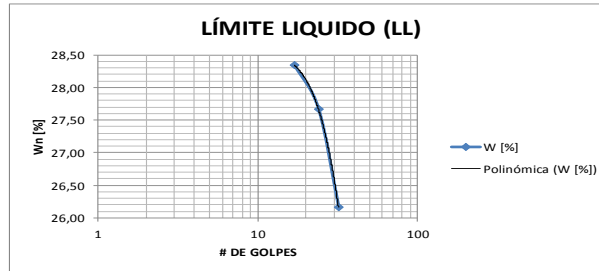
Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
2D	16,74	62,36	60,62	3,97
NW1	16,94	60,68	59,02	3,94
			PROMEDIO	3,96

LÍMITE LÍQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
E25	8,81	30,64	25,82	28,34
S16	6,55	28,24	23,54	27,66
157	9,31	31,88	27,2	26,16

LÍMITE LÍQUIDO (LL)

#Golpes	W [%]
17	28,34
24	27,66
32	26,16
Interpolación	
#Golpe	W%
25	27,48
LL [%]	27,48



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
541	9,54	12	11,54	23,00
702	6,3	9,09	8,56	23,45
			LP	23,23

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP	4,25
----	------

OBSERVACIONES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	MSS	gr	Peso Suelo humedo total [g]	207,89
------------	-----	----	-----------------------------	--------

gr

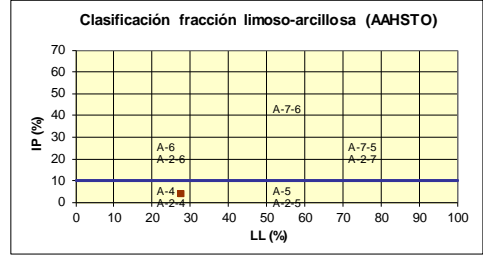
Tamiz	Peso retenido [gr]	%	%		
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que pasa
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¼'				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ		ARENA			
4,75mm	No.4	0,00	0,00	100,00	
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10	1,29	0,62	99,38	
1,68mm	No.16				
850 μm	No.20				
600 μm	No.30				
425 μm	No.40	15,27	7,35	92,65	
300 μm	No.50				
250 μm	No.60				
150 μm	No.100				
75 μm	No.200	73,00	35,11	64,89	
Pasa 75 μm		134,89	64,89		
Σ		207,89			

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	100,00	100,00	0,00	0,00
10	2,00	99,38	99,38	0,62	0,62
40	0,425	92,65	92,65	7,35	6,73
200	0,075	64,89	64,89	35,11	27,76

Límite líquido LL	27,48%
Límite plástico LP	23,23%
Índice plasticidad IP	4,25%

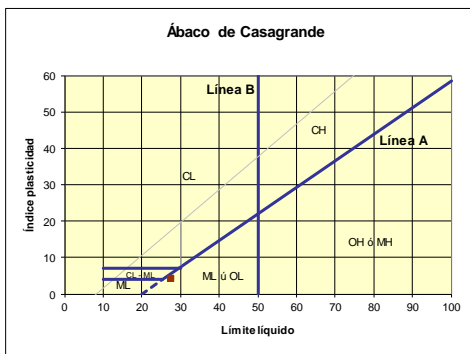
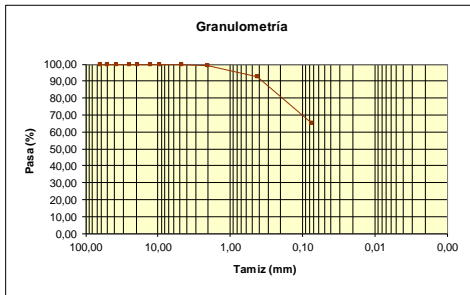
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	100,00 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	64,89 %
D60:	mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AAHSTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

**Valor del índice de grupo (IG):** 1



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas finas.  
**Limo baja plasticidad arenoso ML.**

OBRA VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 MUESTRA N° 11  
 KM 5+000  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 23/03/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

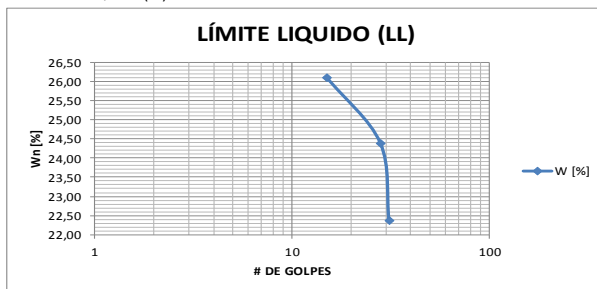
Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
137	16,72	65,89	64,04	3,91
L7X	18	74,48	72,43	3,77
			PROMEDIO	3,84

LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
E9	9,03	29,33	25,13	26,09
L9	8,9	31,85	27,35	24,39
L3	8,9	28,76	25,13	22,37

LÍMITE LIQUIDO (LL)

#Golpes	W [%]
15	26,09
28	24,39
31	22,37
Interpolación	
#Golpe	W%
25	26,41
LL [%]	
	26,41



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
D8	7,39	9,41	9,03	23,17
711	6,26	8,62	8,19	22,28
			LP	22,73

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP 3,69

OBSERVACIONES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	MS17	gr	Peso Suelo humedo total [g]	207,73
------------	------	----	-----------------------------	--------

Tamiz	Peso retenido [gr]	% Retenido	% Que pasa
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado
76,00mm	3'		
63,00mm	2½'		
50,80mm	2'		
38,00mm	1½'		
25,40mm	1'		
19,00mm	¾'		
12,70mm	½'		
9,50mm	¼'		
4,75mm	No.4		
pasa 4,75mm			
Σ		ARENA	
4,75mm	No.4	0,00	0,00
2,36mm	No.8		
2,00mm	No.10	0,56	0,27
1,68mm	No.16		
850 μm	No.20		
600 μm	No.30		
425 μm	No.40	12,73	6,13
300 μm	No.50		
250 μm	No.60		
150 μm	No.100		
75 μm	No.200	73,00	35,14
Pasa 75 μm		134,73	64,86
Σ		207,73	

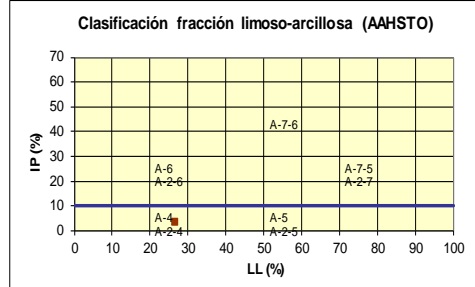
gr

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	100,00	100,00	0,00	0,00
10	2,00	99,73	99,73	0,27	0,27
40	0,425	93,87	93,87	6,13	5,86
200	0,075	64,86	64,86	35,14	29,01

Limite líquido LL	26,41%
Limite plástico LP	22,73%
Índice plasticidad IP	3,69%

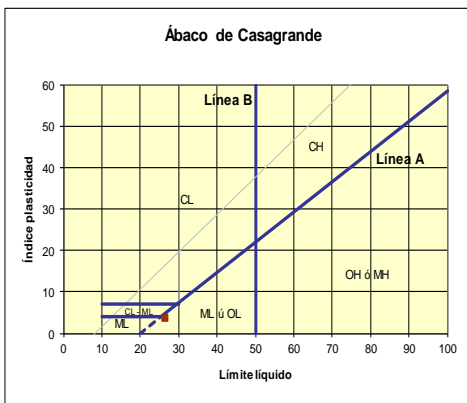
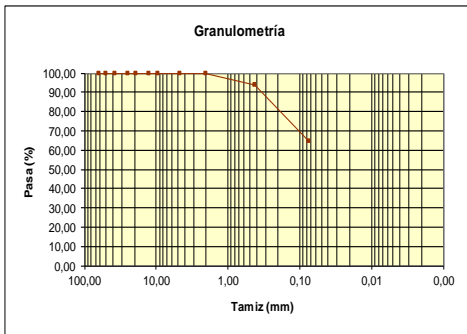
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	100,00 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	64,86 %
D60:	mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AAHSTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

Valor del índice de grupo (IG): 1



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas finas.  
**Limo baja plasticidad arenoso ML**

OBRA VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 MUESTRA N° 12  
 KM 5+500  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 23/03/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

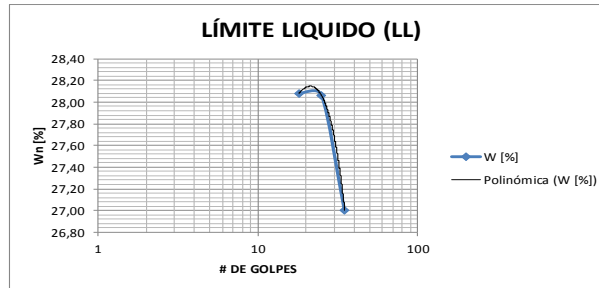
Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
209	16,2	62,08	60,62	3,29
109	16,53	59,67	58,35	3,16
			PROMEDIO	3,22

LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
E20	9,24	25,98	22,31	28,08
C1	7,32	26,03	21,93	28,06
L1	8,65	24,03	20,76	27,00

LÍMITE LÍQUIDO (LL)

#Golpes	W [%]
18	28,08
25	28,06
35	27,00
Interpolación	
#Golpe	W%
25	28,06
LL [%]	
	28,06



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
747	6,22	9,61	8,97	23,27
145	9,68	12,2	11,73	22,93
			LP	23,10

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP 4,96

OBSERVACIONES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	MS9	gr	Peso Suelo humedo total [g]	200,06	gr
------------	-----	----	-----------------------------	--------	----

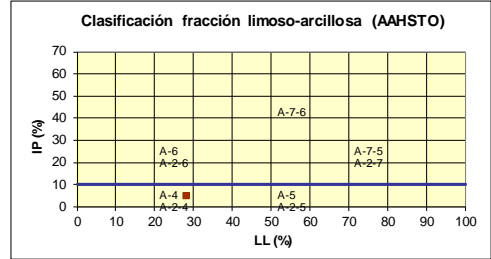
Tamiz	Peso retenido [gr]	%	%		
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que pasa
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¼'				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ		ARENA			
4,75mm	No.4	0,00	0,00	100,00	
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10	0,01	0,00	100,00	
1,68mm	No.16				
850 μm	No.20				
600 μm	No.30				
425 μm	No.40	4,61	2,30	97,70	
300 μm	No.50				
250 μm	No.60				
150 μm	No.100				
75 μm	No.200	63,42	31,70	68,30	
Pasa 75 μm		136,64	68,30		
Σ		200,06			

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	100,00	100,00	0,00	0,00
10	2,00	100,00	100,00	0,00	0,00
40	0,425	97,70	97,70	2,30	2,30
200	0,075	68,30	68,30	31,70	29,40

Limite liquido LL	28,06%
Limite plastico LP	23,10%
Indice plasticidad IP	4,96%

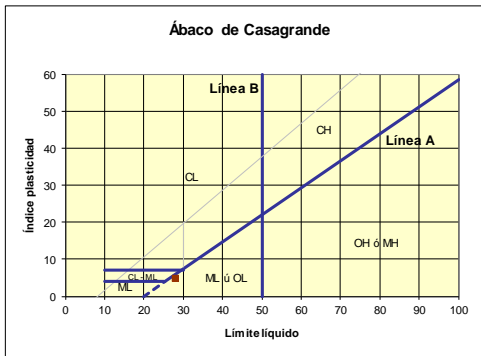
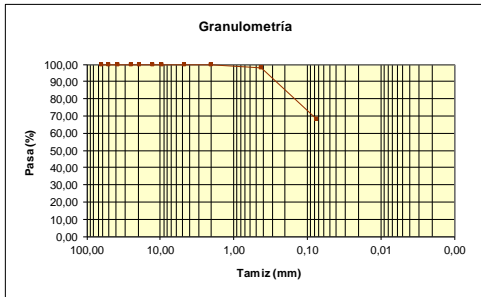
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	100,00 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	68,30 %
D60:	mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AAHSTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

Valor del índice de grupo (IG): **2**



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas finas.  
**Limo baja plasticidad arenoso ML**

OBRA  
LOCALIZACIÓN  
MUESTRA N°  
KM  
PROFUNDIDAD  
OPERADOR  
FECHA

VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
13  
6+000  
0,5m  
GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
23/03/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

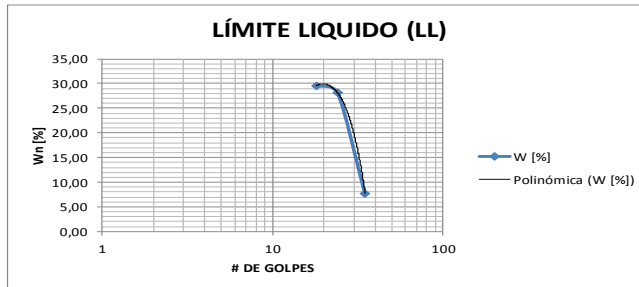
Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
S44	17,59	57,48	56,58	2,31
BK1	19,05	65,47	64,41	2,34
			PROMEDIO	2,32

LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
E77	8,3	23,41	19,96	29,59
735	6,36	19,68	16,75	28,20
B9	7,08	20,46	19,5	7,73

LÍMITE LÍQUIDO (LL)

#Golpes	W [%]
18	29,59
24	28,20
35	7,73
Interpolación	
#Golpe	W%
25	26,34
LL [%]	
	26,34



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
L22	8,84	11,81	11,5	11,65
AV	6,68	9,58	8,97	26,64
			LP	19,15

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP	7,19
----	------

OBSERVACIONES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	MS7	gr	Peso Suelo humedo total [g]	225,22
------------	-----	----	-----------------------------	--------

gr

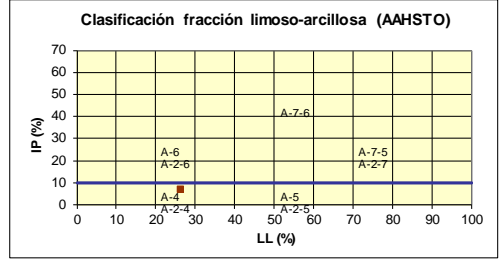
Tamiz	Peso retenido [gr]	% Retenido	% Que pasa
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado
76,00mm	3'		
63,00mm	2½'		
50,80mm	2'		
38,00mm	1½'		
25,40mm	1'		
19,00mm	¾'		
12,70mm	½'		
9,50mm	¾'		
4,75mm	No.4		
pasa 4,75mm			
Σ			ARENA
4,75mm	No.4	0,00	0,00
2,36mm	No.8		
2,00mm	No.10	0,77	0,34
1,68mm	No.16		
850 μm	No.20		
600 μm	No.30		
425 μm	No.40	7,73	3,43
300 μm	No.50		
250 μm	No.60		
150 μm	No.100		
75 μm	No.200	89,30	39,65
Pasa 75 μm		135,92	60,35
Σ		225,22	

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	100,00	100,00	0,00	0,00
10	2,00	99,66	99,66	0,34	0,34
40	0,425	96,57	96,57	3,43	3,09
200	0,075	60,35	60,35	39,65	36,22

Límite líquido LL	26,34%
Límite plástico LP	19,15%
Índice plasticidad IP	7,19%

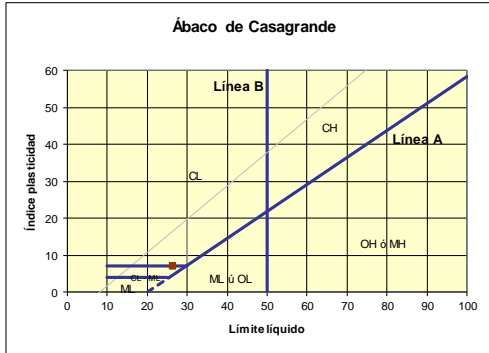
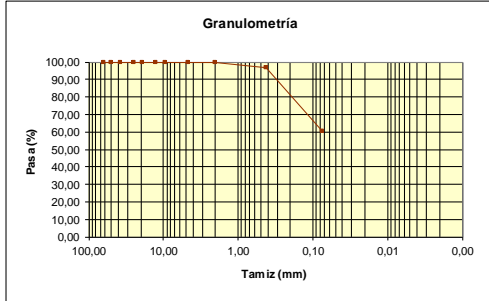
Pasa tamiz Nº 4 (5mm):	100,00 %
Pasa tamiz Nº 200 (0,080 mm):	60,35 %
D60:	mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AAHSTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

Valor del índice de grupo (IG): 2



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas finas.  
**Arcilla baja plasticidad arenosa CL**

OBRA VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 MUESTRA N° 14  
 KM 6+500  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 25/03/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

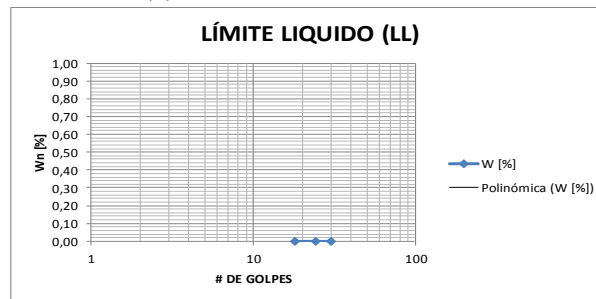
Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
Q0	16,35	60,12	51,56	24,31
Q012	16,32	64,56	55,12	24,33
			PROMEDIO	24,32

LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
				0,00
				0,00
				0,00

LÍMITE LÍQUIDO (LL)

#Golpes	W [%]
18	0,00
24	0,00
30	0,00
Interpolación	
#Golpe	W%
25	0,00
LL [%]	0,00



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
				0,00
				0,00
			LP	0,00

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP 0,00

OBSERVACIONES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	M8	gr	Peso Suelo humedo total [g]	295,6	gr
------------	----	----	-----------------------------	-------	----

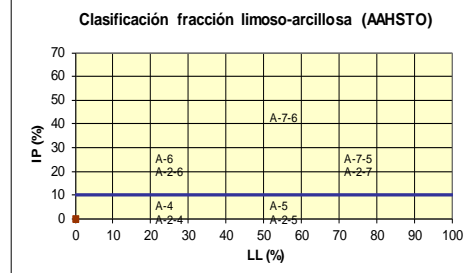
Tamiz	INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	% Retenido	% Que pasa
76,00mm		3'				
63,00mm		2½'				
50,80mm		2'				
38,00mm		1½'				
25,40mm		1'				
19,00mm		¾'				
12,70mm		½'				
9,50mm		¾"				
4,75mm		No.4				
pasa 4,75mm						
Σ			ARENA			
4,75mm		No.4	0,00		0,00	100,00
2,36mm		No.8				
2,00mm		No.10		36,00	12,18	87,82
1,68mm		No.16				
850 μm		No.20				
600 μm		No.30				
425 μm		No.40		94,00	31,80	68,20
300 μm		No.50				
250 μm		No.60				
150 μm		No.100				
75 μm		No.200		132,00	44,65	55,35
Pasa 75 μm				163,60	55,35	
Σ				295,60		

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	100,00	100,00	0,00	0,00
10	2,00	87,82	87,82	12,18	12,18
40	0,425	68,20	68,20	31,80	19,62
200	0,075	55,35	55,35	44,65	12,85

Limite líquido LL	0,00%
Limite plástico LP	0,00%
Índice plasticidad IP	0,00%

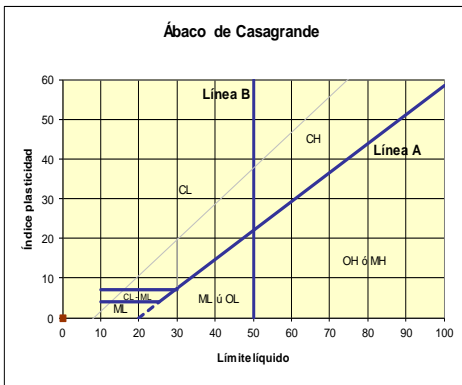
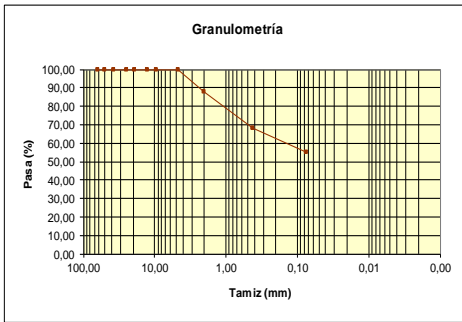
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	100,00 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	55,35 %
D60:	0,11 mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AAHSTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

Valor del índice de grupo (IG):



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas finas.  
**Limo baja plasticidad arenoso ML**

OBRA VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 MUESTRA N° 15  
 KM 7+000  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 30/03/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

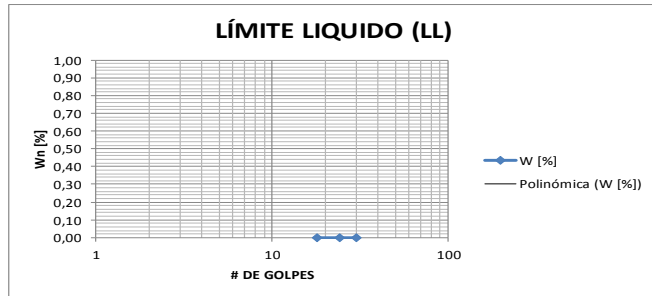
Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
B10	16,7	83,83	72,36	20,61
B23	16,66	82,76	71,53	20,47
PROMEDIO				20,54

LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]

#Golpes	W [%]
18	
24	
30	
Interpolación	
#Golpe	W%
25	
LL [%]	

LÍMITE LÍQUIDO (LL)



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]

LP

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP

OBSERVACIONES  
 SUELO NO PLÁSTICO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	MS20	gr	Peso Suelo humedo total [g]	335,3
------------	------	----	-----------------------------	-------

Tamiz		Peso retenido [gr]		%	%
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que pasa
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¾"				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ					
ARENA					
4,75mm	No.4		21,00	6,26	93,74
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10		65,00	19,39	80,61
1,68mm	No.16				
850 μm	No.20				
600 μm	No.30				
425 μm	No.40		93,00	27,74	72,26
300 μm	No.50				
250 μm	No.60				
150 μm	No.100				
75 μm	No.200		134,00	39,96	60,04
Pasa 75 μm			201,30	60,04	
Σ			335,30		

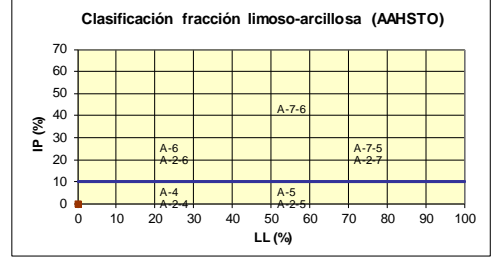
gr

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	93,74	93,74	6,26	6,26
10	2,00	80,61	80,61	19,39	13,13
40	0,425	72,26	72,26	27,74	8,35
200	0,075	60,04	60,04	39,96	12,22

Limite líquido LL	0,00%
Limite plástico LP	0,00%
Indice plasticidad IP	0,00%

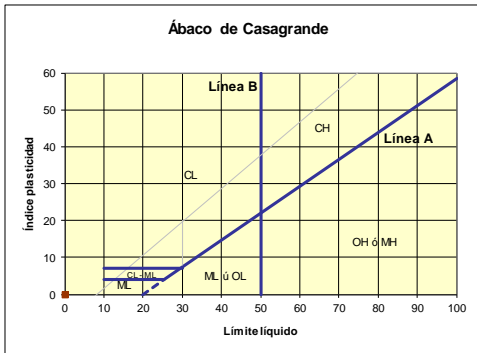
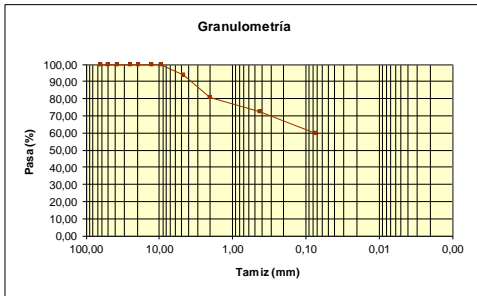
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	93,74 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	60,04 %
D60:	mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AASHTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

Valor del indice de grupo (IG):



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas finas.  
**Limo baja plasticidad arenoso ML**

OBRA VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 MUESTRA N° 16  
 KM 7+500  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 02/04/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
ML-13	20,6	121,34	99	28,49
JL	23,61	122,87	100,98	28,29
			PROMEDIO	28,39

LÍMITE LÍQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
				0,00
				0,00
				0,00

LÍMITE LÍQUIDO (LL)

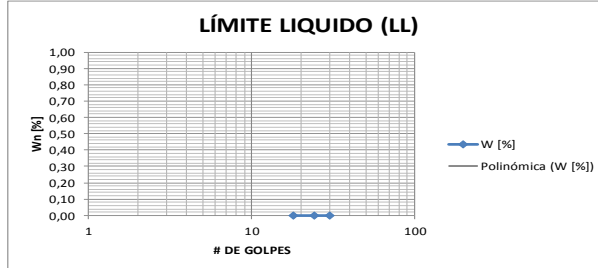
#Golpes	W [%]
18	0,00
24	0,00
30	0,00

Interpolación	
#Golpe	W%
25	0,00

LL [%]	0,00
--------	------



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
				0,00
				0,00

LP 0,00

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP 0,00

OBSERVACIONES  
 SUELO NO PLÁSTICO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	M25	gr	Peso Suelo humedo total [g]	396,7
------------	-----	----	-----------------------------	-------

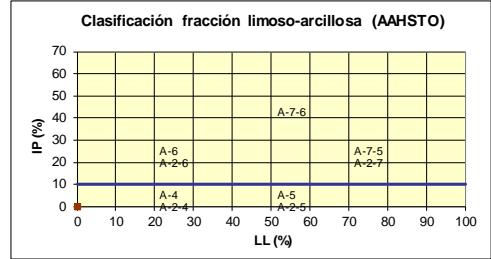
Tamiz	ASTM	Parcial	Acumulado	% Retenido	% Que pasa
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¼'				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ		ARENA			
4,75mm	No.4		0,00	0,00	100,00
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10		15,00	3,78	96,22
1,68mm	No.16				
850 μm	No.20				
600 μm	No.30				
425 μm	No.40		74,00	18,65	81,35
300 μm	No.50				
250 μm	No.60				
150 μm	No.100				
75 μm	No.200		151,00	38,06	61,94
Pasa 75 μm			245,70	61,94	
Σ			396,70		

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	100,00	100,00	0,00	0,00
10	2,00	96,22	96,22	3,78	3,78
40	0,425	81,35	81,35	18,65	14,87
200	0,075	61,94	61,94	38,06	19,41

Límite líquido LL	0,00%
Límite plástico LP	0,00%
Índice plasticidad IP	0,00%

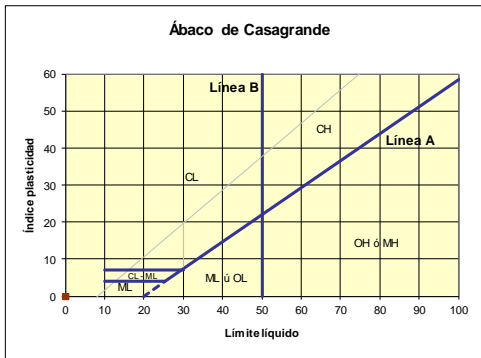
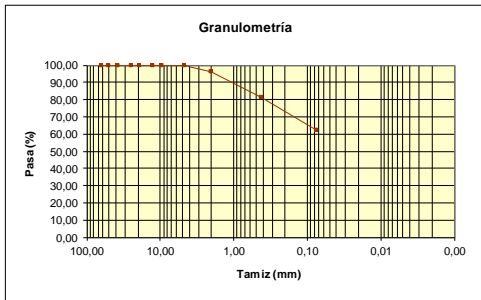
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	100,00 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	61,94 %
D60:	mm
D30:	mm
D <sub>10</sub> (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AASHTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

Valor del índice de grupo (IG):



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas finas.  
**Limo baja plasticidad arenoso ML**

OBRA VÍA LA CHIMBA - CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA - CAYAMBE  
 MUESTRA N° 17  
 KM 8+000  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 02/04/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
C14	19,2	96,03	77,32	32,19
W5	20,14	97,88	79	32,08
PROMEDIO				32,13

LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
				0,00
				0,00
				0,00

LÍMITE LÍQUIDO (LL)

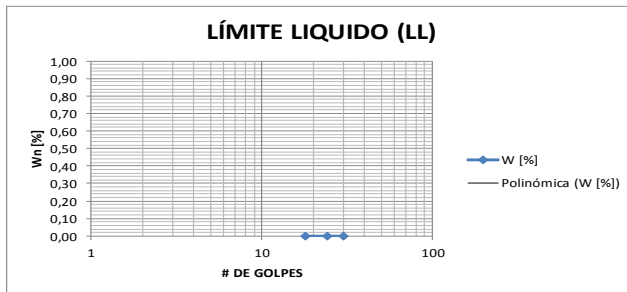
#Golpes	W [%]
18	0,00
24	0,00
30	0,00

Interpolación	
#Golpe	W%
25	0,00

LL [%]	0,00
--------	------



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
LP				0,00

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP 0,00

OBSERVACIONES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	MS3	gr	Peso Suelo humedo total [g]	342,5
------------	-----	----	-----------------------------	-------

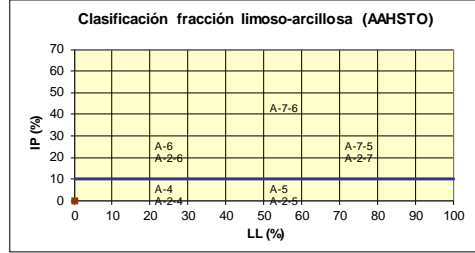
Tamiz		Peso retenido [gr]		%	
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que pasa
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¾"				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ		ARENA			
4,75mm	No.4		0,00	0,00	100,00
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10		0,00	0,00	100,00
1,68mm	No.16				
850 μm	No.20				
600 μm	No.30				
425 μm	No.40		94,00	27,45	72,55
300 μm	No.50				
250 μm	No.60				
150 μm	No.100				
75 μm	No.200		129,00	37,66	62,34
Pasa 75 μm			213,50	62,34	
Σ			342,50		

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	100,00	100,00	0,00	0,00
10	2,00	100,00	100,00	0,00	0,00
40	0,425	72,55	72,55	27,45	27,45
200	0,075	62,34	62,34	37,66	10,21

Límite líquido LL	0,00%
Límite plástico LP	0,00%
Índice plasticidad IP	0,00%

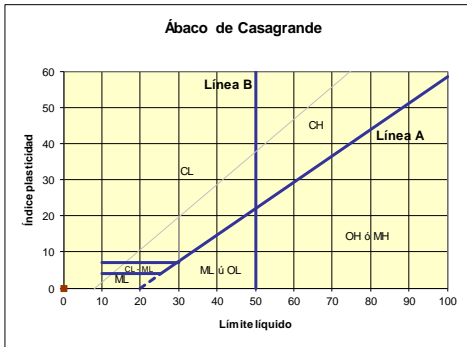
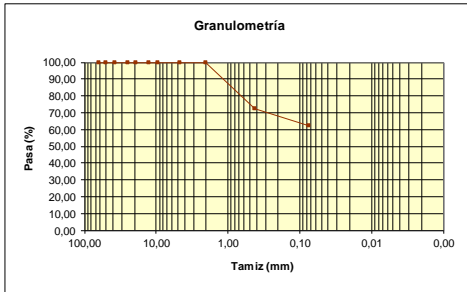
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	100,00 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	62,34 %
D60:	mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AAHSTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

Valor del índice de grupo (IG):



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas finas.  
**Limo baja plasticidad arenoso ML**

OBRA VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 MUESTRA N° 19  
 KM 9+000  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 06/04/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
RT	16,93	90,43	75,77	24,92
RT9	20,09	96,63	81,33	24,98
PROMEDIO				24,95

LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
E11	13,44	20,56	17,78	64,06
EL4	13,27	27,14	23,89	30,60
E11	13,65	23,39	22,03	16,23

7,58

LÍMITE LÍQUIDO (LL)

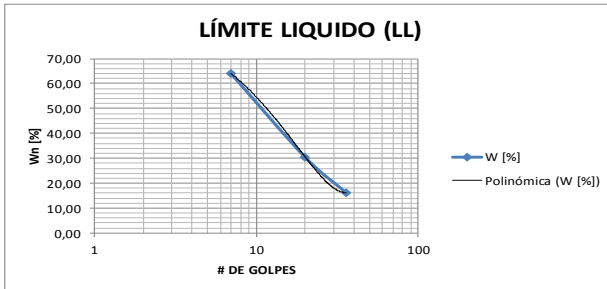
#Golpes	W [%]
7	64,06
20	30,60
36	16,23

Interpolación	
#Golpe	W%
25	26,11

LL [%]	26,11
--------	-------



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
BV	6,27	7,88	7,58	22,90
S1	6,86	8,12	7,89	22,33

LP 22,62

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP 3,50

OBSERVACIONES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	M22	gr	Peso Suelo humedo total [g]	325,6
------------	-----	----	-----------------------------	-------

gr

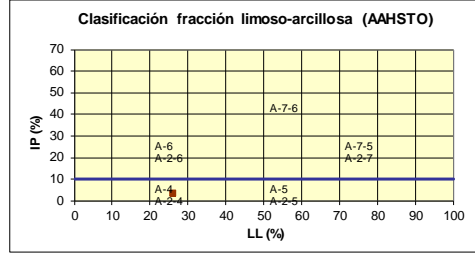
Tamiz	ASTM	Peso retenido [gr]	% Retenido	% Que pasa
76,00mm	3'			
63,00mm	2½'			
50,80mm	2'			
38,00mm	1½'			
25,40mm	1'			
19,00mm	¾'			
12,70mm	½'			
9,50mm	¾'			
4,75mm	No.4			
pasa 4,75mm				
Σ				
ARENA				
4,75mm	No.4	8,00	2,46	97,54
2,36mm	No.8			
2,00mm	No.10	54,00	16,58	83,42
1,68mm	No.16			
850 μm	No.20			
600 μm	No.30			
425 μm	No.40	87,00	26,72	73,28
300 μm	No.50			
250 μm	No.60			
150 μm	No.100			
75 μm	No.200	142,00	43,61	56,39
Pasa 75 μm		183,60	56,39	
Σ		325,60		

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	97,54	97,54	2,46	2,46
10	2,00	83,42	83,42	16,58	14,12
40	0,425	73,28	73,28	26,72	10,14
200	0,075	56,39	56,39	43,61	16,89

Límite líquido LL	26,11%
Límite plástico LP	22,62%
Índice plasticidad IP	3,50%

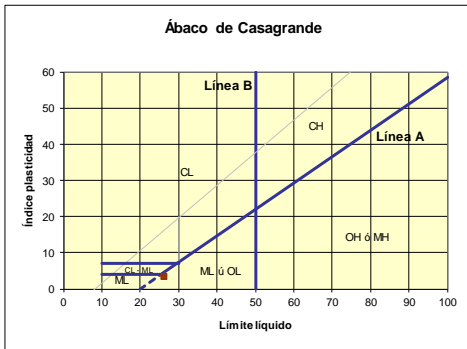
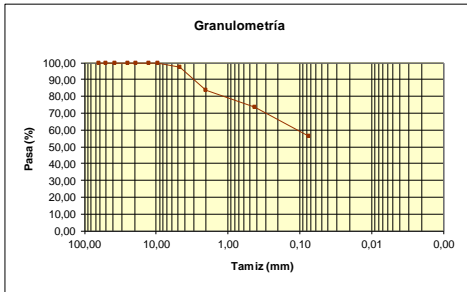
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	97,54 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	56,39 %
D60:	0,09 mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AAHSTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

Valor del índice de grupo (IG): **0**



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas finas.  
**Limo baja plasticidad arenoso ML**

OBRA VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 MUESTRA N° 21  
 KM 10+000  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 09/04/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
B26	17,26	59,86	49,45	32,34
B42	16,79	60,43	49,63	32,89
PROMEDIO				32,61

LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
				0,00
				0,00
				0,00

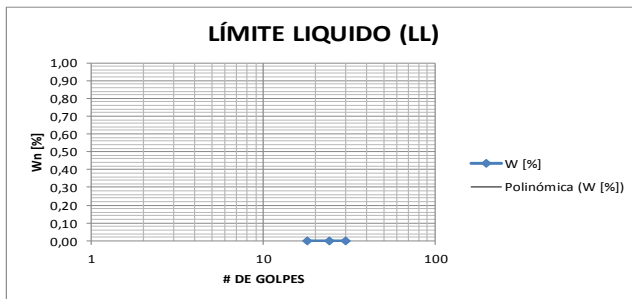
LÍMITE LÍQUIDO (LL)

#Golpes	W [%]
18	0,00
24	0,00
30	0,00

Interpolación

#Golpe	W%
25	0,00

LL [%] 0,00



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
				0,00
				0,00
LP				0,00

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP 0,00

OBSERVACIONES  
 SUELO NO PLÁSTICO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	ML2	gr	Peso Suelo humedo total [g]	315,7
------------	-----	----	-----------------------------	-------

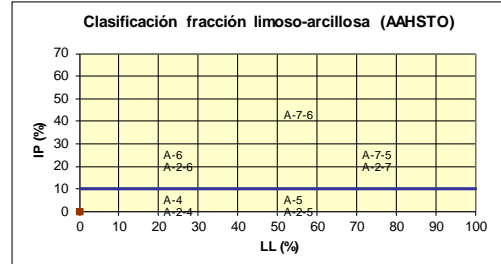
Tamiz	Peso retenido [gr]	%	%		
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que pasa
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¾'				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ		ARENA			
4,75mm	No.4	0,00	0,00	100,00	
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10	12,00	3,80	96,20	
1,68mm	No.16				
850 μm	No.20				
600 μm	No.30				
425 μm	No.40	76,00	24,07	75,93	
300 μm	No.50				
250 μm	No.60				
150 μm	No.100				
75 μm	No.200	124,00	39,28	60,72	
Pasa 75 μm		191,70	60,72		
Σ		315,70			

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	100,00	100,00	0,00	0,00
10	2,00	96,20	96,20	3,80	3,80
40	0,425	75,93	75,93	24,07	20,27
200	0,075	60,72	60,72	39,28	15,21

Límite líquido LL	0,00%
Límite plástico LP	0,00%
Índice plasticidad IP	0,00%

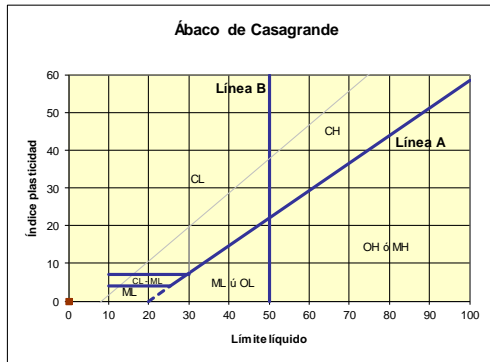
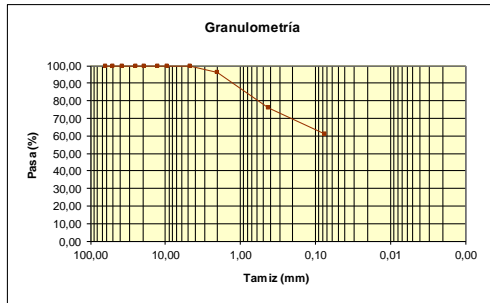
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	100,00 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	60,72 %
D60:	mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AASHTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

**Valor del índice de grupo (IG):**



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas finas.  
**Limo baja plasticidad arenoso ML**

OBRA VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 MUESTRA N° 22  
 KM 10+500  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 09/04/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
S12	20,33	88,34	72,78	29,67
J8	20,39	89,96	74,12	29,48
			PROMEDIO	29,57

LÍMITE LÍQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
P4	12,28	20,76	16,85	85,56
ML22	14,5	27,08	24,98	20,04
D20	13,36	23,34	21,99	15,64

#Golpes	W [%]
11	85,56
29	20,04
35	15,64

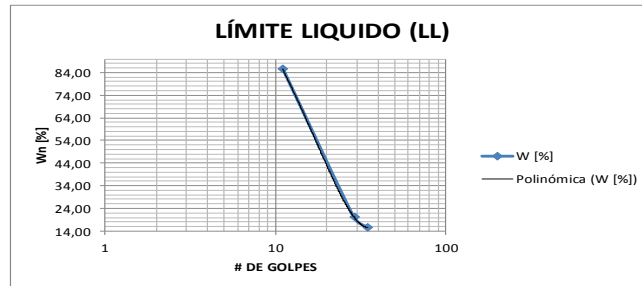
  

Interpolación	
#Golpe	W%
25	22,97

LL [%]
22,97

LÍMITE LÍQUIDO (LL)



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
TT31	7,3	8,76	8,6	12,31
BX	6,27	7,88	7,58	22,90
			LP	17,60

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP 5,36

OBSERVACIONES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	ML8	gr	Peso Suelo humedo total [g]	324,8
------------	-----	----	-----------------------------	-------

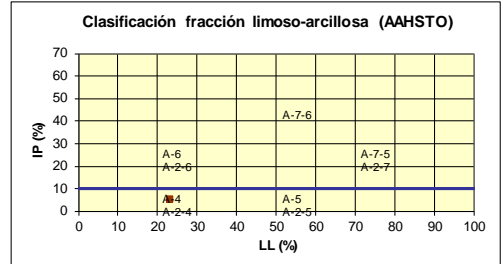
Tamiz		Peso retenido [gr]		%	
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que pasa
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¼'				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ				ARENA	
4,75mm	No.4		12,00	3,69	96,31
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10		23,00	7,08	92,92
1,68mm	No.16				
850 μm	No.20				
600 μm	No.30				
425 μm	No.40		97,00	29,86	70,14
300 μm	No.50				
250 μm	No.60				
150 μm	No.100				
75 μm	No.200		175,00	53,88	46,12
Pasa 75 μm			149,80	46,12	
Σ			324,80		

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	96,31	96,31	3,69	3,69
10	2,00	92,92	92,92	7,08	3,39
40	0,425	70,14	70,14	29,86	22,78
200	0,075	46,12	46,12	53,88	24,02

Límite líquido LL	22,97%
Límite plástico LP	17,60%
Índice plasticidad IP	5,36%

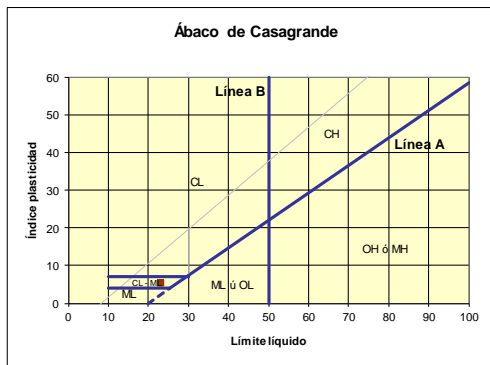
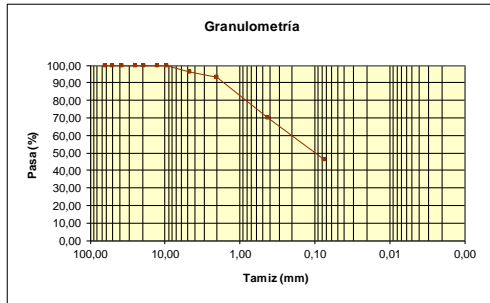
Pasa tamiz Nº 4 (5mm):	96,31 %
Pasa tamiz Nº 200 (0,080 mm):	46,12 %
D60:	0,12 mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AAHSTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

**Valor del índice de grupo (IG):** 0



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio)  
**Arena arcilloso-limosa SC-SM**

OBRA VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 MUESTRA N° 24  
 KM 11+500  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 12/04/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

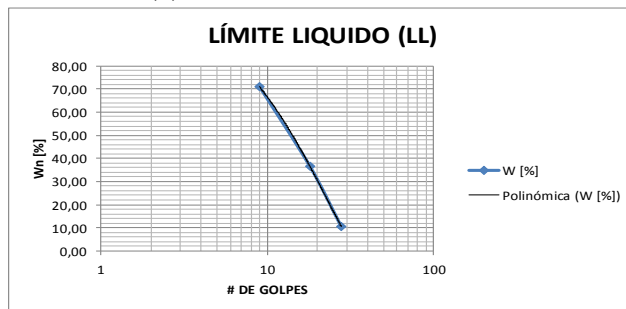
Cápsula N°	Peso	Cápsula + Suelo	Cápsula +	Humedad del
	Cápsula [g]	Humedo [g]	Suelo seco [g]	
BL9	16,93	76,43	62,35	31,00
B9	16,93	77,08	62,76	31,25
			PROMEDIO	31,12

LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso	Cápsula + Suelo	Cápsula +	Humedad del
	Cápsula [g]	Humedo [g]	Suelo seco [g]	
BA37	12,13	20,45	17	70,84
BA21	11,89	20,08	17,88	36,73
BA22	12,12	20,33	19,56	10,35

LÍMITE LÍQUIDO (LL)

#Golpes	W [%]
9	70,84
18	36,73
28	10,35
Interpolación	
#Golpe	W%
25	18,26
LL [%]	18,26



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso	Cápsula + Suelo	Cápsula +	Humedad del
	Cápsula [g]	Humedo [g]	Suelo seco [g]	
TT14	6,72	7,82	7,68	14,58
AB	6,42	7,56	7,42	14,00
			LP	14,29

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP 3,97

OBSERVACIONES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	MK7	gr	Peso Suelo humedo total [g]	327,6
------------	-----	----	-----------------------------	-------

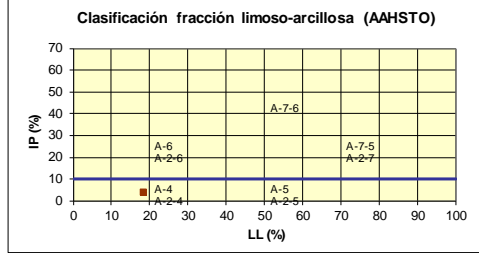
Tamiz		Peso retenido [gr]		%	%
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado	Retenido	Que pasa
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¾"				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ		ARENA			
4,75mm	No.4	0,00	0,00	100,00	
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10	0,00	0,00	100,00	
1,68mm	No.16				
850 μm	No.20				
600 μm	No.30				
425 μm	No.40	83,00	25,34	74,66	
300 μm	No.50				
250 μm	No.60				
150 μm	No.100				
75 μm	No.200	115,00	35,10	64,90	
Pasa 75 μm		212,60	64,90		
Σ		327,60			

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	100,00	100,00	0,00	0,00
10	2,00	100,00	100,00	0,00	0,00
40	0,425	76,66	76,66	23,34	23,34
200	0,075	64,90	64,90	35,10	11,76

Límite líquido LL	18,26%
Límite plástico LP	14,29%
Índice plasticidad IP	3,97%

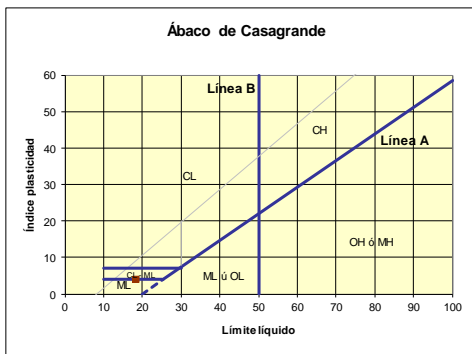
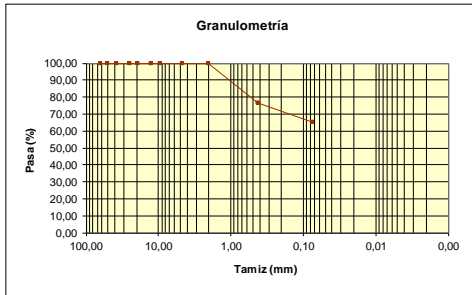
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	100,00 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	64,90 %
D60:	mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AASHTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

**Valor del índice de grupo (IG):** 0



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas finas.  
**Limo baja plasticidad arenoso ML**

OBRA VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 MUESTRA N° 26  
 KM 12+500  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 12/04/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

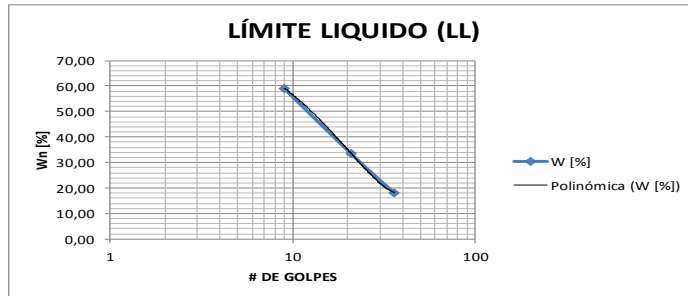
Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
B17	16,48	69,08	56,46	31,57
B18	16,66	72,38	58,98	31,66
PROMEDIO				31,61

LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
B31	16,35	24,82	21,67	59,21
M27	16,06	24,56	22,43	33,44
B23	16,66	24,98	23,7	18,18

LÍMITE LÍQUIDO (LL)

#Golpes	W [%]
9	59,21
21	33,44
36	18,18
Interpolación	
#Golpe	W%
25	29,37
LL [%]	29,37



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
TRX7	7,02	7,93	7,76	22,97
TX	6,24	6,95	6,82	22,41
LP				22,69

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP	6,68
----	------

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	MLS	gr	Peso Suelo humedo total [g]	316,5
------------	-----	----	-----------------------------	-------

Tamiz		Peso retenido [gr]		% Retenido	% Que pasa
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado		
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¾"				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ		ARENA			
4,75mm	No.4	0,00	0,00		100,00
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10	0,00	0,00		100,00
1,68mm	No.16				
850 μm	No.20				
600 μm	No.30				
425 μm	No.40	88,00	27,80		72,20
300 μm	No.50				
250 μm	No.60				
150 μm	No.100				
75 μm	No.200	156,00	49,29		50,71
Pasa 75 μm		160,50	50,71		
Σ		316,50			

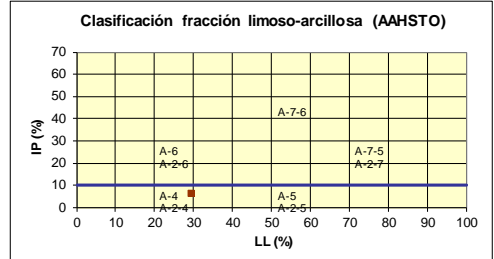
gr

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63.00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50.00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37.50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25.00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19.00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12.50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9.50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4.75	100,00	100,00	0,00	0,00
10	2.00	100,00	100,00	0,00	0,00
40	0.425	72,20	72,20	27,80	27,80
200	0.075	50,71	50,71	49,29	21,49

Limite líquido LL	29,37%
Limite plástico LP	22,68%
Indice plasticidad IP	6,68%

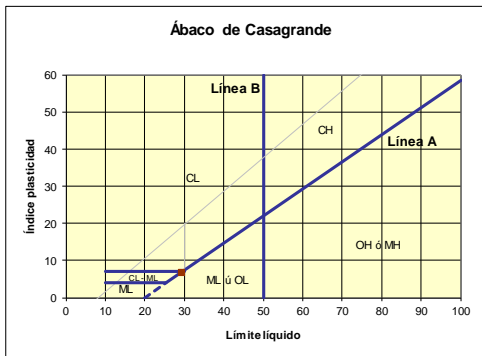
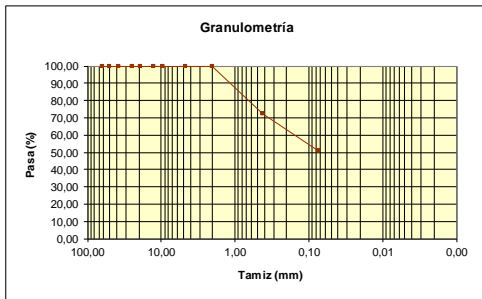
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	100,00 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	50,71 %
D60:	0,11 mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AASHTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

Valor del indice de grupo (IG): 1



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas finas.  
**Limo baja plasticidad arenoso ML**

OBRA VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 MUESTRA N° 28  
 KM 13+500  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 14/04/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

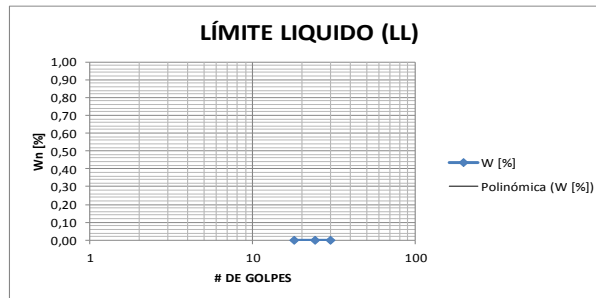
Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
B13	17,28	55,79	47,63	26,89
BL26	17,26	58,94	50,11	26,88
PROMEDIO				26,88

LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
				0,00
				0,00
				0,00

LÍMITE LÍQUIDO (LL)

#Golpes	W [%]
18	0,00
24	0,00
30	0,00
Interpolación	
#Golpe	W%
25	0,00
LL [%]	
	0,00



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
				0,00
				0,00
LP				0,00

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP	0,00
----	------

OBSERVACIONES  
 SUELO NO PLÁSTICO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	M45	gr	Peso Suelo humedo total [g]	312,9	gr
------------	-----	----	-----------------------------	-------	----

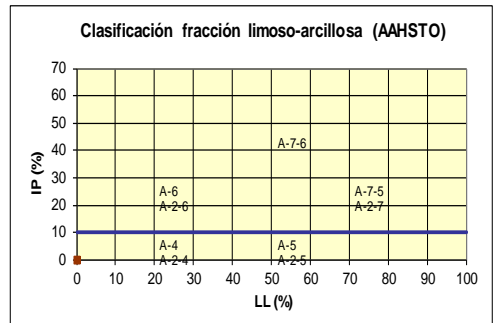
Tamiz	ASTM	Parcial	Acumulado	% Retenido	% Que pasa
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¼'				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ					
ARENA					
4,75mm	No.4		0,00	0,00	100,00
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10		31,00	9,91	90,09
1,68mm	No.16				
850 μm	No.20				
600 μm	No.30				
425 μm	No.40		96,00	30,68	69,32
300 μm	No.50				
250 μm	No.60				
150 μm	No.100				
75 μm	No.200		142,00	45,38	54,62
Pasa 75 μm			170,90	54,62	
Σ			312,90		

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	100,00	100,00	0,00	0,00
10	2,00	90,09	90,09	9,91	9,91
40	0,425	69,32	69,32	30,68	20,77
200	0,075	54,62	54,62	45,38	14,70

Límite líquido LL	0,00%
Límite plástico LP	0,00%
Índice plasticidad IP	0,00%

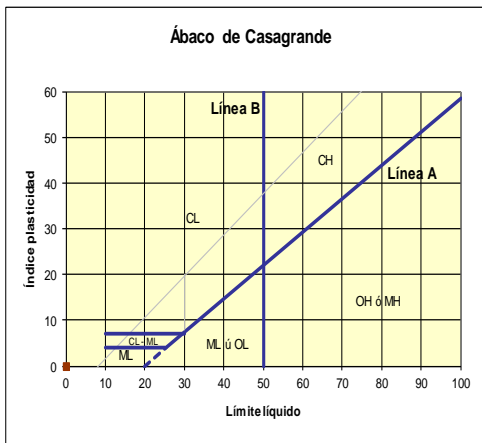
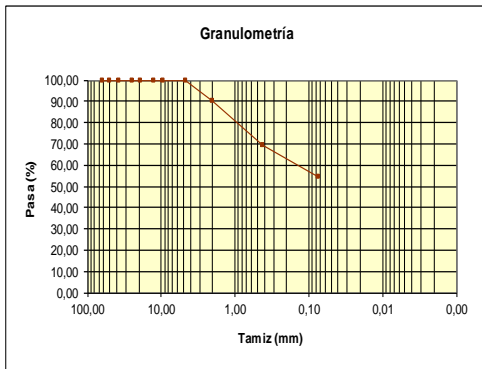
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	100,00 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	54,62 %
D <sub>60</sub> :	0,11 mm
D <sub>30</sub> :	mm
D <sub>10</sub> (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AASHTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

Valor del índice de grupo (IG):



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas finas.  
**Limo baja plasticidad arenoso ML**

OBRA VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 MUESTRA N° 29  
 KM 14+000  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 14/04/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
B9	16,93	74,07	62	26,78
QT9	18,76	78,85	66,32	26,35
PROMEDIO				26,56

LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
				0,00
				0,00
				0,00

#Golpes	W [%]
18	0,00
24	0,00
30	0,00

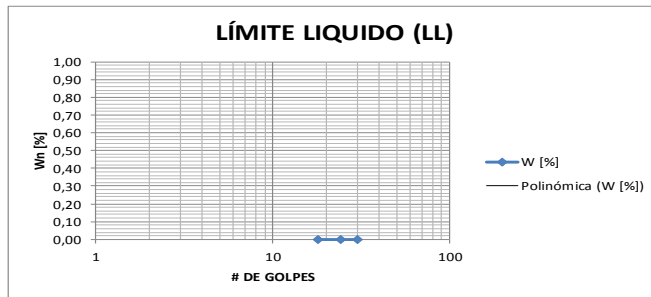
  

Interpolación	
#Golpe	W%
25	0,00

LL [%]	0,00
--------	------

LÍMITE LÍQUIDO (LL)



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
				0,00
				0,00

LP 0,00

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP 0,00

OBSERVACIONES  
 SUELO NO PLÁSTICO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	MX3	gr	Peso Suelo humedo total [g]	294,1
------------	-----	----	-----------------------------	-------

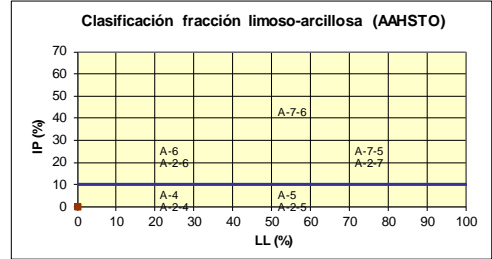
Tamiz		Peso retenido [gr]		% Retenido	% Que pasa
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado		
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¾"				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ					
ARENA					
4,75mm	No.4	0,00		0,00	100,00
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10		23,00	7,82	92,18
1,68mm	No.16				
850 μm	No.20				
600 μm	No.30				
425 μm	No.40		79,00	26,86	73,14
300 μm	No.50				
250 μm	No.60				
150 μm	No.100				
75 μm	No.200		145,00	49,30	50,70
Pasa 75 μm			149,10	50,70	
Σ			294,10		

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	100,00	100,00	0,00	0,00
10	2,00	92,18	92,18	7,82	7,82
40	0,425	73,14	73,14	26,86	19,04
200	0,075	50,74	50,74	49,26	22,40

Limite liquido LL	0,00%
Limite plastico LP	0,00%
Indice plasticidad IP	0,00%

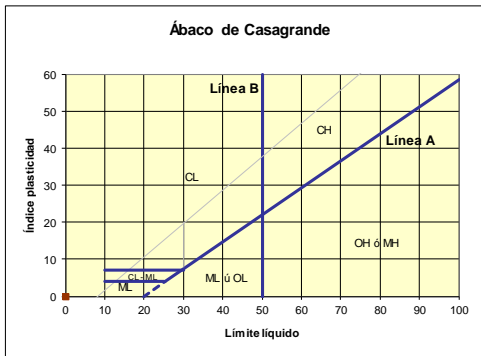
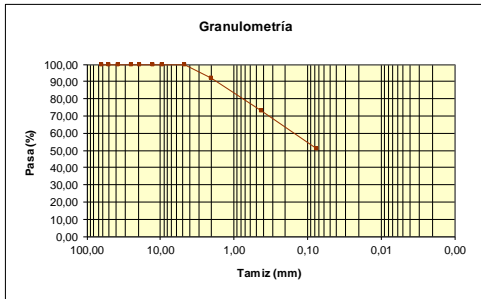
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	100,00 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	50,74 %
D <sub>60</sub> :	0,11 mm
D <sub>30</sub> :	mm
D <sub>10</sub> (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AAHSTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-4 Suelo limoso**

Valor del índice de grupo (IG):



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas finas.  
**Limo baja plasticidad arenoso ML**

OBRA VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 MUESTRA N° 30  
 KM 14+500  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 17/04/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

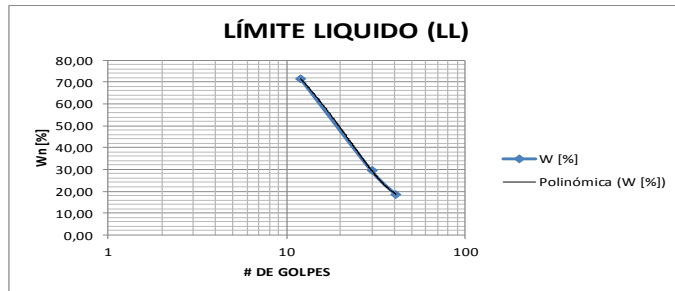
Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
B012	16,69	90,14	74,12	27,89
B92	20,09	98,67	81,56	27,83
PROMEDIO				27,86

LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
Y3	13,41	22,99	19	71,38
Y12	11,99	20,96	18,92	29,44
Y12	13,39	23,75	22,12	18,67

LÍMITE LÍQUIDO (LL)

#Golpes	W [%]
12	71,38
30	29,44
41	18,67
Interpolación	
#Golpe	W%
25	34,33
LL [%]	
	34,33



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
AZ1	6,38	8,03	7,82	14,58
AZ8	6,44	8,23	8,01	14,01
LP				14,30

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP 20,03

OBSERVACIONES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	M62	gr	Peso Suelo humedo total [g]	345,6
------------	-----	----	-----------------------------	-------

gr

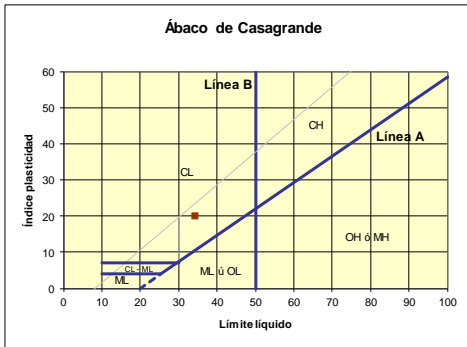
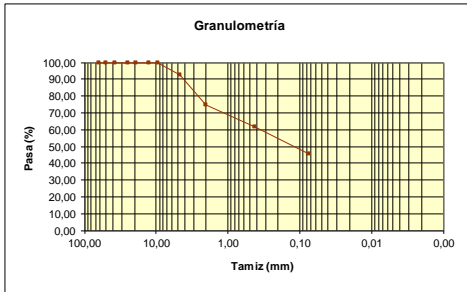
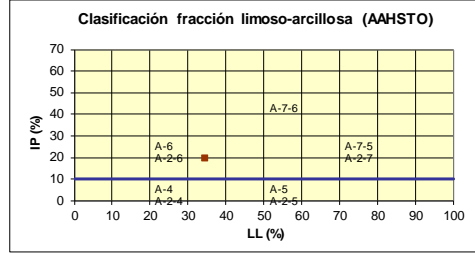
Tamiz	ASTM	Peso retenido [gr]	% Retenido	% Que pasa
76,00mm	3'			
63,00mm	2½'			
50,80mm	2'			
38,00mm	1½'			
25,40mm	1'			
19,00mm	¾'			
12,70mm	½'			
9,50mm	¾'			
4,75mm	No.4			
pasa 4,75mm				
Σ				
ARENA				
4,75mm	No.4	25,00	7,23	92,77
2,36mm	No.8			
2,00mm	No.10	87,00	25,17	74,83
1,68mm	No.16			
850 μm	No.20			
600 μm	No.30			
425 μm	No.40	132,00	38,19	61,81
300 μm	No.50			
250 μm	No.60			
150 μm	No.100			
75 μm	No.200	189,00	54,69	45,31
Pasa 75 μm		156,60	45,31	
Σ		345,60		

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	92,77	92,77	7,23	7,23
10	2,00	74,83	74,83	25,17	17,94
40	0,425	61,81	61,81	38,19	13,02
200	0,075	45,31	45,31	54,69	16,50

Límite líquido LL	34,33%
Límite plástico LP	14,30%
Índice plasticidad IP	20,03%

Pasa tamiz N° 4 (5mm):	92,77 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	45,31 %
D60:	0,15 mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AAHSTO**



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio)  
**Arena arcillosa SC**

OBRA VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 LOCALIZACIÓN VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE  
 MUESTRA N° 31  
 KM 15+000  
 PROFUNDIDAD 0,5m  
 OPERADOR GABRIELA ORTEGA - LUIS VILLAFUERTE  
 FECHA 17/04/2015

CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
U2	16,79	80,34	65,98	29,19
UV5	16,32	88,52	72	29,67
PROMEDIO				29,43

LÍMITE LIQUIDO (LL) - HUMEDAD (W%)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
SD12	13,29	21,88	19,23	44,61
DS3	12,18	20,91	19	28,01
SD12	12,04	21,88	20,5	16,31

LÍMITE LÍQUIDO (LL)

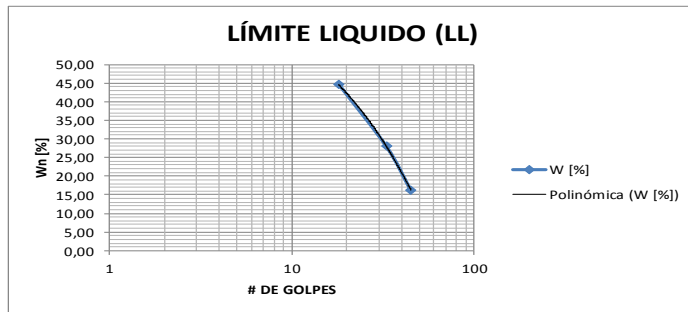
#Golpes	W [%]
18	44,61
33	28,01
45	16,31

Interpolación	
#Golpe	W%
25	35,80

LL [%]	W%
	35,80



LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Cápsula N°	Peso Cápsula [g]	Cápsula + Suelo Humedo [g]	Cápsula + Suelo seco [g]	Humedad del Suelo [%]
YW	6,24	7,63	7,44	15,83
TY	6,98	8,02	7,88	15,56
LP				15,69

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

IP	20,11
----	-------

OBSERVACIONES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cápsula N°	MN9	gr	Peso Suelo humedo total [g]	396,5
------------	-----	----	-----------------------------	-------

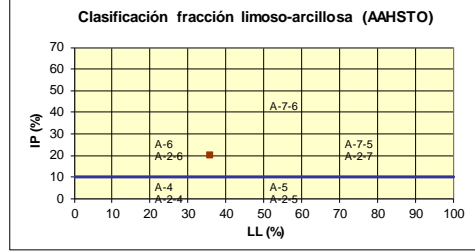
Tamiz		Peso retenido [gr]		% Retenido	% Que pasa
INEN	ASTM	Parcial	Acumulado		
76,00mm	3'				
63,00mm	2½'				
50,80mm	2'				
38,00mm	1½'				
25,40mm	1'				
19,00mm	¾'				
12,70mm	½'				
9,50mm	¾"				
4,75mm	No.4				
pasa 4,75mm					
Σ		ARENA			
4,75mm	No.4	45,00	11,35	88,65	
2,36mm	No.8				
2,00mm	No.10	102,00	25,73	74,27	
1,68mm	No.16				
850 μm	No.20				
600 μm	No.30				
425 μm	No.40	156,00	39,34	60,66	
300 μm	No.50				
250 μm	No.60				
150 μm	No.100				
75 μm	No.200	238,00	60,03	39,97	
Pasa 75 μm		158,50	39,97		
Σ		396,50			

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
	63,00	0,00	100,00	0,00	0,00
2	50,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 1/2	37,50	100,00	100,00	0,00	0,00
1	25,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3/4	19,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1/2	12,50	100,00	100,00	0,00	0,00
3/8	9,50	100,00	100,00	0,00	0,00
4	4,75	88,65	88,65	11,35	11,35
10	2,00	74,27	74,27	25,73	14,38
40	0,425	60,66	60,66	39,34	13,61
200	0,075	39,97	39,97	60,03	20,69

Límite líquido LL	35,80%
Límite plástico LP	15,69%
Índice plasticidad IP	20,11%

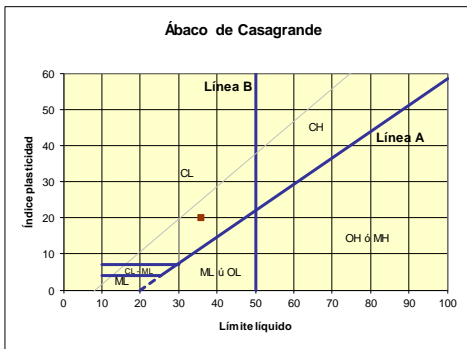
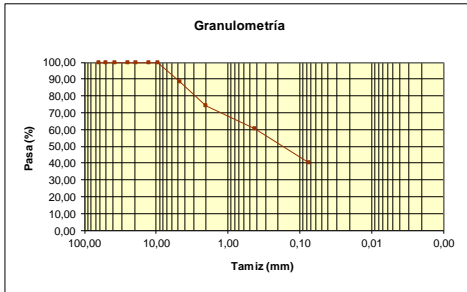
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	88,65 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	39,97 %
D60:	0,16 mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**Clasificación AAHSTO**



**Material limoso-arenoso**  
 Pobre a malo como subgrado  
**A-6 Suelo arcilloso**

Valor del índice de grupo (IG): 3



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
 Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio)  
**Arena arcillosa SC**

# ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

## LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO:		FECHA: 06-abril-2015							
UBICACIÓN:		CONTRATISTA:							
PROCEDENCIA: KM 0+000		USO: Estudio							
ANEXO:		LAB: Gabriela Ortega y Luis Villafuerte							
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard	AASHO: T-99 -74							
	Modificado	AASHO: T-180 - 74							
<b>RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>									
No. de Capas <b>5</b>	Golpes por capa <b>56</b>	Peso Martillo <b>10lb</b>	Altura caída <b>18"</b>	PESO INICIAL DE LA MUESTRA <b>6000 g</b>					
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	420	840	1.260				
	%	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>21</b>				
Peso suelo húmedo + molde	A	<b>9.409</b>	<b>10.312</b>	<b>10.567</b>	<b>10.098</b>				
Peso del molde	B	<b>6.457</b>	<b>6.457</b>	<b>6.457</b>	<b>6.457</b>				
Peso suelo húmedo	C=A-B	2.952	3.855	4.110	3.641				
Volumen del molde	D	<b>2.133</b>	<b>2.133</b>	<b>2.133</b>	<b>2.133</b>				
Densidad húmeda	E=C/D	1.384	1.807	1.927	1.707				
Tarro No.		<b>DC</b>	<b>WE</b>	<b>OT-9</b>	<b>2</b>	<b>QR-9</b>	<b>G-11</b>	<b>307</b>	<b>RX</b>
Tarro + suelo húmedo	F	<b>79,60</b>	<b>82,65</b>	<b>95,12</b>	<b>99,09</b>	<b>92,34</b>	<b>98,65</b>	<b>80,44</b>	<b>89,67</b>
Tarro + suelo seco	G	<b>74,99</b>	<b>78,56</b>	<b>85,61</b>	<b>89,32</b>	<b>79,09</b>	<b>85,00</b>	<b>65,23</b>	<b>72,41</b>
Peso de agua	H=F-G	4,61	4,09	9,51	9,77	13,25	13,65	15,21	17,26
Peso del tarro	I	<b>12,03</b>	<b>20,08</b>	<b>18,76</b>	<b>20,87</b>	<b>18,65</b>	<b>20,48</b>	<b>12,16</b>	<b>11,12</b>
Peso del suelo seco	J=G-I	62,96	58,48	66,85	68,45	60,44	64,52	53,07	61,29
Contenido de agua	K=H/J	7,32%	6,99%	14,23%	14,27%	21,92%	21,16%	28,66%	28,16%
Contenido de agua promedio	L	7,16%		14,25%		21,54%		28,41%	
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	M	<b>1.292</b>	<b>1.582</b>	<b>1.585</b>	<b>1.585</b>	<b>1.585</b>	<b>1.329</b>	<b>1.329</b>

El gráfico muestra la relación entre la densidad seca (en kg/cm³) y la humedad (en %) para el ensayo Proctor Modificado. La curva es parabólica y se abre hacia abajo. El punto de máxima densidad seca se encuentra en una humedad de 18,10% y una densidad de 1,620 kg/cm³. Los datos experimentales se muestran como puntos azules conectados por una línea roja, y una línea azul representa la curva teórica de ajuste.

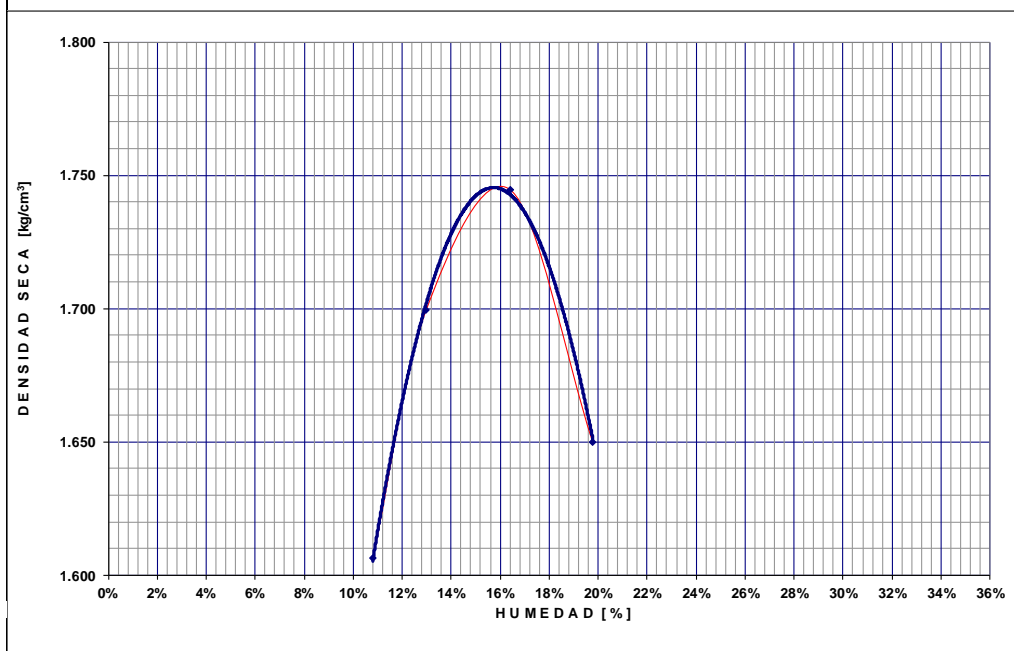
Densidad Máxima:	1.620 kg/cm <sup>3</sup>	Humedad óptima:	18,10%
------------------	--------------------------	-----------------	--------

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

<b>PROYECTO:</b> _____		<b>FECHA:</b> 06-abril-2015	
<b>UBICACIÓN:</b> P-2		<b>CONTRATISTA:</b> _____	
<b>PROCEDENCIA:</b> KM 0+500		<b>USO:</b> Estudio	
<b>ANEXO:</b>		<b>LAB:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard <input type="text"/>	AASHO: T-99 -74	
	Modificado <input type="text" value="XXXXXX"/>	AASHO: T-180 - 74	

**RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
<b>Molde No.</b>		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	180	270	360	450				
	%	6	9	12	15				
Peso suelo húmedo + molde	A	5.871	6.002	6.106	6.055				
Peso del molde	B	4.205	4.205	4.205	4.205				
Peso suelo húmedo	C=A-B	1.666	1.797	1.901	1.850				
Volumen del molde	D	936	936	936	936				
Densidad húmeda	E=C/D	1.780	1.920	2.031	1.976				
<b>Tarro No.</b>		301	8,5	L24	119	120	209	577	107
Tarro + suelo húmedo	F	40,61	52,46	41,65	43,11	64,52	56,25	49,70	50,94
Tarro + suelo seco	G	37,68	49,29	38,94	40,13	57,82	50,55	44,38	45,32
Peso de agua	H=F-G	2,93	3,17	2,71	2,98	6,70	5,70	5,32	5,62
Peso del tarro	I	11,60	18,67	17,98	17,24	16,65	16,18	15,27	18,93
Peso del suelo seco	J=G-I	26,08	30,62	20,96	22,89	41,17	34,37	29,11	26,39
Contenido de agua	K=H/J	11,23%	10,35%	12,93%	13,02%	16,27%	16,58%	18,28%	21,30%
Contenido de agua promedio	L	10,79%		12,97%		16,43%		19,79%	
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	M	1.607	1.699	1.744	1.744		1.650	

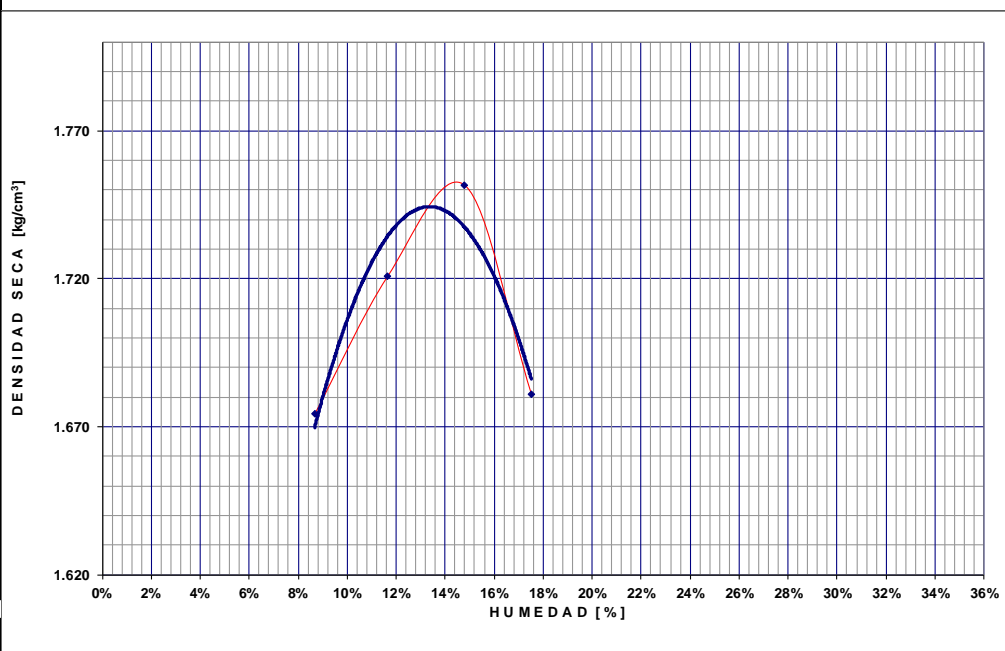


**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

<b>PROYECTO:</b> _____	<b>FECHA:</b> 06-abril-2015
<b>UBICACIÓN:</b> P-3	<b>CONTRATISTA:</b> _____
<b>PROCEDENCIA:</b> KM 1+000	<b>USO:</b> Estudio
<b>ANEXO:</b>	<b>LAB:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard <input type="checkbox"/> AASHTO: T-99 -74
	Modificado <input checked="" type="checkbox"/> AASHTO: T-180 - 74

**RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
<b>Molde No.</b>		A	A	A	A				
Aqua aumentada	cc	180	270	360	450				
	%	6	9	12	15				
Peso suelo húmedo + molde	A	5.908	6.003	6.087	6.054				
Peso del molde	B	4.205	4.205	4.205	4.205				
Peso suelo húmedo	C=A-B	1.703	1.798	1.882	1.849				
Volumen del molde	D	936	936	936	936				
Densidad húmeda	E=C/D	1.819	1.921	2.011	1.975				
<b>Tarro No.</b>		666	210	L29	215	L7	C9	Z1	L21
Tarro + suelo húmedo	F	58,41	54,28	48,60	40,88	56,38	40,69	59,24	59,87
Tarro + suelo seco	G	55,22	51,33	45,39	37,86	51,62	36,82	53,18	53,66
Peso de agua	H=F-G	3,19	2,95	3,21	3,02	4,76	3,87	6,06	6,21
Peso del tarro	I	16,98	18,51	17,95	11,76	18,55	11,35	18,26	18,52
Peso del suelo seco	J=G-I	38,24	32,82	27,44	26,10	33,07	25,47	34,92	35,14
Contenido de agua	K=H/J	8,34%	8,99%	11,70%	11,57%	14,39%	15,19%	17,35%	17,67%
Contenido de agua promedio	L	8,67%		11,63%		14,79%		17,51%	
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	M	1.674	1.721	1.752	1.681			

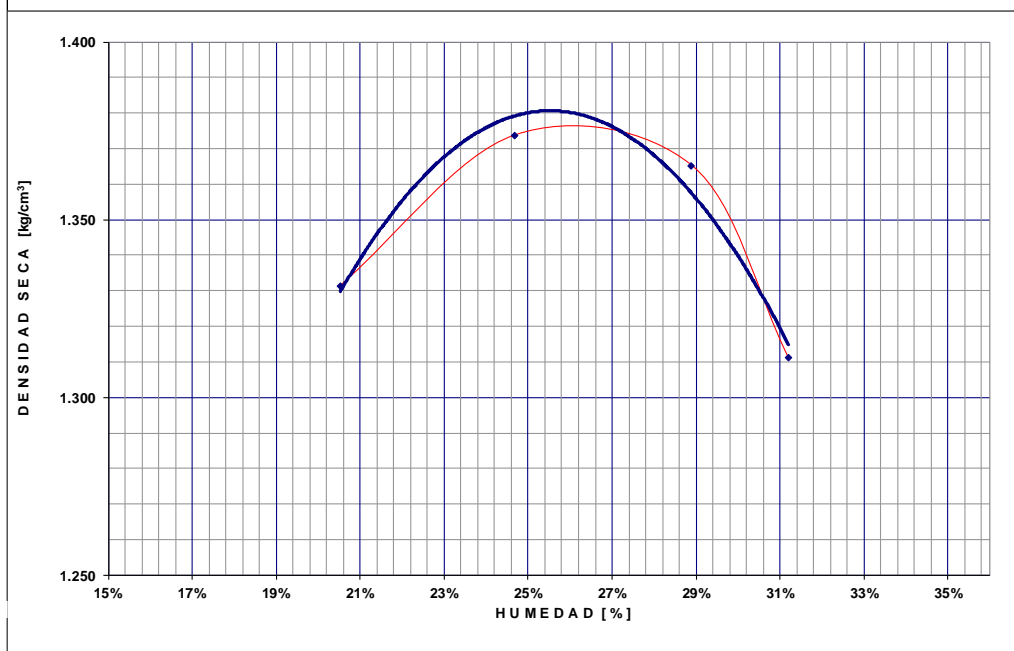


**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

<b>PROYECTO:</b> _____	<b>FECHA:</b> 06-abril-2015
<b>UBICACIÓN:</b> P-4	<b>CONTRATISTA:</b> _____
<b>PROCEDENCIA:</b> KM 1+500	<b>USO:</b> Estudio
<b>ANEXO:</b>	<b>LAB:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard <input type="checkbox"/> AASHO: T-99 - 74
	Modificado <input checked="" type="checkbox"/> AASHO: T-180 - 74

**RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
<b>Molde No.</b>		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	270	360	450	540				
	%	9	12	15	18				
Peso suelo húmedo + molde	A	5.707	5.808	5.852	5.815				
Peso del molde	B	4.205	4.205	4.205	4.205				
Peso suelo húmedo	C=A-B	1.502	1.603	1.647	1.610				
Volumen del molde	D	936	936	936	936				
Densidad húmeda	E=C/D	1.605	1.713	1.760	1.720				
<b>Tarro No.</b>		4A-3	E15	S35	C4	105	L25	207	A10
Tarro + suelo húmedo	F	45,53	49,42	38,73	27,70	36,27	36,05	39,84	41,27
Tarro + suelo seco	G	41,23	43,73	34,73	24,57	31,79	31,84	34,40	35,71
Peso de agua	H=F-G	4,30	5,69	4,00	3,13	4,48	4,21	5,44	5,56
Peso del tarro	I	18,15	18,35	18,71	11,73	16,57	16,99	17,18	17,66
Peso del suelo seco	J=G-I	23,08	25,38	16,02	12,84	15,22	14,85	17,22	18,05
Contenido de agua	K=H/J	18,63%	22,42%	24,97%	24,38%	29,43%	28,35%	31,59%	30,80%
<b>Contenido de agua promedio</b>	L	20,53%		24,67%		28,89%		31,20%	
<b>Densidad seca</b>	g/cm <sup>3</sup>	M	1.331	1.374	1.365	1.311			



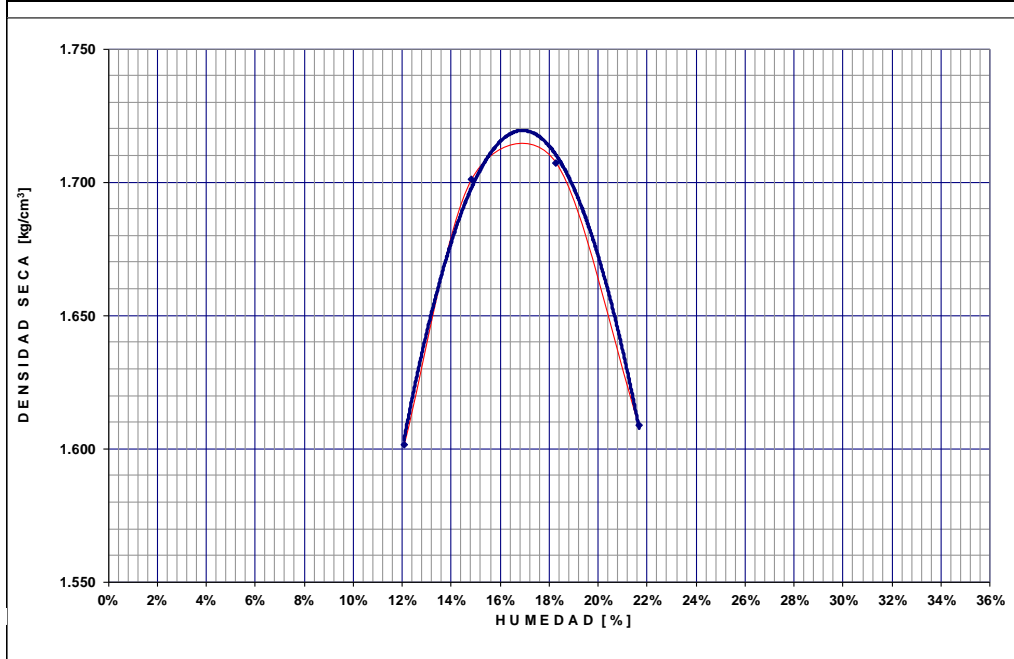
<b>Densidad Máxima:</b>	1.377 kg/cm <sup>3</sup>	<b>Humedad óptima:</b>	26,00%
-------------------------	--------------------------	------------------------	--------

### LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

<b>PROYECTO:</b> VIA LA CHIMBA- CAYAMBE <b>UBICACIÓN:</b> 5 <b>PROCEDENCIA:</b> KM 2+000 <b>ANEXO:</b>	<b>FECHA:</b> 06-abril-2015 <b>CONTRATISTA:</b> USO: Estudio LAB: Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard <input type="text"/> AASHO: T-99 -74 Modificado <input type="text" value="xxxxxx"/> AASHO: T-180 - 74

#### RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	180	270	360	450				
	%	6	9	12	15				
Peso suelo húmedo + molde	A	5.885	6.033	6.095	6.037				
Peso del molde	B	4.205	4.205	4.205	4.205				
Peso suelo húmedo	C=A-B	1.680	1.828	1.890	1.832				
Volumen del molde	D	936	936	936	936				
Densidad húmeda	E=C/D	1.795	1.953	2.019	1.957				
Tarro No.		2D	202	M48	302	137	W2	L30	L19
Tarro + suelo húmedo	F	55,86	55,95	47,56	58,25	56,56	52,34	56,62	51,49
Tarro + suelo seco	G	51,63	51,74	42,92	53,12	50,31	47,06	49,83	45,31
Peso de agua	H=F-G	4,23	4,21	4,64	5,13	6,25	5,28	6,79	6,18
Peso del tarro	I	16,73	16,68	11,72	18,37	16,70	17,66	18,38	16,90
Peso del suelo seco	J=G-I	34,90	35,06	31,20	34,75	33,61	29,40	31,45	28,41
Contenido de agua	K=H/J	12,12%	12,01%	14,87%	14,76%	18,60%	17,96%	21,59%	21,75%
Contenido de agua promedio	L	12,06%		14,82%		18,28%		21,67%	
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	M	1.602	1.701	1.707	1.707		1.609	



**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

<b>PROYECTO:</b> _____		<b>FECHA:</b> 06-abril-2015	
<b>UBICACIÓN:</b> P-6		<b>CONTRATISTA:</b> _____	
<b>PROCEDENCIA:</b> KM 2+500		<b>USO:</b> Estudio	
<b>ANEXO:</b>		<b>LAB:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard	<input type="text" value=""/>	AASHO: T-99 -74
	Modificado	<input type="text" value="xxxxxx"/>	AASHO: T-180 - 74
<b>RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>			
<b>No. de Capas</b>	<b>Golpes por capa</b>	<b>Peso Martillo</b>	<b>Altura caída</b>
5	56	10lb	18"
<b>PESO INICIAL DE LA MUESTRA</b>			
6000 g			
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>			
		1	2
		3	4
<b>Molde No.</b>		A	A
Agua aumentada	cc	180	270
	%	6	9
Peso suelo húmedo + molde	A	5.881	6.073
Peso del molde	B	4.205	4.205
Peso suelo húmedo	C=A-B	1.676	1.868
Volumen del molde	D	936	936
Densidad húmeda	E=C/D	1.791	1.996
		2.052	1.980
<b>Tarro No.</b>		116	119
Tarro + suelo húmedo	F	55,41	53,20
Tarro + suelo seco	G	50,71	48,89
Peso de agua	H=F-G	4,70	4,31
Peso del tarro	I	16,78	17,25
Peso del suelo seco	J=G-I	33,93	31,64
Contenido de agua	K=H/J	13,85%	13,62%
<b>Contenido de agua promedio</b>	L	13,74%	18,02%
<b>Densidad seca</b>	M	1.574	1.691
		1.703	1.591

The graph plots Dry Density (kg/cm³) on the y-axis (ranging from 1.550 to 1.750) against Moisture Content (%) on the x-axis (ranging from 0% to 36%). A single data point is plotted at approximately (20.5%, 1.703 kg/cm³). A vertical line is drawn from the peak of the curve at 19.90% moisture content, and a horizontal line is drawn from the corresponding dry density of 1.705 kg/cm³ on the y-axis.

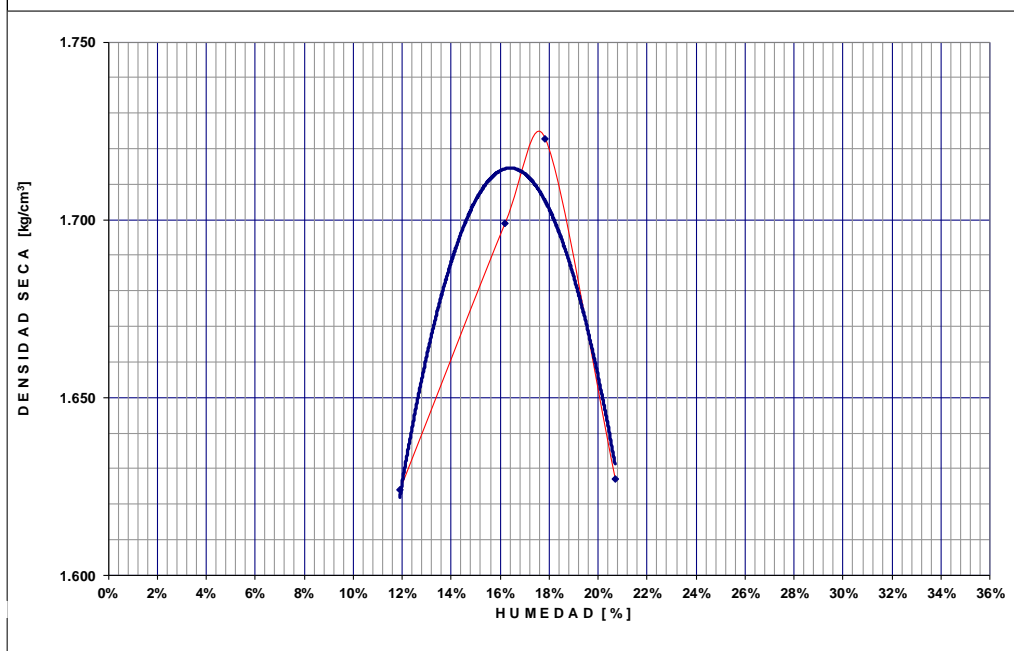
<b>Densidad Máxima:</b>	1.705 kg/cm³	<b>Humedad óptima:</b>	19,90%
-------------------------	--------------	------------------------	--------

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

<b>PROYECTO:</b> _____		<b>FECHA:</b> 06-abril-2015	
<b>UBICACIÓN:</b> P-07		<b>CONTRATISTA:</b> _____	
<b>PROCEDECENCIA:</b> KM 3+000		<b>USO:</b> Estudio	
<b>ANEXO:</b>		<b>LAB:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard	<input type="text" value=""/>	AASHO: T-99 - 74
	Modificado	<input type="text" value="xxxxxx"/>	AASHO: T-180 - 74

**RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	180	270	360	450				
	%	6	9	12	15				
Peso suelo húmedo + molde	A	5.906	6.053	6.105	6.043				
Peso del molde	B	4.205	4.205	4.205	4.205				
Peso suelo húmedo	C=A-B	1.701	1.848	1.900	1.838				
Volumen del molde	D	936	936	936	936				
Densidad húmeda	E=C/D	1.817	1.974	2.030	1.964				
Tarro No.		62	302	M7	L24	A10	230	L7X	W10
Tarro + suelo húmedo	F	54,32	50,38	50,88	45,37	49,09	47,40	54,06	57,16
Tarro + suelo seco	G	50,65	46,99	46,30	41,58	44,33	41,98	48,11	50,29
Peso de agua	H=F-G	3,67	3,39	4,58	3,79	4,76	5,42	5,95	6,87
Peso del tarro	I	19,95	18,37	18,28	17,97	17,66	11,57	17,97	18,53
Peso del suelo seco	J=G-I	30,70	28,62	28,02	23,61	26,67	30,41	30,14	31,76
Contenido de agua	K=H/J	11,95%	11,84%	16,35%	16,05%	17,85%	17,82%	19,74%	21,63%
Contenido de agua promedio	L	11,90%		16,20%		17,84%		20,69%	
Densidad seca	M	1.624		1.699		1.723		1.627	

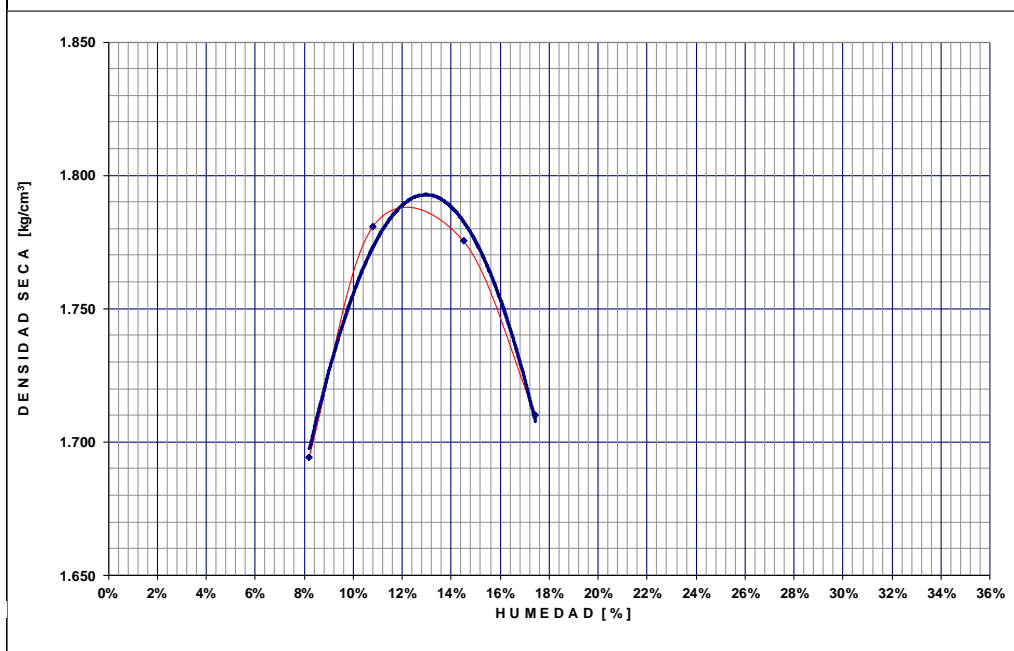


**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

<b>PROYECTO:</b> _____		<b>FECHA:</b> 06-abril-2015	
<b>UBICACIÓN:</b> P-8		<b>CONTRATISTA:</b> _____	
<b>PROCEDENCIA:</b> KM 3+500		<b>USO:</b> Estudio	
<b>ANEXO:</b>		<b>LAB:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard <input type="text"/>	AASHO: T-99 -74	
	Modificado <input type="text" value="XXXXXX"/>	AASHO: T-180 - 74	

**RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	180	270	360	450				
	%	6	9	12	15				
Peso suelo húmedo + molde	A	5.921	6.052	6.108	6.085				
Peso del molde	B	4.205	4.205	4.205	4.205				
Peso suelo húmedo	C=A-B	1.716	1.847	1.903	1.880				
Volumen del molde	D	936	936	936	936				
Densidad húmeda	E=C/D	1.833	1.973	2.033	2.009				
Tarro No.		W2	TES	S4	L10	C5	SN1	209	
Tarro + suelo húmedo	F	50,99	46,87	58,04	51,06	53,30	53,53	44,10	41,88
Tarro + suelo seco	G	48,46	44,54	54,26	47,87	48,90	49,02	40,11	38,15
Peso de agua	H=F-G	2,53	2,33	3,78	3,19	4,40	4,51	3,99	3,73
Peso del tarro	I	17,65	16,21	19,08	18,55	18,19	18,31	17,83	16,19
Peso del suelo seco	J=G-I	30,81	28,33	35,18	29,32	30,71	30,71	22,28	21,96
Contenido de agua	K=H/J	8,21%	8,22%	10,74%	10,88%	14,33%	14,69%	17,91%	16,99%
Contenido de agua promedio	L	8,22%		10,81%		14,51%		17,45%	
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	M	1.694	1.781	1.776	1.710			



Densidad Máxima:	1.792 kg/cm <sup>3</sup>	Humedad óptima:	13,00%
------------------	--------------------------	-----------------	--------

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

<b>PROYECTO:</b> _____		<b>FECHA:</b> 06-abril-2015	
<b>UBICACIÓN:</b> P-9		<b>CONTRATISTA:</b> _____	
<b>PROCEDECENCIA:</b> KM 4+000		<b>USO:</b> Estudio	
<b>ANEXO:</b>		<b>LAB:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard	<input type="text" value=""/>	AASHO: T-99 - 74
	Modificado	<input type="text" value="xxxxxx"/>	AASHO: T-180 - 74

RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD				
<b>No. de Capas</b>	<b>Golpes por capa</b>	<b>Peso Martillo</b>	<b>Altura caída</b>	<b>PESO INICIAL DE LA MUESTRA</b>
<b>5</b>	<b>56</b>	<b>10lb</b>	<b>18"</b>	<b>6000 g</b>

<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>				
<b>Molde No.</b>		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	180	270	360	450				
	%	6	9	12	15				
Peso suelo húmedo + molde	A	5.861	5.998	6.064	6.013				
Peso del molde	B	4.205	4.205	4.205	4.205				
Peso suelo húmedo	C=A-B	1.656	1.793	1.859	1.808				
Volumen del molde	D	936	936	936	936				
Densidad húmeda	E=C/D	1.769	1.916	1.986	1.932				
<b>Tarro No.</b>		<b>137</b>	<b>57</b>	<b>N8</b>	<b>L19</b>	<b>E8</b>	<b>L51</b>	<b>125</b>	<b>159</b>
Tarro + suelo húmedo	F	48,65	58,36	54,90	57,47	60,10	58,15	51,72	53,03
Tarro + suelo seco	G	44,96	53,60	49,87	51,93	53,27	51,68	45,21	46,36
Peso de agua	H=F-G	3,69	4,76	5,03	5,54	6,83	6,47	6,51	6,67
Peso del tarro	I	16,69	18,40	18,23	16,85	18,19	18,00	16,53	16,93
Peso del suelo seco	J=G-I	28,27	35,20	31,64	35,08	35,08	33,68	28,68	29,43
Contenido de agua	K=H/J	13,05%	13,52%	15,90%	15,79%	19,47%	19,21%	22,70%	22,66%
<b>Contenido de agua promedio</b>	L	<b>13,29%</b>		<b>15,85%</b>		<b>19,34%</b>		<b>22,68%</b>	
<b>Densidad seca</b>	M	<b>1.562</b>		<b>1.654</b>		<b>1.664</b>		<b>1.575</b>	

The graph plots Dry Density (DENSIDAD SECA) in kg/cm³ on the y-axis (ranging from 1.550 to 1.750) against Moisture (HUMEDAD) in % on the x-axis (ranging from 0% to 36%). A parabolic curve is drawn through several data points, peaking at approximately 18% moisture and 1.670 kg/cm³ dry density. A red vertical line marks the peak at 18.00% moisture.

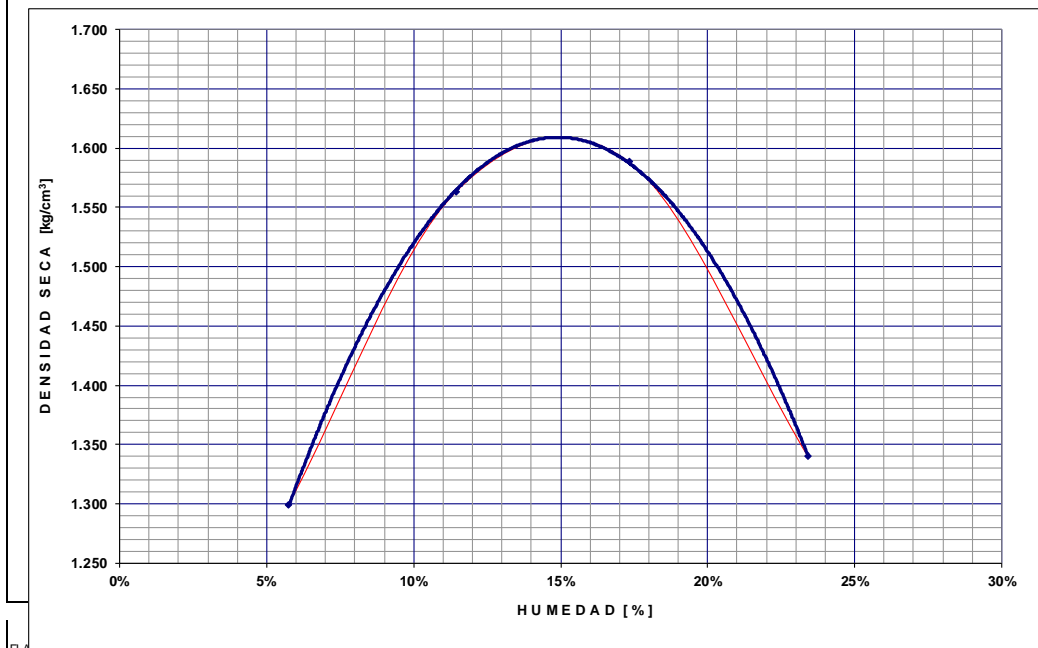
<b>Densidad Máxima:</b>	<b>1.670 kg/cm³</b>	<b>Humedad óptima:</b>	<b>18,00%</b>
-------------------------	---------------------	------------------------	---------------

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

<b>PROYECTO:</b> 4+500 <b>UBICACIÓN:</b> <b>PROCEDENCIA:</b> Muestra 10 <b>ANEXO:</b>	<b>FECHA:</b> 24-abr.-15 <b>CONTRATISTA:</b> <b>USO:</b> Tesis <b>LAB:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard <input type="text"/> AASHO: T-99 -74 Modificado <input type="text" value="XXXXXX"/> AASHO: T-180 - 74

**RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
<b>Molde No.</b>		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	360	720	1.080				
	%	0	6	12	18				
Peso suelo húmedo + molde	A	9.387	10.174	10.433	9.984				
Peso del molde	B	6.457	6.457	6.457	6.457				
Peso suelo húmedo	C=A-B	2.930	3.717	3.976	3.527				
Volumen del molde	D	2.133	2.133	2.133	2.133				
Densidad húmeda	E=C/D	1.374	1.743	1.864	1.654				
<b>Tarro No.</b>		L	ML-5	L-23	M-16	V-3	R-3	G-1	AL-16
Tarro + suelo húmedo	F	62,34	67,89	71,23	78,56	90,42	92,09	99,86	95,43
Tarro + suelo seco	G	60,12	65,23	66,08	72,45	80,08	81,43	84,87	80,98
Peso de agua	H=F-G	2,22	2,66	5,15	6,11	10,34	10,66	14,99	14,45
Peso del tarro	I	20,28	20,40	20,12	20,20	20,22	20,22	20,48	19,63
Peso del suelo seco	J=G-I	39,84	44,83	45,96	52,25	59,86	61,21	64,39	61,35
Contenido de agua	K=H/J	5,57%	5,93%	11,21%	11,69%	17,27%	17,42%	23,28%	23,55%
<b>Contenido de agua promedio</b>	L	5,75%		11,45%		17,34%		23,42%	
<b>Densidad seca</b>	g/cm <sup>3</sup>	M	1.299	1.564	1.589	1.340			



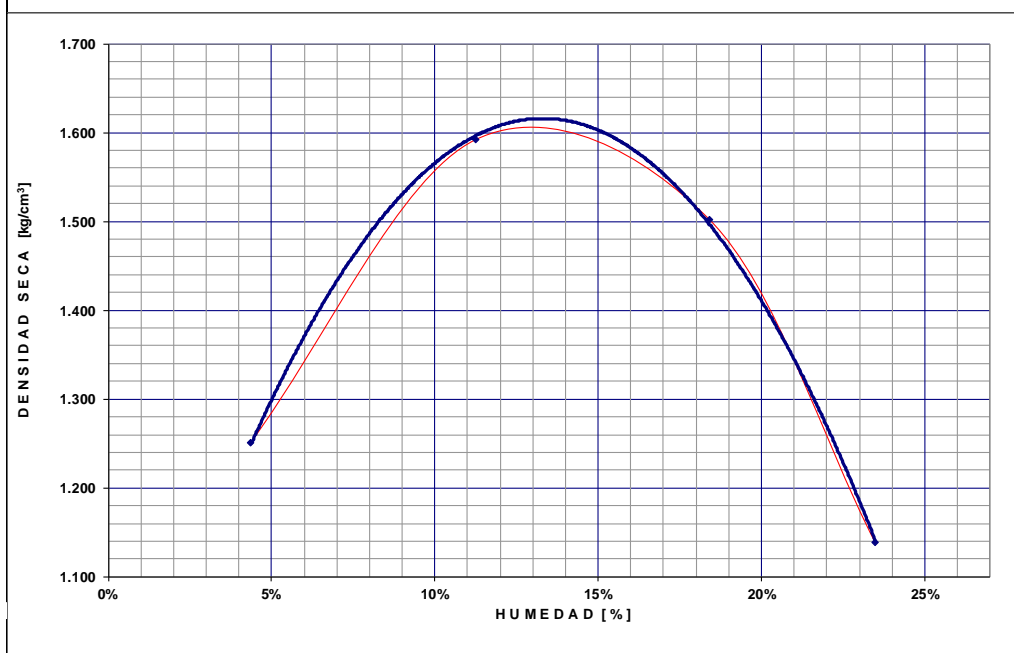
<b>Densidad Máxima:</b>	1.612 kg/cm <sup>3</sup>	<b>Humedad óptima:</b>	15,04%
-------------------------	--------------------------	------------------------	--------

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

PROYECTO: 5+000	FECHA: 24-abr.-15
UBICACIÓN:	CONTRATISTA:
PROCEDENCIA: Muestra 11	USO: Tesis
ANEXO:	LAB: Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard <input type="text"/> AASHTO: T-99 -74
	Modificado <input type="text" value="xxxxxx"/> AASHTO: T-180 - 74

**RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	420	840	1.260				
	%	0	7	14	21				
Peso suelo húmedo + molde	A	9.242	10.234	10.250	9.456				
Peso del molde	B	6.457	6.457	6.457	6.457				
Peso suelo húmedo	C=A-B	2.785	3.777	3.793	2.999				
Volumen del molde	D	2.133	2.133	2.133	2.133				
Densidad húmeda	E=C/D	1.306	1.771	1.778	1.406				
Tarro No.		A-12	D5-7	QT	33	ML-20	T-1	O5	OP-7
Tarro + suelo húmedo	F	88,43	90,24	78,61	80,54	96,76	90,41	88,46	93,25
Tarro + suelo seco	G	85,43	87,52	72,52	74,35	84,97	79,34	75,41	79,47
Peso de agua	H=F-G	3,00	2,72	6,09	6,19	11,79	11,07	13,05	13,78
Peso del tarro	I	20,32	21,80	18,76	18,95	20,40	19,80	20,50	20,09
Peso del suelo seco	J=G-I	65,11	65,72	53,76	55,40	64,57	59,54	54,91	59,38
Contenido de agua	K=H/J	4,61%	4,14%	11,33%	11,17%	18,26%	18,59%	23,77%	23,21%
Contenido de agua promedio	L	4,37%		11,25%		18,43%		23,49%	
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	M	1.251	1.592	1.502	1.139			



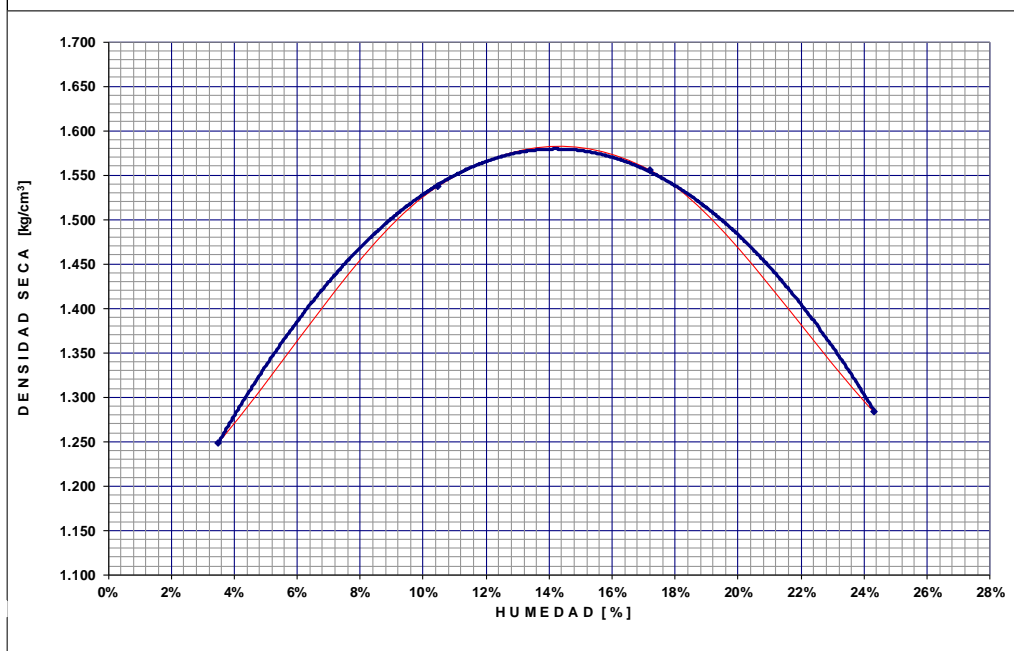
Densidad Máxima:	1.625 kg/cm <sup>3</sup>	Humedad óptima:	13,20%
------------------	--------------------------	-----------------	--------

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

PROYECTO: 5+500	FECHA: 24-abr.-15
UBICACIÓN:	CONTRATISTA:
PROCEDENCIA: Muestra 12	USO: Tesis
ANEXO:	LAB: Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard <input type="checkbox"/> AASHO: T-99 -74 Modificado <input checked="" type="checkbox"/> AASHO: T-180 - 74

**RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

No. de Capas <b>5</b>	Golpes por capa <b>56</b>	Peso Martillo <b>10lb</b>	Altura caída <b>18"</b>	PESO INICIAL DE LA MUESTRA <b>6000 g</b>					
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	420	840	1.260				
	%	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>21</b>				
Peso suelo húmedo + molde	A	<b>9.214</b>	<b>10.078</b>	<b>10.346</b>	<b>9.861</b>				
Peso del molde	B	<b>6.457</b>	<b>6.457</b>	<b>6.457</b>	<b>6.457</b>				
Peso suelo húmedo	C=A-B	2.757	3.621	3.889	3.404				
Volumen del molde	D	<b>2.133</b>	<b>2.133</b>	<b>2.133</b>	<b>2.133</b>				
Densidad húmeda	E=C/D	1.293	1.698	1.823	1.596				
Tarro No.		<b>ML-16</b>	<b>QY-12</b>	<b>5</b>	<b>H</b>	<b>10</b>	<b>BA-37</b>	<b>AB</b>	<b>MO-18</b>
Tarro + suelo húmedo	F	<b>73,48</b>	<b>77,22</b>	<b>96,91</b>	<b>99,84</b>	<b>102,43</b>	<b>110,45</b>	<b>99,61</b>	<b>98,54</b>
Tarro + suelo seco	G	<b>71,56</b>	<b>75,43</b>	<b>89,76</b>	<b>92,11</b>	<b>90,56</b>	<b>97,00</b>	<b>84,02</b>	<b>83,25</b>
Peso de agua	H=F-G	1,92	1,79	7,15	7,73	11,87	13,45	15,59	15,29
Peso del tarro	I	<b>20,40</b>	<b>19,94</b>	<b>20,30</b>	<b>19,37</b>	<b>21,32</b>	<b>18,95</b>	<b>19,76</b>	<b>20,58</b>
Peso del suelo seco	J=G-I	51,16	55,49	69,46	72,74	69,24	78,05	64,26	62,67
Contenido de agua	K=H/J	3,75%	3,23%	10,29%	10,63%	17,14%	17,23%	24,26%	24,40%
Contenido de agua promedio	L	<b>3,49%</b>		<b>10,46%</b>		<b>17,19%</b>		<b>24,33%</b>	
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	M	<b>1.249</b>	<b>1.537</b>	<b>1.556</b>	<b>1.556</b>		<b>1.284</b>	



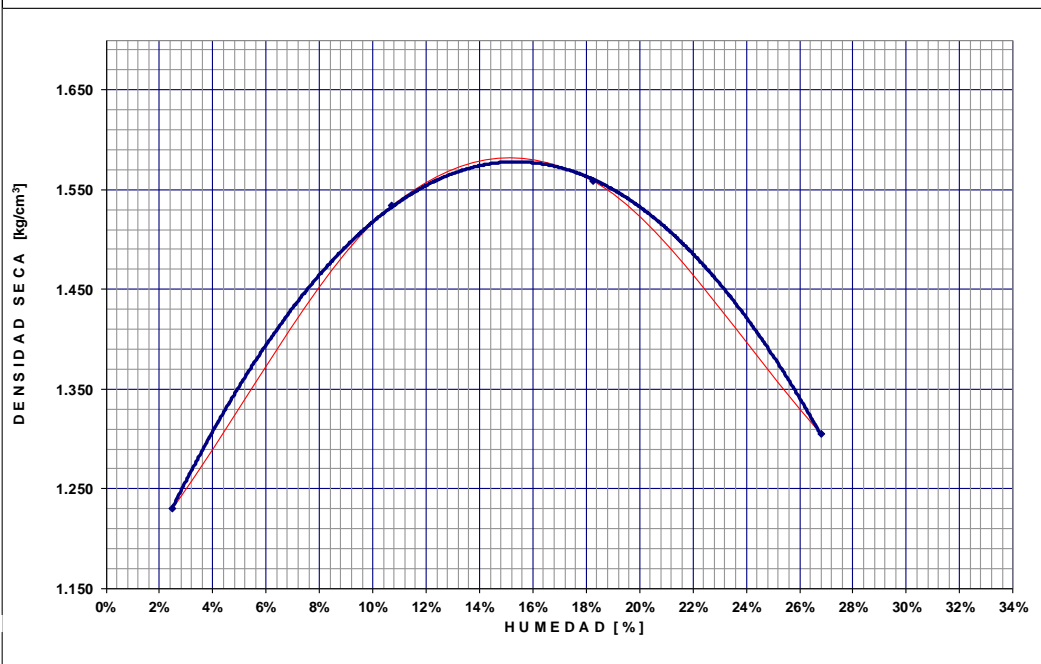
Densidad Máxima:	1.595 kg/cm <sup>3</sup>	Humedad óptima:	14,60%
------------------	--------------------------	-----------------	--------

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

<b>PROYECTO:</b> 6+000	<b>FECHA:</b> 24-abr.-15
<b>UBICACIÓN:</b>	<b>CONTRATISTA:</b>
<b>PROCEDENCIA:</b> Muestra 13	<b>USO:</b> Tesis
<b>ANEXO:</b>	<b>LAB:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard <input type="text"/> AASHO: T-99 -74
	Modificado <input type="text" value="xxxxxx"/> AASHO: T-180 - 74

**RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
<b>Molde No.</b>		A	A	A	A	A	A	A	A
Agua aumentada	cc	0	480	960	1,440	1,440	1,440	1,440	1,440
	%	0	8	16	24	24	24	24	24
Peso suelo húmedo + molde	A	9.145	10.078	10.389	9.986	9.986	9.986	9.986	9.986
Peso del molde	B	6.457	6.457	6.457	6.457	6.457	6.457	6.457	6.457
Peso suelo húmedo	C=A-B	2.688	3.621	3.932	3.529	3.529	3.529	3.529	3.529
Volumen del molde	D	2.133	2.133	2.133	2.133	2.133	2.133	2.133	2.133
Densidad húmeda	E=C/D	1.260	1.698	1.843	1.654	1.654	1.654	1.654	1.654
<b>Tarro No.</b>		B-6	B-13	TP-22	TP-23	10	S	OP-7	W-5
Tarro + suelo húmedo	F	83,29	90,15	98,67	95,43	109,56	102,38	112,34	116,09
Tarro + suelo seco	G	81,67	88,42	90,78	88,32	96,00	89,67	92,77	95,89
Peso de agua	H=F-G	1,62	1,73	7,89	7,11	13,56	12,71	19,57	20,20
Peso del tarro	I	17,20	17,28	18,70	20,12	21,32	20,30	20,09	20,14
Peso del suelo seco	J=G-I	64,47	71,14	72,08	68,20	74,68	69,37	72,68	75,75
Contenido de agua	K=H/J	2,51%	2,43%	10,95%	10,43%	18,16%	18,32%	26,93%	26,67%
Contenido de agua promedio	L	2,47%	10,69%	18,24%	26,80%	26,80%	26,80%	26,80%	26,80%
Densidad seca	M	1,230	1,534	1,559	1,305	1,305	1,305	1,305	1,305



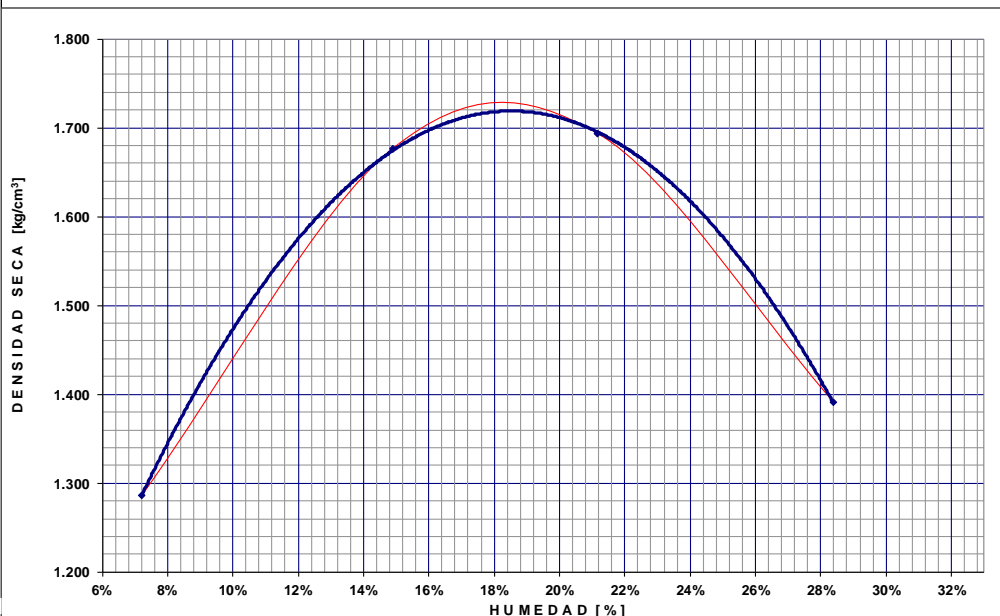
<b>Densidad Máxima:</b>	1.598 kg/cm <sup>3</sup>	<b>Humedad óptima:</b>	15,20%
-------------------------	--------------------------	------------------------	--------

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

<b>PROYECTO:</b>		<b>FECHA:</b> 06-abril-2015
<b>UBICACIÓN:</b> P-14		<b>CONTRATISTA:</b>
<b>PROCEDENCIA:</b> KM 6+500		<b>USO:</b> Estudio
<b>ANEXO:</b>		<b>LAB:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard	AASHO: T-99 - 74
	Modificado	AASHO: T-180 - 74

**RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>				
<b>Molde No.</b>		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	420	840	1.260				
	%	0	7	14	21				
Peso suelo húmedo + molde	A	9.398	10.565	10.833	10.267				
Peso del molde	B	6.457	6.457	6.457	6.457				
Peso suelo húmedo	C=A-B	2.941	4.108	4.376	3.810				
Volumen del molde	D	2.133	2.133	2.133	2.133				
Densidad húmeda	E=C/D	1.379	1.926	2.052	1.786				
<b>Tarro No.</b>		LM-1	LC-12	LC-23	LJ-8	LL-11	LM-7	LM-13	LM-21
Tarro + suelo húmedo	F	96,12	92,65	96,33	96,89	92,33	99,85	107,64	112,33
Tarro + suelo seco	G	90,56	87,83	86,56	87,09	79,77	86,00	88,23	92,00
Peso de agua	H=F-G	5,56	4,82	9,77	9,80	12,56	13,85	19,41	20,33
Peso del tarro	I	14,40	20,16	20,12	22,12	21,08	19,80	19,10	21,13
Peso del suelo seco	J=G-I	76,16	67,67	66,44	64,97	58,69	66,20	69,13	70,87
Contenido de agua	K=H/J	7,30%	7,12%	14,70%	15,08%	21,40%	20,92%	28,08%	28,69%
<b>Contenido de agua promedio</b>	L	7,21%	14,89%	21,16%	28,38%				
<b>Densidad seca</b>	g/cm <sup>3</sup>	M	1.286	1.676	1.693	1.391			



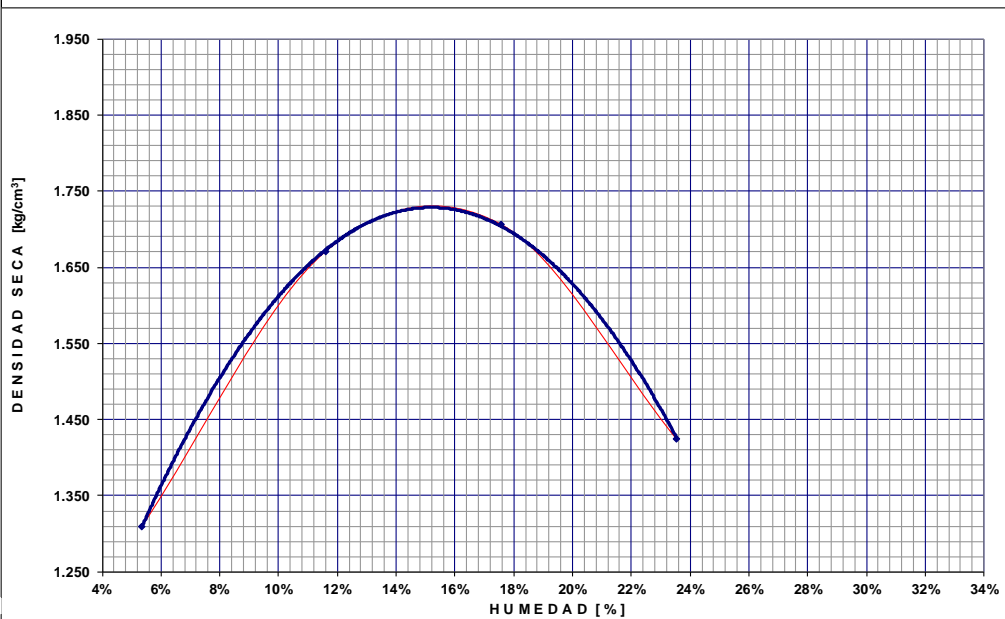
<b>Densidad Máxima:</b>	1.719 kg/cm <sup>3</sup>	<b>Humedad óptima:</b>	18,52%
-------------------------	--------------------------	------------------------	--------

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

<b>PROYECTO:</b> Via La Chimba - Cayambe	<b>FECHA:</b> 06-abril-2015
<b>UBICACIÓN:</b> P-15 7+000	<b>CONTRATISTA:</b>
<b>PROCEDENCIA:</b>	<b>USO:</b> Estudio
<b>ANEXO:</b>	<b>LAB:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard <input type="checkbox"/> AASHO: T-99 - 74
	Modificado <input checked="" type="checkbox"/> AASHO: T-180 - 74

**RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>				
<b>Molde No.</b>		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	360	720	1.080				
	%	0	6	12	18				
Peso suelo húmedo + molde	A	9.399	10.433	10.736	10.211				
Peso del molde	B	6.457	6.457	6.457	6.457				
Peso suelo húmedo	C=A-B	2.942	3.976	4.279	3.754				
Volumen del molde	D	2.133	2.133	2.133	2.133				
Densidad húmeda	E=C/D	1.379	1.864	2.006	1.760				
<b>Tarro No.</b>		<b>R-3</b>	<b>T-11</b>	<b>D-16</b>	<b>4</b>	<b>OR-7</b>	<b>ML-T</b>	<b>HC</b>	<b>JL-4</b>
Tarro + suelo húmedo	F	102,33	110,34	67,62	90,84	99,82	91,43	99,05	99,65
Tarro + suelo seco	G	98,00	106,00	62,09	83,23	88,03	80,45	83,76	84,56
Peso de agua	H=F-G	4,33	4,34	5,53	7,61	11,79	10,98	15,29	15,09
Peso del tarro	I	20,22	21,08	13,29	19,07	20,04	18,78	19,45	19,88
Peso del suelo seco	J=G-I	77,78	84,92	48,80	64,16	67,99	61,67	64,31	64,68
Contenido de agua	K=H/J	5,57%	5,11%	11,33%	11,86%	17,34%	17,80%	23,78%	23,33%
Contenido de agua promedio	L	5,34%	11,60%	17,57%	23,55%				
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	M	1.309	1.670	1.706	1.424			



Densidad Máxima: 1.728 kg/cm<sup>3</sup>

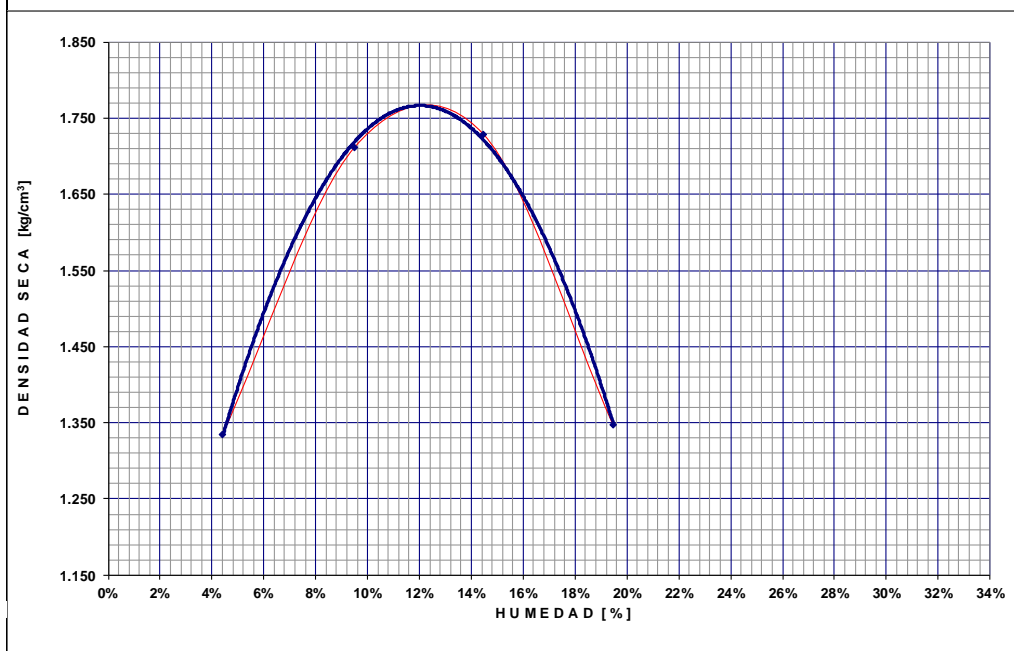
Humedad óptima: 15,19%

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

<b>PROYECTO:</b> _____		<b>FECHA:</b> 06-abril-2015	
<b>UBICACIÓN:</b> P-16		<b>CONTRATISTA:</b> _____	
<b>PROCEDENCIA:</b> 7+500		<b>USO:</b> Estudio	
<b>ANEXO:</b>		<b>LAB:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard	<input type="text" value=""/>	AASHO: T-99 - 74
	Modificado	<input type="text" value="xxxxxx"/>	AASHO: T-180 - 74

**RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
<b>Molde No.</b>		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	300	600	900				
	%	0	5	10	15				
Peso suelo húmedo + molde	A	9.430	10.456	10.678	9.890				
Peso del molde	B	6.457	6.457	6.457	6.457				
Peso suelo húmedo	C=A-B	2.973	3.999	4.221	3.433				
Volumen del molde	D	2.133	2.133	2.133	2.133				
Densidad húmeda	E=C/D	1.394	1.875	1.979	1.609				
<b>Tarro No.</b>		PD	PD-3	PL	PL-21	LD	LD-13	LD-22	LD-24
Tarro + suelo húmedo	F	48,88	50,33	63,62	60,78	67,52	62,88	59,91	60,88
Tarro + suelo seco	G	47,54	48,63	59,64	56,44	60,67	56,48	52,23	52,87
Peso de agua	H=F-G	1,34	1,70	3,98	4,34	6,85	6,40	7,68	8,01
Peso del tarro	I	13,34	13,97	16,35	12,29	13,37	12,22	12,40	12,12
Peso del suelo seco	J=G-I	34,20	34,66	43,29	44,15	47,30	44,26	39,83	40,75
Contenido de agua	K=H/J	3,92%	4,90%	9,19%	9,83%	14,48%	14,46%	19,28%	19,66%
<b>Contenido de agua promedio</b>	L	4,41%		9,51%		14,47%		19,47%	
<b>Densidad seca</b>	g/cm <sup>3</sup>	M	1.335	1.712	1.729	1.347			

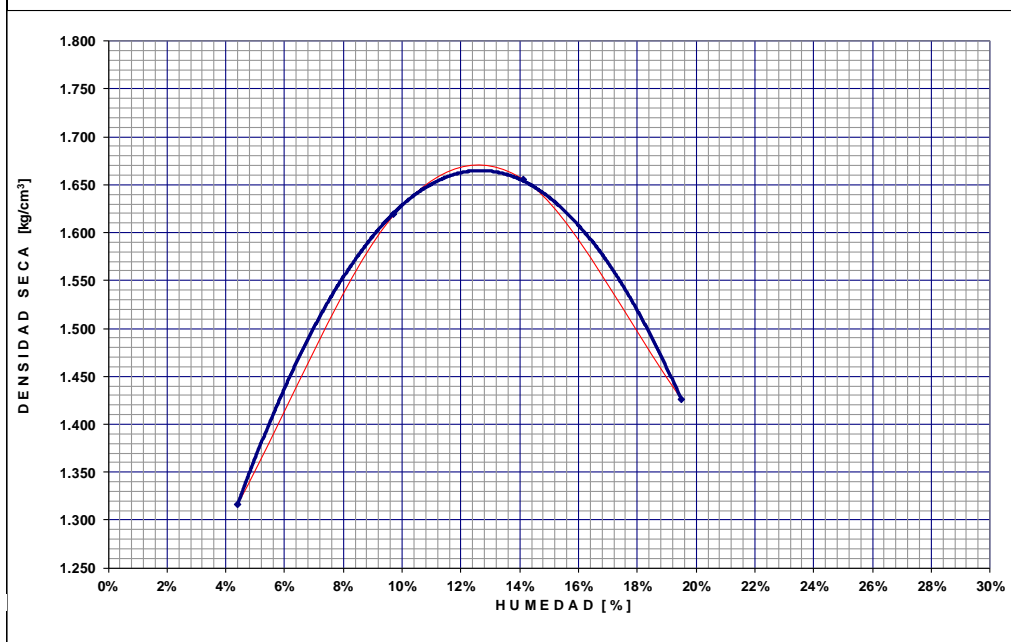


**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

<b>PROYECTO:</b> _____		<b>FECHA:</b> 06-abril-2015	
<b>UBICACIÓN:</b> KM 8+000		<b>CONTRATISTA:</b> _____	
<b>PROCEDENCIA:</b> _____		<b>USO:</b> Estudio	
<b>ANEXO:</b>		<b>LAB:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard	<input type="text" value=""/>	AASHTO: T-99 - 74
	Modificado	<input type="text" value="xxxxxx"/>	AASHTO: T-180 - 74

**RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	300	600	900				
	%	0	5	10	15				
Peso suelo húmedo + molde	A	9.387	10.246	10.487	10.092				
Peso del molde	B	6.457	6.457	6.457	6.457				
Peso suelo húmedo	C=A-B	2.930	3.789	4.030	3.635				
Volumen del molde	D	2.133	2.133	2.133	2.133				
Densidad húmeda	E=C/D	1.374	1.776	1.889	1.704				
Tarro No.		ML-5	QY-12	R-7	CDP	LM-12	B-35	F	A
Tarro + suelo húmedo	F	113,76	107,59	121,32	120,45	78,98	80,55	99,09	109,76
Tarro + suelo seco	G	109,98	103,76	112,34	111,65	70,56	72,21	86,00	95,12
Peso de agua	H=F-G	3,78	3,83	8,98	8,80	8,42	8,34	13,09	14,64
Peso del tarro	I	20,40	19,94	21,24	19,81	11,75	12,40	18,41	20,41
Peso del suelo seco	J=G-I	89,58	83,82	91,10	91,84	58,81	59,81	67,59	74,71
Contenido de agua	K=H/J	4,22%	4,57%	9,86%	9,58%	14,32%	13,94%	19,37%	19,60%
Contenido de agua promedio	L	4,39%		9,72%		14,13%		19,48%	
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	M	1.316	1.619	1.655	1.426			



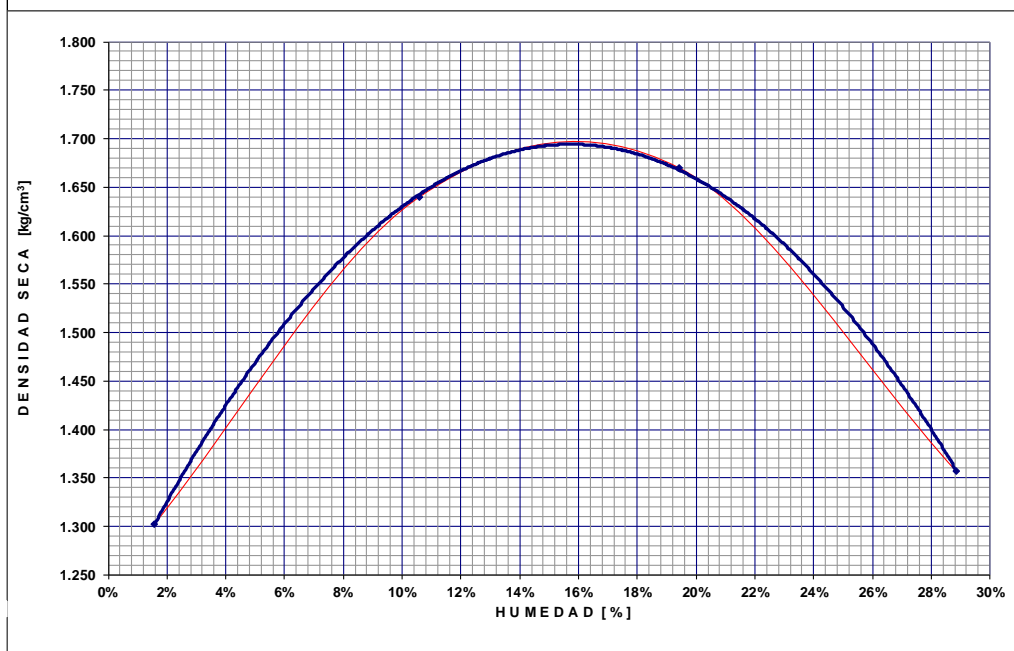
Densidad Máxima:	1.665 kg/cm <sup>3</sup>	Humedad óptima:	12,66%
------------------	--------------------------	-----------------	--------

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

<b>PROYECTO:</b> _____	<b>FECHA:</b> 06-abril-2015
<b>UBICACIÓN:</b> P-19	<b>CONTRATISTA:</b> _____
<b>PROCEDENCIA:</b> KM 9+000	<b>USO:</b> Estudio
<b>ANEXO:</b>	<b>LAB:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard <input type="checkbox"/> AASHO: T-99 - 74
	Modificado <input checked="" type="checkbox"/> AASHO: T-180 - 74

**RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
<b>Molde No.</b>		A	A	A	A	A	A	A	A
Agua aumentada	cc	0	540	1.080	1.620	1.620	1.620	1.620	1.620
	%	0	9	18	27	27	27	27	27
Peso suelo húmedo + molde	A	9.278	10.325	10.711	10.186	10.186	10.186	10.186	10.186
Peso del molde	B	6.457	6.457	6.457	6.457	6.457	6.457	6.457	6.457
Peso suelo húmedo	C=A-B	2.821	3.868	4.254	3.729	3.729	3.729	3.729	3.729
Volumen del molde	D	2.133	2.133	2.133	2.133	2.133	2.133	2.133	2.133
Densidad húmeda	E=C/D	1.323	1.813	1.994	1.748	1.748	1.748	1.748	1.748
<b>Tarro No.</b>		W-22	W-45	WS-1	XW	XW-3	WS	LM-43	LM-29
Tarro + suelo húmedo	F	74,03	77,01	59,38	64,52	88,74	90,11	99,14	98,52
Tarro + suelo seco	G	72,98	76,34	55,67	60,00	77,03	78,09	81,54	80,87
Peso de agua	H=F-G	1,05	0,67	3,71	4,52	11,71	12,02	17,60	17,65
Peso del tarro	I	18,70	19,80	20,04	17,95	16,70	16,35	20,40	19,86
Peso del suelo seco	J=G-I	54,28	56,54	35,63	42,05	60,33	61,74	61,14	61,01
Contenido de agua	K=H/J	1,93%	1,19%	10,41%	10,75%	19,41%	19,47%	28,79%	28,93%
Contenido de agua promedio	L	1,56%	10,58%	19,44%	28,86%	28,86%	28,86%	28,86%	28,86%
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	M	1.302	1.640	1.670	1.670	1.670	1.357	1.357



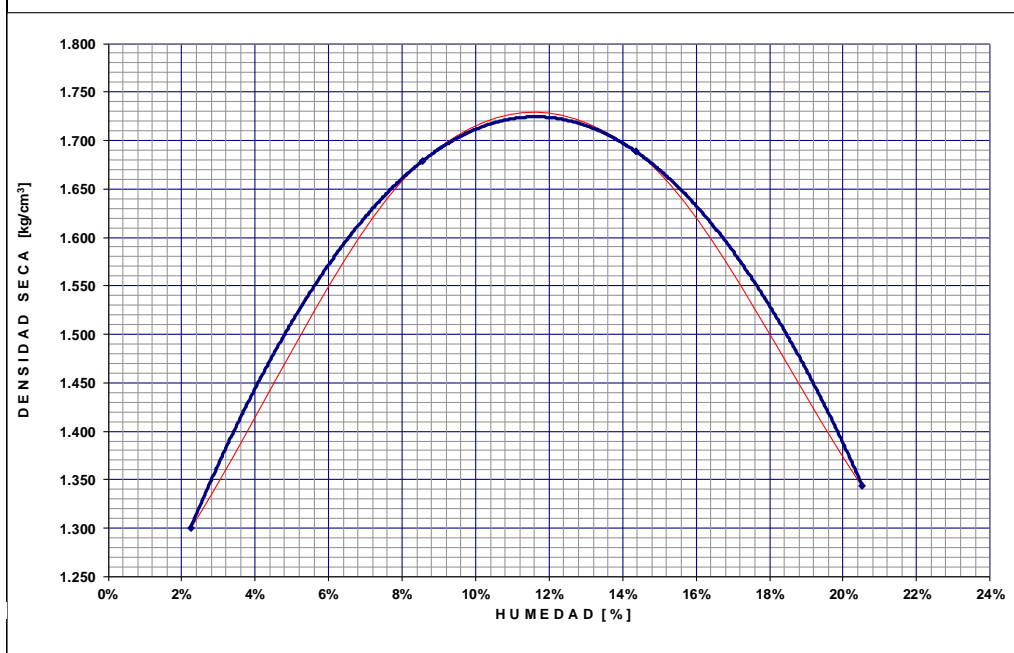
Densidad Máxima:	1.694 kg/cm <sup>3</sup>	Humedad óptima:	15,73%
------------------	--------------------------	-----------------	--------

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

<b>PROYECTO:</b> _____	<b>FECHA:</b> 06-abril-2015
<b>UBICACIÓN:</b> P-21	<b>CONTRATISTA:</b> _____
<b>PROCEDENCIA:</b> KM 10+000	<b>USO:</b> Estudio
<b>ANEXO:</b>	<b>LAB:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard <input type="checkbox"/> AASHO: T-99 - 74
	Modificado <input checked="" type="checkbox"/> AASHO: T-180 - 74

**RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

<b>No. de Capas</b>	<b>Golpes por capa</b>	<b>Peso Martillo</b>	<b>Altura caída</b>	<b>PESO INICIAL DE LA MUESTRA</b>					
<b>5</b>	<b>56</b>	<b>10lb</b>	<b>18"</b>	<b>6000 g</b>					
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>				
<b>Molde No.</b>		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	360	720	1.080				
	%	0	6	12	18				
Peso suelo húmedo + molde	A	9.293	10.344	10.576	9.911				
Peso del molde	B	6.457	6.457	6.457	6.457				
Peso suelo húmedo	C=A-B	2.836	3.887	4.119	3.454				
Volumen del molde	D	2.133	2.133	2.133	2.133				
Densidad húmeda	E=C/D	1.330	1.822	1.931	1.619				
<b>Tarro No.</b>		<b>TQ-3</b>	<b>MK</b>	<b>MK-31</b>	<b>MK-3</b>	<b>MK-9</b>	<b>MK-22</b>	<b>MK-12</b>	<b>MK-9</b>
Tarro + suelo húmedo	F	82,81	90,33	96,52	97,49	98,23	95,31	99,12	96,85
Tarro + suelo seco	G	81,54	88,65	90,63	91,22	88,54	85,63	85,46	83,87
Peso de agua	H=F-G	1,27	1,68	5,89	6,27	9,69	9,68	13,66	12,98
Peso del tarro	I	18,76	20,40	18,20	21,30	20,00	19,20	19,40	20,20
Peso del suelo seco	J=G-I	62,78	68,25	72,43	69,92	68,54	66,43	66,06	63,67
Contenido de agua	K=H/J	2,02%	2,46%	8,13%	8,97%	14,14%	14,57%	20,68%	20,39%
Contenido de agua promedio	L	2,24%		8,55%		14,35%		20,53%	
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	M	1.300	1.679	1.689	1.689		1.343	

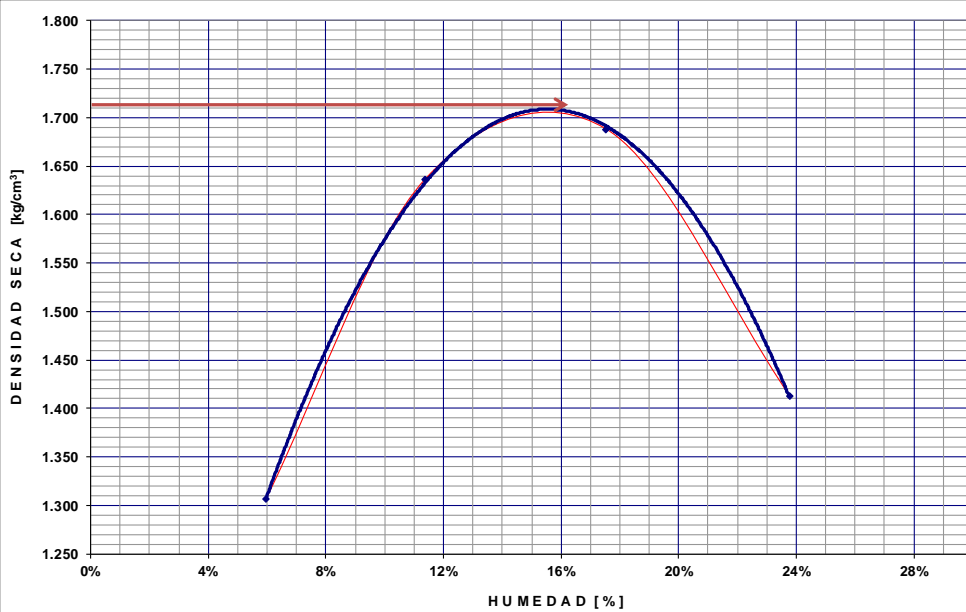


**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

<b>PROYECTO:</b> _____		<b>FECHA:</b> 06-abril-2015	
<b>UBICACIÓN:</b> P-22		<b>CONTRATISTA:</b> _____	
<b>PROCEDENCIA:</b> KM 10+500		<b>USO:</b> Estudio	
<b>ANEXO:</b>		<b>LAB:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard	<input type="text" value=""/>	AASHO: T-99 -74
	Modificado	<input type="text" value="xxxxxx"/>	AASHO: T-180 - 74

**RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	360	720	1.080				
	%	0	6	12	18				
Peso suelo húmedo + molde	A	9.409	10.345	10.689	10.186				
Peso del molde	B	6.457	6.457	6.457	6.457				
Peso suelo húmedo	C=A-B	2.952	3.888	4.232	3.729				
Volumen del molde	D	2.133	2.133	2.133	2.133				
Densidad húmeda	E=C/D	1.384	1.823	1.984	1.748				
Tarro No.		L-22	AL-15	SW-33	AL-37	AL-30	SW-1	L-44	L-15
Tarro + suelo húmedo	F	52,31	55,09	89,93	92,12	98,75	103,22	75,43	78,97
Tarro + suelo seco	G	50,43	53,11	82,63	84,00	86,73	90,87	64,02	65,99
Peso de agua	H=F-G	1,88	1,98	7,30	8,12	12,02	12,35	11,41	12,98
Peso del tarro	I	18,50	20,32	18,95	12,13	16,79	21,80	15,20	12,31
Peso del suelo seco	J=G-I	31,93	32,79	63,68	71,87	69,94	69,07	48,82	53,68
Contenido de agua	K=H/J	5,89%	6,04%	11,46%	11,30%	17,19%	17,88%	23,37%	24,18%
Contenido de agua promedio	L	5,96%		11,38%		17,53%		23,78%	
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	M	1.306	1.637	1.688	1.412			



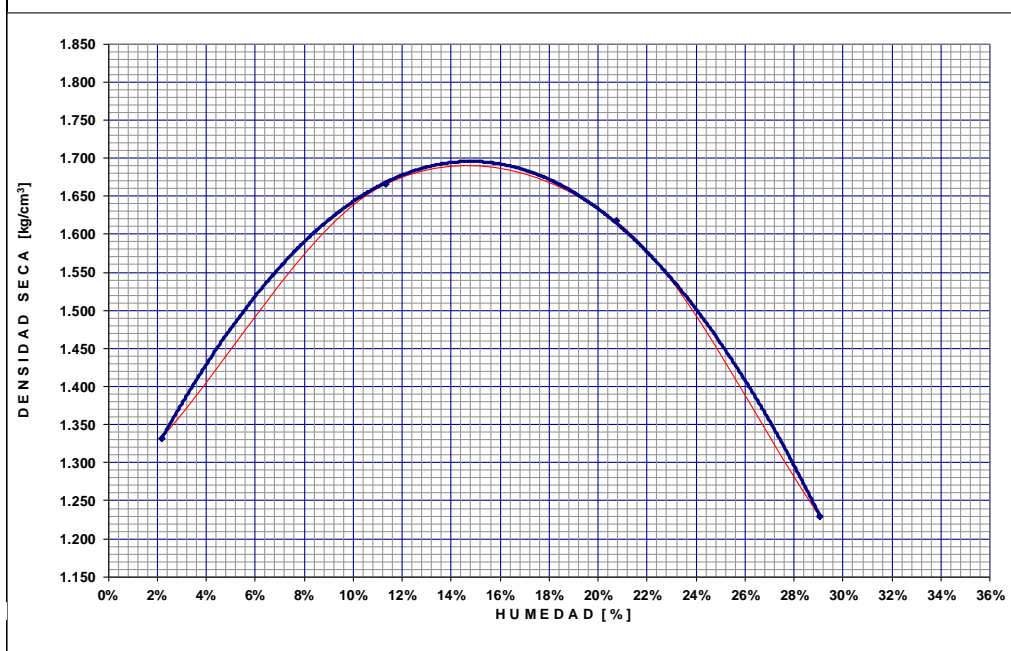
<b>Densidad Máxima:</b>	1.709 kg/cm <sup>3</sup>	<b>Humedad óptima:</b>	15,54%
-------------------------	--------------------------	------------------------	--------

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

<b>PROYECTO:</b> _____	<b>FECHA:</b> 06-abril-2015
<b>UBICACIÓN:</b> P-24	<b>CONTRATISTA:</b> _____
<b>PROCEDENCIA:</b> KM 11+500	<b>USO:</b> Estudio
<b>ANEXO:</b>	<b>LAB:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard <input type="text"/> AASHO: T-99 - 74
	Modificado <input type="text" value="XXXXXX"/> AASHO: T-180 - 74

**RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
<b>Molde No.</b>		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	540	1.080	1.620				
	%	0	9	18	27				
Peso suelo húmedo + molde	A	9.361	10.412	10.621	9.840				
Peso del molde	B	6.457	6.457	6.457	6.457				
Peso suelo húmedo	C=A-B	2.904	3.955	4.164	3.383				
Volumen del molde	D	2.133	2.133	2.133	2.133				
Densidad húmeda	E=C/D	1.361	1.854	1.952	1.586				
<b>Tarro No.</b>		D-29	HHC	D-10	Y-11	H-3	MC	XG-1	AT-1
Tarro + suelo húmedo	F	55,55	80,66	128,91	136,42	78,99	123,97	128,82	125,44
Tarro + suelo seco	G	54,68	79,32	118,34	126,09	67,21	106,22	104,12	102,09
Peso de agua	H=F-G	0,87	1,34	10,57	10,33	11,78	17,75	24,70	23,35
Peso del tarro	I	13,34	20,12	27,80	31,76	10,75	20,09	20,48	20,41
Peso del suelo seco	J=G-I	41,34	59,20	90,54	94,33	56,46	86,13	83,64	81,68
Contenido de agua	K=H/J	2,10%	2,26%	11,67%	10,95%	20,86%	20,61%	29,53%	28,59%
Contenido de agua promedio	L	2,18%		11,31%		20,74%		29,06%	
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	M	1.332	1.666	1.617	1.229			

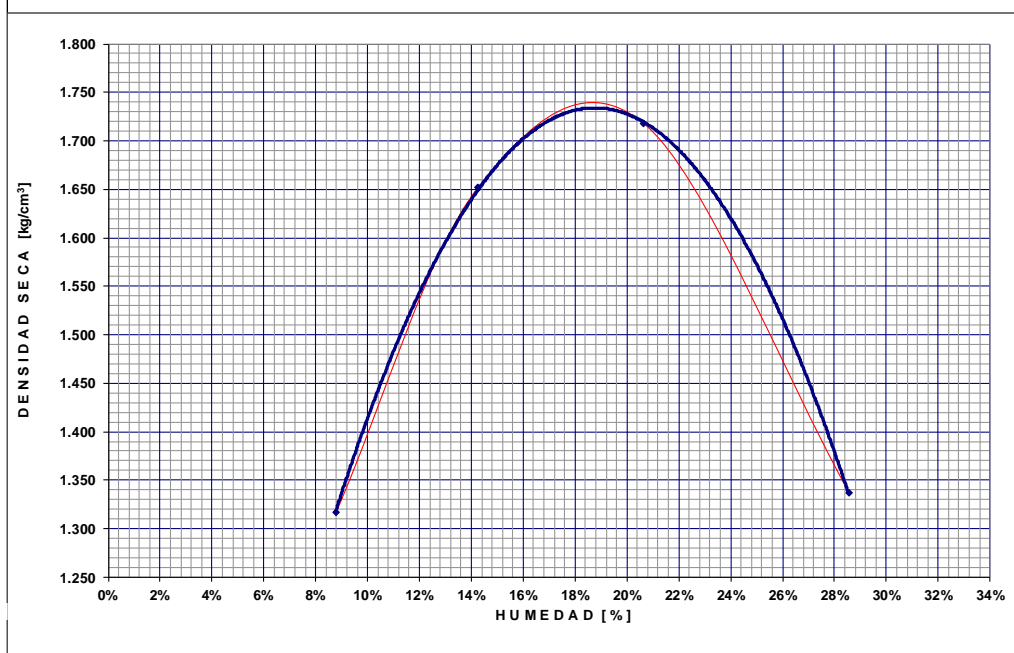


**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

<b>PROYECTO:</b> _____		<b>FECHA:</b> 06-abril-2015	
<b>UBICACIÓN:</b> P-26		<b>CONTRATISTA:</b> _____	
<b>PROCEDENCIA:</b> KM 12+500		<b>USO:</b> Estudio	
<b>ANEXO:</b>		<b>LAB:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard	<input type="text" value=""/>	AASHO: T-99 - 74
	Modificado	<input type="text" value="xxxxxx"/>	AASHO: T-180 - 74

**RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	360	720	1.080				
	%	0	6	12	18				
Peso suelo húmedo + molde	A	9.511	10.482	10.876	10.122				
Peso del molde	B	6.457	6.457	6.457	6.457				
Peso suelo húmedo	C=A-B	3.054	4.025	4.419	3.665				
Volumen del molde	D	2.133	2.133	2.133	2.133				
Densidad húmeda	E=C/D	1.432	1.887	2.072	1.718				
<b>Tarro No.</b>		<b>WE-1</b>	<b>WV</b>	<b>SD</b>	<b>LMK</b>	<b>LMK-2</b>	<b>DS-31</b>	<b>OP-1</b>	<b>100</b>
Tarro + suelo húmedo	F	77,32	65,23	91,56	98,77	91,76	88,98	78,11	66,12
Tarro + suelo seco	G	72,11	60,89	82,67	89,00	79,56	76,88	64,08	54,12
Peso de agua	H=F-G	5,21	4,34	8,89	9,77	12,20	12,10	14,03	12,00
Peso del tarro	I	12,26	11,70	20,30	20,40	20,14	18,50	14,90	12,11
Peso del suelo seco	J=G-I	59,85	49,19	62,37	68,60	59,42	58,38	49,18	42,01
Contenido de agua	K=H/J	8,71%	8,82%	14,25%	14,24%	20,53%	20,73%	28,53%	28,56%
Contenido de agua promedio	L	8,76%		14,25%		20,63%		28,55%	
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	M	1.316	1.652	1.717	1.337			



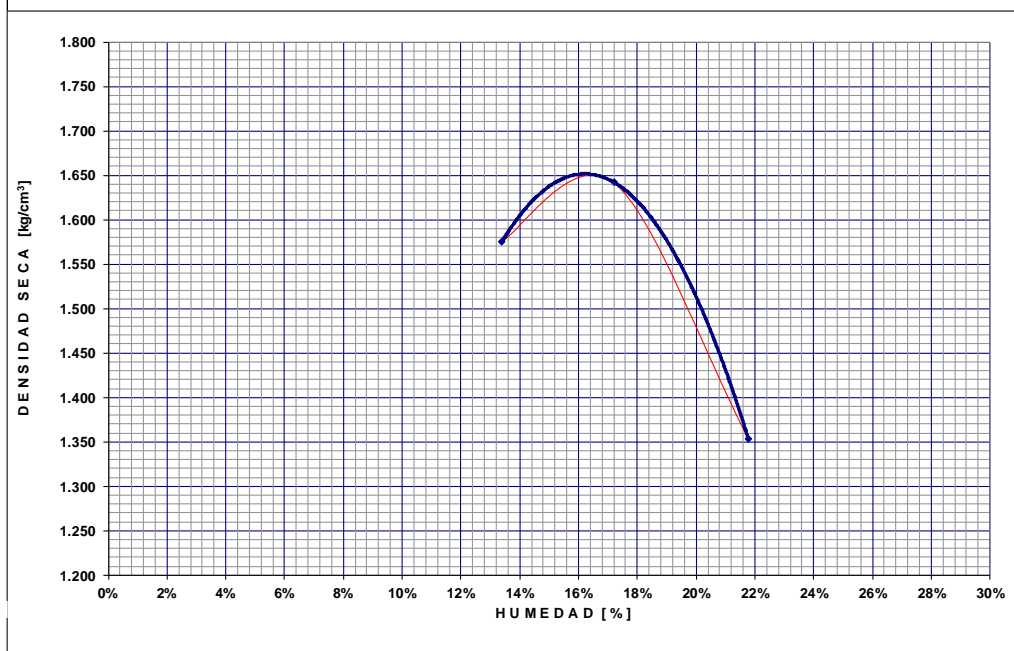
Densidad Máxima:	1.734 kg/cm <sup>3</sup>	Humedad óptima:	18,77%
------------------	--------------------------	-----------------	--------

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

<b>PROYECTO:</b> _____		<b>FECHA:</b> 06-abril-2015	
<b>UBICACIÓN:</b> P-28		<b>CONTRATISTA:</b> _____	
<b>PROCEDENCIA:</b> KM 13+500		<b>USO:</b> Estudio	
<b>ANEXO:</b>		<b>LAB:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard	<input type="text" value=""/>	AASHO: T-99 -74
	Modificado	<input type="text" value="xxxxxx"/>	AASHO: T-180 - 74

**RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
<b>Molde No.</b>		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	240	480	720				
	%	0	4	8	12				
Peso suelo húmedo + molde	A	9.345	10.267	10.562	9.971				
Peso del molde	B	6.457	6.457	6.457	6.457				
Peso suelo húmedo	C=A-B	2.888	3.810	4.105	3.514				
Volumen del molde	D	2.133	2.133	2.133	2.133				
Densidad húmeda	E=C/D	1.354	1.786	1.925	1.647				
<b>Tarro No.</b>		15	D-16	B-4	ML-1	D-40	B-1	BA-39	RV
Tarro + suelo húmedo	F	54,61	62,16	79,08	78,73	81,92	82,43	90,09	89,19
Tarro + suelo seco	G	50,89	58,00	70,99	71,02	72,00	71,98	76,10	75,43
Peso de agua	H=F-G	3,72	4,16	8,09	7,71	9,92	10,45	13,99	13,76
Peso del tarro	I	12,31	13,29	12,27	11,75	13,37	12,25	12,20	11,95
Peso del suelo seco	J=G-I	38,58	44,71	58,72	59,27	58,63	59,73	63,90	63,48
Contenido de agua	K=H/J	9,64%	9,30%	13,78%	13,01%	16,92%	17,50%	21,89%	21,68%
<b>Contenido de agua promedio</b>	L	9,47%		13,39%		17,21%		21,78%	
<b>Densidad seca</b>	g/cm <sup>3</sup>	M	1.237	1.575	1.642	1.353			

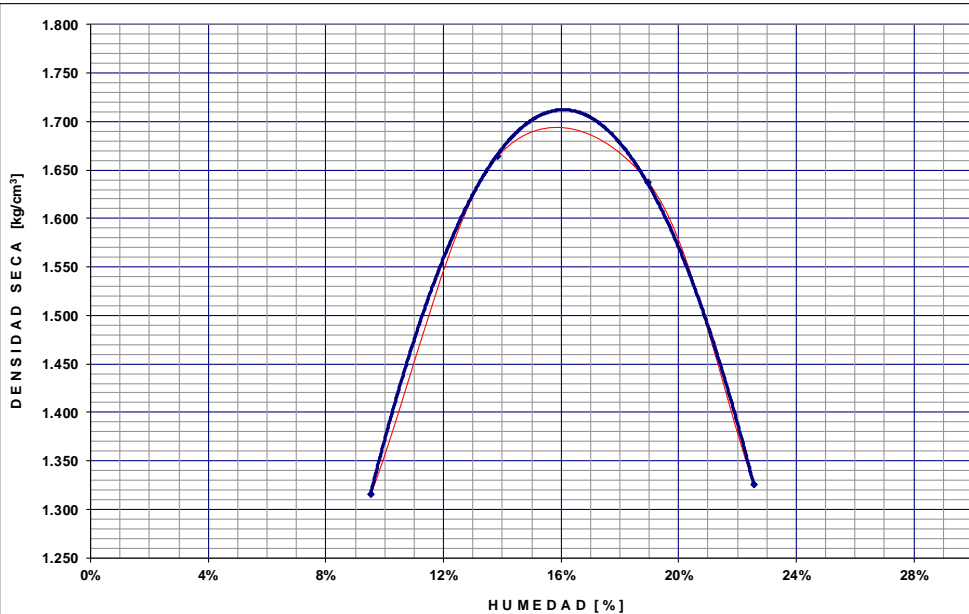


**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

<b>PROYECTO:</b> _____		<b>FECHA:</b> 06-abril-2015	
<b>UBICACIÓN:</b> P-29		<b>CONTRATISTA:</b> _____	
<b>PROCEDENCIA:</b> KM 14+000		<b>USO:</b> Estudio	
<b>ANEXO:</b>		<b>LAB:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard	<input type="text" value=""/>	AASHO: T-99 -74
	Modificado	<input type="text" value="xxxxxx"/>	AASHO: T-180 - 74

**RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
<b>Molde No.</b>		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	240	480	720				
	%	0	4	8	12				
Peso suelo húmedo + molde	A	9.531	10.498	10.611	9.922				
Peso del molde	B	6.457	6.457	6.457	6.457				
Peso suelo húmedo	C=A-B	3.074	4.041	4.154	3.465				
Volumen del molde	D	2.133	2.133	2.133	2.133				
Densidad húmeda	E=C/D	1.441	1.895	1.947	1.624				
<b>Tarro No.</b>		ML-19	B-10	ML-35	ML-38	D-36	AB-15	O-23	HA
Tarro + suelo húmedo	F	94,21	70,12	63,87	68,65	60,09	73,28	54,33	64,78
Tarro + suelo seco	G	87,86	64,98	57,43	61,56	52,62	64,76	46,67	55,00
Peso de agua	H=F-G	6,35	5,14	6,44	7,09	7,47	8,52	7,66	9,78
Peso del tarro	I	20,10	11,74	10,50	10,70	13,29	19,75	12,31	12,11
Peso del suelo seco	J=G-I	67,76	53,24	46,93	50,86	39,33	45,01	34,36	42,89
Contenido de agua	K=H/J	9,37%	9,65%	13,72%	13,94%	18,99%	18,93%	22,29%	22,80%
Contenido de agua promedio	L	9,51%		13,83%		18,96%		22,55%	
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	M	1.316	1.664	1.637	1.326			



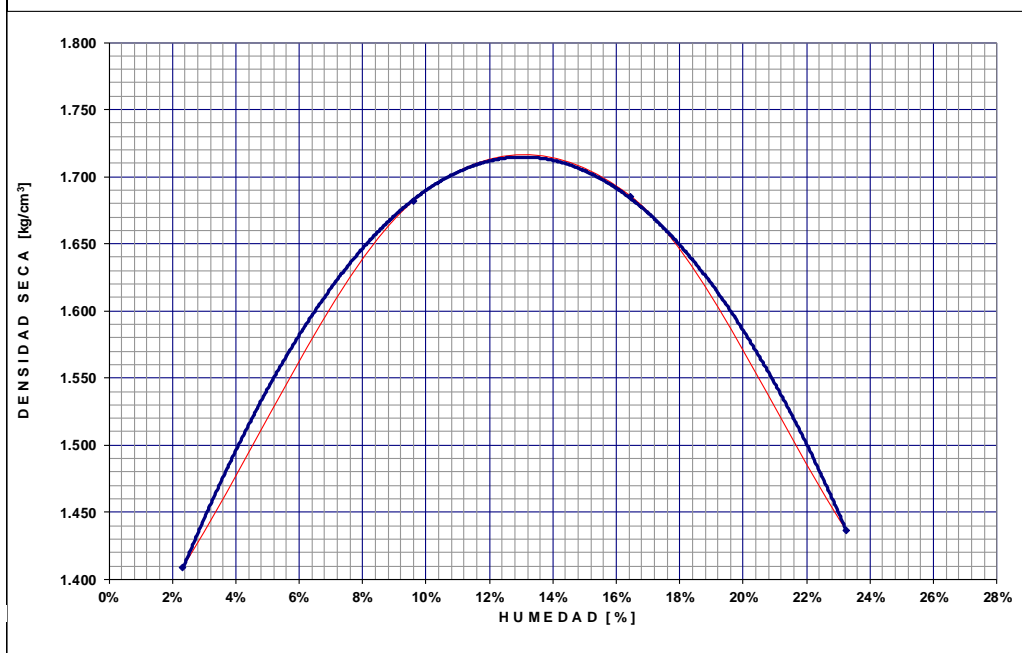
<b>Densidad Máxima:</b>	1.712 kg/cm <sup>3</sup>	<b>Humedad óptima:</b>	16,08%
-------------------------	--------------------------	------------------------	--------

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

<b>PROYECTO:</b> _____		<b>FECHA:</b> 06-abril-2015	
<b>UBICACIÓN:</b> P-30		<b>CONTRATISTA:</b> _____	
<b>PROCEDENCIA:</b> KM 14+500		<b>USO:</b> Estudio	
<b>ANEXO:</b>		<b>LAB:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard	<input type="text" value=""/>	AASHO: T-99 - 74
	Modificado	<input type="text" value="xxxxxx"/>	AASHO: T-180 - 74

**RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
<b>Molde No.</b>		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	420	840	1.260				
	%	0	7	14	21				
Peso suelo húmedo + molde	A	9.532	10.389	10.643	10.233				
Peso del molde	B	6.457	6.457	6.457	6.457				
Peso suelo húmedo	C=A-B	3.075	3.932	4.186	3.776				
Volumen del molde	D	2.133	2.133	2.133	2.133				
Densidad húmeda	E=C/D	1.442	1.843	1.962	1.770				
<b>Tarro No.</b>		ML-14	M-3	ML-2	C-14	AS-5	ML-7	B-11	B-6
Tarro + suelo húmedo	F	61.76	63.44	90.78	93.32	107.21	99.42	88.54	90.03
Tarro + suelo seco	G	60.76	62.45	84.63	86.79	94.98	88.00	74.98	76.32
Peso de agua	H=F-G	1,00	0,99	6,15	6,53	12,23	11,42	13,56	13,71
Peso del tarro	I	19,40	18,55	20,40	19,20	20,40	18,80	16,79	17,20
Peso del suelo seco	J=G-I	41,36	43,90	64,23	67,59	74,58	69,20	58,19	59,12
Contenido de agua	K=H/J	2,42%	2,26%	9,57%	9,66%	16,40%	16,50%	23,30%	23,19%
Contenido de agua promedio	L	2,34%		9,62%		16,45%		23,25%	
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	M	1.409	1.682	1.685	1.436			



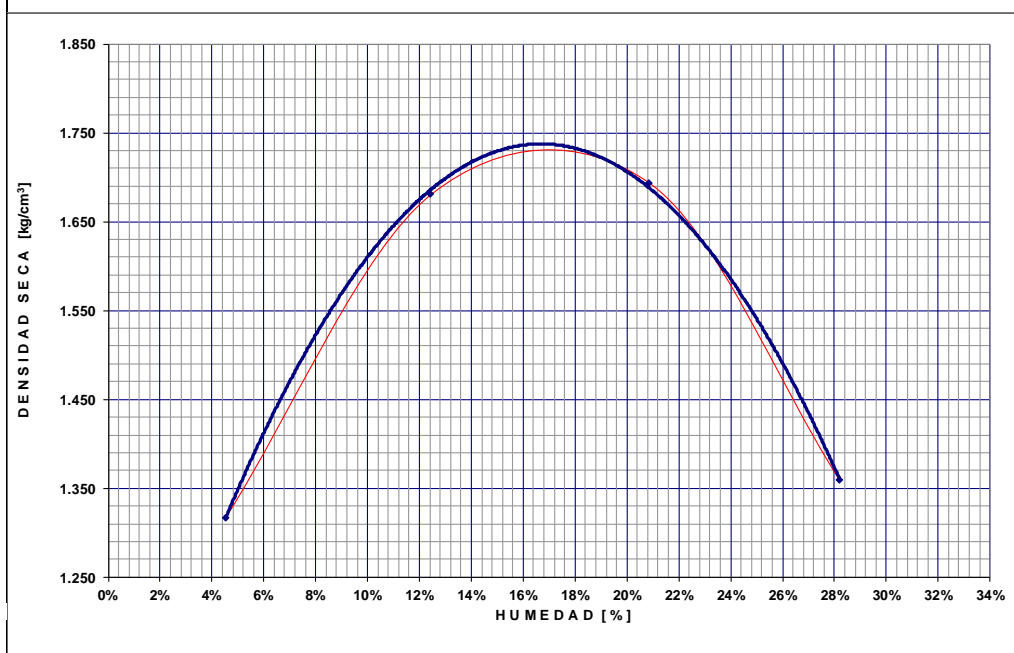
<b>Densidad Máxima:</b>	1.715 kg/cm <sup>3</sup>	<b>Humedad óptima:</b>	13,05%
-------------------------	--------------------------	------------------------	--------

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

PROYECTO: _____	FECHA: 06-abril-2015
UBICACIÓN: _____	CONTRATISTA: _____
PROCEDENCIA: _____	USO: Estudio
ANEXO: _____	LAB: Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard <input type="text"/> AASHO: T-99 -74
	Modificado <input type="text" value="xxxxxx"/> AASHO: T-180 - 74

**RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>				
<b>Molde No.</b>		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	480	960	1.440				
	%	0	8	16	24				
Peso suelo húmedo + molde	A	9.393	10.488	10.823	10.175				
Peso del molde	B	6.457	6.457	6.457	6.457				
Peso suelo húmedo	C=A-B	2.936	4.031	4.366	3.718				
Volumen del molde	D	2.133	2.133	2.133	2.133				
Densidad húmeda	E=C/D	1.376	1.890	2.047	1.743				
<b>Tarro No.</b>		<b>LW-9</b>	<b>LM-24</b>	<b>LM</b>	<b>SD-23</b>	<b>WS</b>	<b>WS-2</b>	<b>LM-35</b>	<b>K</b>
Tarro + suelo húmedo	F	49,78	49,00	56,07	54,66	73,67	61,32	65,32	60,98
Tarro + suelo seco	G	48,56	47,67	52,11	50,78	64,31	53,47	55,33	51,23
Peso de agua	H=F-G	1,22	1,33	3,96	3,88	9,36	7,85	9,99	9,75
Peso del tarro	I	20,14	19,50	20,40	19,44	19,10	16,06	19,56	16,93
Peso del suelo seco	J=G-I	28,42	28,17	31,71	31,34	45,21	37,41	35,77	34,30
Contenido de agua	K=H/J	4,29%	4,72%	12,49%	12,38%	20,70%	20,98%	27,93%	28,43%
Contenido de agua promedio	L	4,51%		12,43%		20,84%		28,18%	
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	M	1.317	1.681	1.694	1.360			

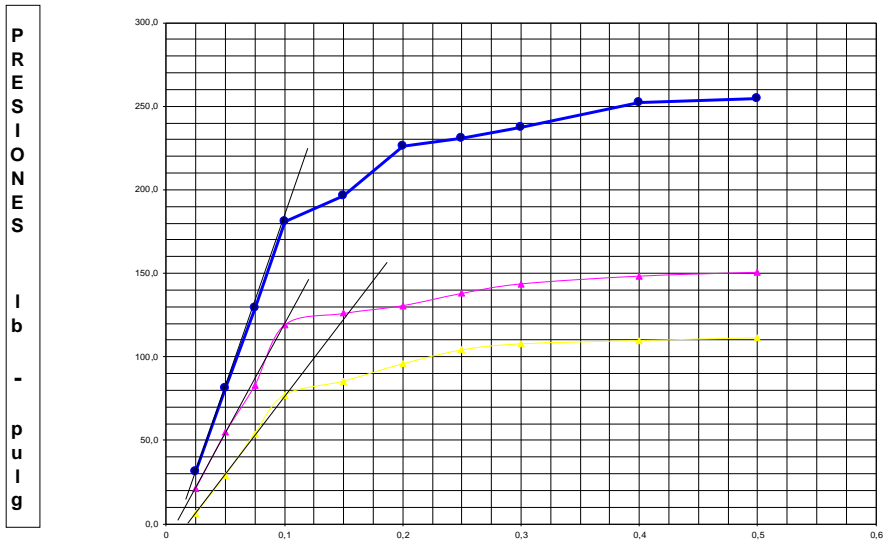


Densidad Máxima:	1.738 kg/cm <sup>3</sup>	Humedad óptima:	16,69%
------------------	--------------------------	-----------------	--------

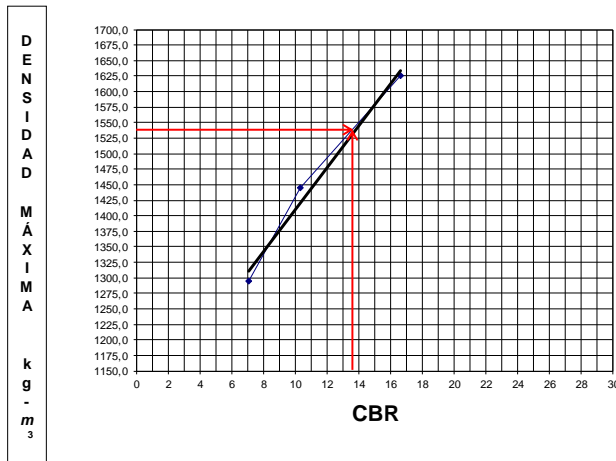
CBR DE LABORATORIO

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES												
PROYECTO:												
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557												
MUESTRA No. 1				FECHA: 07/04/2015								
UBICACIÓN: 0+000				LABORATORISTA: Gabriela Ortega y Luis Villafuerte								
USO:				CALCULADO: Gabriela Ortega y Luis Villafuerte								
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA												
C. B. R.												
MOLDE No.	M-6				DO-2				D-11			
No. DE CAPAS	5				5				5			
No. DE GOLPES POR CAPAS	56				25				10			
CONDICIONES DE LA MUESTRA												
	ANT. SATU.	DES. SATU.		ANT. SATU.	DES. SATU.		ANT. SATU.	DES. SATU.		ANT. SATU.	DES. SATU.	
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE	A	12132	12456	10566	11342	11235	12133					
PESO MOLDE	B	7504	7504	6518	6518	7670	7670					
PESO MUESTRA HÚMEDA	C = A - B	4628	4952	4048	4824	3665	4463					
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN)	D	2403	2403	2366	2366	2323	2323					
DENSIDAD HÚMEDA	E = C/D*1000	1,926	2,061	1,711	2,039	1,535	1,921					
DENSIDAD SECA	F = E / (1 + G)	1625	1718	1445	1648	1295	1473					
CONTENIDO DE HUMEDAD												
	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPiente No.	D-40	M-9	BL-9	L-23	ML-10	BA-22	D-40	M-9	BL-9	L-23	ML-10	BA-22
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPiente	G	55,12	57,64	80,50	99,94	98,95	63,44	74,76	62,82	73,49	84,22	72,80
PESO MUESTRA SECA + RECIPiente	H	48,72	50,32	70,00	86,54	87,09	55,32	63,12	52,88	64,76	74,11	61,09
PESO AGUA	I = G - H	6,40	7,32	10,50	13,40	11,86	8,12	11,64	9,94	8,73	10,11	11,71
PESO RECIPiente	J	13,37	11,65	16,93	20,12	21,30	12,12	13,37	11,65	16,93	20,12	21,30
PESO MUESTRA SECA	K = H - J	35,35	38,67	53,07	66,42	65,79	43,20	49,75	41,23	47,83	53,99	39,79
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100	18,10%	18,93%	19,79%	20,17%	18,03%	18,80%	23,40%	24,11%	18,25%	18,73%	29,43%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2	18,52%		19,98%		18,41%		23,75%		18,49%		30,42%
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA												
MOLDE No.	M-6				DO-2				D-11			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN	N				12456				11342			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN	P				12132				10566			
PESO AGUA ABSORBIDA	Q = N - P				324				776			
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	R=(Q/C)*100				7,00				19,17			
DATOS DE ESPONJAMIENTOS												
FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No. M-6			MOLDE No. DO-2			MOLDE No. D-11				
		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO			
		mm	mm	%	mm	mm	%	mm	mm	%		
07/04/2015	0	0		0			0					
08/04/2015	1	2		4			6					
09/04/2015	2	5		8			9					
10/04/2015	3	7		13			14					
11/04/2015	4	9		13			17					
12/04/2015	5	9		13			17					
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN												
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. M-6			MOLDE No. DO-2			MOLDE No. D-11				
		CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR		CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR		CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR			
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%		
0,025		93	31,0		64	21,3		18	6,0			
0,050		244	81,3		164	54,7		87	29,0			
0,075		388	129,3		249	83,0		162	54,0			
0,100	1000	543	181,0	18,10	357	119,0	11,90	231	77,0			
0,150	1500	589	196,3		378	126,0		256	85,3			
0,200		678	226,0	15,07	392	130,7	8,71	287	95,7			
0,250		693	231,0		414	138,0		312	104,0			
0,300		712	237,3		431	143,7		323	107,7			
0,400		756	252,0		445	148,3		329	109,7			
0,500		763	254,3		452	150,7		334	111,3			

**GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.**



**DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR**



**VALOR C.B.R.**

**RESUMEN DE DATOS**

Límite Líquido	=	%
Límite Plástico	=	%
Índice Plástico	=	%
Índice de Grupo	=	%
Clasificación	=	<b>ML</b>
Grupo Símbolos	=	
Humedad Natural	=	<b>35,34</b> %
Humedad Óptima	=	<b>18,10</b> %
Densidad Seca	=	<b>1625</b> g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	<b>1620</b> g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	<b>13,80</b> %
95% Densidad Máxima	=	<b>1539</b> g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=	cm
Espesor Base	=	cm
Espesor Base Asfáltica	=	cm
Espesor Carpeta	=	cm
Observaciones		

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b> 2	<b>FECHA:</b> 07/04/2015
<b>UBICACIÓN:</b> 0+500	<b>LABORATORISTA:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>USO:</b>	<b>CALCULADO:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C.B.R.**

MOLDE No.	M5		M9		M3	
	5		5		5	
No. DE CAPAS	56		25		10	
No. DE GOLPES POR CAPAS	56		25		10	
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	ANT. SATU.	DES. SATU.	ANT. SATU.	DES. SATU.	ANT. SATU.	DES. SATU.
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE A	12143	12306	11875	12148	11565	11938
PESO MOLDE B	8070	8070	8066	8066	8044	8044
PESO MUESTRA HÚMEDA C = A - B	4073	4236	3809	4082	3521	3894
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN) D	2094	2094	2134	2134	2096	2096
DENSIDAD HÚMEDA E = C/D*1000	1,945	2,023	1,785	1,913	1,680	1,858
DENSIDAD SECA F = E / (1 + G)	1686	1714	1541	1584	1451	1525
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPiente No.	33	134	8,5	X1	N3	E22
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPiente G	54,43	58,11	90,05	78,95	47,81	53,09
PESO MUESTRA SECA + RECIPiente H	49,20	52,48	79,29	69,60	42,90	48,33
PESO AGUA I = G - H	5,23	5,63	10,76	9,35	4,91	4,76
PESO RECIPiente J	14,05	16,98	18,69	18,53	11,49	18,54
PESO MUESTRA SECA K = H - J	35,15	35,50	60,60	51,07	31,41	29,79
CONTENIDO DE HUMEDAD L = (I / K)*100	14,88%	15,86%	17,76%	18,31%	15,63%	15,98%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD M = (L1+L2)/2	15,37%		18,03%		15,81%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE No.	M5	M9	M3
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN N	12306	12148	11938
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN P	12143	11875	11565
PESO AGUA ABSORBIDA Q = N - P	163	273	373
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA R = (Q/C)*100	4,00	7,17	10,59

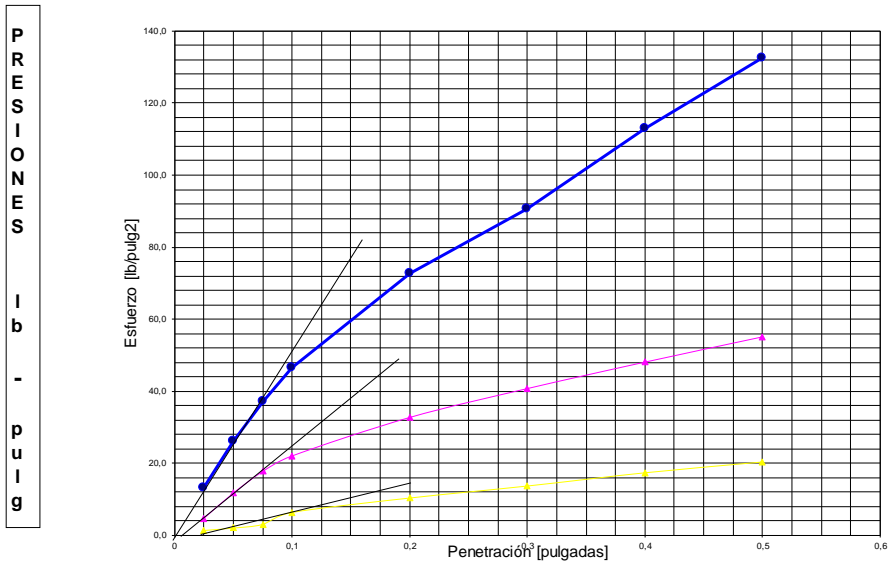
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No. G-25			MOLDE No. G-19			MOLDE No. G-17		
		DIAL	ESPONJAMIENTO	%	DIAL	ESPONJAMIENTO	%	DIAL	ESPONJAMIENTO	%
		mm	mm	%	mm	mm	%	mm	mm	%
07/04/2015	0	16	0	0	8	0	0	33	0	0
08/04/2015	1	23	6	5	14	6	5	42	9	8
09/04/2015	2	24	8	7	15	7	6	43	10	8
10/04/2015	3	24	8	7	15	7	6	43	10	9
11/04/2015	4	24	8	7	15	8	7	43	10	9
12/04/2015	5	24	8	7	15	8	7	43	10	9

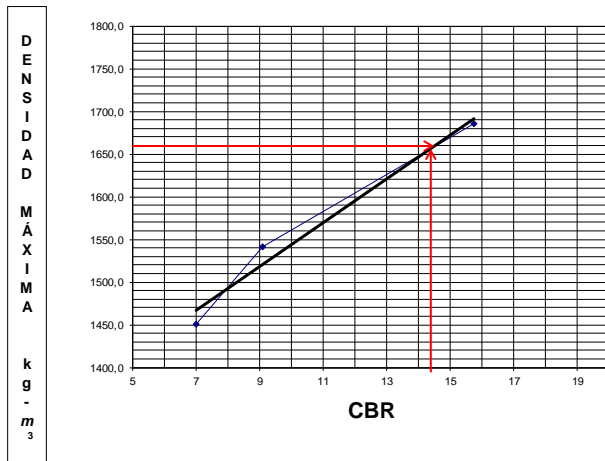
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. G-25			MOLDE No. G-19			MOLDE No. G-17		
		CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR	%	CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR	%	CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR	%
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		39	13,0		14	4,7		4	1,3	
0,050		78	26,1		35	11,7		6	2,0	
0,075		111	37,1		53	17,7		9	3,0	
0,100	1000	139	46,4	16,93	66	22,0	9,61	19	6,3	7,90
0,200	1500	218	72,8	14,56	98	32,7	8,55	31	10,4	6,07
0,300		271	90,5		122	40,7		41	13,7	
0,400		338	112,9		144	48,1		52	17,4	
0,500		397	132,6		165	55,1		61	20,4	

**GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.**



**DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR**



**VALOR C.B.R.**

**RESUMEN DE DATOS**

Límite Líquido	=	31,25	%
Límite Plástico	=	23,25	%
Índice Plástico	=	8,01	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	ML	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	14,77	%
Humedad Óptima	=	15,80	%
Densidad Seca	=	1686	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	1745	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	14,30	%
95% Densidad Máxima	=	1658	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b> 3	<b>FECHA:</b> 07/04/2015
<b>UBICACIÓN:</b> 1+000	<b>LABORATORISTA:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>USO:</b>	<b>CALCULADO:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C.B.R.**

MOLDE No.	Z5		Z4		M7	
	5		5		5	
No. DE CAPAS	56		25		10	
No. DE GOLPES POR CAPAS	56		25		10	
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	ANT. SATU.	DES. SATU.	ANT. SATU.	DES. SATU.	ANT. SATU.	DES. SATU.
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE A	10694	10869	10465	10740	11555	11937
PESO MOLDE B	6660	6660	6685	6685	8069	8069
PESO MUESTRA HÚMEDA C = A - B	4034	4209	3780	4055	3486	3868
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN) D	2119	2119	2119	2119	2123	2123
DENSIDAD HÚMEDA E = C/D*1000	1,904	1,986	1,784	1,914	1,642	1,822
DENSIDAD SECA F = E / (1 + G)	1676	1610	1582	1621	1461	1566
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPiente No.	114	136	C3	544	116	C4
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPiente G	55,62	47,67	73,03	65,96	57,88	43,74
PESO MUESTRA SECA + RECIPiente H	51,12	43,88	62,51	56,91	53,17	40,15
PESO AGUA I = G - H	4,50	3,79	10,52	9,05	4,71	3,59
PESO RECIPiente J	16,84	16,80	18,32	17,57	16,74	11,73
PESO MUESTRA SECA K = H - J	34,28	27,08	44,19	39,34	36,43	28,42
CONTENIDO DE HUMEDAD L = (I / K)*100	13,13%	14,00%	23,81%	23,00%	12,93%	12,63%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD M = (L1+L2)/2	13,56%		23,41%		12,78%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE No.	Z5	Z4	M7
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN N	10869	10740	11937
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN P	10694	10465	11555
PESO AGUA ABSORBIDA Q = N - P	175	275	382
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA R = (Q/C)*100	4,34	7,28	10,96

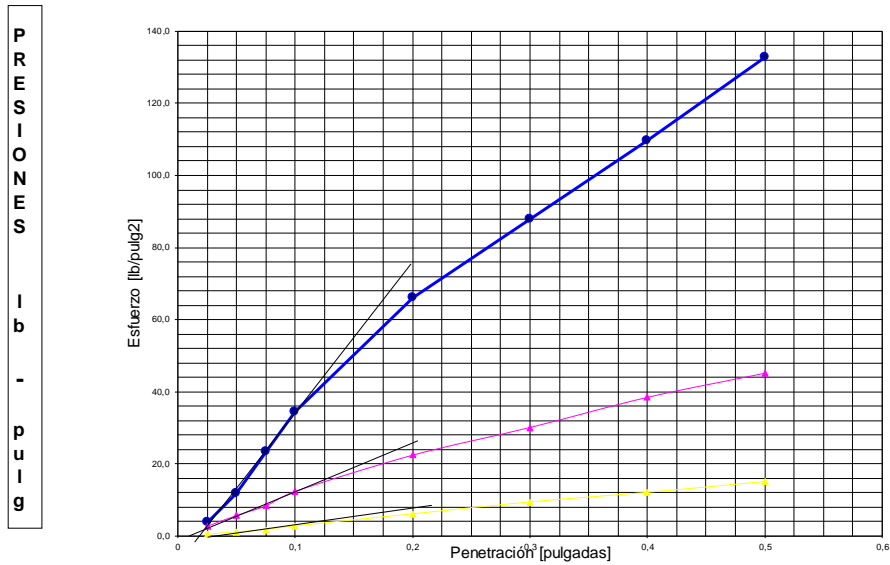
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No. G-25			MOLDE No. G-19			MOLDE No. G-17		
		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO	
		mm	mm	%	mm	mm	%	mm	mm	%
07/04/2015	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0
08/04/2015	1	12	5	4	18	10	9	17	9	8
09/04/2015	2	14	6	5	20	12	10	18	10	9
10/04/2015	3	17	9	8	22	14	12	19	12	10
11/04/2015	4	17	9	8	22	14	12	21	13	11
12/04/2015	5	17	9	8	22	14	12	21	13	11

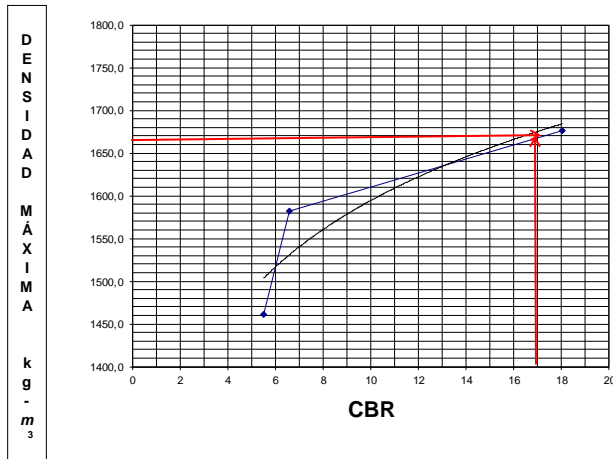
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. G-25			MOLDE No. G-19			MOLDE No. G-17		
		CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR		CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR		CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR	
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		11	3,7		8	2,7		1	0,3	
0,050		35	11,7		17	5,7		3	1,0	
0,075		70	23,4		25	8,4		5	1,7	
0,100	1000	103	34,4	17,82	37	12,4	6,71	8	2,7	6,20
0,200		198	66,1	18,23	67	22,4	6,48	18	6,0	4,80
0,300		263	87,8		90	30,1		28	9,4	
0,400		328	109,6		115	38,4		36	12,0	
0,500		398	132,9		135	45,1		45	15,0	

**GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.**



**DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR**



**VALOR C.B.R.**

**RESUMEN DE DATOS**

Límite Líquido	=	29,15	%
Límite Plástico	=	21,72	%
Índice Plástico	=	7,43	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	CL	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	11,55	%
Humedad Óptima	=	14,30	%
Densidad Seca	=	1676	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	1752	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	17,00	%
95% Densidad Máxima	=	1664	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b> 4	<b>FECHA:</b> 07/04/2015
<b>UBICACIÓN:</b> Km 1+500	<b>LABORATORISTA:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>USO:</b>	<b>CALCULADO:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C.B.R.**

MOLDE No.	3		23		28	
No. DE CAPAS	5		5		5	
No. DE GOLPES POR CAPAS	56		25		10	
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE A	9548	9972	9181	9614	8885	9397
PESO MOLDE B	6087	6087	6154	6154	6041	6041
PESO MUESTRA HÚMEDA C = A - B	3461	3885	3027	3460	2844	3356
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN) D	2138	2138	2117	2117	2111	2111
DENSIDAD HÚMEDA E = C/D*1000	1,619	1,817	1,430	1,634	1,347	1,590
DENSIDAD SECA F = E / (1 + G)	1323	1376	1168	1199	1101	1118
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>
RECIPiente No.	E15	301	136	150	120	620
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE G	52,06	40,92	65,36	77,76	43,29	54,24
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE H	46,03	35,47	53,68	62,81	38,53	47,23
PESO AGUA I = G - H	6,03	5,45	11,68	14,95	4,76	7,01
PESO RECIPIENTE J	18,40	11,61	16,76	16,88	16,68	16,82
PESO MUESTRA SECA K = H - J	27,63	23,86	36,92	45,93	21,85	30,41
CONTENIDO DE HUMEDAD L = (I / K)*100	21,82%	22,84%	31,64%	32,55%	21,78%	23,05%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD M = (L1+L2)/2	22,33%		32,09%		22,42%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE No.	3		23		28	
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN N	9972		9614		9397	
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN P	9548		9181		8885	
PESO AGUA ABSORBIDA Q = N - P	424		433		512	
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA R=(Q/C)*100	12,25		14,30		18,00	

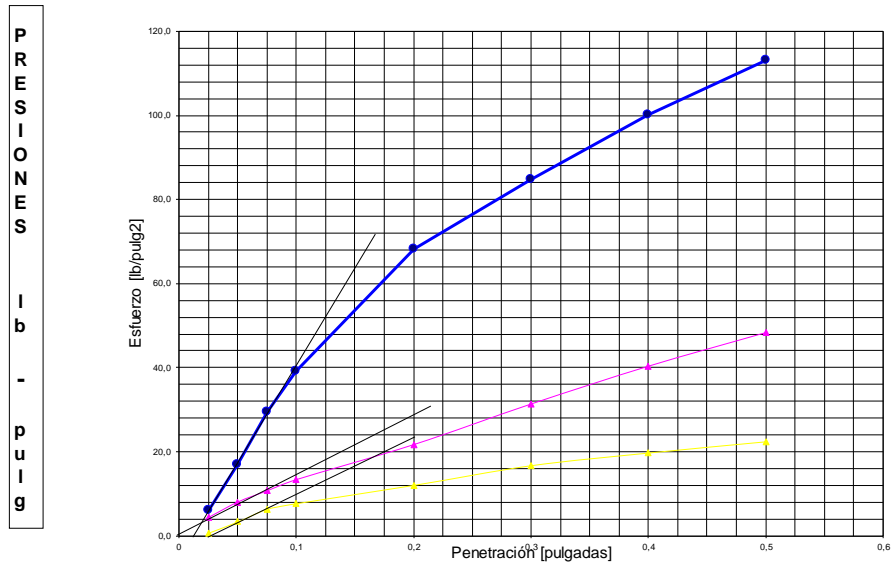
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No. G-25			MOLDE No. G-19			MOLDE No. G-17		
		DIAL		ESPONJAMIENTO	DIAL		ESPONJAMIENTO	DIAL		ESPONJAMIENTO
		mm	mm	%	mm	mm	%	mm	mm	%
07/04/2015	0	33	0	0	33	0	0	58	0	0
08/04/2015	1	36	3	2	35	2	2	60	2	1
09/04/2015	2	36	3	2	35	2	2	60	2	2
10/04/2015	3	36	3	3	36	3	2	60	2	2
11/04/2015	4	36	3	3	36	3	2	60	2	2
12/04/2015	5	36	3	3	36	3	2	60	2	2

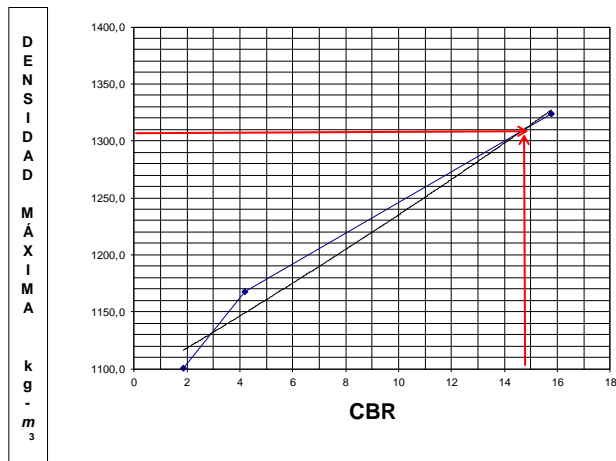
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. G-25			MOLDE No. G-19			MOLDE No. G-17		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0.025		18	6,0		13	4,3		2	0,7	
0.050		51	17,0		24	8,0		10	3,3	
0.075		88	29,4		32	10,7		19	6,3	
0.100	1000	117	39,1	16,02	40	13,4	4,01	23	7,7	2,07
0.200	1500	204	68,1	15,52	65	21,7	4,34	36	12,0	1,67
0.300		254	84,8		94	31,4		50	16,7	
0.400		300	100,2		121	40,4		59	19,7	
0.500		339	113,2		145	48,4		67	22,4	

GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR



VALOR C.B.R.

RESUMEN DE DATOS

Límite Líquido	=		%
Límite Plástico	=		%
Índice Plástico	=	NP	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	ML	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	31,69	%
Humedad Óptima	=	27,00	%
Densidad Seca	=	1323	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	1377	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	14,90	%
95% Densidad Máxima	=	1308	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b> 5	<b>FECHA:</b> 07/04/2015
<b>UBICACIÓN:</b> 2+000	<b>LABORATORISTA:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>USO:</b>	<b>CALCULADO:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C.B.R.**

MOLDE No.	Z4			Z5			M7						
No. DE CAPAS	5			5			5						
No. DE GOLPES POR CAPAS	56			25			10						
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>		ANT. SATU.	DES. SATU.	ANT. SATU.	DES. SATU.	ANT. SATU.	DES. SATU.	ANT. SATU.	DES. SATU.				
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE	A	10805	10934	10532	10753	11649	11984						
PESO MOLDE	B	6685	6685	6660	6660	8069	8069						
PESO MUESTRA HÚMEDA	C = A - B	4120	4249	3872	4093	3580	3915						
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN)	D	2119	2119	2119	2119	2123	2123						
DENSIDAD HÚMEDA	E = C/D*1000	1,944	2,005	1,827	1,932	1,686	1,844						
DENSIDAD SECA	F = E / (1 + G)	1672	1707	1580	1612	1458	1489						
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO				
RECIPIENTE No.		A101	143	203	BK1	L50	E8	104	A7	Z1	N8	L29	620
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE	G	44,49	53,96	55,84	60,21	46,72	55,24	75,31	60,78	55,87	55,57	53,37	67,10
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE	H	39,89	48,69	50,08	54,11	42,43	50,26	65,66	53,83	50,76	50,54	46,54	57,43
PESO AGUA	I = G - H	4,60	5,27	5,76	6,10	4,29	4,98	9,65	6,95	5,11	5,03	6,83	9,67
PESO RECIPIENTE	J	11,49	16,55	17,25	18,98	15,27	18,17	16,87	18,76	18,25	18,26	17,90	16,83
PESO MUESTRA SECA	K = H - J	28,40	32,14	32,83	35,13	27,16	32,09	48,79	35,07	32,51	32,28	28,64	40,60
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100	16,20%	16,40%	17,54%	17,36%	15,80%	15,52%	19,78%	19,82%	15,72%	15,58%	23,85%	23,82%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2	16,30%		17,45%		15,66%		19,80%		15,65%		23,83%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE No.	Z4			Z5			M7			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN	N	10934			10753			11984		
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN	P	10805			10532			11649		
PESO AGUA ABSORBIDA	Q = N - P	129			221			335		
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	R=(Q/C)*100	3,13			5,71			9,36		

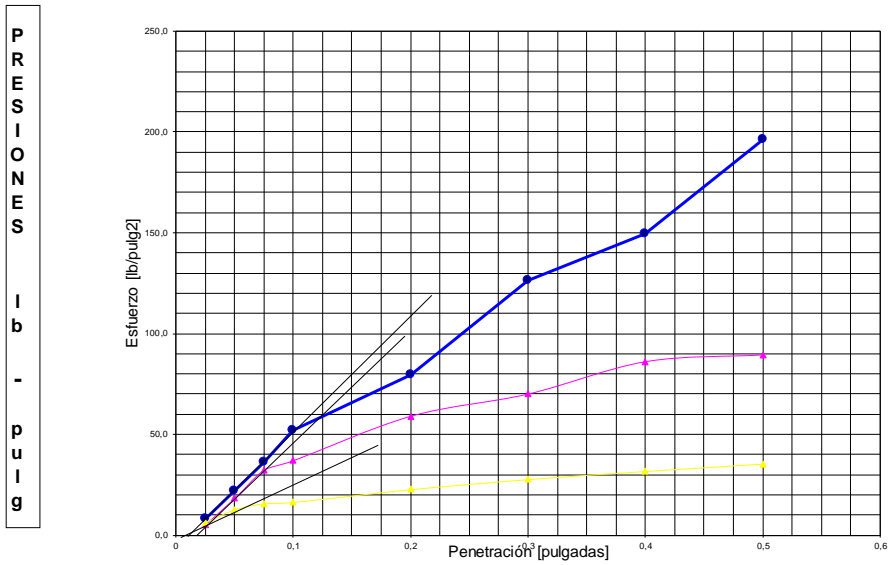
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No. G-25			MOLDE No. G-19			MOLDE No. G-17		
		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO	
		mm	mm	%	mm	mm	%	mm	mm	%
07/04/2015	0	33	0	0	6	0	0	8	0	0
08/04/2015	1	41	8	7	14	8	7	15	8	7
09/04/2015	2	43	10	8	16	10	8	17	9	8
10/04/2015	3	43	10	9	16	10	8	17	9	8
11/04/2015	4	43	10	9	16	10	8	17	9	8
12/04/2015	5	43	10	9	16	10	8	17	9	8

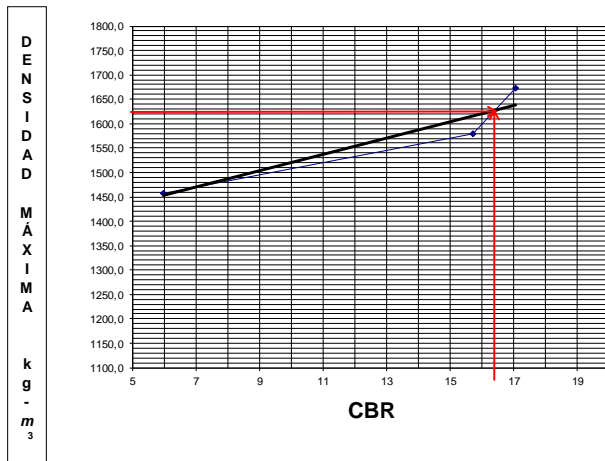
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. G-25			MOLDE No. G-19			MOLDE No. G-17		
		CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR		CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR		CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR	
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		25	8,4		16	5,3		19	6,3	
0,050		66	22,0		55	18,4		38	12,7	
0,075		108	36,1		97	32,4		47	15,7	
0,100	1000	156	52,1	17,13	111	37,1	16,22	49	16,4	6,41
0,200	1500	239	79,8	16,97	177	59,1	15,22	68	22,7	5,54
0,300		378	126,3		210	70,1		83	27,7	
0,400		448	149,6		258	86,2		95	31,7	
0,500		588	196,4		268	89,5		106	35,4	

**GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.**



**DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR**



**VALOR C.B.R.**

**RESUMEN DE DATOS**

Límite Líquido	=	26,09	%
Límite Plástico	=	19,38	%
Índice Plástico	=	6,71	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	CL-ML	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	15,71	%
Humedad Óptima	=	17,00	%
Densidad Seca	=	1672	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	1713	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	16,20	%
95% Densidad Máxima	=	1627	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b> 6	<b>FECHA:</b> 07/04/2015
<b>UBICACIÓN:</b> 2+500	<b>LABORATORISTA:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>USO:</b>	<b>CALCULADO:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C.B.R.**

MOLDE No.	3		23		28	
No. DE CAPAS	5		5		5	
No. DE GOLPES POR CAPAS	56		25		10	
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE A	10352	10439	10256	10415	9737	10033
PESO MOLDE B	6086	6086	6154	6154	6040	6040
PESO MUESTRA HÚMEDA C = A - B	4266	4353	4102	4261	3697	3993
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN) D	2138	2138	2117	2117	2111	2111
DENSIDAD HÚMEDA E = C/D*1000	1,995	2,036	1,938	2,013	1,751	1,892
DENSIDAD SECA F = E / (1 + G)	1672	1699	1626	1654	1475	1512
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>
RECIPiente No.	105	X2	E27	L13	C5	125
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE G	48,52	53,55	46,92	67,79	56,40	48,68
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE H	43,37	48,23	41,05	59,69	50,26	43,53
PESO AGUA I = G - H	5,15	5,32	5,87	8,10	6,14	5,15
PESO RECIPIENTE J	16,56	20,86	11,47	18,70	18,33	16,55
PESO MUESTRA SECA K = H - J	26,81	27,37	29,58	40,99	31,93	26,98
CONTENIDO DE HUMEDAD L = (I / K)*100	19,21%	19,44%	19,84%	19,76%	19,23%	19,09%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD M = (L1+L2)/2	19,32%		19,80%		19,16%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE No.	3		23		28	
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN N	10439		10415		10033	
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN P	10352		10256		9737	
PESO AGUA ABSORBIDA Q = N - P	87		159		296	
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA R = (Q/C)*100	2,04		3,88		8,01	

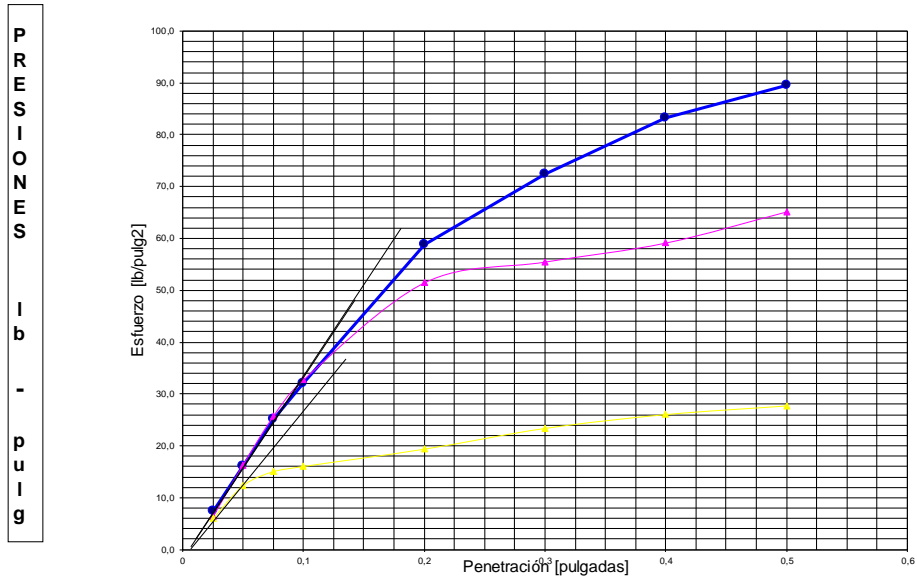
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No. G-25			MOLDE No. G-19			MOLDE No. G-17		
		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO	
		mm	mm	%	mm	mm	%	mm	mm	%
07/04/2015	0	84	0	0	56	0	0	9	0	0
08/04/2015	1	90	7	6	63	7	6	46	36	31
09/04/2015	2	91	7	6	65	9	7	47	38	32
10/04/2015	3	92	8	7	92	36	30	48	39	33
11/04/2015	4	92	8	7	92	36	30	48	39	33
12/04/2015	5	92	8	7	92	36	30	48	39	33

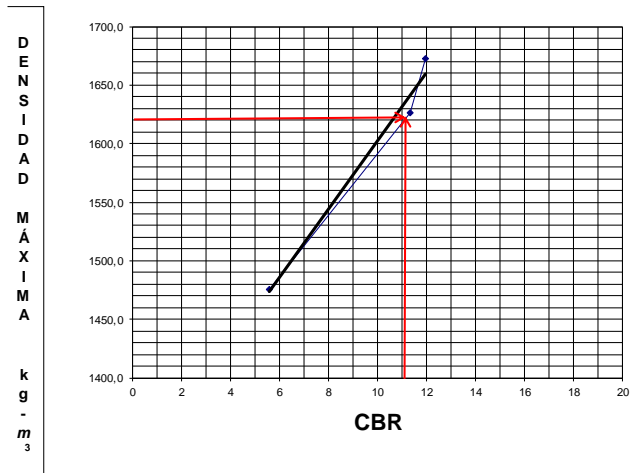
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. G-25			MOLDE No. G-19			MOLDE No. G-17		
		CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR		CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR		CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR	
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		22	7,3		19	6,3		18	6,0	
0,050		48	16,0		49	16,4		37	12,4	
0,075		75	25,1		77	25,7		45	15,0	
0,100	1000	96	32,1	11,12	98	32,7	11,32	48	16,0	6,31
0,200		176	58,8	12,76	154	51,4	11,29	58	19,4	4,87
0,300		217	72,5		166	55,4		70	23,4	
0,400		249	83,2		177	59,1		78	26,1	
0,500		268	89,5		195	65,1		83	27,7	

## GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



## DENSIDAD MÁXIMA VERSUS CBR



## VALOR C.B.R.

### RESUMEN DE DATOS

Límite Líquido	=	<b>29,95</b>	%
Límite Plástico	=	<b>28,78</b>	%
Índice Plástico	=	<b>1,17</b>	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	<b>ML</b>	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	<b>19,17</b>	%
Humedad Óptima	=	<b>19,90</b>	%
Densidad Seca	=	<b>1672</b>	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	<b>1705</b>	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	<b>11,10</b>	%
95% Densidad Máxima	=	<b>1620</b>	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b> 7	<b>FECHA:</b> 07/04/2015
<b>UBICACIÓN:</b> 3+000	<b>LABORATORISTA:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>USO:</b>	<b>CALCULADO:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C.B.R.**

MOLDE No.	M5				M9				M3			
	5				5				5			
No. DE CAPAS	56				25				10			
No. DE GOLPES POR CAPAS	56				25				10			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.	
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE A	12147		12305		11836		12119		11571		11930	
PESO MOLDE B	8071		8071		8066		8066		8043		8043	
PESO MUESTRA HÚMEDA C = A - B	4076		4234		3770		4053		3528		3887	
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN) D	2094		2094		2134		2134		2096		2096	
DENSIDAD HÚMEDA E = C/D*1000	1,947		2,022		1,767		1,899		1,683		1,854	
DENSIDAD SECA F = E / (1 + G)	1674		1891		1531		1529		1460		1478	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	ARRIBA		ABAJO		ARRIBA		ABAJO		ARRIBA		ABAJO	
RECIPiente No.	NW1	125	136	8,5	W2	BK1	W2	L29	8,5	209	C9	L17
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE G	67,30	67,36	67,07	62,50	61,89	62,75	74,79	64,25	69,31	59,37	51,14	59,15
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE H	60,06	60,46	69,37	55,75	56,20	56,73	64,74	54,36	62,57	53,65	43,02	50,89
PESO AGUA I = G - H	7,24	6,90	-2,30	6,75	5,69	6,02	10,05	9,89	6,74	5,72	8,12	8,26
PESO RECIPIENTE J	16,96	16,54	16,80	18,67	17,67	18,97	17,67	17,92	18,67	16,18	11,36	18,15
PESO MUESTRA SECA K = H - J	43,10	43,92	52,57	37,08	38,53	37,76	47,07	36,44	43,90	37,47	31,66	32,74
CONTENIDO DE HUMEDAD L = (I / K)*100	16,80%	15,71%	-4,38%	18,20%	14,77%	15,94%	21,35%	27,14%	15,35%	15,27%	25,65%	25,23%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD M = (L1+L2)/2	16,25%		6,91%		15,36%		24,25%		15,31%		25,44%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE No.	M5	M9	M3
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUÉS DE SATURACIÓN N	12305	12119	11930
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN P	12147	11836	11571
PESO AGUA ABSORBIDA Q = N - P	158	283	359
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA R=(Q/C)*100	3,88	7,51	10,18

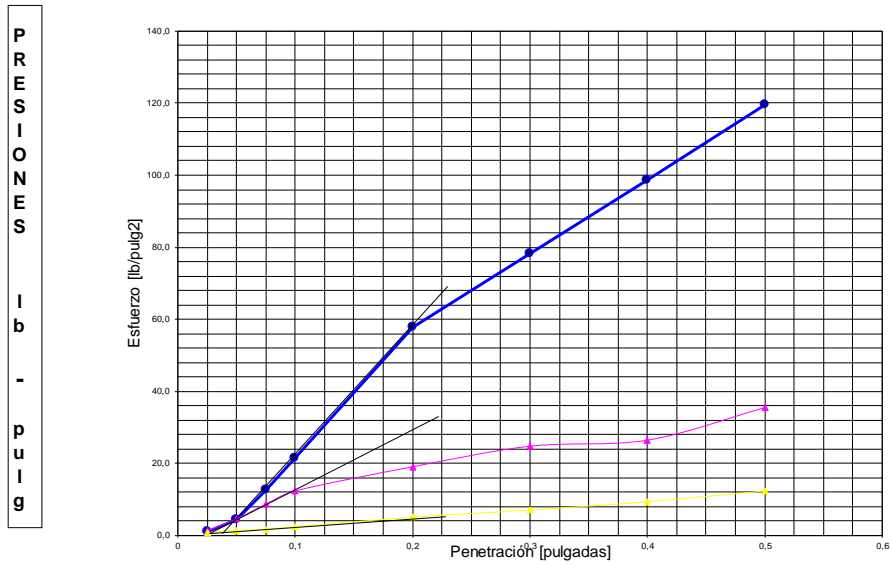
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No. G-25			MOLDE No. G-19			MOLDE No. G-17		
		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO	
		mm	mm	%	mm	mm	%	mm	mm	%
07/04/2015	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0
08/04/2015	1	33	25	22	31	24	21	11	4	3
09/04/2015	2	39	32	27	38	30	26	17	9	8
10/04/2015	3	41	33	29	40	33	28	19	11	9
11/04/2015	4	43	36	31	46	38	33	23	16	14
12/04/2015	5	43	36	31	46	38	33	23	16	14

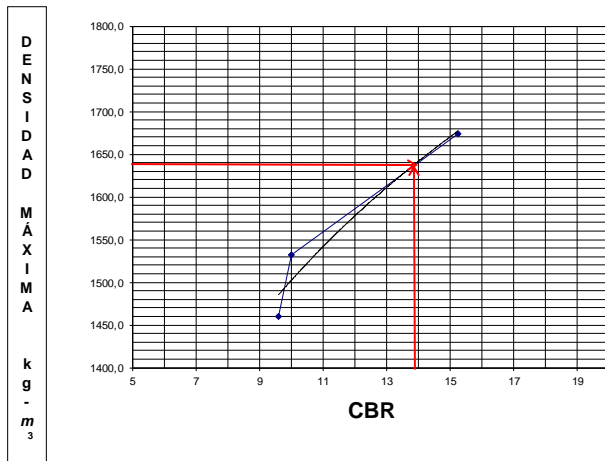
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. G-25			MOLDE No. G-19			MOLDE No. G-17		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		3	1,0		4	1,3		2	0,7	
0,050		13	4,3		14	4,7		4	1,3	
0,075		38	12,7		26	8,7		5	1,7	
0,100	1000	64	21,4	13,91	37	12,4	11,21	7	2,3	11,20
0,200	1500	173	57,8	16,56	57	19,0	8,81	15	5,0	8,00
0,300		234	78,2		74	24,7		21	7,0	
0,400		295	98,5		79	26,4		28	9,4	
0,500		358	119,6		106	35,4		37	12,4	

**GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.**



**DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR**



**VALOR C.B.R.**

**RESUMEN DE DATOS**

Límite Líquido	=	<b>32,96</b>	%
Límite Plástico	=	<b>25,86</b>	%
Índice Plástico	=	<b>7,09</b>	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	<b>ML</b>	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	<b>14,33</b>	%
Humedad Óptima	=	<b>17,70</b>	%
Densidad Seca	=	<b>1674</b>	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	<b>1724</b>	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	<b>13,90</b>	%
95% Densidad Máxima	=	<b>1638</b>	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b> 8	<b>FECHA:</b> 07/04/2015
<b>UBICACIÓN:</b> 3+500	<b>LABORATORISTA:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>USO:</b>	<b>CALCULADO:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C.B.R.**

MOLDE No.	3		23		28	
No. DE CAPAS	5		5		5	
No. DE GOLPES POR CAPAS	56		25		10	
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE A	10232	10382	10125	10357	9692	10112
PESO MOLDE B	6087	6087	6154	6154	6039	6039
PESO MUESTRA HÚMEDA C = A - B	4145	4295	3971	4203	3653	4073
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN) D	2138	2138	2117	2117	2111	2111
DENSIDAD HÚMEDA E = C/D*1000	1,939	2,009	1,876	1,985	1,730	1,929
DENSIDAD SECA F = E / (1 + G)	1737	1743	1681	1695	1564	1615
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>
RECIPiente No.	L32	C9	L7X	L18	L7X	62
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPiente G	54,37	46,35	65,22	65,43	61,08	65,75
PESO MUESTRA SECA + RECIPiente H	50,55	42,76	58,95	59,17	56,44	61,18
PESO AGUA I = G - H	3,82	3,59	6,27	6,26	4,64	4,57
PESO RECIPiente J	18,01	11,35	17,94	18,03	17,94	19,94
PESO MUESTRA SECA K = H - J	32,54	31,41	41,01	41,14	38,50	41,24
CONTENIDO DE HUMEDAD L = (I / K)*100	11,74%	11,43%	15,29%	15,22%	12,05%	11,08%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD M = (L1+L2)/2	11,58%		15,25%		11,57%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE No.	3		23		28	
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN N	10382		10357		10112	
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN P	10232		10125		9692	
PESO AGUA ABSORBIDA Q = N - P	150		232		420	
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA R = (Q/C)*100	3,62		5,84		11,50	

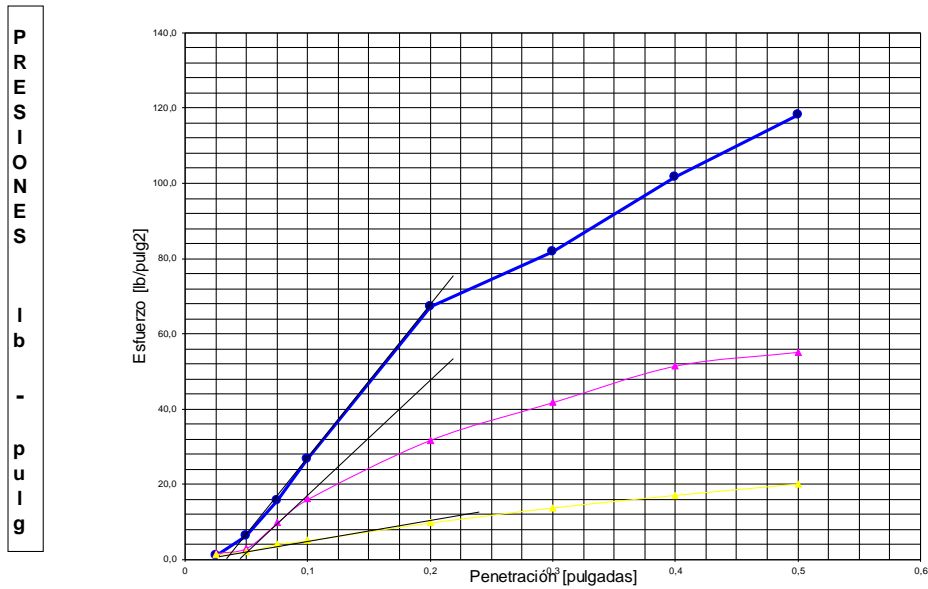
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No. G-25			MOLDE No. G-19			MOLDE No. G-17		
		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO	
		mm	mm	%	mm	mm	%	mm	mm	%
07/04/2015	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0
08/04/2015	1	14	6	5	13	6	5	13	5	4
09/04/2015	2	17	10	8	16	9	7	18	10	9
10/04/2015	3	18	10	9	17	9	8	18	11	9
11/04/2015	4	24	16	14	27	20	17	19	11	10
12/04/2015	5	24	16	14	27	20	17	19	11	10

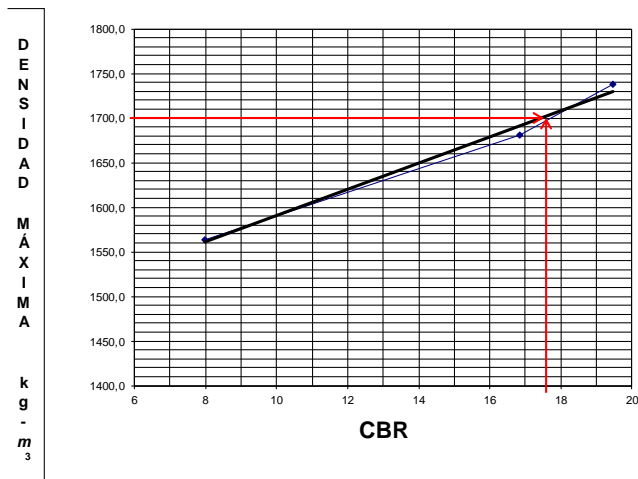
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. G-25			MOLDE No. G-19			MOLDE No. G-17		
		CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR		CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR		CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR	
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		3	1,0		5	1,7		4	1,3	
0,050		19	6,3		9	3,0		6	2,0	
0,075		47	15,7		29	9,7		12	4,0	
0,100	1000	80	26,7	18,52	48	16,0	18,31	15	5,0	9,00
0,200	1500	201	67,1	20,43	95	31,7	15,35	29	9,7	6,94
0,300		245	81,8		125	41,8		41	13,7	
0,400		304	101,5		154	51,4		51	17,0	
0,500		354	118,2		165	55,1		60	20,0	

## GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



## DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR



## VALOR C.B.R.

### RESUMEN DE DATOS

Límite Líquido	=		%
Límite Plástico	=		%
Índice Plástico	=	NP	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	ML	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	21,08	%
Humedad Óptima	=	13,00	%
Densidad Seca	=	1737	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	1792	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	17,60	%
95% Densidad Máxima	=	1702	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b> 9	<b>FECHA:</b> 07/04/2015
<b>UBICACIÓN:</b> 4+000	<b>LABORATORISTA:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>USO:</b>	<b>CALCULADO:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C.B.R.**

MOLDE No.	Z5			Z4			M7					
No. DE CAPAS	5			5			5					
No. DE GOLPES POR CAPAS	56			25			10					
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>				
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE A	10725	10869	10406	10688	11529	11887						
PESO MOLDE B	6660	6660	6684	6684	8070	8070						
PESO MUESTRA HÚMEDA C = A - B	4065	4209	3722	4004	3459	3817						
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN) D	2119	2119	2119	2119	2123	2123						
DENSIDAD HÚMEDA E = C/D*1000	1,918	1,986	1,756	1,890	1,629	1,798						
DENSIDAD SECA F = E / (1 + G)	1621	1672	1509	1550	1397	1429						
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>				
RECIPIENTE No.	L17	137	4A4	NW1	S44	2D	JB2	2D	136	L3	209	C9
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE G	52,43	54,99	49,32	45,85	51,89	56,20	41,80	47,62	55,98	47,20	63,71	52,25
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE H	46,71	49,54	44,42	41,23	47,10	50,60	36,38	42,06	50,28	42,21	53,59	44,19
PESO AGUA I = G - H	5,72	5,45	4,90	4,62	4,79	5,60	5,42	5,56	5,70	4,99	10,12	8,06
PESO RECIPIENTE J	18,14	16,70	18,14	16,94	17,58	16,75	11,62	16,77	16,78	11,52	16,19	11,34
PESO MUESTRA SECA K = H - J	28,57	32,84	26,28	24,29	29,52	33,85	24,76	25,29	33,50	30,69	37,40	32,85
CONTENIDO DE HUMEDAD L = (I / K)*100	20,02%	16,60%	18,65%	19,02%	16,23%	16,54%	21,89%	21,98%	17,01%	16,26%	27,06%	24,54%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD M = (L1+L2)/2	18,31%		18,83%		16,38%		21,94%		16,64%		25,80%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE No.	Z5			Z4			M7		
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN N	10869			10688			11887		
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN P	10725			10406			11529		
PESO AGUA ABSORBIDA Q = N - P	144			282			358		
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA R=(Q/C)*100	3,54			7,58			10,35		

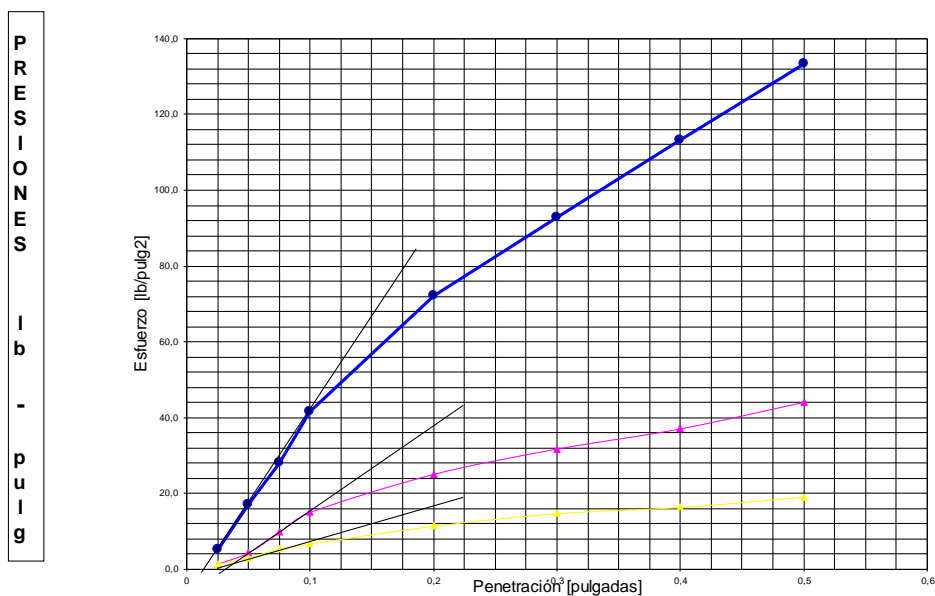
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No.G-25			MOLDE No.G-19			MOLDE No.G-17		
		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO	
		mm	mm	%	mm	mm	%	mm	mm	%
07/04/2015	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0
08/04/2015	1	33	25	22	33	25	22	33	25	22
09/04/2015	2	36	29	25	36	29	25	36	28	24
10/04/2015	3	39	31	27	39	31	27	38	30	26
11/04/2015	4	40	32	28	40	32	28	39	31	27
12/04/2015	5	40	32	28	40	32	28	39	31	27

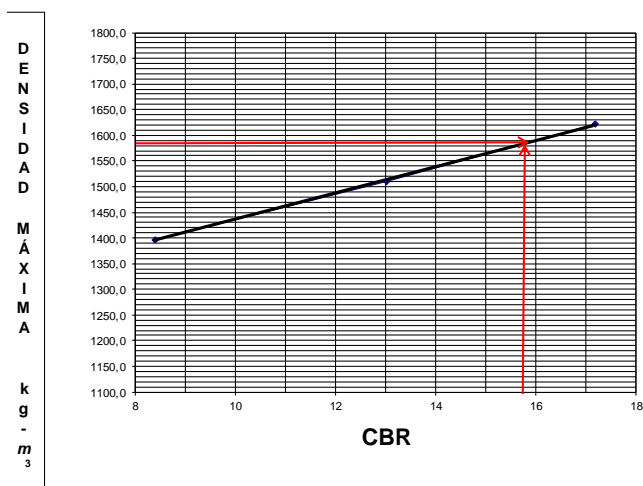
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.G-25			MOLDE No.G-19			MOLDE No.G-17		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		15	5,0		4	1,3		4	1,3	
0,050		51	17,0		13	4,3		9	3,0	
0,075		84	28,1		29	9,7		16	5,3	
0,100	1000	124	41,4	16,92	45	15,0	14,41	20	6,7	9,50
0,200		216	72,1	17,43	75	25,1	11,61	34	11,4	7,27
0,300		278	92,9		95	31,7		44	14,7	
0,400		339	113,2		111	37,1		49	16,4	
0,500		399	133,3		132	44,1		57	19,0	

## GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



## DENSIDAD MÁXIMA VERSUS CBR



## VALOR C.B.R.

### RESUMEN DE DATOS

Límite Líquido	=	29,67	%
Límite Plástico	=	26,11	%
Índice Plástico	=	3,55	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	ML	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	18,78	%
Humedad Óptima	=	18,00	%
Densidad Seca	=	1621	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	1670	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	15,80	%
95% Densidad Máxima	=	1587	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b> 10	<b>FECHA:</b> 25/04/2015
<b>UBICACIÓN:</b> Km 4+500	<b>LABORATORISTA:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>USO:</b>	<b>CALCULADO:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C.B.R.**

MOLDE No.	G-21			SL-8			G-6					
No. DE CAPAS	5			5			5					
No. DE GOLPES POR CAPAS	56			25			10					
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.	
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE A	11198		11398		10872		11452		10076		10861	
PESO MOLDE B	7015		7015		7215		7215		6896		6896	
PESO MUESTRA HÚMEDA C = A - B	4183		4383		3657		4237		3180		3965	
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN) D	2215		2215		2234		2234		2205		2205	
DENSIDAD HÚMEDA E = CD*1000	1,888		1,979		1,637		1,897		1,442		1,798	
DENSIDAD SECA F = E / (1 + G)	1639		1654		1421		1559		1251		1454	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPiente No.	B-30	B-15	QT	B-15	D-17	TP-22	ML-12	TP-22	QT	ML-12	B-30	D-17
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPiente G	66,12	70,11	90,42	89,08	92,11	94,53	78,98	80,51	92,36	80,98	94,56	70,12
PESO MUESTRA SECA + RECIPiente H	59,76	63,00	78,77	77,00	81,78	84,45	68,41	69,45	82,63	72,78	79,94	59,23
PESO AGUA I = G - H	6,36	7,11	11,65	12,08	10,33	10,08	10,57	11,06	9,73	8,20	14,62	10,89
PESO RECIPiente J	17,95	16,32	18,76	16,32	13,41	18,70	19,26	18,70	18,76	19,26	17,95	13,41
PESO MUESTRA SECA K = H - J	41,81	46,68	60,01	60,68	68,37	65,75	49,15	50,75	63,87	53,52	61,99	45,82
CONTENIDO DE HUMEDAD L = (I / K)*100	15,21%	15,23%	19,41%	19,91%	15,11%	15,33%	21,51%	21,79%	15,23%	15,32%	23,58%	23,77%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD M = (L1+L2)/2	15,22%		19,66%		15,22%		21,65%		15,28%		23,68%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE No.	G-21			SL-8			G-6		
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN N	11398			11452			10861		
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN P	11198			10872			10076		
PESO AGUA ABSORBIDA Q = N - P	200			580			785		
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA R=(Q/C)*100	4,78			15,86			24,69		

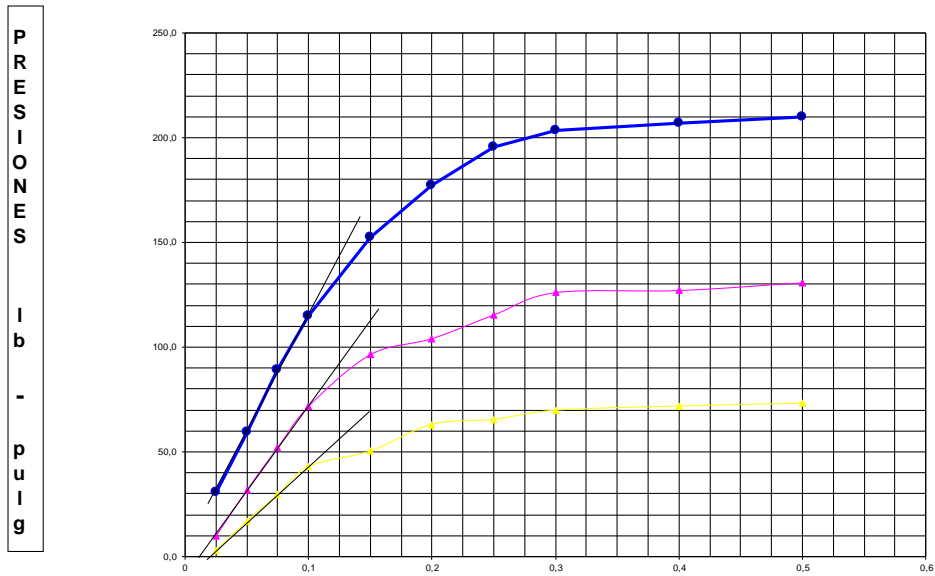
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No. G-21				MOLDE No. SL-8				MOLDE No. G-6			
		DIAL		ESPONJAMIENTO		DIAL		ESPONJAMIENTO		DIAL		ESPONJAMIENTO	
		0.01 mm	mm	%		0.01 mm	mm	%		0.01 mm	mm	%	
25/04/2015	0	0			0				0				
26/04/2015	1	2			5				8				
27/04/2015	2	6			9				14				
28/04/2015	3	9			14				21				
29/04/2015	4	9			17				25				
30/04/2015	5	9			17				25				

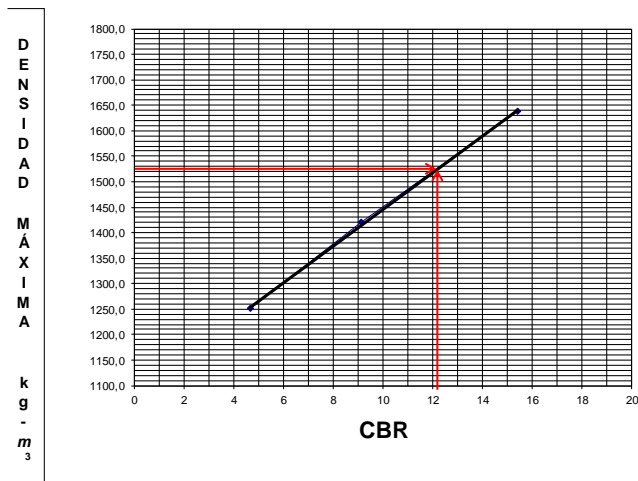
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. G-21			MOLDE No. SL-8			MOLDE No. G-6		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		92	30,7		29	9,7		9	3,0	
0,050		178	59,3		95	31,7		51	17,0	
0,075		267	89,0		156	52,0		89	29,7	
0,100	1000	345	115,0	16,00	215	71,7	9,67	129	43,0	4,80
0,150		458	152,7		289	96,3		151	50,3	
0,200		531	177,0	14,80	312	104,0	8,60	189	63,0	4,53
0,250		587	195,7		346	115,3		196	65,3	
0,300		611	203,7		378	126,0		209	69,7	
0,400		621	207,0		381	127,0		215	71,7	
0,500		629	209,7		392	130,7		219	73,0	

## GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



## DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR



## VALOR C.B.R.

### RESUMEN DE DATOS

Límite Líquido	=	27,48	%
Límite Plástico	=	23,23	%
Índice Plástico	=	4,25	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	ML	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	3,96	%
Humedad Óptima	=	15,04	%
Densidad Seca	=	1639	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	1612	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	12,20	%
95% Densidad Máxima	=	1531	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b> 11	<b>FECHA:</b> 25/04/2015
<b>UBICACIÓN:</b> km 5+000	<b>LABORATORISTA:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>USO:</b>	<b>CALCULADO:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C.B.R.**

MOLDE No.	G-16				N-3				SL-11				
No. DE CAPAS	5				5				5				
No. DE GOLPES POR CAPAS	56				25				10				
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.	
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE	A	11234		11467		10798		11423		10243		11233	
PESO MOLDE	B	7022		7022		6814		6814		6996		6996	
PESO MUESTRA HÚMEDA	C = A - B	4212		4445		3984		4609		3247		4237	
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN)	D	2286		2286		2490		2490		2226		2226	
DENSIDAD HÚMEDA	E = C/D*1000	1,843		1,944		1,600		1,851		1,459		1,903	
DENSIDAD SECA	F = E / (1 + G)	1622		1638		1407		1499		1286		1480	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPiente No.		N2-12	BA-37	M-2	J-16	D-40	ML-41	N2-12	BA-37	M-2	J-16	D-40	ML-41
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE	G	66,42	67,11	80,97	78,44	87,61	90,43	84,56	88,09	78,12	90,08	96,87	99,84
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE	H	60,00	60,51	70,12	68,43	78,76	81,21	70,98	73,56	70,46	80,98	78,32	81,00
PESO AGUA	I = G - H	6,42	6,60	10,85	10,01	8,85	9,22	13,58	14,53	7,66	9,10	18,55	18,84
PESO RECIPIENTE	J	12,66	12,13	12,00	14,90	13,37	15,20	12,66	12,13	12,00	14,90	13,37	15,20
PESO MUESTRA SECA	K = H - J	47,34	48,38	58,12	53,53	65,39	66,01	58,32	61,43	58,46	66,08	64,95	65,80
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100	13,56%	13,64%	18,67%	18,70%	13,53%	13,97%	23,29%	23,65%	13,10%	13,77%	28,56%	28,63%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2	13,80%		18,68%		13,75%		23,47%		13,44%		28,60%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE No.	G-16				N-3				SL-11			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUÉS DE SATURACIÓN	N				11467				11423			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN	P				11234				10798			
PESO AGUA ABSORBIDA	Q = N - P				233				625			
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	R=(Q/C)*100				5,53				15,69			

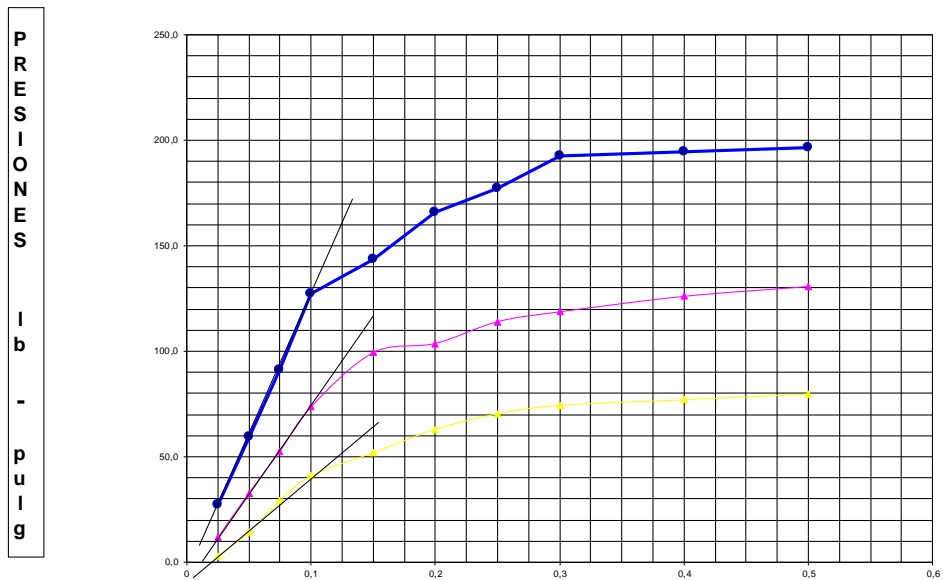
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No. G-16				MOLDE No. N-3				MOLDE No. SL-11			
		DIAL		ESPONJAMIENTO		DIAL		ESPONJAMIENTO		DIAL		ESPONJAMIENTO	
		0.01 mm	mm	%		0.01 mm	mm	%		0.01 mm	mm	%	
25/04/2015	0	0			0				0				
26/04/2015	1	2			3				7				
27/04/2015	2	3			5				15				
28/04/2015	3	6			9				21				
29/04/2015	4	7			11				23				
30/04/2015	5	7			11				23				

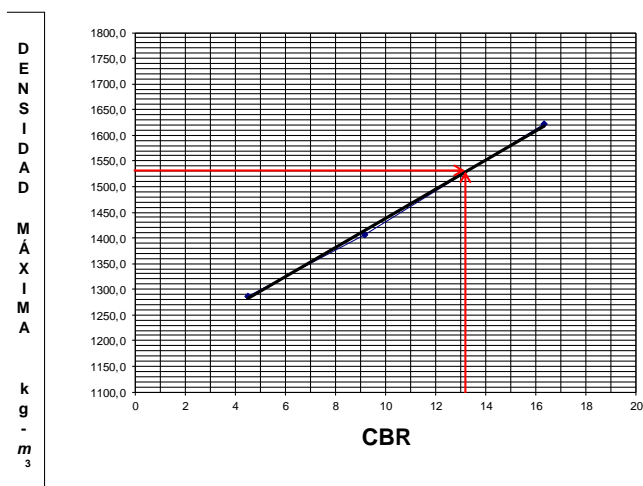
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. G-16			MOLDE No. N-3			MOLDE No. SL-11		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0.025		81	27,0		35	11,7		9	3,0	
0.050		178	59,3		98	32,7		43	14,3	
0.075		273	91,0		158	52,7		88	29,3	
0.100	1000	381	127,0	18,00	221	73,7	9,77	123	41,0	4,50
0.150		431	143,7		298	99,3		156	52,0	
0.200		498	166,0	14,60	311	103,7	8,51	189	63,0	4,47
0.250		532	177,3		342	114,0		211	70,3	
0.300		578	192,7		356	118,7		223	74,3	
0.400		584	194,7		378	126,0		231	77,0	
0.500		590	196,7		392	130,7		239	79,7	

## GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



## DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR



## VALOR C.B.R.

### RESUMEN DE DATOS

Límite Líquido	=	26,41	%
Límite Plástico	=	22,73	%
Índice Plástico	=	3,69	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	ML	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	3,84	%
Humedad Óptima	=	13,20	%
Densidad Seca	=	1622	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	1625	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	13,20	%
95% Densidad Máxima	=	1544	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b> 12	<b>FECHA:</b> 25/04/2015
<b>UBICACIÓN:</b> km 5+500	<b>LABORATORISTA:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>USO:</b>	<b>CALCULADO:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C.B.R.**

MOLDE No.	AC-23				G-61				G-8				
	5				5				5				
No. DE CAPAS	56				25				10				
No. DE GOLPES POR CAPAS	56				25				10				
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>		ANT. SATU.	DES. SATU.	ANT. SATU.	DES. SATU.	ANT. SATU.	DES. SATU.	ANT. SATU.	DES. SATU.	ANT. SATU.	DES. SATU.		
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE	A	10978	11198	10233	10587	10245	10745						
PESO MOLDE	B	6978	6978	6890	6890	7028	7028						
PESO MUESTRA HÚMEDA	C = A - B	4000	4220	3343	3697	3217	3717						
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN)	D	2198	2198	2208	2208	2286	2286						
DENSIDAD HÚMEDA	E = C/D*1000	1,820	1,920	1,514	1,674	1,407	1,626						
DENSIDAD SECA	F = E / (1 + G)	1587	1617	1322	1346	1229	1254						
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO		
RECIPIENTE No.		M-10	BA-8	D-29	M-11	15	D-29	M-10	15	ML-33	M-11	M-10	BA-8
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE	G	65,42	67,43	90,08	82,13	76,71	80,94	77,64	80,09	83,24	82,89	80,67	83,46
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE	H	58,67	60,32	78,00	71,09	68,56	72,33	64,87	66,76	74,27	73,87	65,09	67,12
PESO AGUA	I = G - H	6,75	7,11	12,08	11,04	8,15	8,61	12,77	13,33	8,97	9,02	15,58	16,34
PESO RECIPIENTE	J	12,32	12,14	13,34	12,29	12,31	13,34	12,32	12,31	12,05	12,29	12,32	12,14
PESO MUESTRA SECA	K = H - J	46,35	48,18	64,66	58,80	56,25	58,99	52,55	54,45	62,22	61,58	52,77	54,98
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100	14,56%	14,76%	18,68%	18,78%	14,49%	14,60%	24,30%	24,48%	14,42%	14,65%	29,52%	29,72%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2	14,66%		18,73%		14,54%		24,39%		14,53%		29,62%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE No.	AC-23	G-61	G-8	
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN	N	11198	10587	10745
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN	P	10978	10233	10245
PESO AGUA ABSORBIDA	Q = N - P	220	354	500
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	R=(Q/C)*100	5,50	10,59	15,54

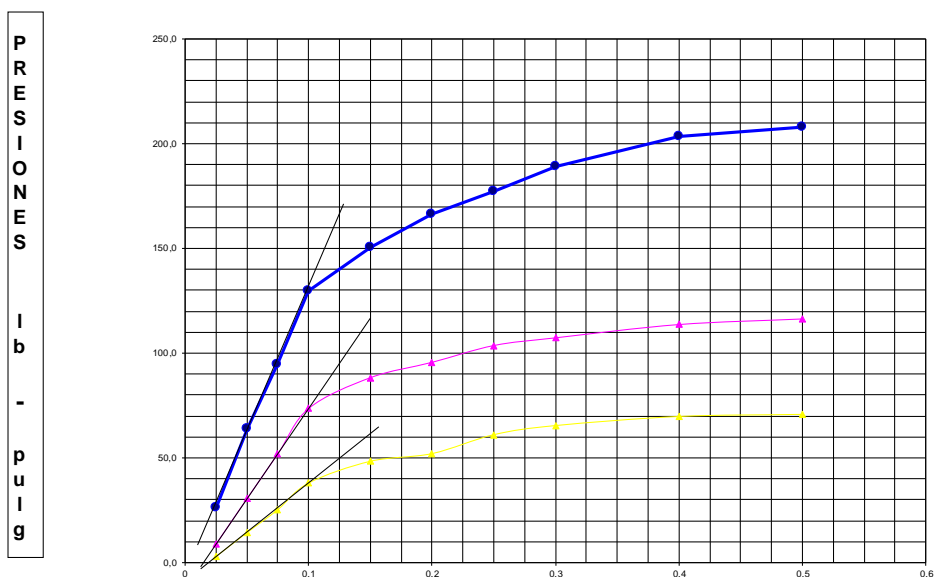
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No.AC-23			MOLDE No.G-61			MOLDE No.G-8		
		DIAL	ESPONJAMIENTO	%	DIAL	ESPONJAMIENTO	%	DIAL	ESPONJAMIENTO	%
		0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%
25/04/2015	0	0			0			0		
26/04/2015	1	2			5			7		
27/04/2015	2	3			7			11		
28/04/2015	3	6			13			15		
29/04/2015	4	6			15			17		
30/04/2015	5	6			15			17		

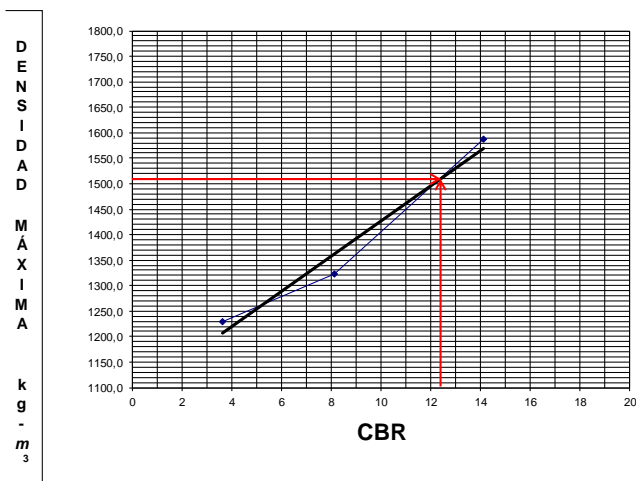
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.AC-23			MOLDE No.G-61			MOLDE No.G-8		
		CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR	%	CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR	%	CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR	%
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		78	26,0		27	9,0		9	3,0	
0,050		191	63,7		92	30,7		43	14,3	
0,075		283	94,3		156	52,0		76	25,3	
0,100	1000	389	129,7	15,47	221	73,7	8,87	114	38,0	3,80
0,150		452	150,7		265	88,3		145	48,3	
0,200		499	166,3	12,76	287	95,7	7,38	156	52,0	3,47
0,250		532	177,3		311	103,7		183	61,0	
0,300		567	189,0		322	107,3		196	65,3	
0,400		611	203,7		341	113,7		209	69,7	
0,500		623	207,7		349	116,3		212	70,7	

**GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.**



**DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR**



**VALOR C.B.R.**

**RESUMEN DE DATOS**

Límite Líquido	=	<b>28,06</b>	%
Límite Plástico	=	<b>23,10</b>	%
Índice Plástico	=	<b>4,96</b>	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	<b>ML</b>	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	<b>3,22</b>	%
Humedad Óptima	=	<b>14,60</b>	%
Densidad Seca	=	<b>1587</b>	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	<b>1595</b>	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	<b>12,50</b>	%
95% Densidad Máxima	=	<b>1515</b>	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b> 13	<b>FECHA:</b> 25/04/2015
<b>UBICACIÓN:</b> km 6+000	<b>LABORATORISTA:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>USO:</b>	<b>CALCULADO:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C.B.R.**

MOLDE No.	G-25				G-19				G-17				
	5				5				5				
No. DE CAPAS	56				25				10				
No. DE GOLPES POR CAPAS	56				25				10				
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.	
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE	A	11198		11423		10344		10712		10233		11086	
PESO MOLDE	B	6998		6998		6875		6875		7036		7036	
PESO MUESTRA HÚMEDA	C = A - B	4200		4425		3469		3837		3197		4050	
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN)	D	2286		2286		2215		2215		2258		2258	
DENSIDAD HÚMEDA	E = C/D*1000	1,837		1,936		1,566		1,732		1,416		1,794	
DENSIDAD SECA	F = E / (1 + G)	1590		1610		1355		1377		1225		1363	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPIENTE No.		B-37	ML-32	N-35	ML-21	ML-39	ML-21	ML-32	ML-23	N-35	ML-23	B-37	ML-39
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE	G	67,09	70,64	72,43	73,45	78,61	80,56	86,21	82,34	78,91	90,32	85,44	78,93
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE	H	59,78	63,00	62,61	63,56	69,65	71,62	71,56	68,23	70,23	79,89	67,87	62,67
PESO AGUA	I = G - H	7,31	7,64	9,82	9,89	8,96	8,94	14,65	14,11	8,68	10,43	17,57	16,26
PESO RECIPIENTE	J	12,13	14,40	13,68	14,90	11,20	14,90	14,40	13,80	13,68	13,80	12,13	11,20
PESO MUESTRA SECA	K = H - J	47,65	48,60	48,93	48,66	58,45	56,72	57,16	54,43	56,55	66,09	55,74	51,47
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100	15,34%	15,72%	20,07%	20,32%	15,33%	15,76%	25,63%	25,92%	15,35%	15,78%	31,52%	31,59%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2	15,53%		20,20%		15,55%		25,78%		15,57%		31,56%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE No.	G-25		G-19		G-17	
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN	N		11423		10712	
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN	P		11198		10344	
PESO AGUA ABSORBIDA	Q = N - P		225		368	
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	R=(Q/C)*100		5,36		10,61	

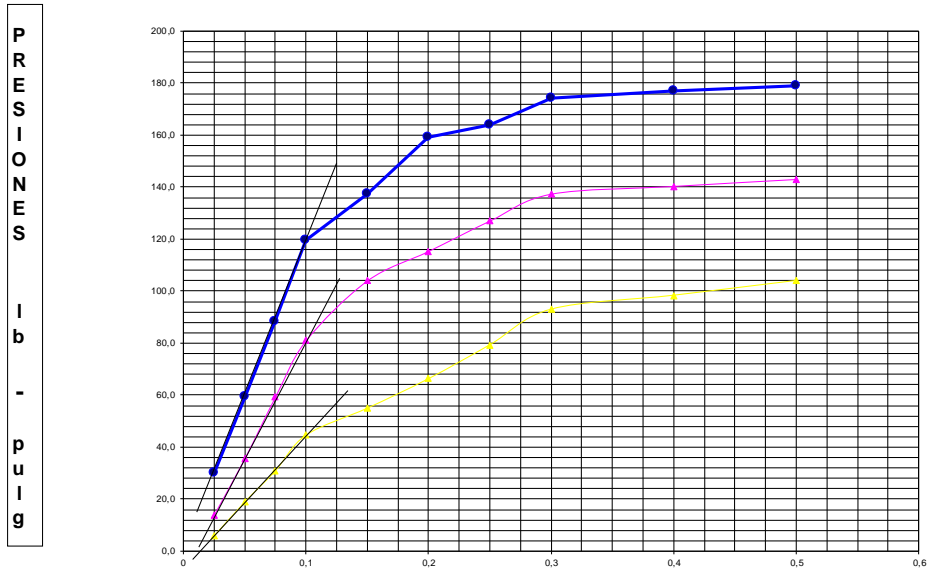
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No. G-25			MOLDE No. G-19			MOLDE No. G-17		
		DIAL	ESPONJAMIENTO	%	DIAL	ESPONJAMIENTO	%	DIAL	ESPONJAMIENTO	%
		0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%
25/04/2015	0	0		0			0			
26/04/2015	1	1		3			5			
27/04/2015	2	3		7			13			
28/04/2015	3	4		9			17			
29/04/2015	4	4		11			19			
30/04/2015	5	4		11			19			

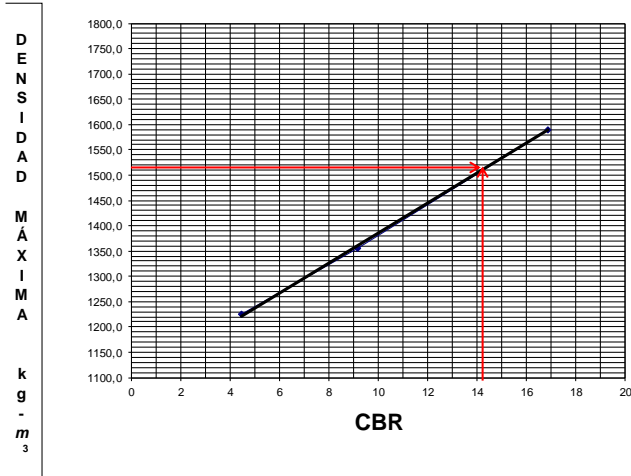
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. G-25			MOLDE No. G-19			MOLDE No. G-17		
		CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR	%	CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR	%	CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR	%
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		90	30,0		42	14,0		18	6,0	
0,050		178	59,3		107	35,7		57	19,0	
0,075		265	88,3		178	59,3		93	31,0	
0,100	1000	359	119,7	18,67	243	81,0	9,60	134	44,7	4,47
0,150		412	137,3		312	104,0		165	55,0	
0,200		478	159,3	15,09	346	115,3	8,69	199	66,3	4,42
0,250		492	164,0		381	127,0		238	79,3	
0,300		523	174,3		412	137,3		279	93,0	
0,400		531	177,0		421	140,3		295	98,3	
0,500		537	179,0		429	143,0		312	104,0	

GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR



VALOR C.B.R.

RESUMEN DE DATOS

Límite Líquido	=	26,34	%
Límite Plástico	=	19,15	%
Índice Plástico	=	7,19	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	CL	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	2,32	%
Humedad Óptima	=	15,20	%
Densidad Seca	=	1590	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	1598	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	14,10	%
95% Densidad Máxima	=	1518	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b> 14	<b>FECHA:</b> 07/04/2015
<b>UBICACIÓN:</b> Km 6+500	<b>LABORATORISTA:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>USO:</b>	<b>CALCULADO:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C.B.R.**

MOLDE No.	G-25			G-19			G-17		
No. DE CAPAS	5			5			5		
No. DE GOLPES POR CAPAS	56			25			10		
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE A	11636	12098	10867	11566	10674	11490			
PESO MOLDE B	6998	6998	6875	6875	7036	7036			
PESO MUESTRA HÚMEDA C = A - B	4638	5100	3992	4691	3638	4454			
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN) D	2286	2286	2215	2215	2258	2258			
DENSIDAD HÚMEDA E = C/D*1000	2,029	2,231	1,802	2,118	1,611	1,973			
DENSIDAD SECA F = E / (1 + G)	1715	1830	1523	1641	1361	1482			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	
RECIPiente No.	B-3	BA-8	4	D-26	4	B-21	B-3	HHC	
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPiente G	63,78	65,89	88,45	70,22	74,55	86,93	73,22	85,41	
PESO MUESTRA SECA + RECIPiente H	56,34	57,44	76,00	60,00	66,03	75,87	60,44	70,34	
PESO AGUA I = G - H	7,44	8,45	12,45	10,22	8,52	11,06	12,78	15,07	
PESO RECIPiente J	14,90	12,14	19,08	13,55	19,08	16,35	14,90	20,12	
PESO MUESTRA SECA K = H - J	41,44	45,30	56,92	46,45	46,95	59,52	45,54	50,22	
CONTENIDO DE HUMEDAD L = (I / K)*100	17,95%	18,65%	21,87%	22,00%	18,15%	18,58%	28,06%	30,01%	
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD M = (L1+L2)/2	18,30%		21,94%		18,36%		29,04%		

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE No.	G-25	G-19	G-17
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN N	12098	11566	11490
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN P	11636	10867	10674
PESO AGUA ABSORBIDA Q = N - P	462	699	816
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA R=(Q/C)*100	9,96	17,51	22,43

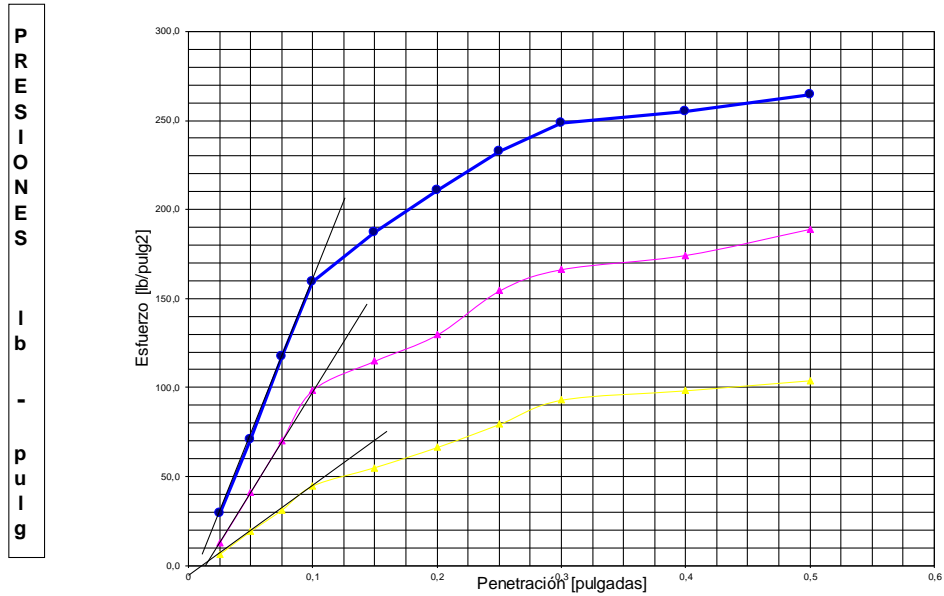
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No. G-25			MOLDE No. G-19			MOLDE No. G-17		
		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO	
		0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%
07/04/2015	0	0		0			0			
08/04/2015	1	1		3			5			
09/04/2015	2	3		7			13			
10/04/2015	3	4		11			17			
11/04/2015	4	4		11			17			
12/04/2015	5	4		11			17			

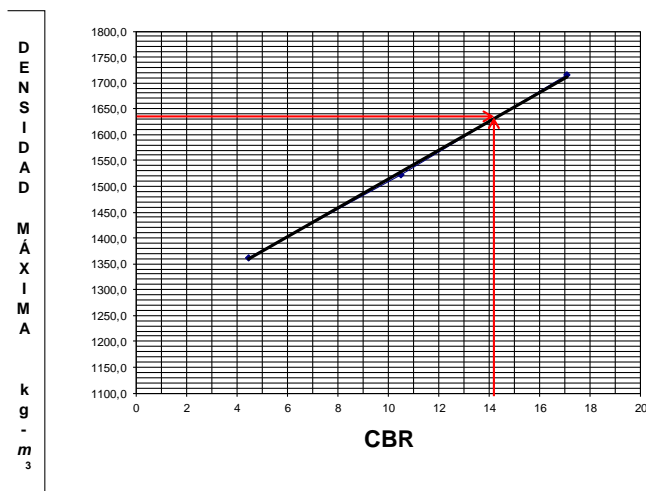
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. G-25			MOLDE No. G-19			MOLDE No. G-17		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0.025		88	29,3		39	13,0		18	6,0	
0.050		212	70,7		124	41,3		57	19,0	
0.075		352	117,3		211	70,3		93	31,0	
0.100	1000	478	159,3	18,43	296	98,7	11,37	134	44,7	
0.150		562	187,3		345	115,0		165	55,0	
0.200		633	211,0	15,73	389	129,7	9,64	199	66,3	
0.250		698	232,7		463	154,3		238	79,3	
0.300		745	248,3		499	166,3		279	93,0	
0.400		765	255,0		523	174,3		295	98,3	
0.500		794	264,7		567	189,0		312	104,0	

## GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



## DENSIDAD MÁXIMA VERSUS CBR



## VALOR C.B.R.

### RESUMEN DE DATOS

Límite Líquido	=	%
Límite Plástico	=	%
Índice Plástico	=	NP
Índice de Grupo	=	%
Clasificación	=	ML
Grupo Símbolos	=	
Humedad Natural	=	24,32
Humedad Óptima	=	18,52
Densidad Seca	=	1715 g/cm³
Densidad Máxima	=	1719 g/cm³
Valor C.B.R.	=	14,10
95% Densidad Máxima	=	1633 g/cm³
Espesor Sub-Base	=	cm
Espesor Base	=	cm
Espesor Base Asfáltica	=	cm
Espesor Carpeta	=	cm
Observaciones		

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b> 15	<b>FECHA:</b> 07/04/2015
<b>UBICACIÓN:</b> km 7+000	<b>LABORATORISTA:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>USO:</b>	<b>CALCULADO:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C.B.R.**

MOLDE No.	M-12			SL-12			D-61		
No. DE CAPAS	5			5			5		
No. DE GOLPES POR CAPAS	56			25			10		
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE A	12435	12745	11233	11578	10876	11457			
PESO MOLDE B	7676	7676	7110	7400	7400	7400			
PESO MUESTRA HÚMEDA C = A - B	4759	5069	4123	4468	3476	4057			
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN) D	2384	2384	2270	2270	2291	2291			
DENSIDAD HÚMEDA E = C/D*1000	1,996	2,126	1,816	1,968	1,517	1,771			
DENSIDAD SECA F = E / (1 + G)	1729	1815	1575	1677	1316	1468			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	
RECIPiente No.	ML-16	O-21	OR-7	O-21	WE	QY-12	ML-16	WE	
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPiente G	58,12	62,41	82,34	89,08	48,82	52,34	75,46	77,02	
PESO MUESTRA SECA + RECIPiente H	53,09	56,02	73,26	78,15	45,03	48,00	67,55	68,34	
PESO AGUA I = G - H	5,03	6,39	9,08	10,93	3,79	4,34	7,91	8,68	
PESO RECIPiente J	20,40	14,90	20,09	14,90	20,08	19,94	20,40	20,08	
PESO MUESTRA SECA K = H - J	32,69	41,12	53,17	63,25	24,95	28,06	47,15	48,26	
CONTENIDO DE HUMEDAD L = (I / K)*100	15,39%	15,54%	17,08%	17,28%	15,19%	15,47%	16,78%	17,99%	
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD M = (L1+L2)/2	15,46%		17,18%		15,33%		17,38%		

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE No.	M-12			SL-12			D-61		
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN N	12745			11578			11457		
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN P	12435			11233			10876		
PESO AGUA ABSORBIDA Q = N - P	310			345			581		
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA R=(Q/C)*100	6,51			8,37			16,71		

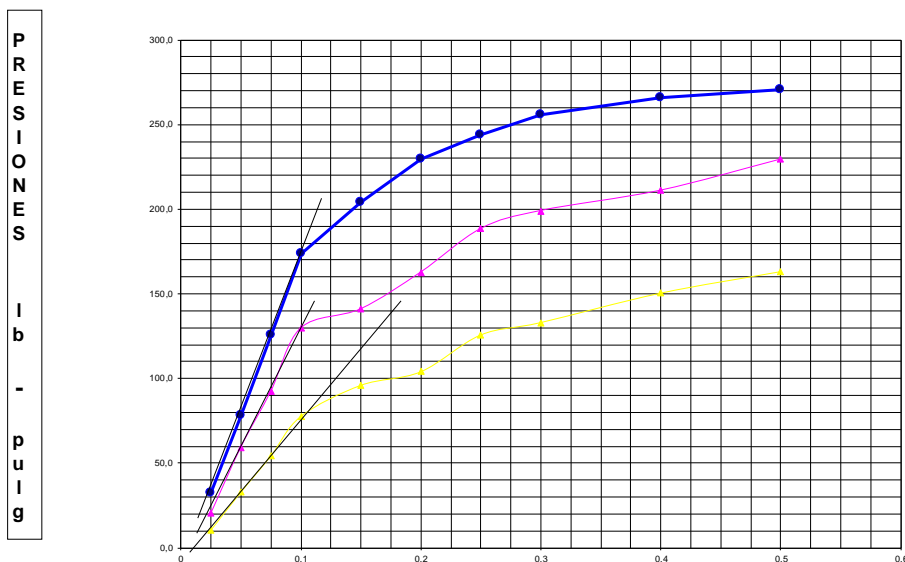
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No. M-12			MOLDE No. SL-12			MOLDE No. D-61		
		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO	
		0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%
07/04/2015	0	0		0			0			
08/04/2015	1	1		3			4			
09/04/2015	2	1		5			7			
10/04/2015	3	3		5			9			
11/04/2015	4	3		5			9			
12/04/2015	5	3		5			9			

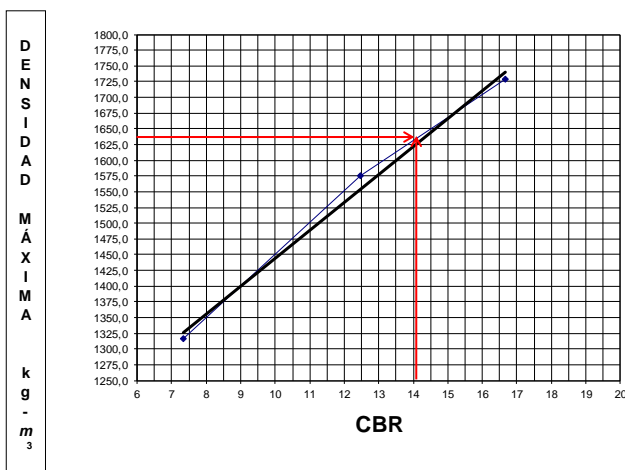
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. M-12			MOLDE No. SL-12			MOLDE No. D-61		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0.025		98	32,7		61	20,3		32	10,7	
0.050		234	78,0		178	59,3		99	33,0	
0.075		377	125,7		277	92,3		163	54,3	
0.100	1000	522	174,0	17,70	389	129,7	13,07	233	77,7	
0.150		612	204,0		423	141,0		288	96,0	
0.200		688	229,3	15,62	488	162,7	11,84	312	104,0	
0.250		732	244,0		565	188,3		377	125,7	
0.300		768	256,0		597	199,0		399	133,0	
0.400		798	266,0		633	211,0		451	150,3	
0.500		811	270,3		688	229,3		489	163,0	

## GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



## DENSIDAD MÁXIMA VERSUS CBR



## VALOR C.B.R.

### RESUMEN DE DATOS

Límite Líquido	=		%
Límite Plástico	=		%
Índice Plástico	=	<b>NP</b>	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	<b>ML</b>	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	<b>20,54</b>	%
Humedad Óptima	=	<b>15,19</b>	%
Densidad Seca	=	<b>1729</b>	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	<b>1728</b>	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	<b>14,20</b>	%
95% Densidad Máxima	=	<b>1642</b>	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b> 16	<b>FECHA:</b> 07/04/2015
<b>UBICACIÓN:</b> Km 7+500	<b>LABORATORISTA:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>USO:</b>	<b>CALCULADO:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C.B.R.**

<b>MOLDE No.</b>	<b>N-3</b>				<b>G-8</b>				<b>MJ</b>			
<b>No. DE CAPAS</b>	5				5				5			
<b>No. DE GOLPES POR CAPAS</b>	56				25				10			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE A	11744	11989	11028	11359	10119	10682						
PESO MOLDE B	6814	6814	7028	6800	6800	6800						
PESO MUESTRA HÚMEDA C = A - B	4930	5175	4000	4331	3319	3882						
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN) D	2490	2490	2286	2286	2109	2109						
DENSIDAD HÚMEDA E = C/D*1000	1,980	2,078	1,750	1,895	1,574	1,841						
DENSIDAD SECA F = E / (1 + G)	1756	1804	1558	1621	1403	1522						
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>
RECIPiente No.	D-36	D-17	BA-37	D-22	ML-29	C-20	D-17	D-36	D-22	BA-37	C-20	ML-29
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPiente G	76,98	74,97	65,86	76,09	64,13	67,04	71,52	78,18	65,76	56,90	70,73	88,05
PESO MUESTRA SECA + RECIPiente H	69,88	67,90	58,95	67,62	59,22	61,52	63,41	69,30	60,11	51,98	61,69	75,72
PESO AGUA I = G - H	7,10	7,07	6,91	8,47	4,91	5,52	8,11	8,88	5,65	4,92	9,04	12,33
PESO RECIPiente J	13,29	13,41	12,13	13,29	19,10	16,70	13,41	18,65	13,29	12,13	16,70	19,10
PESO MUESTRA SECA K = H - J	56,59	54,49	46,82	54,33	40,12	44,82	50,00	50,65	46,82	39,85	44,99	56,62
CONTENIDO DE HUMEDAD L = (I / K)*100	12,55%	12,97%	14,76%	15,59%	12,24%	12,32%	16,22%	17,53%	12,07%	12,35%	20,09%	21,78%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD M = (L1+L2)/2	12,76%		15,17%		12,28%		16,88%		12,21%		20,94%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

<b>MOLDE No.</b>	<b>N-3</b>				<b>G-8</b>				<b>MJ</b>			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN N	11989				11359				10682			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN P	11744				11028				10119			
PESO AGUA ABSORBIDA Q = N - P	245				331				563			
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA R = (Q/C)*100	4,97				8,28				16,96			

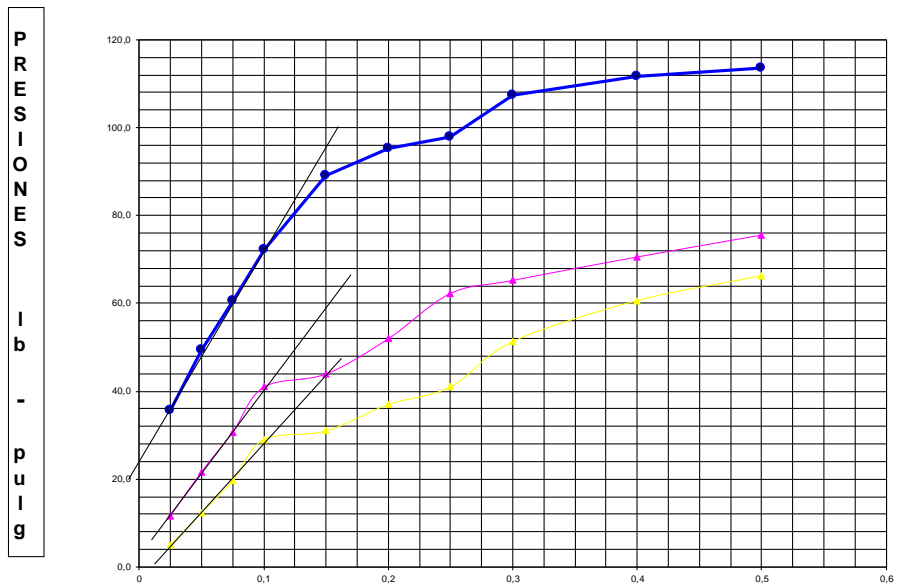
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No. N-3			MOLDE No. G-8			MOLDE No. MJ		
		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO	
		0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%
07/04/2015	0	0			0			0		
08/04/2015	1	2			5			7		
09/04/2015	2	3			8			9		
10/04/2015	3	3			11			14		
11/04/2015	4	3			11			14		
12/04/2015	5	3			11			14		

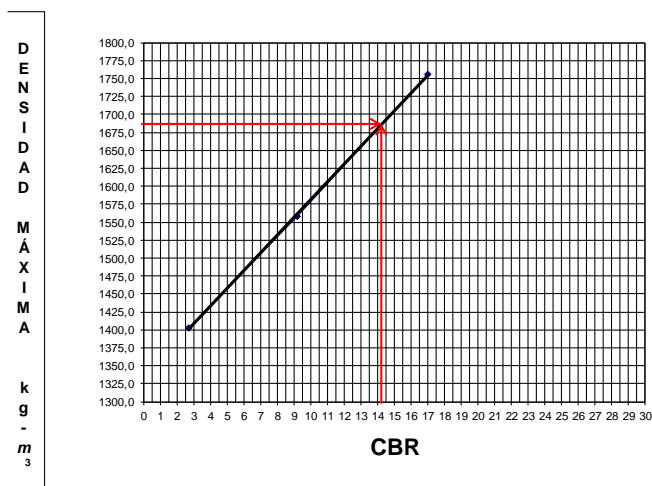
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. N-3			MOLDE No. G-8			MOLDE No. MJ		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0.025		107	35,7		35	11,7		15	5,0	
0.050		148	49,3		65	21,7		37	12,3	
0.075		182	60,7		92	30,7		59	19,7	
0.100	1000	217	72,3	19,43	123	41,0	10,60	87	29,0	2,90
0.150		267	89,0		132	44,0		93	31,0	
0.200		286	95,3	14,49	156	52,0	7,80	111	37,0	2,47
0.250		294	98,0		187	62,3		123	41,0	
0.300		322	107,3		196	65,3		154	51,3	
0.400		335	111,7		212	70,7		182	60,7	
0.500		341	113,7		227	75,7		199	66,3	

## GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



## DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR



## VALOR C.B.R.

### RESUMEN DE DATOS

Límite Líquido	=		%
Límite Plástico	=		%
Índice Plástico	=	<b>NP</b>	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	<b>ML</b>	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	<b>28,39</b>	%
Humedad Óptima	=	<b>12,02</b>	%
Densidad Seca	=	<b>1756</b>	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	<b>1766</b>	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	<b>14,20</b>	%
95% Densidad Máxima	=	<b>1678</b>	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b> 17	<b>FECHA:</b> 07/04/2015
<b>UBICACIÓN:</b> Km 8+000	<b>LABORATORISTA:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>USO:</b>	<b>CALCULADO:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C.B.R.**

MOLDE No.	DP-2				R-3				CM-12			
No. DE CAPAS	5				5				5			
No. DE GOLPES POR CAPAS	56				25				10			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE A	11467	11922	10789	11269	10442	11300						
PESO MOLDE B	7136	7136	7177	7177	6911	6911						
PESO MUESTRA HÚMEDA C = A - B	4331	4786	3612	4092	3531	4389						
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN) D	2317	2317	2040	2040	2274	2274						
DENSIDAD HÚMEDA E = C/D*1000	1,869	2,066	1,771	2,006	1,553	1,930						
DENSIDAD SECA F = E / (1 + G)	1661	1776	1575	1696	1382	1598						
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>
RECIPIENTE No.	B-9	M-20	AS	M-17	DS-7	B-26	M-20	B-9	M-17	AS	B-26	DS-7
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE G	67,90	56,01	89,91	77,86	98,60	83,99	62,74	76,51	57,90	97,82	101,48	117,32
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE H	62,23	51,09	80,51	68,35	90,21	76,53	55,05	67,15	52,98	89,11	87,38	100,44
PESO AGUA I = G - H	5,67	4,92	9,40	9,51	8,39	7,46	7,69	9,36	4,92	8,71	14,10	16,88
PESO RECIPIENTE J	16,93	12,07	20,50	12,18	21,80	17,26	12,07	16,93	12,18	20,50	17,26	21,80
PESO MUESTRA SECA K = H - J	45,30	39,02	60,01	56,17	68,41	59,27	42,98	50,22	40,80	68,61	70,12	78,64
CONTENIDO DE HUMEDAD L = (I / K)*100	12,52%	12,61%	15,66%	16,93%	12,26%	12,59%	17,89%	18,64%	12,06%	12,69%	20,11%	21,46%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD M = (L1+L2)/2	12,56%		16,30%		12,43%		18,27%		12,38%		20,79%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE No.	DP-2	R-3	CM-12
MOLDE MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN N	11922	11269	11300
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN P	11467	10789	10442
PESO AGUA ABSORBIDA Q = N - P	455	480	858
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA R=(Q/C)*100	10,51	13,29	24,30

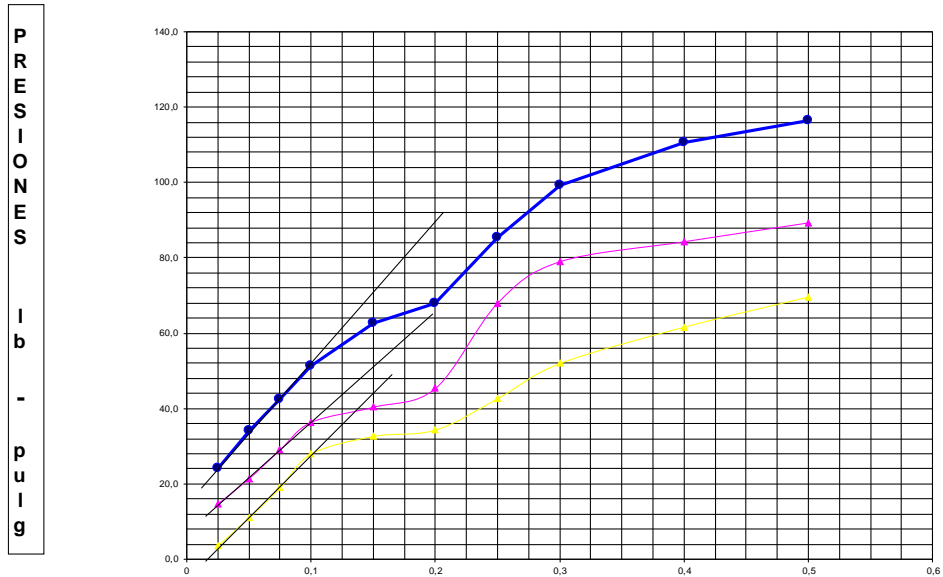
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No. DP-2			MOLDE No. R-3			MOLDE No. CM-12		
		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO	
		0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%
07/04/2015	0	0		0			0			
08/04/2015	1	2		4			6			
09/04/2015	2	2		7			9			
10/04/2015	3	3		7			15			
11/04/2015	4	3		7			15			
12/04/2015	5	3		7			15			

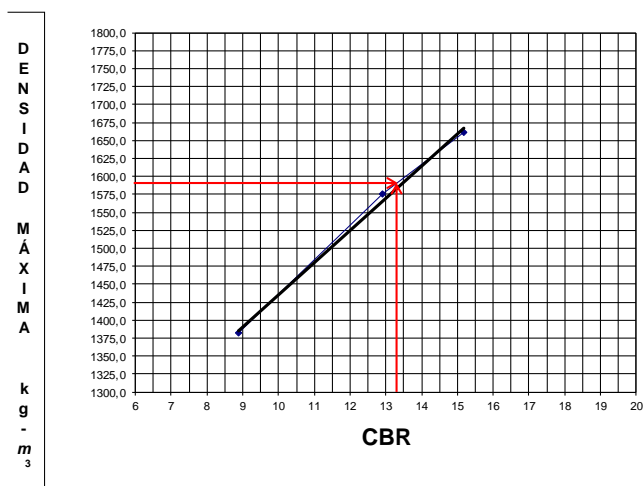
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. DP-2			MOLDE No. R-3			MOLDE No. CM-12		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		72	24,0		44	14,7		11	3,7	
0,050		102	34,0		64	21,3		33	11,0	
0,075		127	42,3		87	29,0		57	19,0	
0,100	1000	154	51,3	17,53	109	36,3	15,13	84	28,0	10,40
0,150		188	62,7		121	40,3		98	32,7	
0,200		204	68,0	12,80	136	45,3	10,69	103	34,3	7,36
0,250		256	85,3		204	68,0		128	42,7	
0,300		298	99,3		237	79,0		156	52,0	
0,400		332	110,7		253	84,3		185	61,7	
0,500		349	116,3		268	89,3		209	69,7	

## GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



## DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR



## VALOR C.B.R.

### RESUMEN DE DATOS

Límite Líquido	=		%
Límite Plástico	=		%
Índice Plástico	=	<b>NP</b>	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	<b>ML</b>	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	<b>32,13</b>	%
Humedad Óptima	=	<b>12,66</b>	%
Densidad Seca	=	<b>1661</b>	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	<b>1665</b>	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	<b>13,40</b>	%
95% Densidad Máxima	=	<b>1582</b>	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b>	19	<b>FECHA:</b>	07/04/2015
<b>UBICACIÓN:</b>	Km 9+000	<b>LABORATORISTA:</b>	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>USO:</b>		<b>CALCULADO:</b>	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C.B.R.**

MOLDE No.	SL-8				AC-15				LL-22			
	5				5				5			
No. DE CAPAS	56				25				10			
No. DE GOLPES POR CAPAS	56				25				10			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.	
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE A	11510		11809		10915		11689		10491		11549	
PESO MOLDE B	7215		7215		7025		7025		7088		7088	
PESO MUESTRA HÚMEDA C = A - B	4295		4594		3890		4664		3403		4461	
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN) D	2234		2234		2290		2290		2286		2286	
DENSIDAD HÚMEDA E = C/D*1000	1,923		2,056		1,699		2,037		1,489		1,951	
DENSIDAD SECA F = E / (1 + G)	1660		1712		1468		1623		1286		1531	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	ARRIBA		ABAJO		ARRIBA		ABAJO		ARRIBA		ABAJO	
RECIPiente No.	B-12	BS-35	D-37	QY-12	WE	D-20	B-12	BS-35	D-37	QY-12	WE	D-20
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE G	53,93	65,14	76,28	96,23	49,75	46,76	75,59	78,21	68,01	53,94	60,12	55,18
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE H	48,85	58,61	65,94	83,19	45,71	42,23	63,85	65,62	60,59	49,30	51,66	45,99
PESO AGUA I = G - H	5,08	6,53	10,34	13,04	4,04	4,53	11,74	12,59	7,42	4,64	8,46	9,19
PESO RECIPIENTE J	16,70	17,36	13,31	19,94	20,08	13,30	16,70	17,36	13,31	19,94	20,08	13,30
PESO MUESTRA SECA K = H - J	32,15	41,25	52,63	63,25	25,63	28,93	47,15	48,26	47,28	29,36	31,58	32,69
CONTENIDO DE HUMEDAD L = (I / K)*100	15,80%	15,83%	19,65%	20,62%	15,76%	15,66%	24,90%	26,09%	15,69%	15,80%	26,79%	28,11%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD M = (L1+L2)/2	15,82%		20,13%		15,71%		25,49%		15,75%		27,45%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE No.	SL-8	AC-15	LL-22
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN N	11809	11689	11549
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN P	11510	10915	10491
PESO AGUA ABSORBIDA Q = N - P	299	774	1058
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA R=(Q/C)*100	6,96	19,90	31,09

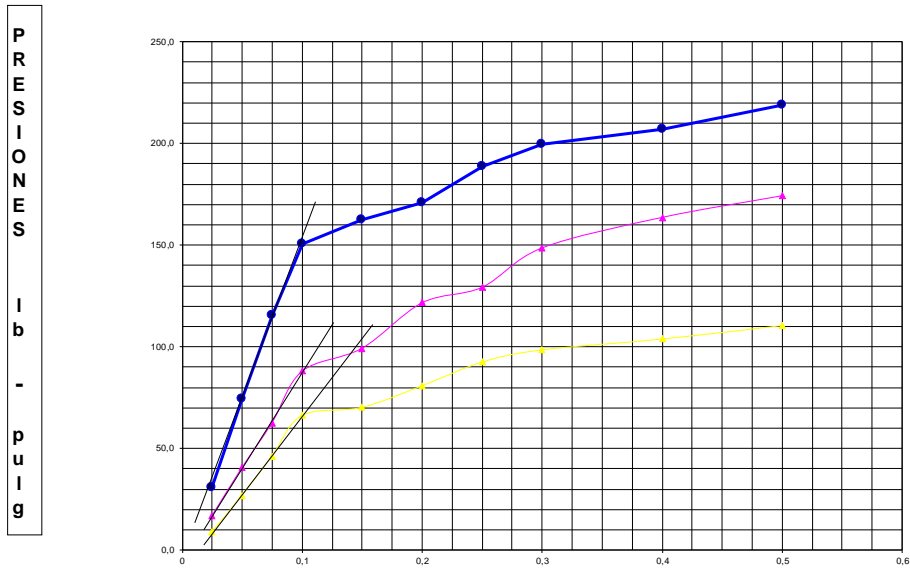
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No. SL-8				MOLDE No. AC-15				MOLDE No. LL-22			
		DIAL		ESPONJAMIENTO		DIAL		ESPONJAMIENTO		DIAL		ESPONJAMIENTO	
		0.01 mm	mm	mm	%	0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	mm	%	
07/04/2015	0	0			0				0				
08/04/2015	1	3			6				8				
09/04/2015	2	7			9				15				
10/04/2015	3	11			13				19				
11/04/2015	4	11			13				23				
12/04/2015	5	11			13				23				

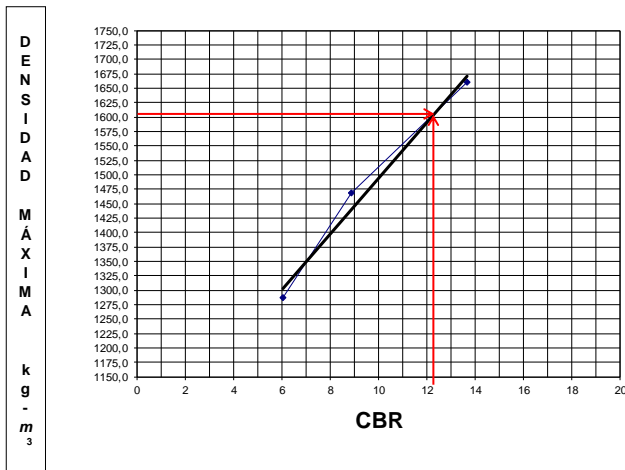
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. SL-8			MOLDE No. AC-15			MOLDE No. LL-22		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0.025		92	30,7		51	17,0		27	9,0	
0.050		223	74,3		122	40,7		81	27,0	
0.075		346	115,3		188	62,7		139	46,3	
0.100	1000	452	150,7	15,57	264	88,0	9,30	199	66,3	6,63
0.150		488	162,7		298	99,3		211	70,3	
0.200		512	170,7	11,71	365	121,7	8,44	243	81,0	5,40
0.250		566	188,7		388	129,3		278	92,7	
0.300		599	199,7		446	148,7		296	98,7	
0.400		621	207,0		491	163,7		312	104,0	
0.500		656	218,7		523	174,3		332	110,7	

GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR



VALOR C.B.R.

RESUMEN DE DATOS

Límite Líquido	=	26,11	%
Límite Plástico	=	22,62	%
Índice Plástico	=	3,50	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	ML-CL	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	24,95	%
Humedad Óptima	=	15,73	%
Densidad Seca	=	1660	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	1694	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	12,30	%
95% Densidad Máxima	=	1609	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

MUESTRA No.	<b>21</b>	FECHA:	<b>07/04/2015</b>
UBICACIÓN:	<b>Km 10+000</b>	LABORATORISTA:	<b>Gabriela Ortega y Luis Villafuerte</b>
USO:		CALCULADO:	<b>Gabriela Ortega y Luis Villafuerte</b>

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C.B.R.**

MOLDE No.	SL-20				AC-23				G-6			
No. DE CAPAS	5				5				5			
No. DE GOLPES POR CAPAS	56				25				10			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.	
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE A	11499		11813		10579		11302		10148		10982	
PESO MOLDE B	7024		7024		6978		6978		6896		6896	
PESO MUESTRA HÚMEDA C = A - B	4475		4789		3601		4324		3252		4086	
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN) D	2287		2287		2198		2198		2205		2205	
DENSIDAD HÚMEDA E = C/D*1000	1,957		2,094		1,638		1,967		1,475		1,853	
DENSIDAD SECA F = E / (1 + G)	1753		1767		1473		1611		1320		1454	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPIENTE No.	B-15	MA-11	BR-29	ML-25	10	BA-2	B-15	MA-11	BR-29	ML-25	10	BA-2
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE G	60,53	69,36	80,67	63,61	90,22	50,78	75,95	61,18	77,35	55,09	101,75	60,21
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE H	55,94	63,42	71,00	55,53	83,43	46,77	65,43	52,10	71,24	50,56	84,76	49,61
PESO AGUA I = G - H	4,59	5,94	9,67	8,08	6,79	4,01	10,52	9,08	6,11	4,53	16,99	10,60
PESO RECIPIENTE J	16,32	12,24	16,93	13,20	21,32	11,89	16,32	12,24	16,93	13,20	21,32	11,89
PESO MUESTRA SECA K = H - J	39,62	51,18	54,07	42,33	62,11	34,88	49,11	39,86	54,31	37,36	63,44	37,72
CONTENIDO DE HUMEDAD L = (I / K)*100	11,59%	11,61%	17,88%	19,09%	10,93%	11,50%	21,42%	22,78%	11,25%	12,13%	26,78%	28,10%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD M = (L1+L2)/2	11,60%		18,49%		11,21%		22,10%		11,69%		27,44%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE No.	SL-20				AC-23				G-6			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN N	11813				11302				10982			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN P	11499				10579				10148			
PESO AGUA ABSORBIDA Q = N - P	314				723				834			
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA R=(Q/C)*100	7,02				20,08				25,65			

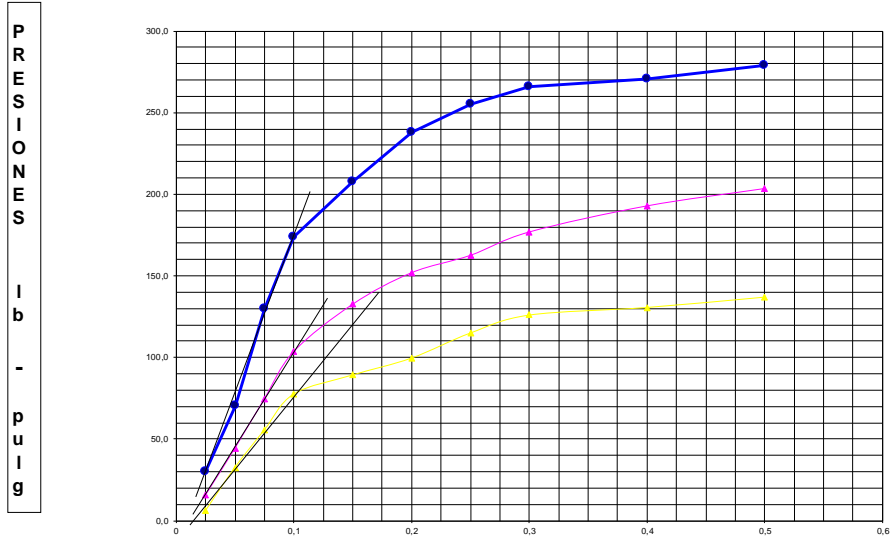
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No.SL-20			MOLDE No.AC-23			MOLDE No.G-6		
		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO	
		0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%
07/04/2015	0	0			0			0		
08/04/2015	1	2			4			6		
09/04/2015	2	2			7			11		
10/04/2015	3	5			9			15		
11/04/2015	4	5			9			20		
12/04/2015	5	5			9			20		

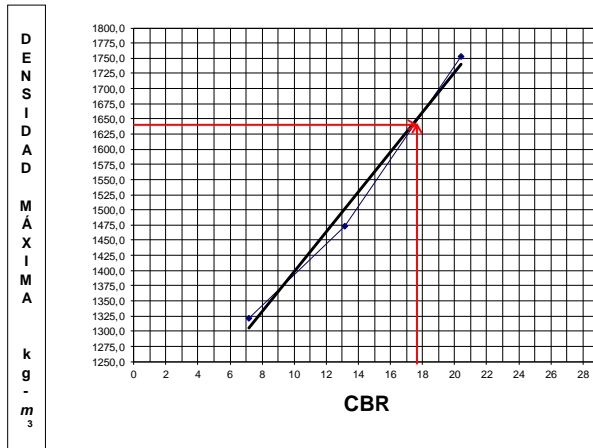
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.SL-20			MOLDE No.AC-23			MOLDE No.G-6		
		CARGA DE ENSAYO			CARGA DE ENSAYO			CARGA DE ENSAYO		
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	CBR CCRR	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	CBR CCRR	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	CBR CCRR
0,025		90	30,0		47	15,7		19	6,3	
0,050		212	70,7		133	44,3		98	32,7	
0,075		389	129,7		224	74,7		167	55,7	
0,100	1000	522	174,0	21,90	311	103,7	13,87	233	77,7	7,77
0,150		623	207,7		398	132,7		268	89,3	
0,200		714	238,0	18,87	456	152,0	12,47	299	99,7	6,64
0,250		765	255,0		488	162,7		345	115,0	
0,300		798	266,0		531	177,0		378	126,0	
0,400		811	270,3		579	193,0		392	130,7	
0,500		836	278,7		611	203,7		411	137,0	

## GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



## DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR



## VALOR C.B.R.

### RESUMEN DE DATOS

Límite Líquido	=	%
Límite Plástico	=	%
Índice Plástico	=	%
Índice de Grupo	=	<b>NP</b> %
Clasificación	=	<b>ML</b>
Grupo Símbolos	=	
Humedad Natural	=	<b>32.61</b> %
Humedad Óptima	=	<b>11.63</b> %
Densidad Seca	=	<b>1753</b> g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	<b>1724</b> g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	<b>17,80</b> %
95% Densidad Máxima	=	<b>1638</b> g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=	cm
Espesor Base	=	cm
Espesor Base Asfáltica	=	cm
Espesor Carpeta	=	cm
Observaciones		

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b> 22	<b>FECHA:</b> 07/04/2015
<b>UBICACIÓN:</b> Km 10+500	<b>LABORATORISTA:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>USO:</b>	<b>CALCULADO:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C. B. R.**

		N-3			G-7			DSL					
MOLDE No.		5			5			5					
No. DE CAPAS		56			25			10					
No. DE GOLPES POR CAPAS		56			25			10					
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.	
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE	A	11723		12345		11378		12156		10712		11788	
PESO MOLDE	B	6814		6814		7105		7105		6992		6992	
PESO MUESTRA HÚMEDA	C = A - B	4909		5531		4273		5051		3720		4796	
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN)	D	2490		2490		2286		2286		2212		2212	
DENSIDAD HÚMEDA	E = C/D*1000	1,971		2,221		1,869		2,210		1,682		2,168	
DENSIDAD SECA	F = E / (1 + G)	1711		1888		1623		1780		1460		1677	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPIENTE No.		EW	DE	2	B-30	ML-T	B-6	D-1	B-6	D-12	2	ML-T	D-12
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE	G	56,23	62,33	81,57	77,34	83,74	83,04	75,13	76,18	73,94	62,82	69,06	66,27
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE	H	51,17	55,85	71,99	67,82	75,11	74,41	63,27	64,54	65,95	57,31	57,77	54,18
PESO AGUA	I = G - H	5,06	6,48	9,58	9,52	8,63	8,63	11,86	11,64	7,99	5,51	11,29	12,09
PESO RECIPIENTE	J	17,95	13,18	20,87	17,95	18,78	17,20	13,18	17,20	13,40	20,87	18,78	13,40
PESO MUESTRA SECA	K = H - J	33,22	42,67	51,12	49,87	56,33	57,21	50,09	47,34	52,55	36,44	38,99	40,78
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100	15,23%	15,19%	18,74%	19,09%	15,32%	15,08%	23,68%	24,59%	15,20%	15,12%	28,96%	29,65%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2	15,21%		18,91%		15,20%		24,13%		15,16%		29,30%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

		N-3			G-7			DSL		
MOLDE No.		N			12345			11788		
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN		P			11723			10712		
PESO MUESTRA SECA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN		Q = N - P			622			1076		
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA		R=(Q/C)*100			12,67			18,21		

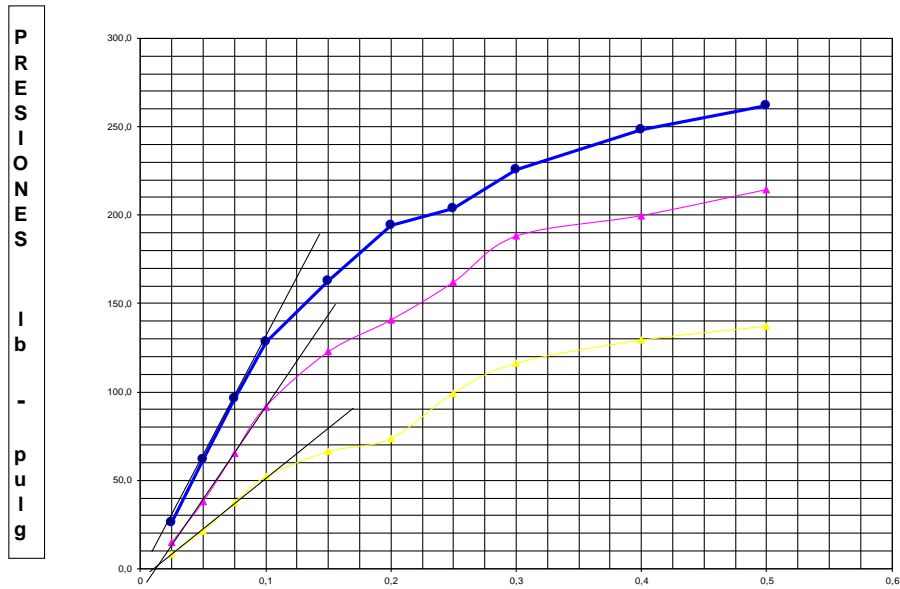
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No. G-21			MOLDE No. G-16			MOLDE No. SL-23		
		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO	
		0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%
07/04/2015	0	0			0			0		
08/04/2015	1	2			3			5		
09/04/2015	2	2			5			9		
10/04/2015	3	5			7			11		
11/04/2015	4	6			7			11		
12/04/2015	5	6			7			11		

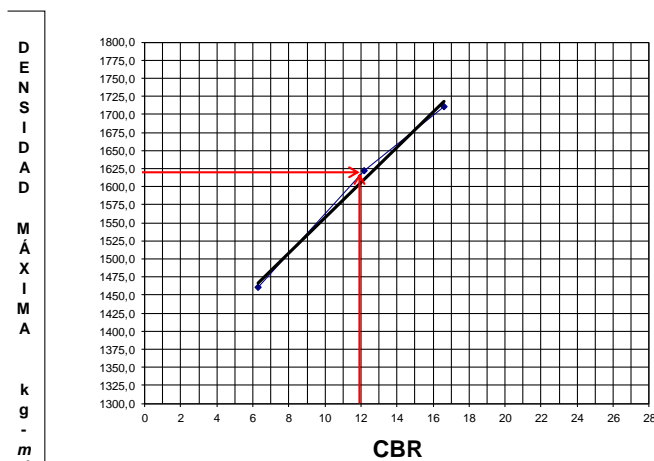
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. G-21			MOLDE No. G-16			MOLDE No. SL-23		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025	1000	78	26,0		45	15,0		25	8,3	
0,050		185	61,7		114	38,0		64	21,3	
0,075		289	96,3		196	65,3		112	37,3	
0,100		384	128,0	17,30	275	91,7	12,67	156	52,0	6,70
0,150		498	162,7		368	122,7		199	66,3	
0,200		582	194,0	15,93	422	140,7	11,71	221	73,7	5,91
0,250		612	204,0		486	162,0		298	99,3	
0,300		678	226,0		564	188,0		349	116,3	
0,400		744	248,0		599	199,7		388	129,3	
0,500		785	261,7		643	214,3		412	137,3	

## GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



## DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR



## VALOR C.B.R.

### RESUMEN DE DATOS

Límite Líquido	=	<b>22,97</b>	%
Límite Plástico	=	<b>17,60</b>	%
Índice Plástico	=	<b>5,36</b>	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	<b>SC-SM</b>	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	<b>29,57</b>	%
Humedad Óptima	=	<b>15,54</b>	%
Densidad Seca	=	<b>1711</b>	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	<b>1709</b>	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	<b>11,90</b>	%
95% Densidad Máxima	=	<b>1624</b>	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b>	<b>24</b>	<b>FECHA:</b>	<b>07/04/2015</b>
<b>UBICACIÓN:</b>	<b>Km 11+500</b>	<b>LABORATORISTA:</b>	<b>Gabriela Ortega y Luis Villafuerte</b>
<b>USO:</b>		<b>CALCULADO:</b>	<b>Gabriela Ortega y Luis Villafuerte</b>

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C. B. R.**

MOLDE No.		L-61			R-32			SL-12					
No. DE CAPAS		5			5			5					
No. DE GOLPES POR CAPAS		56			25			10					
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.	
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE	A	11809		12230		10012		10532		10501		11341	
PESO MOLDE	B	7400		7400		6376		6376		7110		7110	
PESO MUESTRA HÚMEDA	C = A - B	4409		4830		3636		4156		3391		4231	
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN)	D	2291		2291		2099		2099		2270		2270	
DENSIDAD HÚMEDA	E = C/D*1000	1,924		2,108		1,732		1,980		1,494		1,864	
DENSIDAD SECA	F = E / (1 + G)	1681		1780		1509		1685		1307		1544	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPIENTE No.		OP-7	ML-13	JL	JL-33	QT-9	JL	MJ-16	ML-13	JL-33	MJ-16	OP-7	QT.9
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE	G	83,31	88,67	106,78	96,21	76,75	102,52	102,69	107,20	97,56	107,88	111,56	103,63
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE	H	75,51	79,88	94,12	83,88	69,34	92,22	90,87	93,85	87,67	97,00	96,32	88,65
PESO AGUA	I = G - H	7,80	8,79	12,66	12,33	7,41	10,30	11,82	13,35	9,89	10,88	15,24	14,98
PESO RECIPIENTE	J	20,09	20,60	23,61	18,95	18,76	23,61	20,42	20,60	18,95	20,42	20,09	18,76
PESO MUESTRA SECA	K = H - J	55,42	59,28	70,51	64,93	50,58	68,61	70,45	73,25	68,72	76,58	76,23	69,89
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100	14,07%	14,83%	17,95%	18,99%	14,65%	15,01%	16,78%	18,23%	14,39%	14,21%	19,99%	21,43%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2	14,45%		18,47%		14,83%		17,50%		14,30%		20,71%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE No.		L-61			R-32			SL-12					
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN		N			12230			10532			11341		
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN		P			11809			10012			10501		
PESO AGUA ABSORBIDA		Q = N - P			421			520			840		
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA		R=(Q/C)*100			9,55			14,30			24,77		

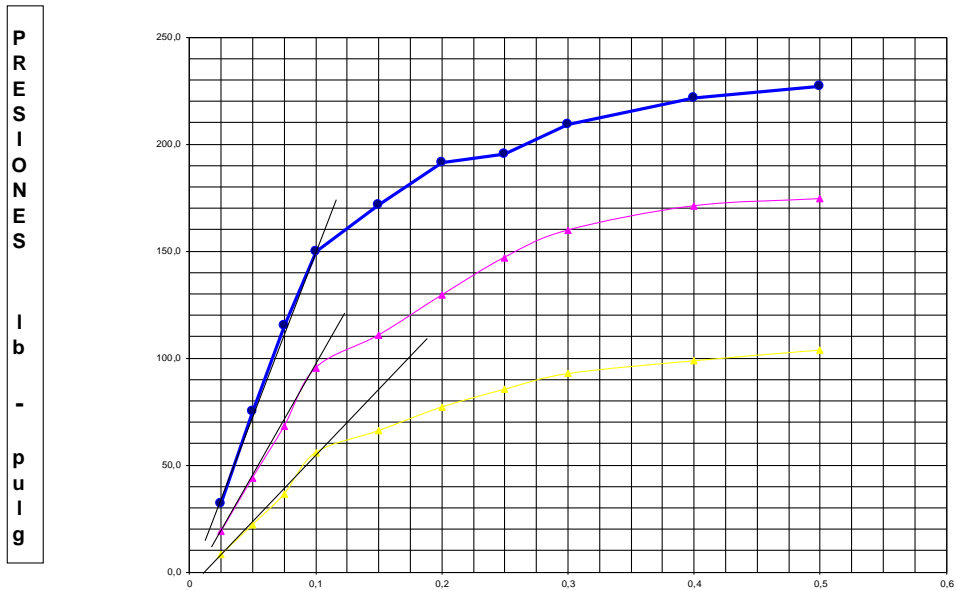
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No.L-61			MOLDE NoR-32			MOLDE No.SL-12		
		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO	
		0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%
07/04/2015	0	0			0			0		
08/04/2015	1	1			3			7		
09/04/2015	2	1			5			9		
10/04/2015	3	4			5			11		
11/04/2015	4	4			5			11		
12/04/2015	5	4			5			11		

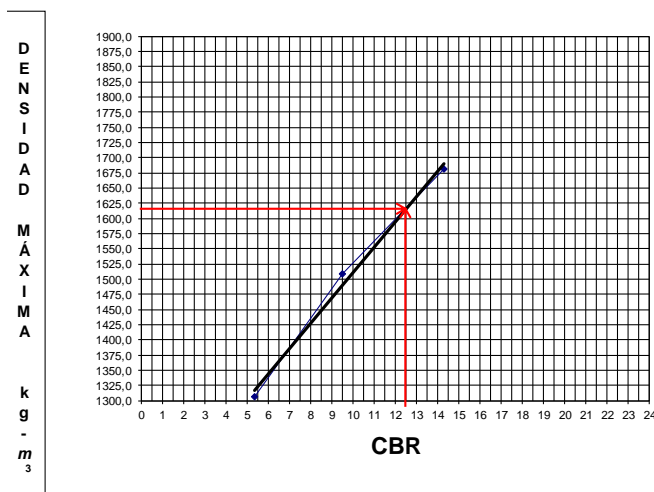
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.L-61			MOLDE NoR-32			MOLDE No.SL-12		
		CARGA DE ENSAYO			CARGA DE ENSAYO			CARGA DE ENSAYO		
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		96	32,0		57	19,0		24	8,0	
0,050		225	75,0		132	44,0		66	22,0	
0,075		346	115,3		204	68,0		109	36,3	
0,100	1000	450	150,0	15,50	286	95,3	10,03	167	55,7	5,57
0,150		514	171,3		332	110,7		198	66,0	
0,200		574	191,3	13,09	388	129,3	8,96	231	77,0	5,13
0,250		586	195,3		441	147,0		256	85,3	
0,300		627	209,0		479	159,7		278	92,7	
0,400		665	221,7		513	171,0		296	98,7	
0,500		681	227,0		523	174,3		311	103,7	

## GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



## DENSIDAD MÁXIMA VERSUS CBR



## VALOR C.B.R.

### RESUMEN DE DATOS

Límite Líquido	=	<b>18,26</b>	%
Límite Plástico	=	<b>14,29</b>	%
Índice Plástico	=	<b>3,97</b>	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	<b>ML</b>	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	<b>31,12</b>	%
Humedad Óptima	=	<b>14,79</b>	%
Densidad Seca	=	<b>1681</b>	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	<b>1696</b>	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	<b>12,50</b>	%
95% Densidad Máxima	=	<b>1611</b>	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b> 26	<b>FECHA:</b> 07/04/2015
<b>UBICACIÓN:</b> Km 12+500	<b>LABORATORISTA:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>USO:</b>	<b>CALCULADO:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C.B.R.**

MOLDE No.	M-11				CM-24				B-16			
No. DE CAPAS	5				5				5			
No. DE GOLPES POR CAPAS	56				25				10			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>	<b>ANT. SATU.</b>	<b>DES. SATU.</b>
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE A	13125	13354	11409	11791	10550	11836						
PESO MOLDE B	8299	8299	7111	7111	6895	6895						
PESO MUESTRA HÚMEDA C = A - B	4826	5055	4298	4680	3655	4941						
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN) D	2353	2353	2288	2288	2317	2317						
DENSIDAD HÚMEDA E = C/D*1000	2,051	2,148	1,878	2,045	1,577	2,132						
DENSIDAD SECA F = E / (1 + G)	1725	1775	1584	1664	1332	1712						
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>
RECIPiente No.	D-16	D-23	M6	45	S	BA-11	D-23	D-16	M6	45	S	BA-11
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE G	52,40	59,39	71,21	96,09	95,83	56,40	65,80	66,93	57,31	90,11	102,05	58,08
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE H	46,23	52,00	61,09	82,64	84,02	49,44	56,05	56,89	50,32	79,08	86,52	48,68
PESO AGUA I = G - H	6,17	7,39	10,12	13,45	11,81	6,96	9,75	10,04	6,99	11,03	15,53	9,40
PESO RECIPIENTE J	13,29	13,30	12,18	19,80	20,30	12,04	13,30	13,29	12,18	19,80	20,30	12,04
PESO MUESTRA SECA K = H - J	32,94	38,70	48,91	62,84	63,72	37,40	42,75	43,60	38,14	59,28	66,22	36,64
CONTENIDO DE HUMEDAD L = (I / K)*100	18,73%	19,10%	20,69%	21,40%	18,53%	18,61%	22,81%	23,03%	18,33%	18,61%	23,45%	25,66%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD M = (L1+L2)/2	18,91%		21,05%		18,57%		22,92%		18,47%		24,55%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE No.	M-11				CM-24				B-16			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUÉS DE SATURACIÓN N	13354				11791				11836			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN P	13125				11409				10550			
PESO AGUA ABSORBIDA Q = N - P	229				382				1286			
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA R=(Q/C)*100	4,75				8,89				35,18			

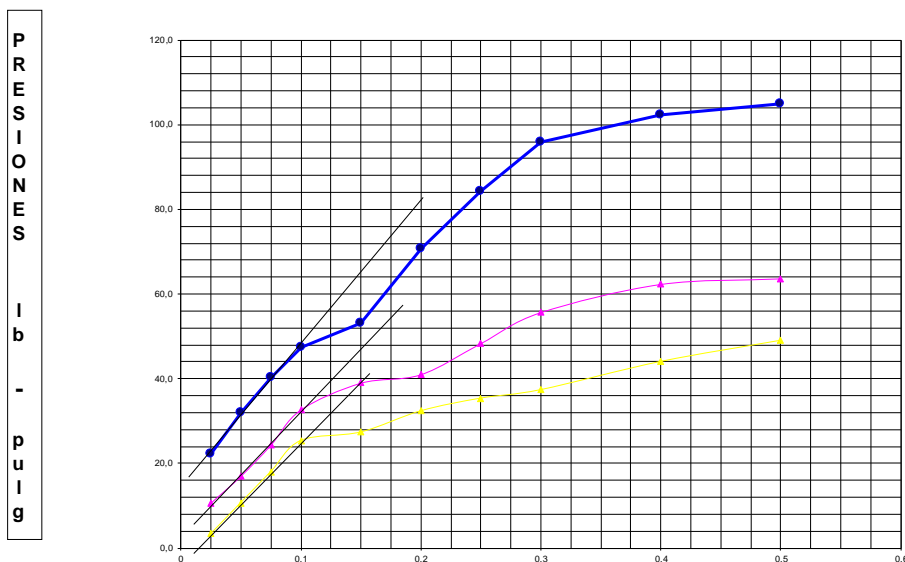
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No. M-11			MOLDE No. CM-24			MOLDE No. B-16		
		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO	
		0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%
07/04/2015	0	0			0			0		
08/04/2015	1	1			3			5		
09/04/2015	2	3			5			9		
10/04/2015	3	3			7			14		
11/04/2015	4	3			7			18		
12/04/2015	5	3			7			18		

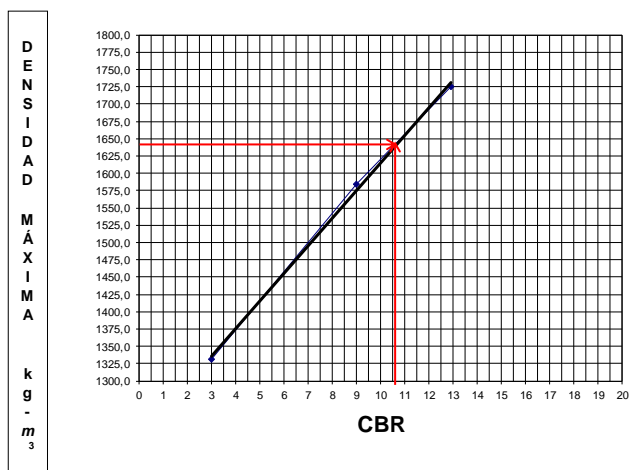
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. M-11			MOLDE No. CM-24			MOLDE No. B-16		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0.025		67	22,3		32	10,7		10	3,3	
0.050		96	32,0		51	17,0		32	10,7	
0.075		121	40,3		73	24,3		54	18,0	
0.100	1000	142	47,3	14,53	98	32,7	10,47	76	25,3	3,33
0.150		159	53,0		117	39,0		82	27,3	
0.200		212	70,7	11,24	123	41,0	7,53	97	32,3	2,69
0.250		253	84,3		145	48,3		106	35,3	
0.300		288	96,0		167	55,7		112	37,3	
0.400		307	102,3		187	62,3		132	44,0	
0.500		315	105,0		191	63,7		147	49,0	

## GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



## DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR



## VALOR C.B.R.

### RESUMEN DE DATOS

Límite Líquido	=	29,37	%
Límite Plástico	=	22,69	%
Índice Plástico	=	6,68	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	ML	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	31,61	%
Humedad Óptima	=	18,77	%
Densidad Seca	=	1725	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	1734	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	10,60	%
95% Densidad Máxima	=	1647	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b> 28	<b>FECHA:</b> 07/04/2015
<b>UBICACIÓN:</b> Km-13+500	<b>LABORATORISTA:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>USO:</b>	<b>CALCULADO:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C.B.R.**

MOLDE No.	B-55				G-20				L-12				
No. DE CAPAS	5				5				5				
No. DE GOLPES POR CAPAS	56				25				10				
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.	
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE	A	11988		12134		10466		10776		10311		11315	
PESO MOLDE	B	7340		7340		6905		6905		7136		7136	
PESO MUESTRA HÚMEDA	C = A - B	4648		4794		3561		3871		3175		4179	
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN)	D	2386		2386		2223		2223		2317		2317	
DENSIDAD HÚMEDA	E = C/D*1000	1,948		2,009		1,602		1,741		1,370		1,804	
DENSIDAD SECA	F = E / (1 + G)	1676		1707		1376		1458		1179		1477	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPiente No.		D-20	D-36	JL-2	D-36	B-9	M-2	B-31	M-2	B-31	JL-2	D-20	B-9
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE	G	60,82	75,99	97,98	80,34	88,02	63,34	89,15	63,87	79,56	99,94	70,17	97,39
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE	H	54,21	67,23	86,32	70,17	78,12	56,00	77,57	55,24	70,78	88,65	60,08	82,54
PESO AGUA	I = G - H	6,61	8,76	11,66	10,17	9,90	7,34	11,58	8,63	8,78	11,29	10,09	14,85
PESO RECIPIENTE	J	13,30	13,29	19,56	13,29	16,93	12,00	16,35	12,00	16,35	19,56	13,30	16,93
PESO MUESTRA SECA	K = H - J	40,91	53,94	66,76	56,88	61,19	44,00	61,22	43,24	54,43	69,09	46,78	65,61
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100	16,16%	16,24%	17,47%	17,88%	16,18%	16,68%	18,92%	19,96%	16,13%	16,34%	21,57%	22,63%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2	16,20%		17,67%		16,43%		19,44%		16,24%		22,10%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE No.	B-55				G-20				L-12							
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUÉS DE SATURACIÓN	N				12134				10776				11315			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN	P				11988				10466				10311			
PESO AGUA ABSORBIDA	Q = N - P				146				310				1004			
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	R=(Q/C)*100				3,14				8,71				31,62			

**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

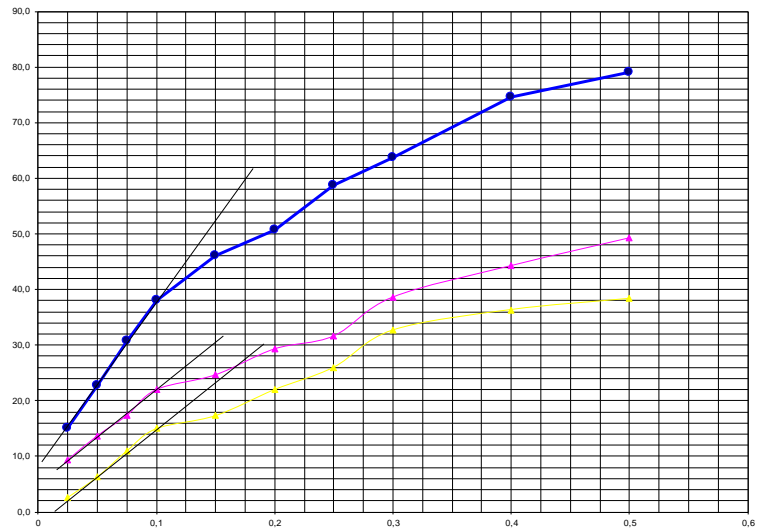
FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No. B-55				MOLDE No. G-20				MOLDE No. L-12			
		DIAL		ESPONJAMIENTO		DIAL		ESPONJAMIENTO		DIAL		ESPONJAMIENTO	
		0.01 mm	mm	%		0.01 mm	mm	%		0.01 mm	mm	%	
07/04/2015	0	0			0				0				
08/04/2015	1	2			5				6				
09/04/2015	2	4			9				12				
10/04/2015	3	4			13				15				
11/04/2015	4	4			13				15				
12/04/2015	5	4			13				15				

**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. B-55			MOLDE No. G-20			MOLDE No. L-12		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0.025		45	15,0		28	9,3		8	2,7	
0.050		68	22,7		41	13,7		19	6,3	
0.075		92	30,7		52	17,3		33	11,0	
0.100	1000	114	38,0	15,30	66	22,0	7,70	45	15,0	3,30
0.150		138	46,0		74	24,7		52	17,3	
0.200		152	50,7	11,04	88	29,3	7,62	66	22,0	2,67
0.250		176	58,7		95	31,7		78	26,0	
0.300		191	63,7		116	38,7		98	32,7	
0.400		224	74,7		133	44,3		109	36,3	
0.500		237	79,0		148	49,3		115	38,3	

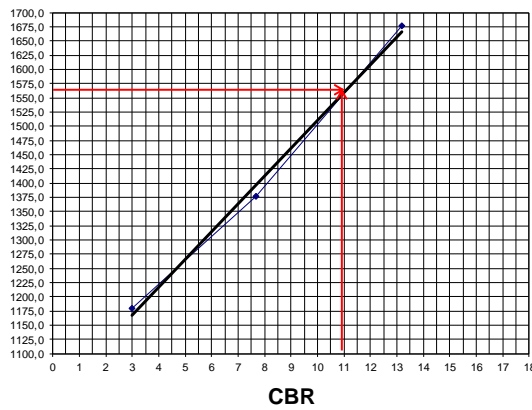
GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

P  
R  
E  
S  
I  
O  
N  
E  
S  
  
I  
b  
-  
p  
u  
i  
g



DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR

D  
E  
N  
S  
I  
D  
A  
D  
  
M  
Á  
X  
I  
M  
A  
  
k  
g  
-  
m<sup>3</sup>



VALOR C.B.R.

RESUMEN DE DATOS

Límite Líquido	=	%
Límite Plástico	=	%
Índice Plástico	=	<b>NP</b> %
Índice de Grupo	=	%
Clasificación	=	<b>ML</b>
Grupo Símbolos	=	
Humedad Natural	=	<b>26,88</b> %
Humedad Óptima	=	<b>16,15</b> %
Densidad Seca	=	<b>1676</b> g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	<b>1649</b> g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	<b>10,90</b> %
95% Densidad Máxima	=	<b>1567</b> g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=	cm
Espesor Base	=	cm
Espesor Base Asfáltica	=	cm
Espesor Carpeta	=	cm
Observaciones		

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b> 29	<b>FECHA:</b> 07/04/2015
<b>UBICACIÓN:</b> Km 14+000	<b>LABORATORISTA:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>USO:</b>	<b>CALCULADO:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C.B.R.**

MOLDE No.	M-4				CM-3				D-9			
No. DE CAPAS	5				5				5			
No. DE GOLPES POR CAPAS	56				25				10			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.	
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE A	11546		11788		11134		11383		10466		11043	
PESO MOLDE B	6987		6987		7120		7120		6998		6998	
PESO MUESTRA HÚMEDA C = A - B	4559		4801		4014		4263		3468		4045	
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN) D	2286		2286		2288		2288		2286		2286	
DENSIDAD HÚMEDA E = C/D*1000	1,994		2,100		1,754		1,863		1,517		1,769	
DENSIDAD SECA F = E / (1 + G)	1716		1759		1506		1540		1304		1418	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPIENTE No.	B-17	B-14	ML-30	B-18	ML-27	BA-14	B-17	B-14	B-18	ML-30	ML-27	BA-14
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE G	57,46	66,71	73,02	74,48	60,15	46,72	73,88	59,22	73,98	85,32	69,11	63,60
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE H	51,80	59,43	64,56	65,00	53,98	41,78	64,00	51,46	66,01	76,08	59,00	53,00
PESO AGUA I = G - H	5,66	7,28	8,46	9,48	6,17	4,94	9,88	7,76	7,97	9,24	10,11	10,60
PESO RECIPIENTE J	16,48	14,90	20,40	16,66	16,06	12,18	16,48	14,90	16,66	20,40	16,06	12,18
PESO MUESTRA SECA K = H - J	35,32	44,53	44,16	48,34	37,92	29,60	47,52	36,56	49,35	55,68	42,94	40,82
CONTENIDO DE HUMEDAD L = (I / K)*100	16,02%	16,35%	19,16%	19,61%	16,27%	16,69%	20,79%	21,23%	16,15%	16,59%	23,54%	25,97%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD M = (L1+L2)/2	16,19%		19,38%		16,48%		21,01%		16,37%		24,76%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE No.	M-4				CM-3				D-9			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN N	11788				11383				11043			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN P	11546				11134				10466			
PESO AGUA ABSORBIDA Q = N - P	242				249				577			
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA R = (Q/C)*100	5,31				6,20				16,64			

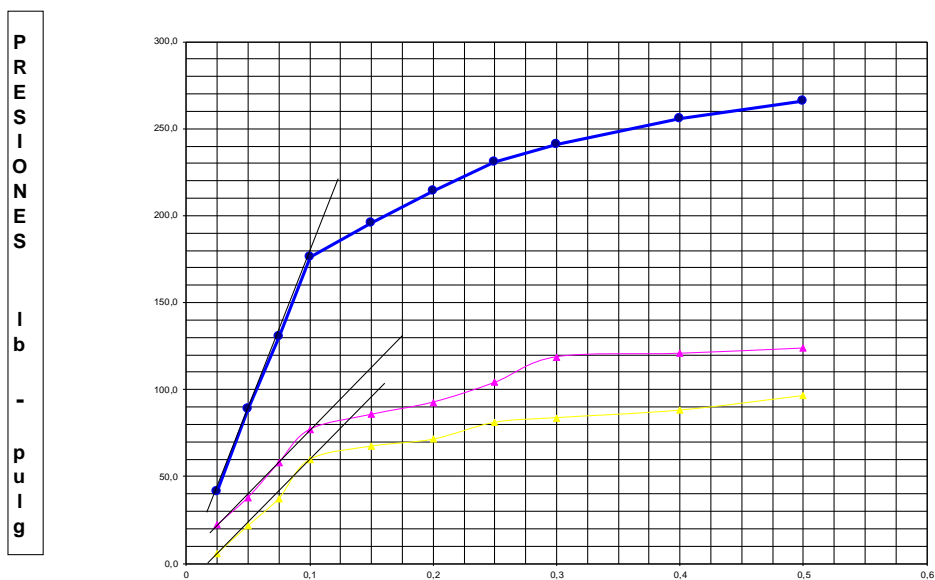
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No. M-4			MOLDE No. CM-3			MOLDE No. D-9		
		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO	
		0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%
07/04/2015	0	0		0			0			
08/04/2015	1	2		4			8			
09/04/2015	2	3		7			11			
10/04/2015	3	3		9			16			
11/04/2015	4	5		9			16			
12/04/2015	5	5		9			16			

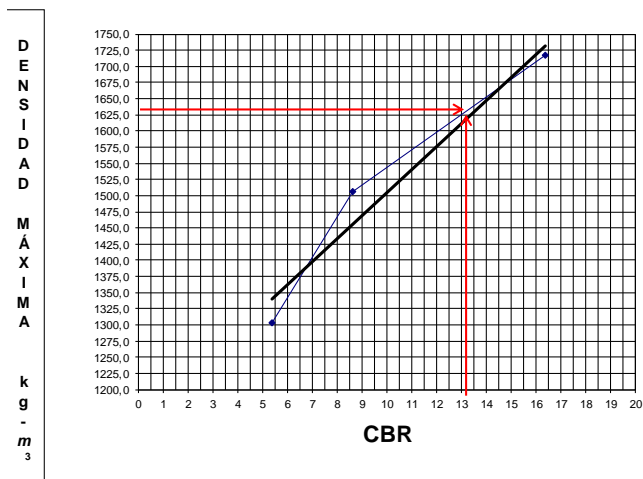
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. M-4			MOLDE No. CM-3			MOLDE No. D-9		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		123	41,0		67	22,3		17	5,7	
0,050		267	89,0		114	38,0		65	21,7	
0,075		391	130,3		174	58,0		112	37,3	
0,100	1000	529	176,3	18,13	231	77,0	9,70	179	59,7	
0,150		588	196,0		257	85,7		202	67,3	
0,200		643	214,3	14,62	278	92,7	7,51	214	71,3	
0,250		693	231,0		312	104,0		243	81,0	
0,300		722	240,7		356	118,7		251	83,7	
0,400		767	255,7		362	120,7		264	88,0	
0,500		798	266,0		371	123,7		289	96,3	

## GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



## DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR



## VALOR C.B.R.

### RESUMEN DE DATOS

Límite Líquido	=		%
Límite Plástico	=		%
Índice Plástico	=	<b>NP</b>	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	<b>ML</b>	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	<b>26,56</b>	%
Humedad Óptima	=	<b>16,08</b>	%
Densidad Seca	=	<b>1716</b>	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	<b>1712</b>	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	<b>13,10</b>	%
95% Densidad Máxima	=	<b>1626</b>	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b> 30	<b>FECHA:</b> 07/04/2015
<b>UBICACIÓN:</b> Km 14+500	<b>LABORATORISTA:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte
<b>USO:</b>	<b>CALCULADO:</b> Gabriela Ortega y Luis Villafuerte

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C. B. R.**

		G-7				AL-22				G-1			
No. DE CAPAS		5				5				5			
No. DE GOLPES POR CAPAS		56				25				10			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.	
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE	A	11456		12234		11342		12356		10822		12233	
PESO MOLDE	B	7105		7105		7088		7088		7015		7015	
PESO MUESTRA HÚMEDA	C = A - B	4351		5129		4254		5268		3807		5218	
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN)	D	2215		2215		2286		2286		2286		2286	
DENSIDAD HÚMEDA	E = C/D*1000	1,964		2,316		1,861		2,304		1,665		2,283	
DENSIDAD SECA	F = E / (1 + G)	1731		1942		1640		1858		1469		1795	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPIENTE No.		B-11	BA-10	F	B-16	QR-9	B-16	B-15	BA-10	B-15	F	QR-9	B-11
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE	G	63,26	70,09	74,31	85,64	90,57	90,98	89,42	91,26	92,08	98,16	118,32	89,40
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE	H	57,71	63,24	65,39	74,39	82,09	82,12	75,54	75,67	83,23	88,64	97,27	73,72
PESO AGUA	I = G - H	5,55	6,85	8,92	11,25	8,48	8,86	13,88	15,59	8,85	9,52	21,05	15,68
PESO RECIPIENTE	J	16,79	12,19	18,41	16,51	18,65	16,51	16,32	12,19	16,32	18,41	18,65	16,79
PESO MUESTRA SECA	K = H - J	40,92	51,05	46,98	57,88	63,44	65,61	59,22	63,48	66,91	70,23	78,62	56,93
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100	13,56%	13,42%	18,99%	19,44%	13,37%	13,50%	23,44%	24,56%	13,23%	13,56%	26,77%	27,54%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2	13,49%		19,21%		13,44%		24,00%		13,39%		27,16%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

		G-7		AL-22		G-1	
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN	N	12234		12356		12233	
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN	P	11456		11342		10822	
PESO AGUA ABSORBIDA	Q = N - P	778		1014		1411	
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	R=(Q/C)*100	17,88		23,84		37,06	

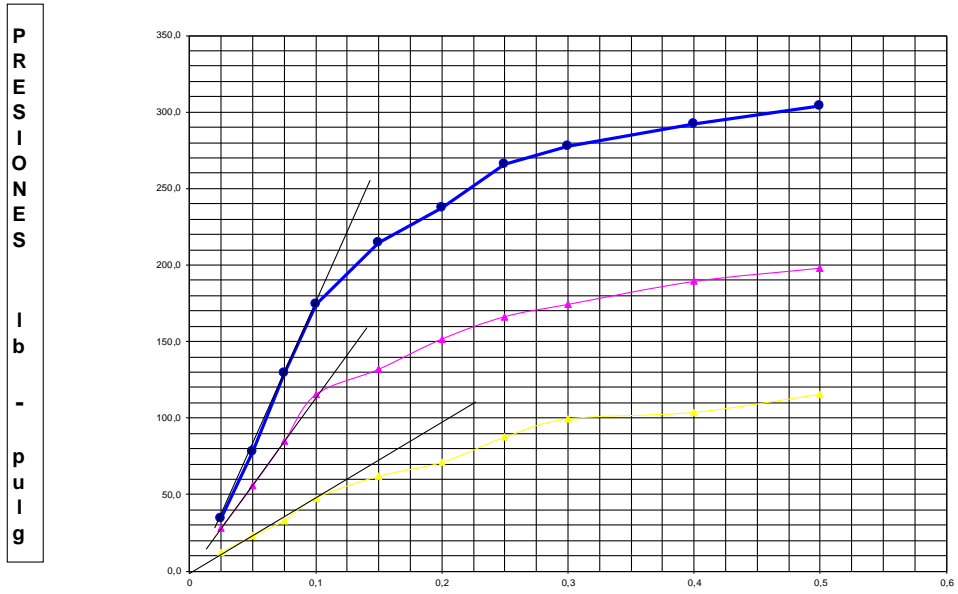
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No.G-7			MOLDE NoAL-22			MOLDE No.G-1		
		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO	
		0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%
07/04/2015	0	0			0			0		
08/04/2015	1	2			3			5		
09/04/2015	2	4			6			11		
10/04/2015	3	7			9			16		
11/04/2015	4	7			11			21		
12/04/2015	5	7			11			21		

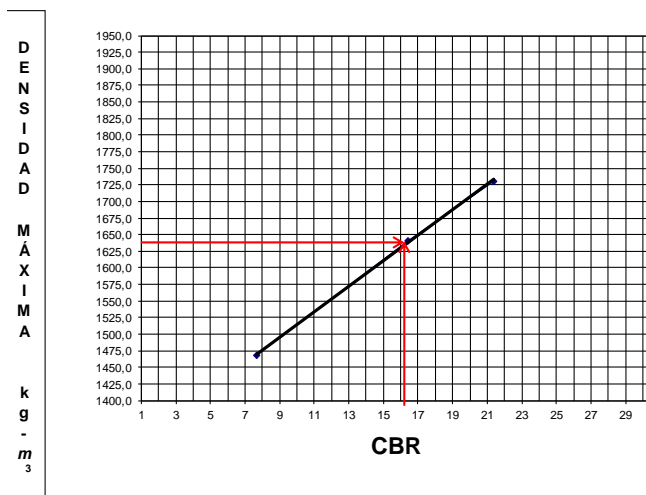
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.G-7			MOLDE NoAL-22			MOLDE No.G-1		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0.025		102	34,0		85	28,3		37	12,3	
0.050		234	78,0		167	55,7		69	23,0	
0.075		388	129,3		254	84,7		99	33,0	
0.100	1000	523	174,3	22,63	346	115,3	17,73	143	47,7	7,77
0.150		643	214,3		396	132,0		186	62,0	
0.200		712	237,3	19,29	455	151,7	14,24	213	71,0	6,73
0.250		798	266,0		499	166,3		262	87,3	
0.300		833	277,7		523	174,3		298	99,3	
0.400		876	292,0		568	189,3		311	103,7	
0.500		911	303,7		594	198,0		346	115,3	

## GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



## DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR



## VALOR C.B.R.

### RESUMEN DE DATOS

Límite Líquido	=	<b>34,33</b>	%
Límite Plástico	=	<b>14,30</b>	%
Índice Plástico	=	<b>20,03</b>	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	<b>SC</b>	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	<b>27,86</b>	%
Humedad Óptima	=	<b>13,05</b>	%
Densidad Seca	=	<b>1731</b>	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	<b>1715</b>	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	<b>16,10</b>	%
95% Densidad Máxima	=	<b>1629</b>	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PROYECTO:**

**NORMA DE ENSAYO ASTM D1557**

<b>MUESTRA No.</b>	<b>31</b>	<b>FECHA:</b>	<b>07/04/2015</b>
<b>UBICACIÓN:</b>	<b>Km 15+000</b>	<b>LABORATORISTA:</b>	<b>Gabriela Ortega y Luis Villafuerte</b>
<b>USO:</b>		<b>CALCULADO:</b>	<b>Gabriela Ortega y Luis Villafuerte</b>

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA**

**C. B. R.**

MOLDE No.	G-2				AC-28				SL-11			
No. DE CAPAS	5				5				5			
No. DE GOLPES POR CAPAS	56				25				10			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.	
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE A	11449		11632		11055		11766		10384		11219	
PESO MOLDE B	7005		7005		7092		7092		6996		6996	
PESO MUESTRA HÚMEDA C = A - B	4444		4627		3963		4674		3388		4223	
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN) D	2205		2205		2294		2294		2226		2226	
DENSIDAD HÚMEDA E = C/D*1000	2,015		2,098		1,728		2,037		1,522		1,897	
DENSIDAD SECA F = E / (1 + G)	1730		1773		1478		1711		1307		1531	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPIENTE No.	B-19	BA-16	B-9	BA-16	O-21	B-14	OR-7	B-19	B-9	OR-7	B-14	O-21
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE G	61,39	62,63	72,88	59,94	52,45	50,06	79,66	71,83	69,53	87,94	57,36	60,82
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE H	55,12	55,32	64,45	52,33	47,14	44,89	70,18	62,84	62,09	78,33	49,32	51,79
PESO AGUA I = G - H	6,27	7,31	8,43	7,61	5,31	5,17	9,48	8,99	7,44	9,61	8,04	9,03
PESO RECIPIENTE J	16,06	12,08	16,93	12,08	14,90	14,90	20,09	16,06	16,93	20,09	14,90	14,90
PESO MUESTRA SECA K = H - J	39,06	43,24	47,52	40,25	32,24	29,99	50,09	46,78	45,16	58,24	34,42	36,89
CONTENIDO DE HUMEDAD L = (I / K)*100	16,05%	16,91%	17,74%	18,91%	16,47%	17,24%	18,93%	19,22%	16,47%	16,50%	23,36%	24,48%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD M = (L1+L2)/2	16,48%		18,32%		16,85%		19,07%		16,49%		23,92%	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE No.	G-2				AC-28				SL-11			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN N	11632				11766				11219			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN P	11449				11055				10384			
PESO AGUA ABSORBIDA Q = N - P	183				711				835			
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA R = (Q/C)*100	4,12				17,94				24,65			

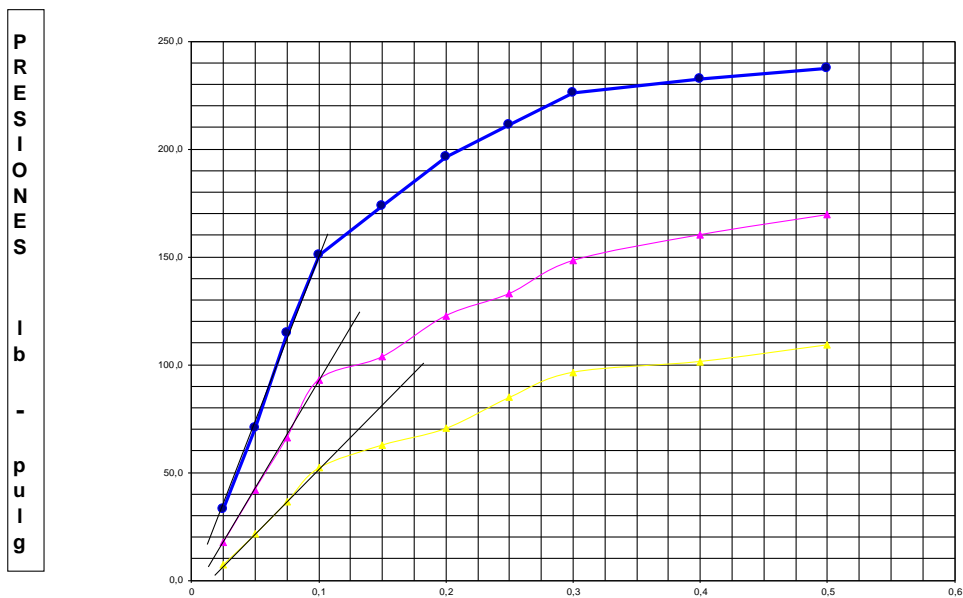
**DATOS DE ESPONJAMIENTOS**

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No.G-2			MOLDE No.AC-28			MOLDE No.SL-11		
		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO	
		0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%
07/04/2015	0	0		0			0			
08/04/2015	1	2		5			7			
09/04/2015	2	2		7			9			
10/04/2015	3	4		11			13			
11/04/2015	4	4		11			13			
12/04/2015	5	4		11			13			

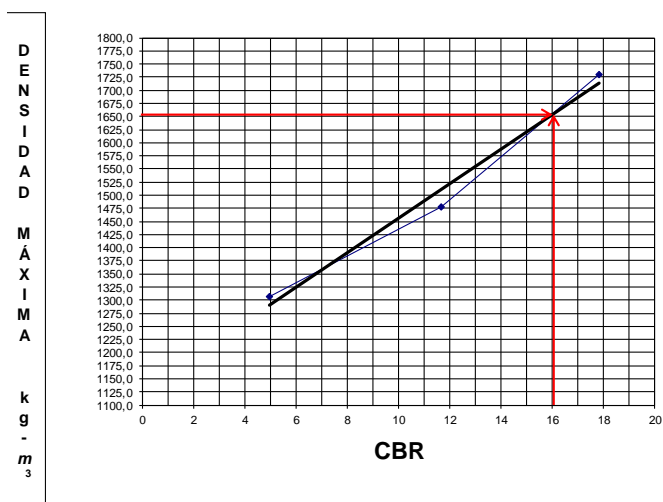
**DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.G-2			MOLDE No.AC-28			MOLDE No.SL-11		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%	DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		99	33,0		52	17,3		22	7,3	
0,050		212	70,7		126	42,0		64	21,3	
0,075		344	114,7		198	66,0		109	36,3	
0,100	1000	452	150,7	19,57	279	93,0	12,80	156	52,0	5,20
0,150		521	173,7		311	103,7		188	62,7	
0,200		589	196,3	16,09	368	122,7	10,51	211	70,3	4,69
0,250		634	211,3		399	133,0		254	84,7	
0,300		678	226,0		445	148,3		289	96,3	
0,400		698	232,7		481	160,3		304	101,3	
0,500		712	237,3		509	169,7		327	109,0	

**GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.**



**DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR**



**VALOR C.B.R.**

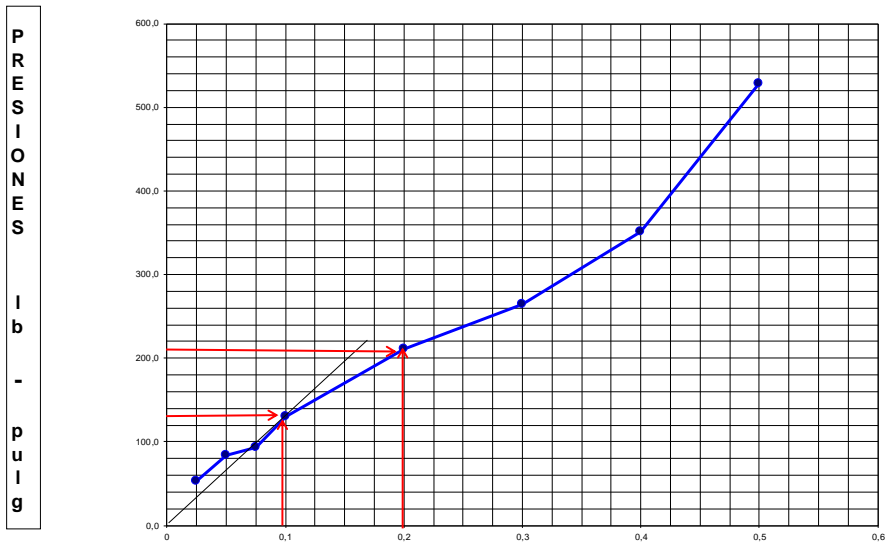
**RESUMEN DE DATOS**

Límite Líquido	=	<b>35,80</b>	%
Límite Plástico	=	<b>15,69</b>	%
Índice Plástico	=	<b>20,11</b>	%
Índice de Grupo	=		%
Clasificación	=	<b>SC</b>	
Grupo Símbolos	=		
Humedad Natural	=	<b>29,43</b>	%
Humedad Óptima	=	<b>16,69</b>	%
Densidad Seca	=	<b>1730</b>	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Máxima	=	<b>1738</b>	g/cm <sup>3</sup>
Valor C.B.R.	=	<b>16,10</b>	%
95% Densidad Máxima	=	<b>1651</b>	g/cm <sup>3</sup>
Espesor Sub-Base	=		cm
Espesor Base	=		cm
Espesor Base Asfáltica	=		cm
Espesor Carpeta	=		cm
Observaciones			

CBR IN-SITU

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	1	FECHA:	20/02/2015	
UBICACIÓN:	0+000	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		CBR CCRR
		DIAL	CARGA DE ENSAYO lb/pulg <sup>2</sup>	
0,025		16	53,4	
0,050		25	83,5	
0,075		28	93,5	
0,100	1000	39	130,3	13,03
0,200	1500	63	210,4	14,03
0,300		79	263,9	
0,400		105	350,7	
0,500		158	527,7	

### GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

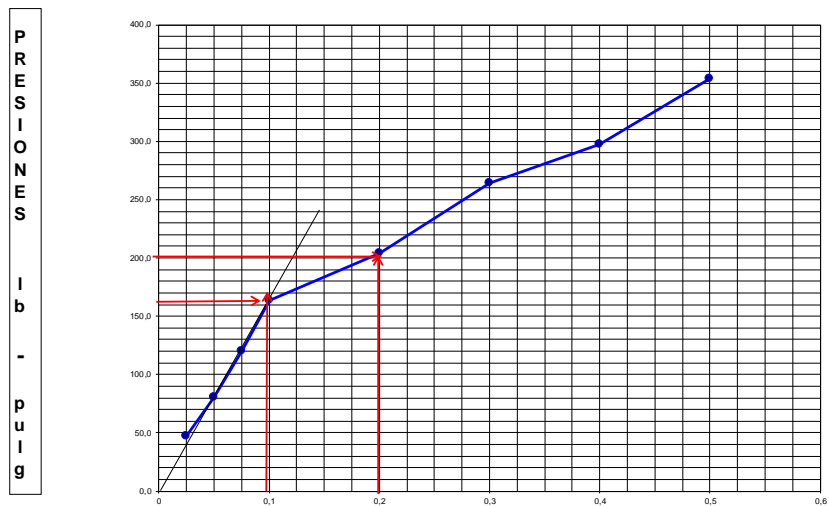


CBR 0.1      13,03  
 CBR 0.2      14,03  
 CBR PROM:    13,53

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	2	FECHA:	20/02/2015	
UBICACIÓN:	0+500	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		14	46,8	
0,050		24	80,2	
0,075		36	120,2	
0,100	1000	49	163,7	17,67
0,200	1500	61	203,7	14,45
0,300		79	263,9	
0,400		89	297,3	
0,500		106	354,0	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

### GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

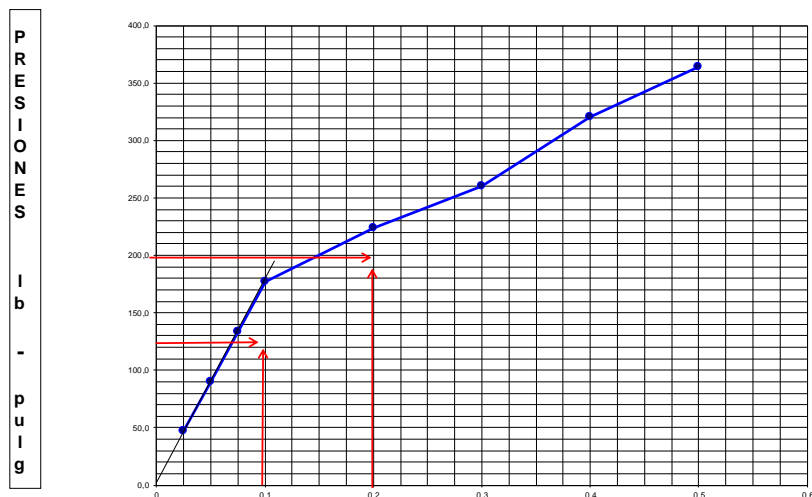


CBR 0.1      17,67  
 CBR 0.2      14,45  
 CBR PROM:    16,06

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	3	FECHA:	20/02/2015	
UBICACIÓN:	1+000	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	
0,025		14	46,8	
0,050		27	90,2	
0,075		40	133,6	
0,100	1000	53	177,0	17,70
0,200	1500	67	223,8	14,92
0,300		78	260,5	
0,400		96	320,6	
0,500		109	364,1	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

### GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

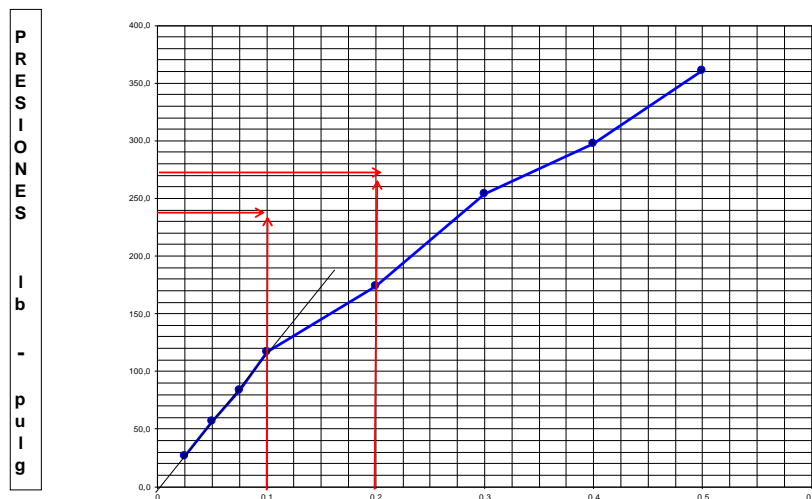


CBR 0.1      17,70  
 CBR 0.2      14,92  
 CBR PROM:    16,31

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	4	FECHA:	20/02/2015	
UBICACIÓN:	1+500	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		8	26,7	
0,050		17	56,8	
0,075		25	83,5	
0,100	1000	35	116,9	11,69
0,200	1500	52	173,7	11,58
0,300		76	253,8	
0,400		89	297,3	
0,500		108	360,7	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

### GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

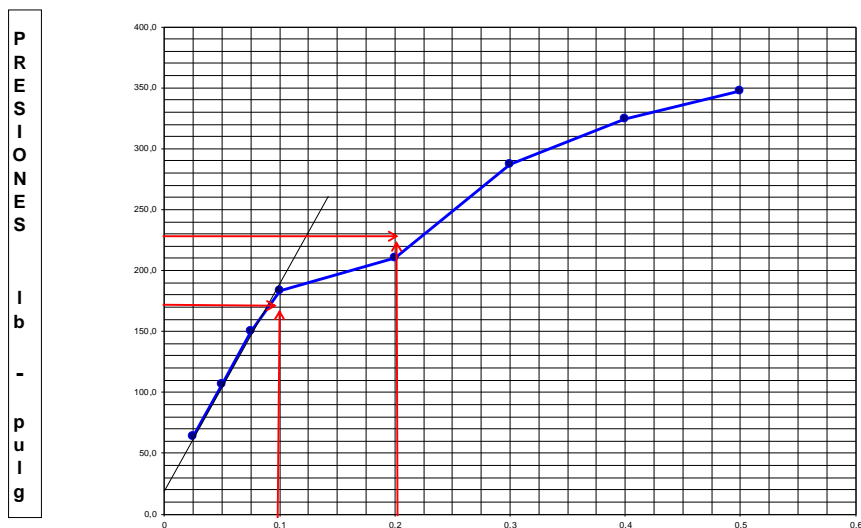


CBR 0.1      11,69  
 CBR 0.2      11,58  
 CBR PROM:    11,63

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	5	FECHA:	20/02/2015	
UBICACIÓN:	2+000	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		19	63,5	
0,050		32	106,9	
0,075		45	150,3	
0,100	1000	55	183,7	18,37
0,200	1500	63	210,4	14,03
0,300		86	287,2	
0,400		97	324,0	
0,500		104	347,4	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

### GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

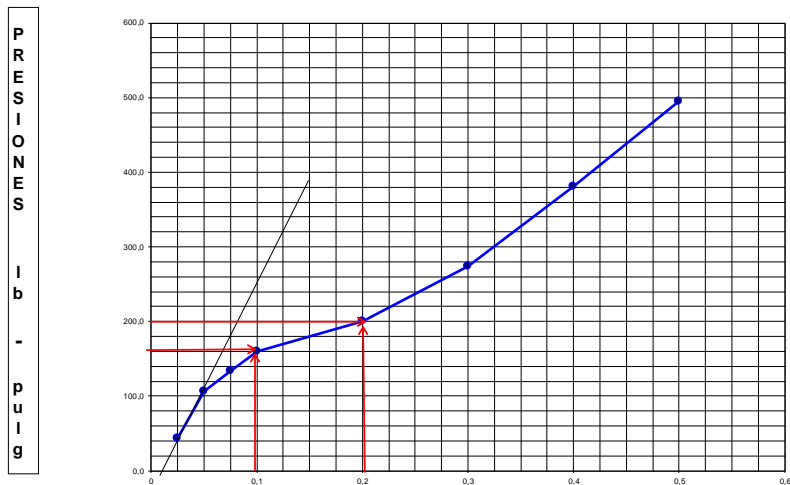


CBR 0.1      18,37  
 CBR 0.2      14,03  
 CBR PROM:    16,20

<b>LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES</b>				
<b>PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE</b>				
<b>NORMA DE ENSAYO ASTM D1557</b>				
MUESTRA No.	6	FECHA:	21/02/2015	
UBICACIÓN:	2+500	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
<b>ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA</b>				
<b>DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN</b>				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. M-6		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		13	43,4	
0,050		32	106,9	
0,075		40	133,6	
0,100	1000	48	160,3	17,13
0,200	1500	60	200,4	14,09
0,300		82	273,9	
0,400		114	380,8	
0,500		148	494,3	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

**GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.**

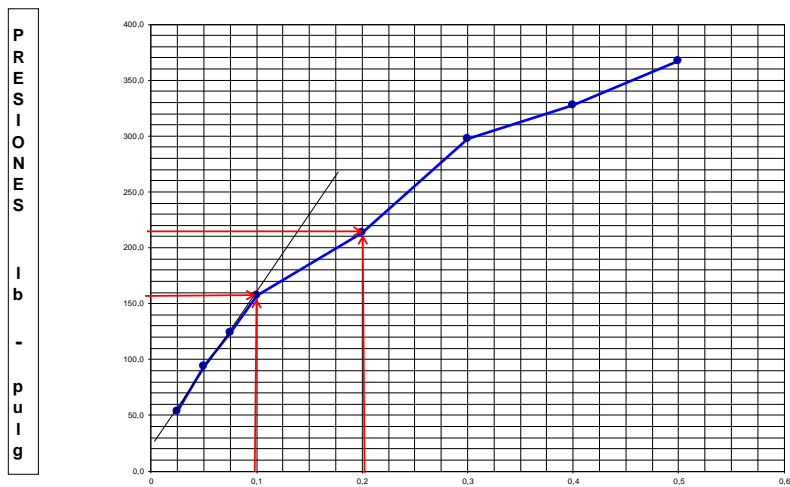


CBR 0.1      17,13  
 CBR 0.2      14,09  
 CBR PROM:    15,61

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	7	FECHA:	21/02/2015	
UBICACIÓN:	3+000	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	
0,025		16	53,4	
0,050		28	93,5	
0,075		37	123,6	
0,100	1000	47	157,0	15,70
0,200	1500	64	213,8	14,25
0,300		89	297,3	
0,400		98	327,3	
0,500		110	367,4	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

### GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

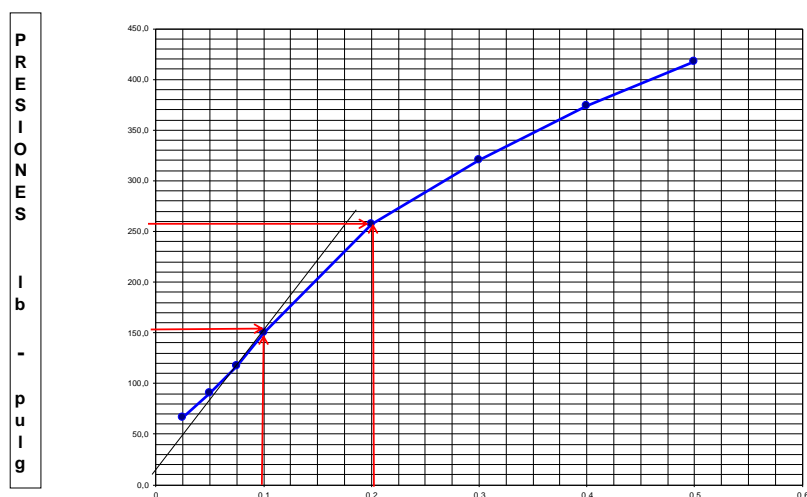


CBR 0.1      15,70  
 CBR 0.2      14,25  
 CBR PROM:    14,97

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	8	FECHA:	21/02/2015	
UBICACIÓN:	3+500	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		20	66,8	
0,050		27	90,2	
0,075		35	116,9	
0,100	1000	45	150,3	15,03
0,200	1500	77	257,2	17,15
0,300		96	320,6	
0,400		112	374,1	
0,500		125	417,5	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

### GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

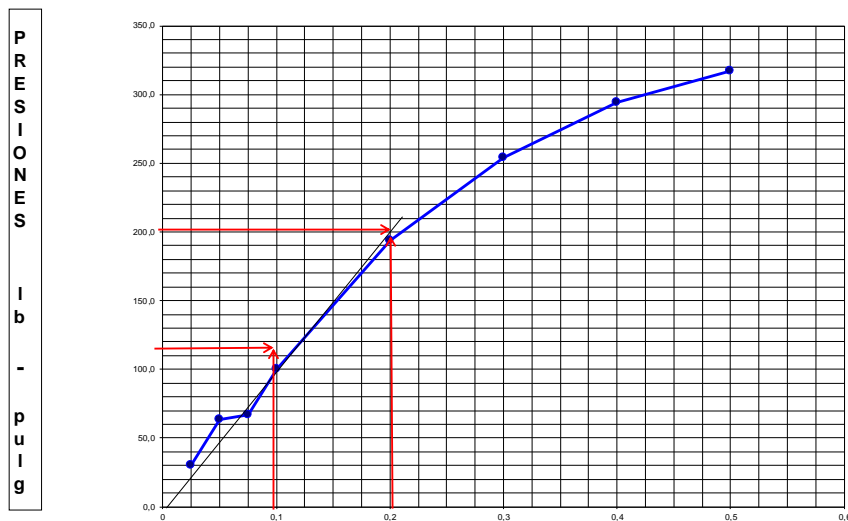


CBR 0.1      15,03  
 CBR 0.2      17,15  
 CBR PROM:    16,09

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	9	FECHA:	21/02/2015	
UBICACIÓN:	4+000	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		9	30,1	
0,050		19	63,5	
0,075		20	66,8	
0,100	1000	30	100,2	10,02
0,200	1500	58	193,7	12,91
0,300		76	253,8	
0,400		88	293,9	
0,500		95	317,3	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

### GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



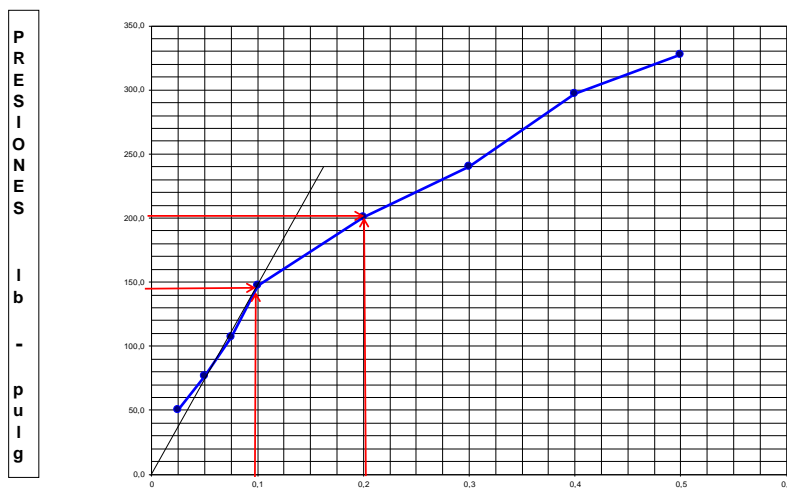
CBR 0.1 10,02  
 CBR 0.2 12,91

CBR PROM: 11,47

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	10	FECHA:	21/02/2015	
UBICACIÓN:	4+500	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		CBR CCRR
		DIAL	CARGA DE ENSAYO lb/pulg <sup>2</sup>	
0,025		15	50,1	
0,050		23	76,8	
0,075		32	106,9	
0,100	1000	44	147,0	14,70
0,200	1500	60	200,4	13,36
0,300		72	240,5	
0,400		89	297,3	
0,500		98	327,3	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

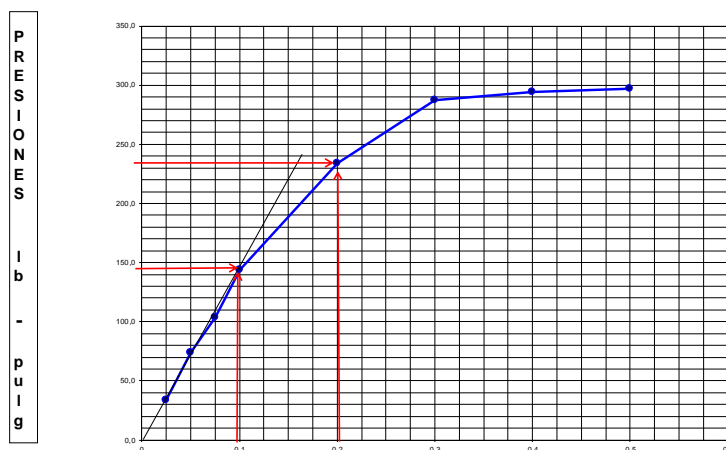


CBR 0.1      14,70  
 CBR 0.2      13,36  
 CBR PROM:    14,03

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	11	FECHA:	22/02/2015	
UBICACIÓN:	5+000	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		10	33,4	
0,050		22	73,5	
0,075		31	103,5	
0,100	1000	43	143,6	14,36
0,200	1500	70	233,8	15,59
0,300		86	287,2	
0,400		88	293,9	
0,500		89	297,3	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

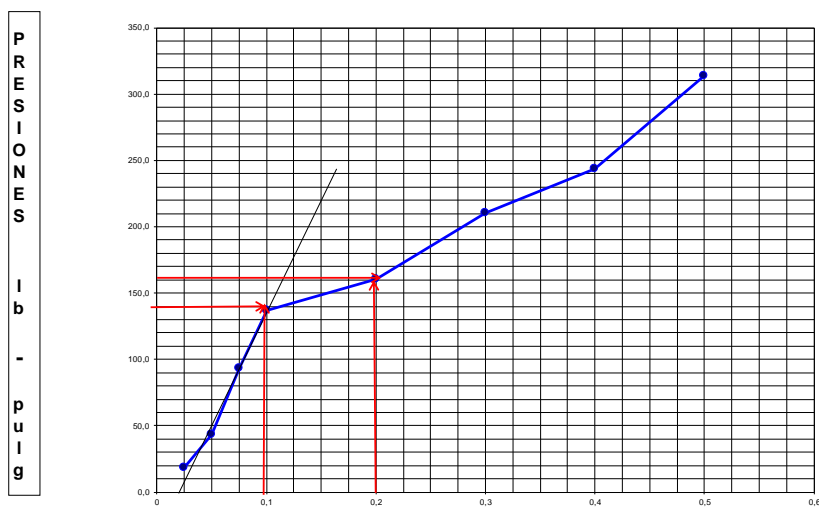


CBR 0.1 14,36  
 CBR 0.2 15,59  
 CBR PROM: 14,97

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	12	FECHA:	22/02/2015	
UBICACIÓN:	5+500	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		6	18,4	
0,050		13	43,4	
0,075		28	93,5	
0,100	1000	41	136,9	15,99
0,200	1500	48	160,3	12,22
0,300		63	210,4	
0,400		73	243,8	
0,500		94	314,0	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

### GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

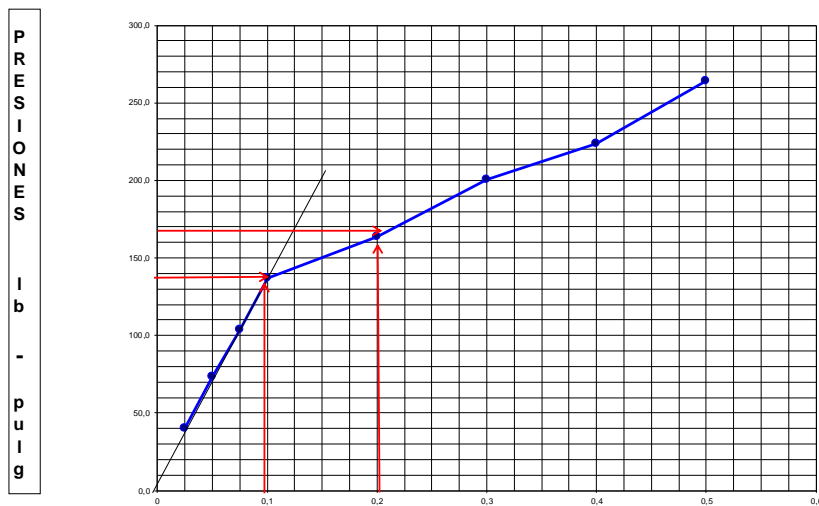


CBR 0.1      15,99  
 CBR 0.2      12,22  
 CBR PROM:    14,11

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	13	FECHA:	22/02/2015	
UBICACIÓN:	6+000	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		12	40,1	
0,050		22	73,5	
0,075		31	103,5	
0,100	1000	41	136,9	13,69
0,200	1500	49	163,7	10,91
0,300		60	200,4	
0,400		67	223,8	
0,500		79	263,9	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

### GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

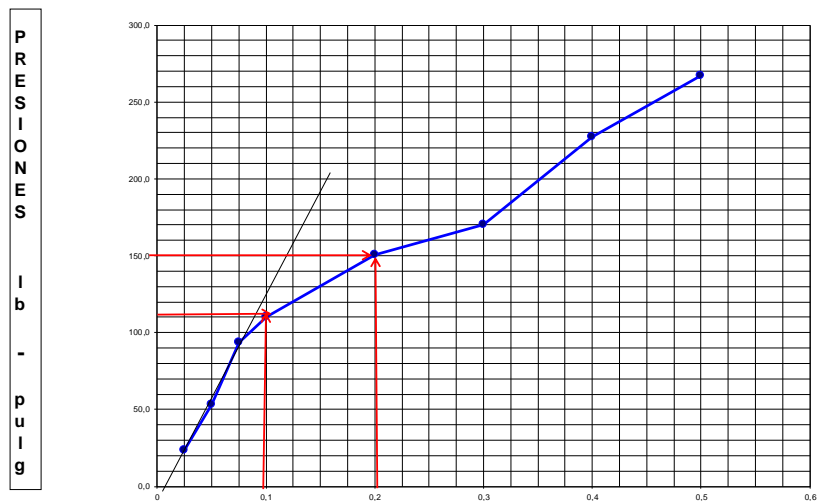


CBR 0.1      13.69  
 CBR 0.2      10.91  
 CBR PROM:    12.30

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	14	FECHA:	22/02/2015	
UBICACIÓN:	6+500	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		CBR CCRR
		CARGA DE ENSAYO		
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	
0,025		7	23,4	
0,050		16	53,4	
0,075		28	93,5	
0,100	1000	33	110,2	11,82
0,200	1500	45	150,3	10,55
0,300		51	170,3	
0,400		68	227,1	
0,500		80	267,2	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

### GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

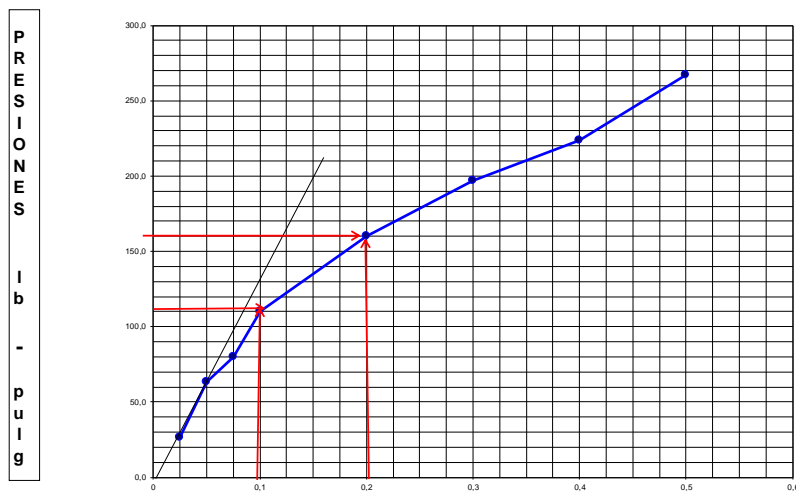


CBR 0.1      11,82  
 CBR 0.2      10,55  
 CBR PROM:    11,19

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	15	FECHA:	22/02/2015	
UBICACIÓN:	7+000	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		8	26,7	
0,050		19	63,5	
0,075		24	80,2	
0,100	1000	33	110,2	11,22
0,200	1500	48	160,3	10,82
0,300		59	197,1	
0,400		67	223,8	
0,500		80	267,2	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

### GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

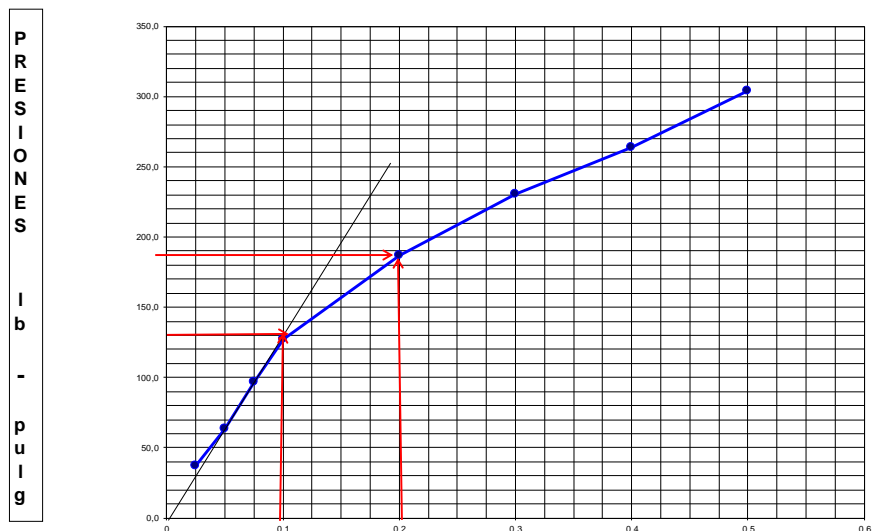


CBR 0.1 11,22  
 CBR 0.2 10,82  
 CBR PROM: 11,02

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	16	FECHA:	04/02/2015	
UBICACIÓN:	7+500	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		11	36,7	
0,050		19	63,5	
0,075		29	96,9	
0,100	1000	38	126,9	12,79
0,200	1500	56	187,0	12,54
0,300		69	230,5	
0,400		79	263,9	
0,500		91	303,9	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

### GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

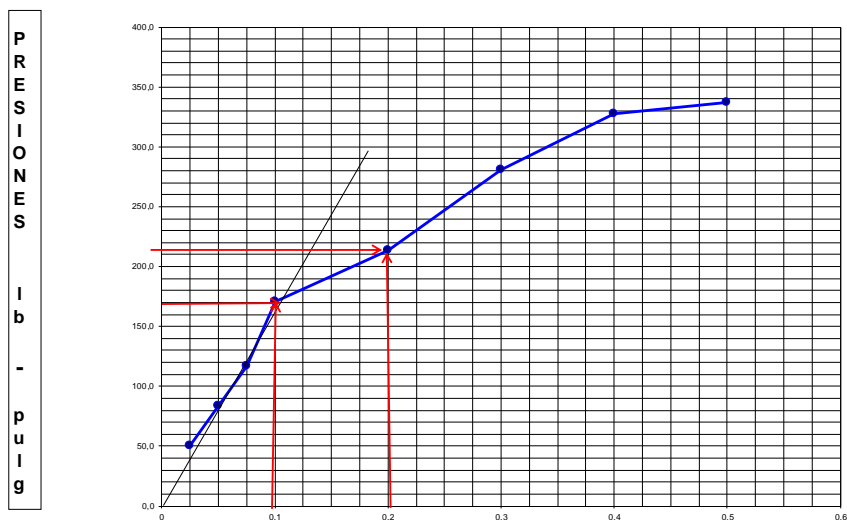


CBR 0.1      12,79  
 CBR 0.2      12,54  
 CBR PROM:    12,66

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	17	FECHA:	04/02/2015	
UBICACIÓN:	8+000	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		15	50,1	
0,050		25	83,5	
0,075		35	116,9	
0,100	1000	51	170,3	17,03
0,200	1500	64	213,8	14,25
0,300		84	280,6	
0,400		98	327,3	
0,500		101	337,3	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

### GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

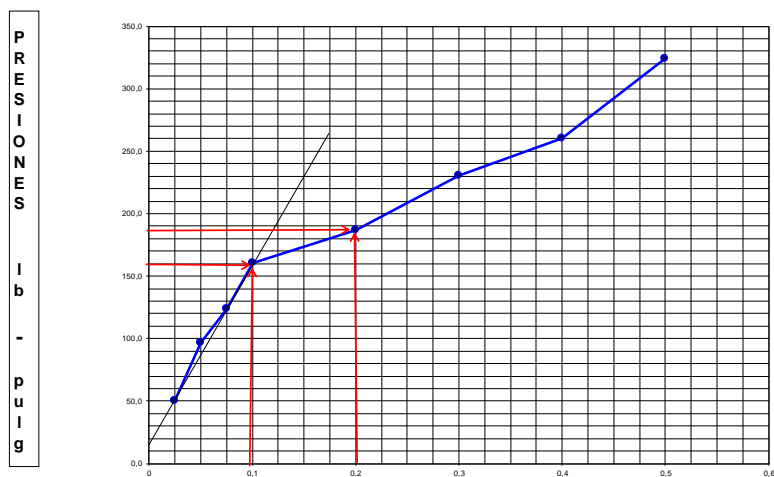


CBR 0.1      17,03  
 CBR 0.2      14,25  
 CBR PROM:    15,64

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	19	FECHA:	04/02/2015	
UBICACIÓN:	8+000	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No. M-6		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		15	50,1	
0,050		29	96,9	
0,075		37	123,6	
0,100	1000	48	160,3	16,03
0,200	1500	56	187,0	12,47
0,300		69	230,5	
0,400		78	260,5	
0,500		97	324,0	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

### GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

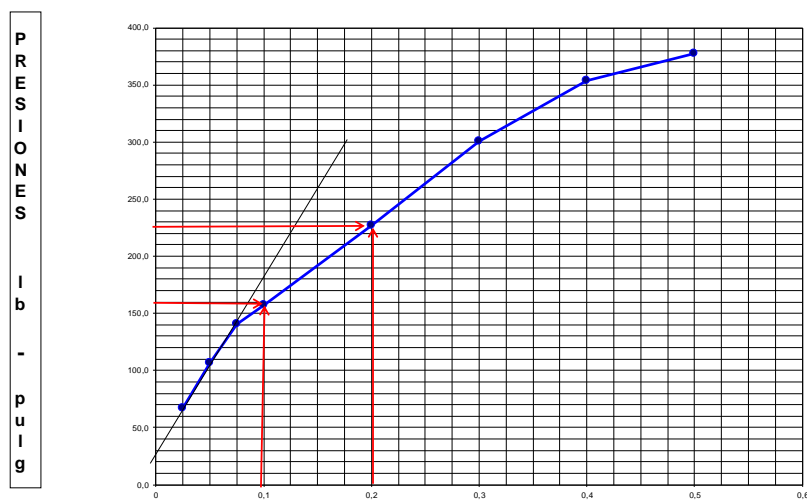


CBR 0.1      16,03  
 CBR 0.2      12,47  
 CBR PROM:    14,25

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	21	FECHA:	04/02/2015	
UBICACIÓN:	10+000	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		CBR CCRR %
		DIAL	CARGA DE ENSAYO	
			lb/pulg <sup>2</sup>	
0,025		20	66,8	
0,050		32	106,9	
0,075		42	140,3	
0,100	1000	47	157,0	15,70
0,200	1500	68	227,1	15,14
0,300		90	300,6	
0,400		106	354,0	
0,500		113	377,4	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

### GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

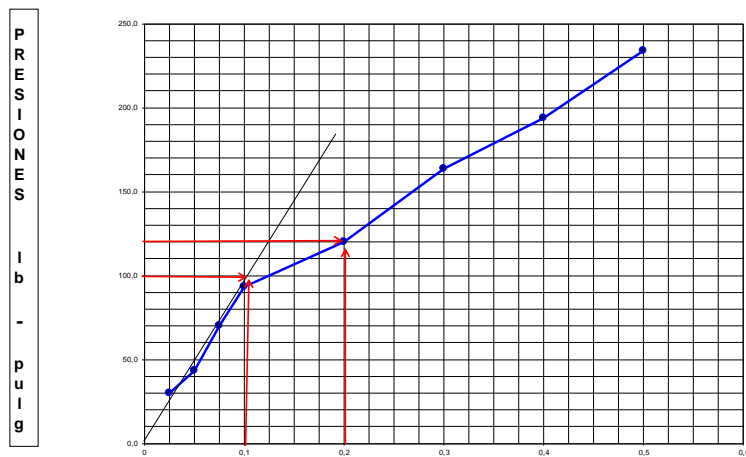


CBR 0.1      15,70  
 CBR 0.2      15,14  
 CBR PROM:    15,42

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	22	FECHA:	04/02/2015	
UBICACIÓN:	10+500	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		9	30,1	
0,050		13	43,4	
0,075		21	70,1	
0,100	1000	28	93,5	9,35
0,200	1500	36	120,2	8,02
0,300		49	163,7	
0,400		58	193,7	
0,500		70	233,8	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

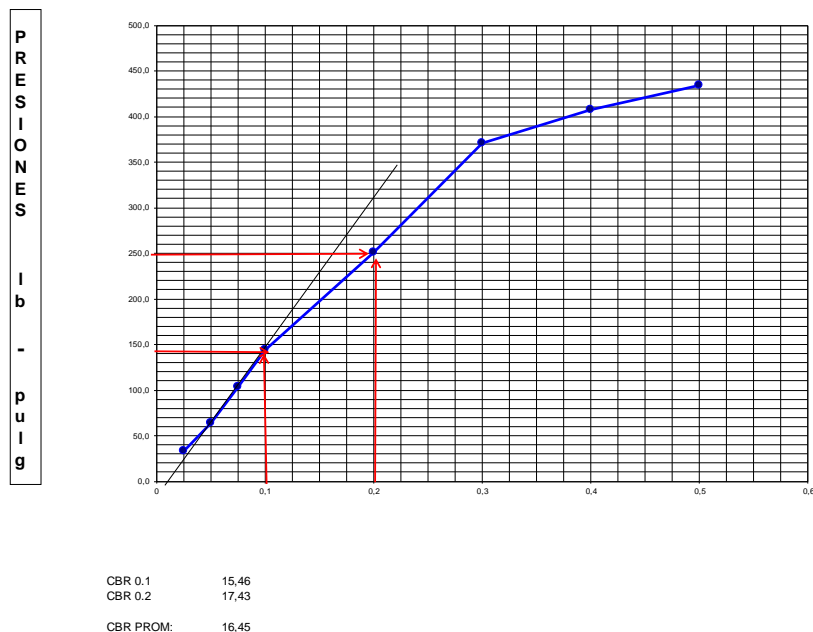


CBR 0.1      9,35  
 CBR 0.2      8,02  
 CBR PROM:    8,68

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	24	FECHA:	04/04/2015	
UBICACIÓN:	11+500	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		10	33,4	
0,050		19	63,5	
0,075		31	103,5	
0,100	1000	43	143,6	15,46
0,200	1500	75	250,5	17,43
0,300		111	370,7	
0,400		122	407,5	
0,500		130	434,2	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

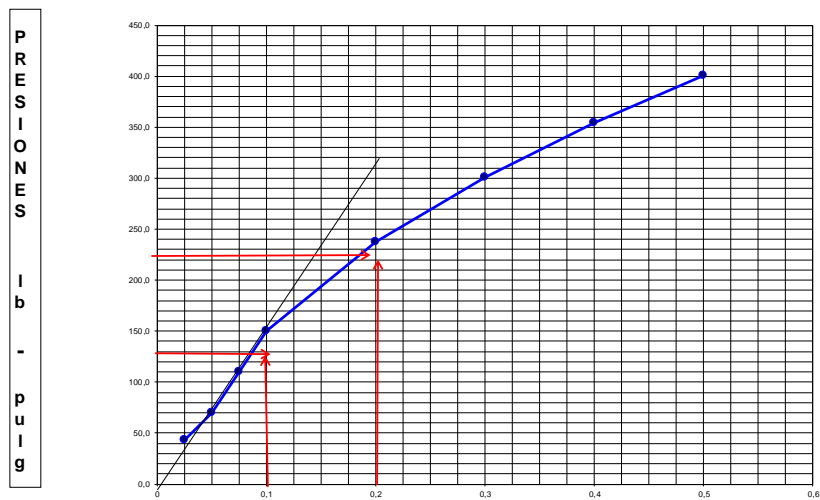
### GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



<b>LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES</b>				
<b>PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE</b>				
<b>NORMA DE ENSAYO ASTM D1557</b>				
MUESTRA No.	26	FECHA:	04/04/2015	
UBICACIÓN:	12+500	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
<b>ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA</b>				
<b>DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN</b>				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		
		DIAL	CARGA DE ENSAYO lb/pulg <sup>2</sup>	CBR CCRR
				%
0,025		13	43,4	
0,050		21	70,1	
0,075		33	110,2	
0,100	1000	45	150,3	15,53
0,200	1500	71	237,1	16,14
0,300		90	300,6	
0,400		106	354,0	
0,500		120	400,8	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

**GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.**

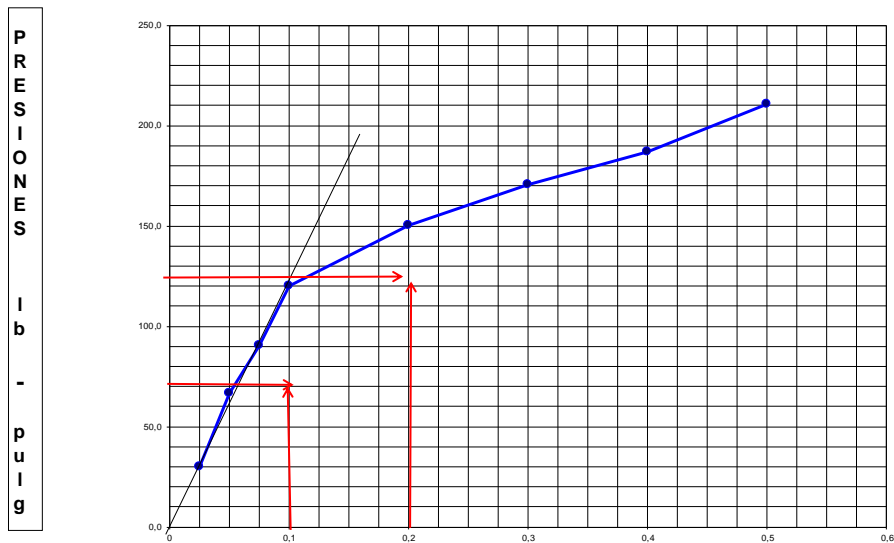


CBR 0.1            15,53  
 CBR 0.2            16,14  
 CBR PROM:        15,84

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	28	FECHA:	04/04/2015	
UBICACIÓN:	13+500	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		CBR CCRR
		DIAL	CARGA DE ENSAYO lb/pulg <sup>2</sup>	
0,025		9	30,1	
0,050		20	66,8	
0,075		27	90,2	
0,100	1000	36	120,2	12,02
0,200	1500	45	150,3	10,02
0,300		51	170,3	
0,400		56	187,0	
0,500		63	210,4	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

### GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

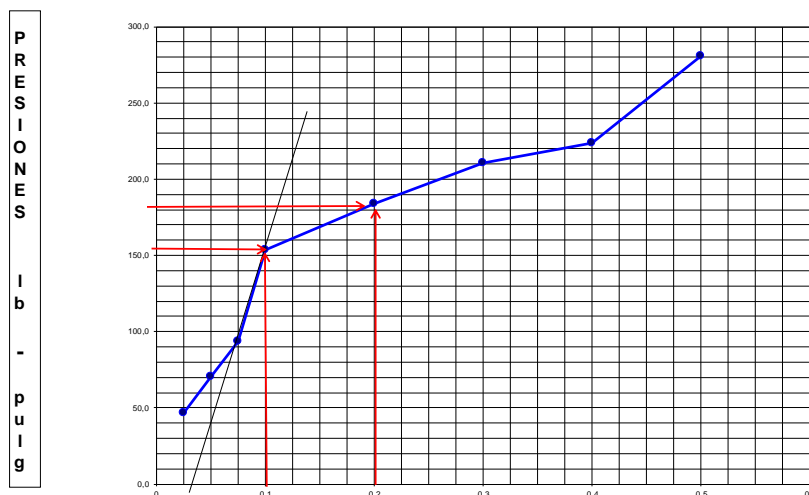


CBR 0.1            12,02  
 CBR 0.2            10,02  
 CBR PROM:        11,02

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	29	FECHA:	04/04/2015	
UBICACIÓN:	14+000	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		14	46,8	
0,050		21	70,1	
0,075		28	93,5	
0,100	1000	46	153,6	18,66
0,200	1500	55	183,7	14,45
0,300		63	210,4	
0,400		67	223,8	
0,500		84	280,6	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

### GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

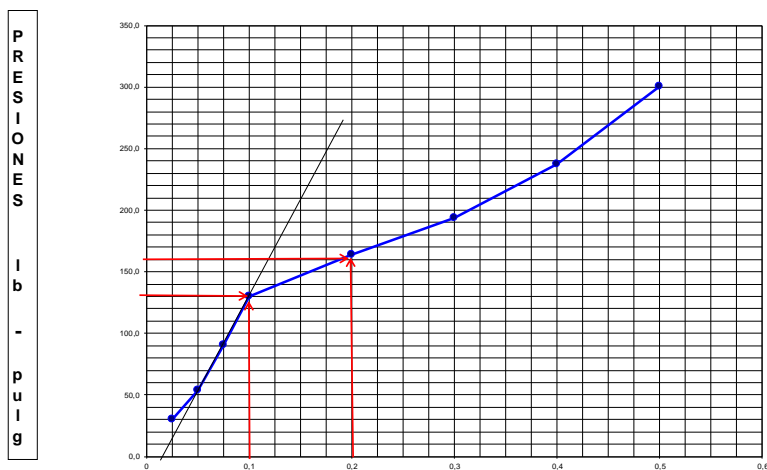


CBR 0.1      18,66  
 CBR 0.2      14,45  
 CBR PROM:    16,56

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	30	FECHA:	04/04/2015	
UBICACIÓN:	14+500	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		
		CARGA DE ENSAYO		
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	
0,025		9	30,1	
0,050		16	53,4	
0,075		27	90,2	
0,100	1000	39	130,3	14,53
0,200	1500	49	163,7	11,91
0,300		58	193,7	
0,400		71	237,1	
0,500		90	300,6	

ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

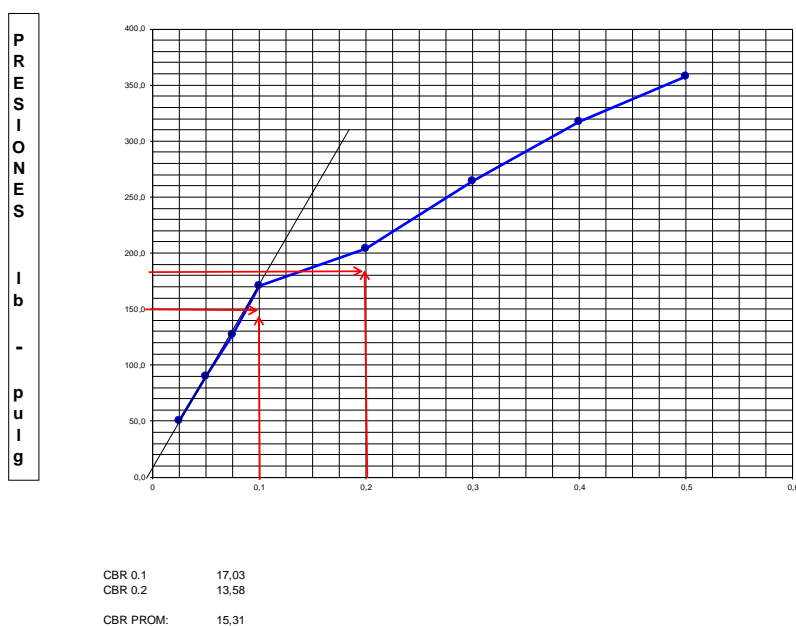


CBR 0.1            14,53  
 CBR 0.2            11,91  
 CBR PROM:        13,22

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO: VÍA LA CHIMBA- CAYAMBE				
NORMA DE ENSAYO ASTM D1557				
MUESTRA No.	31	FECHA:	04/04/2015	
UBICACIÓN:	15+000	LABORATORISTA:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
USO:		CALCULADO:	Gabriela Ortega y Luis Villafuerte	
ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA				
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE No.M-6		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0,025		15	50,1	
0,050		27	90,2	
0,075		38	126,9	
0,100	1000	51	170,3	17,03
0,200	1500	61	203,7	13,58
0,300		79	263,9	
0,400		95	317,3	
0,500		107	357,4	

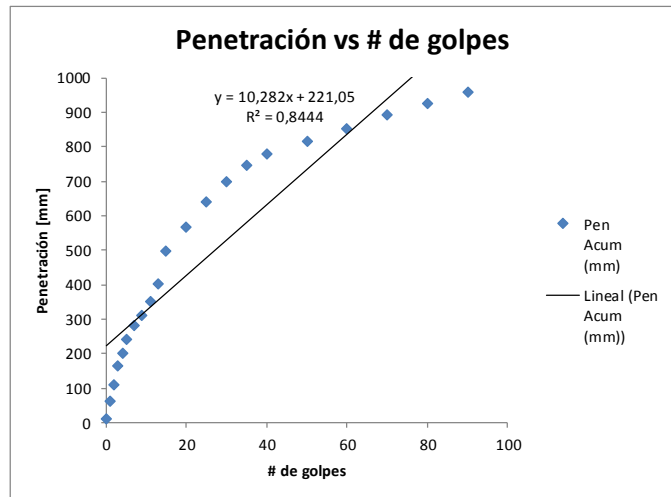
ELABORADO POR : GABRIELA ORTEGA Y LUIS VILLAFUERTE BASADOS EN LAB LDMS

### GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



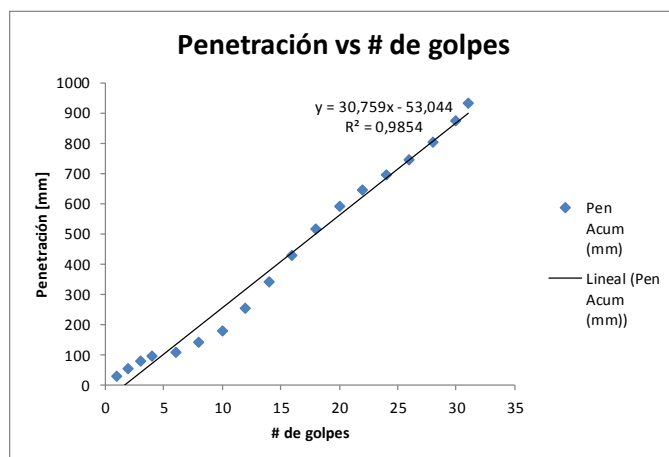
## CBR MEDIANTE DCP

DCP 0+000		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum (mm)
0	0	10
1	1	63
1	2	110
1	3	163
1	4	202
1	5	242
2	7	280
2	9	312
2	11	349
2	13	403
2	15	496
5	20	565
5	25	640
5	30	700
5	35	746
5	40	780
10	50	816
10	60	851
10	70	891
10	80	924
10	90	960



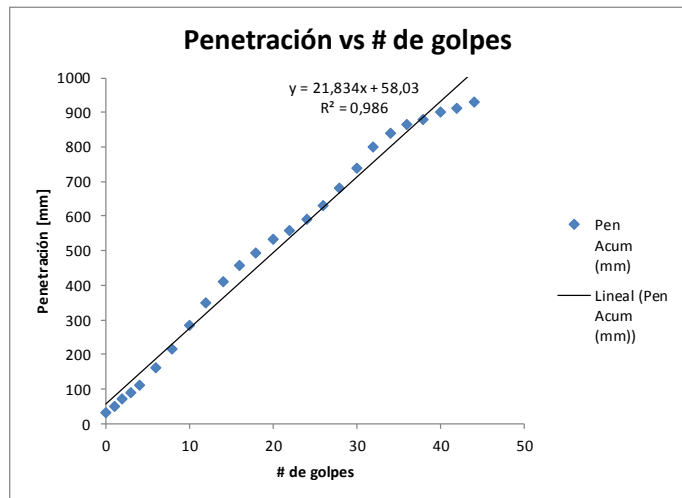
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	10,28
CBR "in situ"	20%

DCP 0+500		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum (mm)
1	1	30
1	2	55
1	3	77
1	4	94
2	6	109
2	8	141
2	10	178
2	12	252
2	14	340
2	16	430
2	18	515
2	20	590
2	22	645
2	24	696
2	26	745
2	28	802
2	30	872
1	31	933



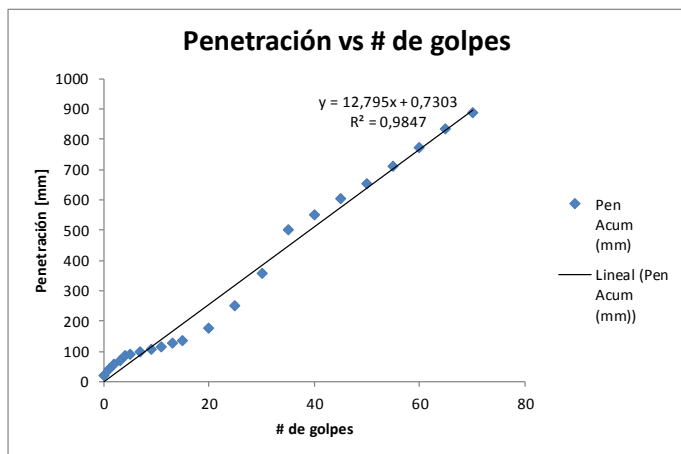
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	30,76
CBR "in situ"	6%

DCP 1+000		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum (mm)
0	0	32
1	1	50
1	2	70
1	3	91
1	4	112
2	6	162
2	8	217
2	10	286
2	12	350
2	14	409
2	16	456
2	18	493
2	20	532
2	22	560
2	24	590
2	26	630
2	28	680
2	30	739
2	32	800
2	34	840
2	36	864
2	38	881
2	40	900
2	42	912
2	44	930



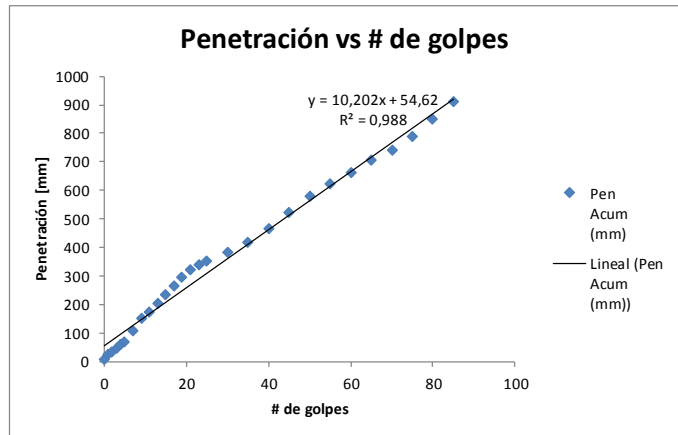
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	21,83
CBR "in situ"	9,80%

DCP 1+500		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum (mm)
0	0	18
1	1	42
1	2	58
1	3	70
1	4	85
1	5	90
2	7	100
2	9	106
2	11	116
2	13	125
2	15	135
5	20	178
5	25	249
5	30	355
5	35	502
5	40	552
5	45	605
5	50	652
5	55	712
5	60	773
5	65	835
5	70	887



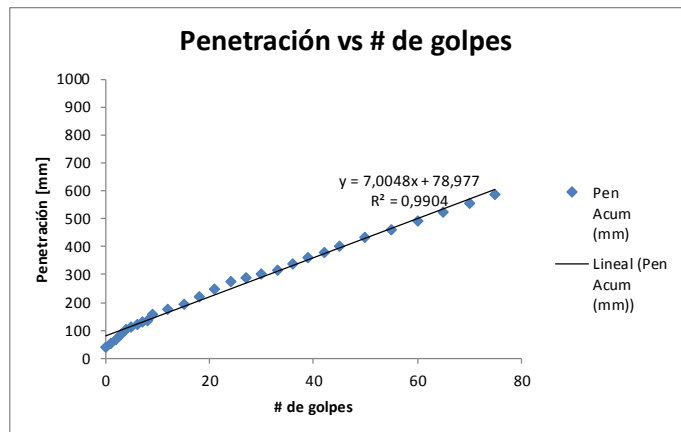
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	12,8
CBR "in situ"	15,8%

DCP 2+000		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum (mm)
0	0	10
1	1	25
1	2	35
1	3	47
1	4	59
1	5	71
2	7	110
2	9	150
2	11	175
2	13	205
2	15	235
2	17	266
2	19	297
2	21	321
2	23	340
2	25	351
5	30	383
5	35	420
5	40	465
5	45	522
5	50	580
5	55	625
5	60	664
5	65	704
5	70	741
5	75	791
5	80	852
5	85	910



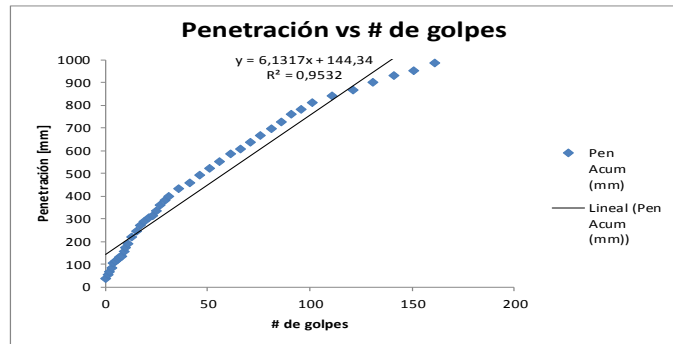
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	10,2
CBR "in situ"	20%

DCP 2+500		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum
0	0	39
1	1	54
1	2	69
1	3	86
1	4	104
1	5	113
1	6	122
1	7	132
1	8	137
1	9	158
3	12	175
3	15	192
3	18	219
3	21	246
3	24	273
3	27	290
3	30	304
3	33	315
3	36	336
3	39	359
3	42	380
3	45	400
5	50	433
5	55	459
5	60	492
5	65	524
5	70	553
5	75	585



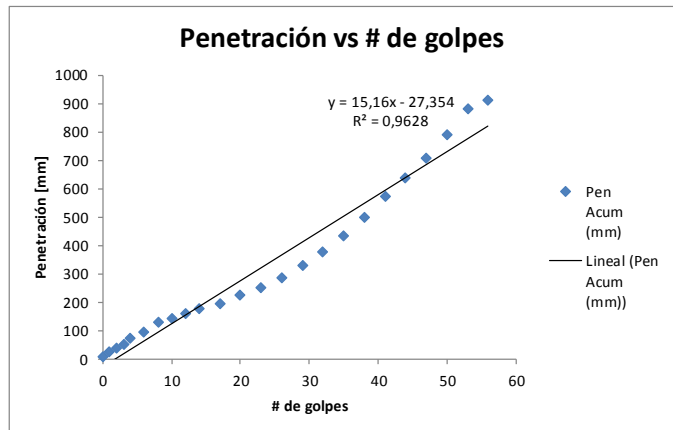
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	7,0
CBR "in situ"	35,0%

DCP 3+000		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum (mm)
0	0	39
1	1	54
1	2	69
1	3	86
1	4	104
1	5	113
1	6	122
1	7	132
1	8	137
1	9	158
1	10	175
1	11	192
2	13	219
2	15	246
2	17	273
2	19	290
2	21	304
2	23	315
2	25	336
2	27	359
2	29	380
2	31	400
5	36	433
5	41	459
5	46	492
5	51	524
5	56	553
5	61	585
5	66	609
5	71	635
5	76	668
5	81	695
5	86	724,5
5	91	759
5	96	780
5	101	810
10	111	839
10	121	865
10	131	899
10	141	931
10	151	950
10	161	986



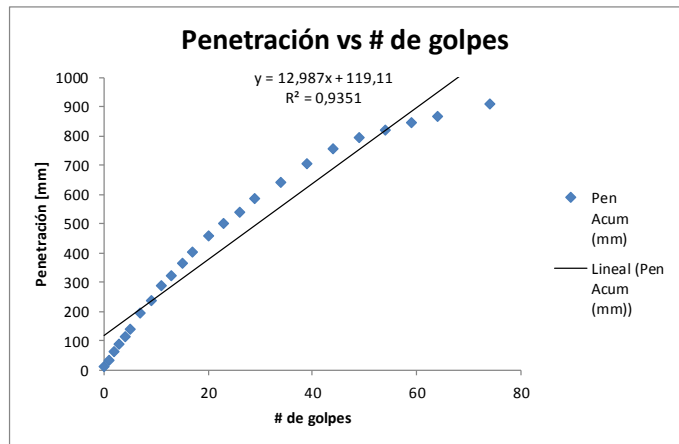
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	6,13
CBR "in situ"	39,90%

DCP 3+500		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum (mm)
0	0	10
1	1	25
1	2	37
1	3	53
1	4	73
2	6	95
2	8	128
2	10	144
2	12	160
2	14	177
3	17	194
3	20	223
3	23	252
3	26	288
3	29	331
3	32	379
3	35	433
3	38	499
3	41	572
3	44	639
3	47	706
3	50	790
3	53	882
3	56	910



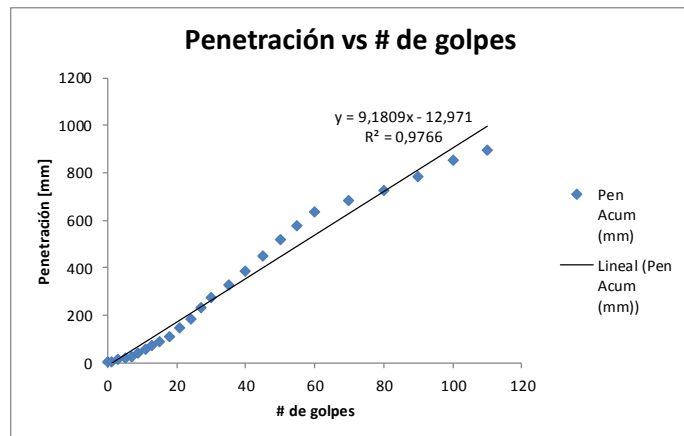
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	15,16
CBR "in situ"	13,85%

DCP 4+000		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum (mm)
0	0	10
1	1	34
1	2	62
1	3	88
1	4	114
1	5	138
2	7	193
2	9	238
2	11	287
2	13	324
2	15	363
2	17	403
3	20	457
3	23	503
3	26	539
3	29	586
5	34	642
5	39	704
5	44	758
5	49	793
5	54	819
5	59	847
5	64	868
10	74	907



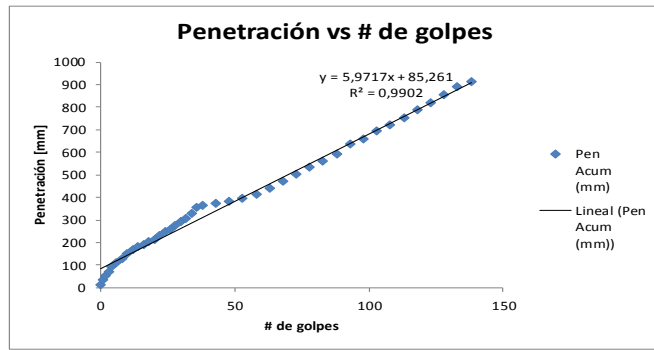
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	12,99
CBR "in situ"	16%

DCP 4+500		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum
0	0	4
1	1	7
2	3	13
2	5	19
2	7	26
2	9	40
2	11	57
2	13	72
2	15	89
3	18	110
3	21	148
3	24	187
3	27	230
3	30	273
5	35	327
5	40	387
5	45	452
5	50	517
5	55	578
5	60	634
10	70	683
10	80	726
10	90	786
10	100	851
10	110	897



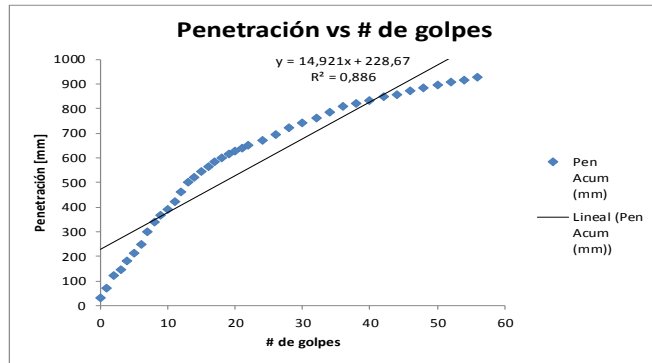
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	9,18
CBR "in situ"	24,80%

DCP 5+000		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum
0	0	13
1	1	35
1	2	54
1	3	72
1	4	94
2	6	112
2	8	130
2	10	153
2	12	169
2	14	182
2	16	191
2	18	203
2	20	212
2	22	233
2	24	247
2	26	260
2	28	275
2	30	293
2	32	307
2	34	330
2	36	354
2	38	365
5	43	374
5	48	382
5	53	396
5	58	414
5	63	442
5	68	472
5	73	504
5	78	533
5	83	562
5	88	594
5	93	635
5	98	661
5	103	693
5	108	720
5	113	751
5	118	788
5	123	820
5	128	854
5	133	889
5	138	915



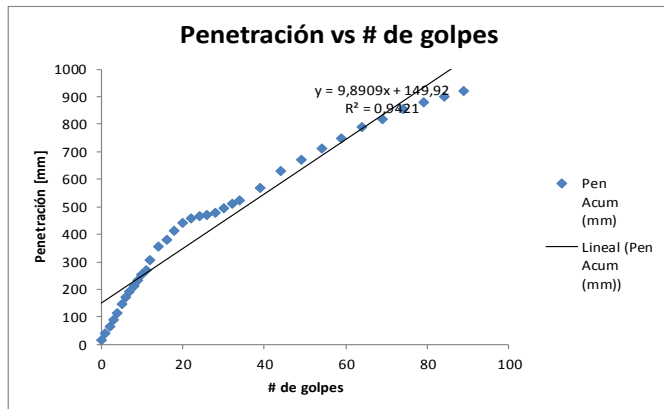
PENDIENTE	m1 (mm/golpe)	5,97
	CBR "in situ"	39,90%

DCP 5+500		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum (mm)
0	0	32
1	1	70
1	2	120
1	3	145
1	4	179
1	5	212
1	6	249
1	7	299
1	8	337
1	9	367
1	10	392
1	11	422
1	12	460
1	13	499
1	14	521
1	15	545
1	16	563
1	17	582
1	18	598
1	19	614
1	20	627
1	21	640
1	22	651
2	24	672
2	26	696
2	28	722
2	30	741
2	32	763
2	34	785
2	36	807
2	38	821
2	40	834
2	42	847
2	44	858
2	46	872
2	48	882
2	50	895
2	52	906
2	54	917
2	56	926



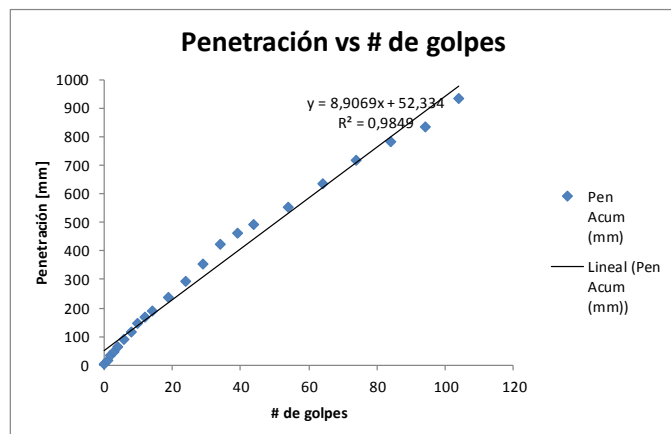
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	14,92
CBR "in situ"	14,10%

DCP 6+000		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum (mm)
0	0	15
1	1	40
1	2	65
1	3	88
1	4	115
1	5	145
1	6	170
1	7	190
1	8	213
1	9	234
1	10	255
1	11	270
1	12	305
2	14	354
2	16	380
2	18	414
2	20	440
2	22	456
2	24	465
2	26	470
2	28	480
2	30	493
2	32	512
2	34	525
5	39	570
5	44	630
5	49	672
5	54	712
5	59	750
5	64	790
5	69	820
5	74	855
5	79	880
5	84	900
5	89	920



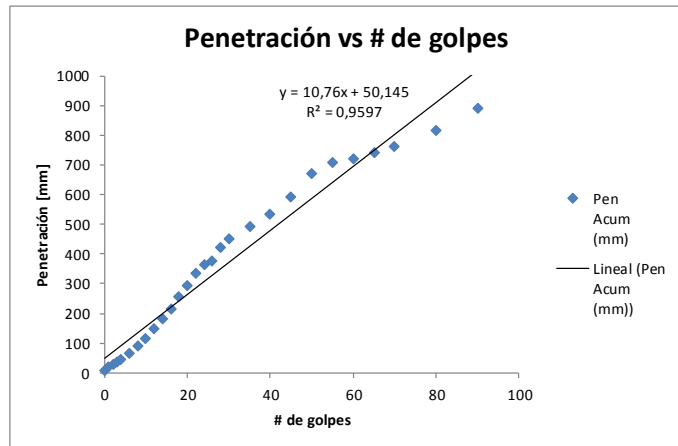
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	9,89
CBR "in situ"	21%

DCP 6+500		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum (mm)
0	0	3
1	1	16
1	2	34
1	3	48
1	4	62
2	6	89
2	8	117
2	10	146
2	12	167
2	14	189
5	19	237
5	24	295
5	29	356
5	34	421
5	39	460
5	44	494
10	54	554
10	64	633
10	74	716
10	84	784
10	94	835
10	104	935



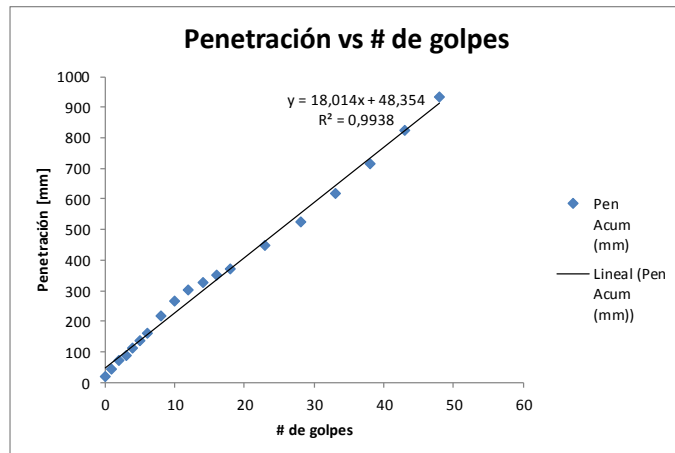
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	8,91
CBR "in situ"	26%

DCP 7+000		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum (mm)
0	0	8
1	1	19
1	2	30
1	3	38
1	4	45
2	6	66
2	8	91
2	10	116
2	12	147
2	14	180
2	16	215
2	18	255
2	20	294
2	22	333
2	24	363
2	26	378
2	28	424
2	30	450
5	35	494
5	40	532
5	45	593
5	50	670
5	55	707
5	60	721
5	65	742
5	70	760
10	80	817
10	90	890



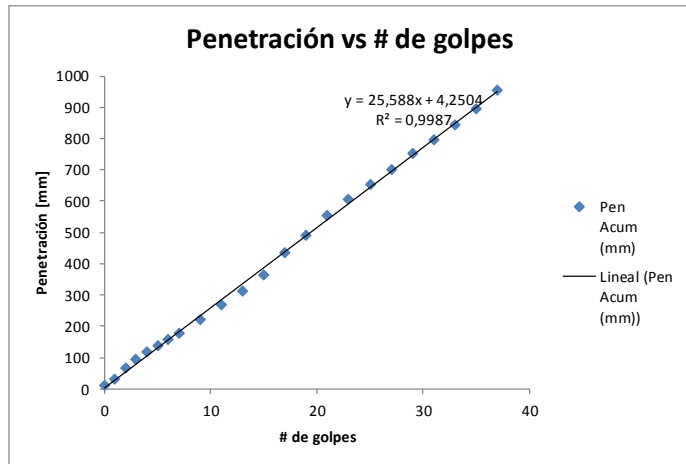
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	10,76
CBR "in situ"	20%

DCP 7+500		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum (mm)
0	0	19
1	1	45
1	2	71
1	3	90
1	4	114
1	5	138
1	6	162
2	8	216
2	10	265
2	12	302
2	14	327
2	16	353
2	18	373
5	23	447
5	28	524
5	33	620
5	38	717
5	43	824
5	48	932



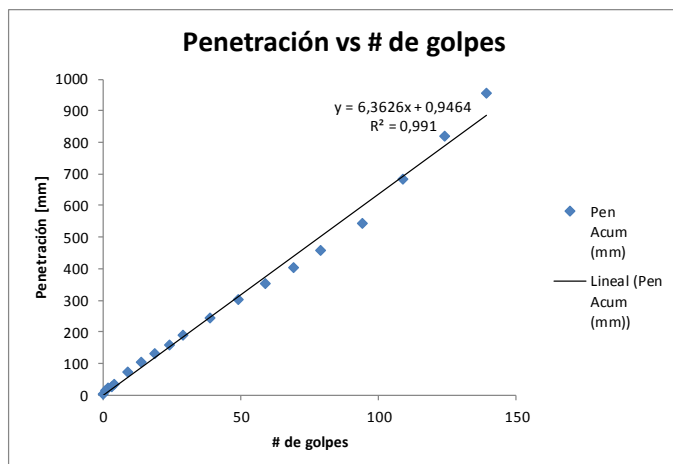
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	18,01
CBR "in situ"	11%

DCP 8+000		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum (mm)
0	0	10
1	1	30
1	2	65
1	3	93
1	4	117
1	5	139
1	6	159
1	7	179
2	9	220
2	11	268
2	13	313
2	15	365
2	17	435
2	19	490
2	21	555
2	23	605
2	25	655
2	27	703
2	29	753
2	31	795
2	33	845
2	35	895
2	37	953



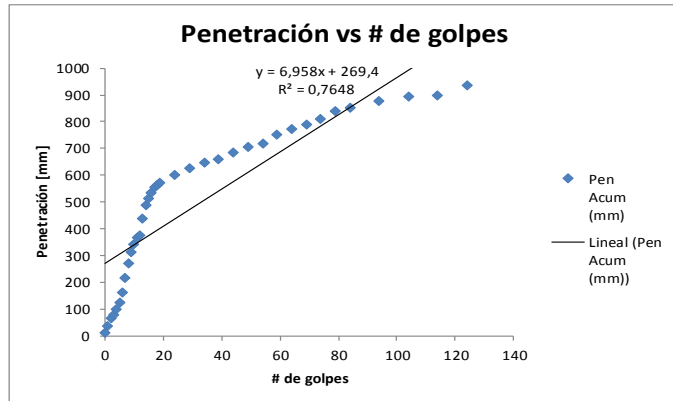
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	25,59
CBR "in situ"	8%

DCP 9+000		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum (mm)
0	0	5
1	1	13
1	2	22
1	3	27
1	4	36
5	9	73
5	14	103
5	19	131
5	24	160
5	29	188
10	39	246
10	49	303
10	59	354
10	69	405
10	79	460
15	94	545
15	109	682
15	124	820
15	139	955



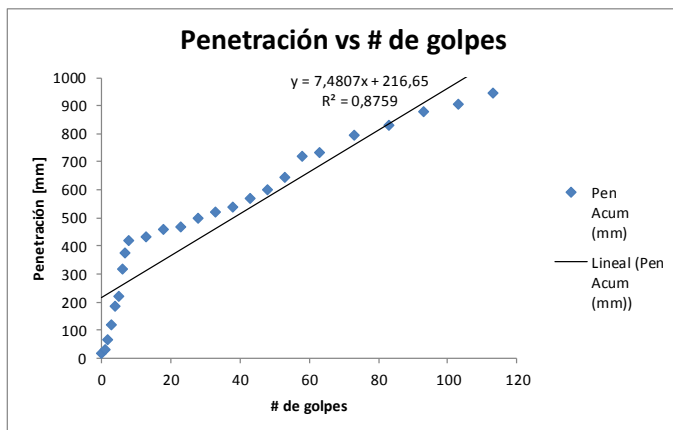
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	6,36
CBR "in situ"	36,50%

DCP 10+000		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum (mm)
0	0	11
1	1	38
1	2	66
1	3	80
1	4	100
1	5	124
1	6	161
1	7	217
1	8	273
1	9	314
1	10	340
1	11	366
1	12	377
1	13	440
1	14	490
1	15	512
1	16	536
1	17	557
1	18	565
1	19	572
5	24	600
5	29	626
5	34	649
5	39	660
5	44	685
5	49	705
5	54	720
5	59	750
5	64	771
5	69	791
5	74	810
5	79	840
5	84	854
10	94	878
10	104	894
10	114	900
10	124	936



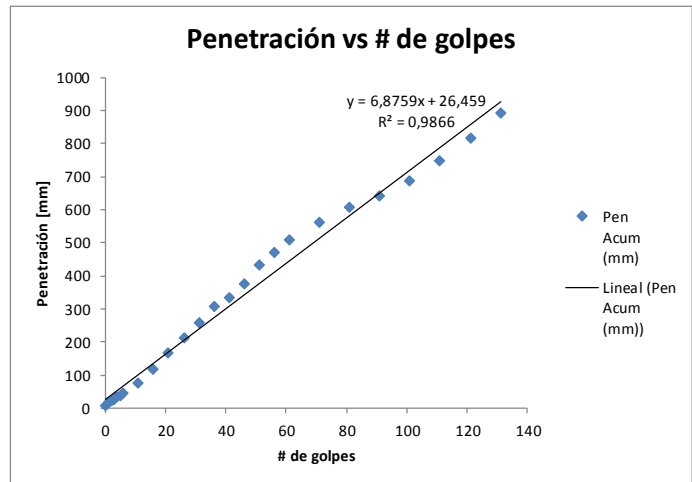
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	6,96
CBR "in situ"	35%

DCP 10+500		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum
0	0	18
1	1	30
1	2	65
1	3	120
1	4	183
1	5	219
1	6	319
1	7	375
1	8	419
5	13	431
5	18	459
5	23	470
5	28	497
5	33	521
5	38	540
5	43	570
5	48	600
5	53	645
5	58	718
5	63	734
10	73	794
10	83	832
10	93	879
10	103	907
10	113	946



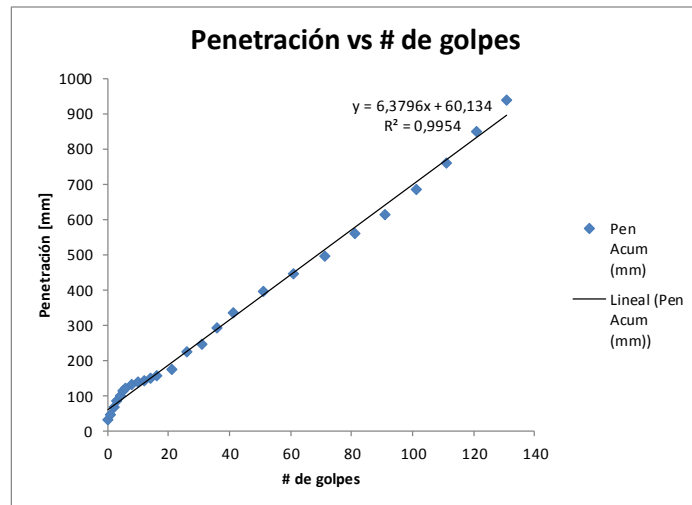
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	7,48
CBR "in situ"	32,50%

DCP 11+500		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum (mm)
0	0	7
1	1	13
1	2	22
1	3	25
1	4	32
1	5	38
1	6	44
5	11	77
5	16	116
5	21	165
5	26	211
5	31	257
5	36	306
5	41	335
5	46	374
5	51	434
5	56	470
5	61	507
10	71	562
10	81	606
10	91	643
10	101	687
10	111	749
10	121	817
10	131	893



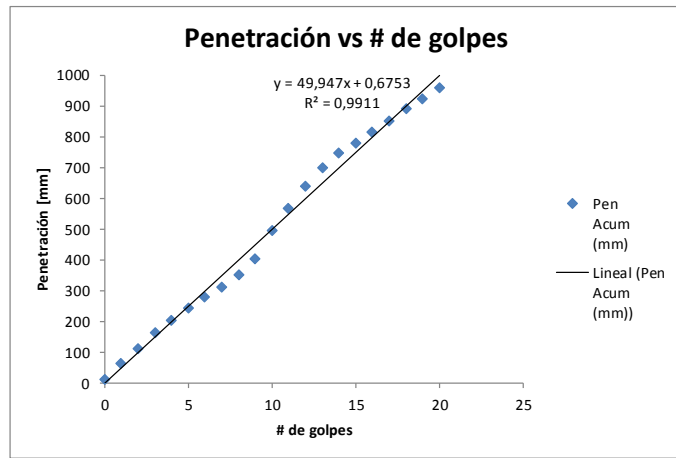
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	6,88
CBR "in situ"	35,80%

DCP 12+500		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum (mm)
0	0	30
1	1	47
1	2	68
1	3	86
1	4	101
1	5	114
1	6	122
2	8	131
2	10	138
2	12	143
2	14	150
2	16	155
5	21	175
5	26	225
5	31	244
5	36	292
5	41	335
10	51	394
10	61	444
10	71	496
10	81	558
10	91	612
10	101	686
10	111	760
10	121	850
10	131	938



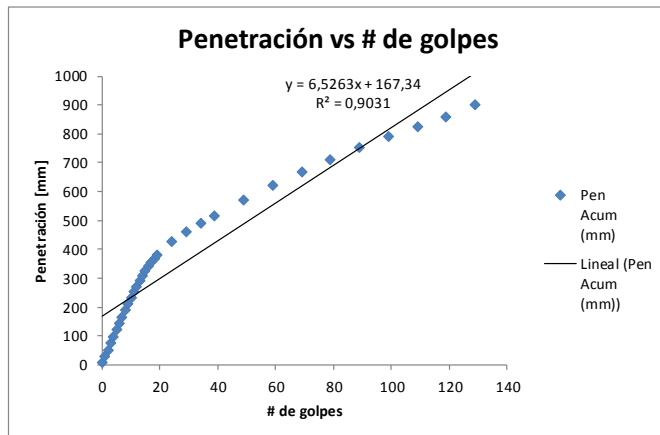
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	6,38
CBR "in situ"	38%

DCP 13+500		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum (mm)
0	0	10
1	1	63
1	2	110
1	3	163
1	4	202
1	5	242
1	6	280
1	7	312
1	8	349
1	9	403
1	10	496
1	11	565
1	12	640
1	13	700
1	14	746
1	15	780
1	16	816
1	17	851
1	18	891
1	19	924
1	20	960



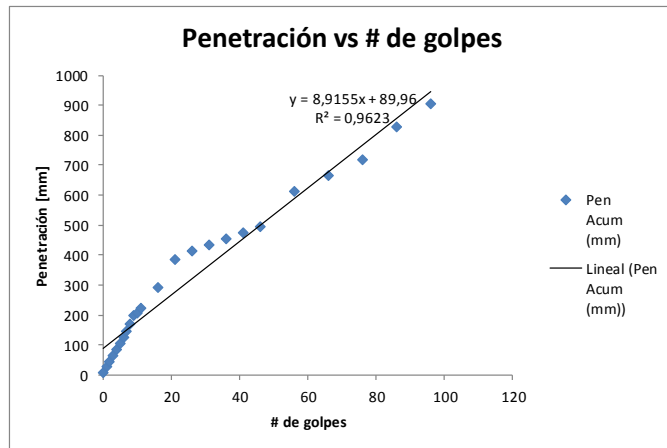
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	49,95
CBR "in situ"	3,70%

DCP 14+000		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum (mm)
0	0	8
1	1	29
1	2	52
1	3	74
1	4	97
1	5	122
1	6	144
1	7	166
1	8	189
1	9	213
1	10	233
1	11	252
1	12	271
1	13	290
1	14	309
1	15	326
1	16	342
1	17	356
1	18	368
1	19	380
5	24	427
5	29	462
5	34	491
5	39	516
10	49	570
10	59	620
10	69	669
10	79	710
10	89	751
10	99	789
10	109	826
10	119	860
10	129	900



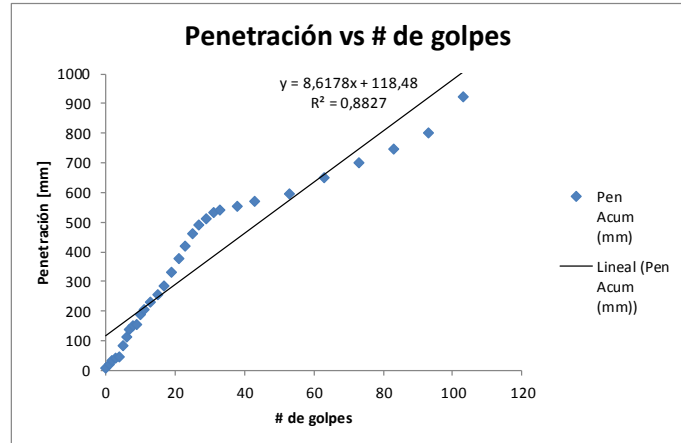
PENDIENTE m1 (mm/golpe)	6,53
CBR "in situ"	37,50%

DCP 14+500		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum (mm)
0	0	9
1	1	26
1	2	43
1	3	63
1	4	84
1	5	105
1	6	126
1	7	144
1	8	170
1	9	198
1	10	206
1	11	223
5	16	290
5	21	386
5	26	412
5	31	434
5	36	455
5	41	473
5	46	494
10	56	614
10	66	667
10	76	719
10	86	826
10	96	903



PENDIENTE m1 (mm/golpe)	8,92
CBR "in situ"	25,10%

DCP 15+000		
Golpes	Golpes Acum	Pen Acum (mm)
0	0	6
1	1	21
1	2	32
1	3	41
1	4	44
1	5	85
1	6	111
1	7	138
1	8	150
1	9	156
1	10	190
1	11	207
2	13	230
2	15	257
2	17	285
2	19	330
2	21	379
2	23	420
2	25	461
2	27	490
2	29	510
2	31	531
2	33	541
5	38	555
5	43	569
10	53	594
10	63	651
10	73	700
10	83	747
10	93	800
10	103	922



PENDIENTE m1 (mm/golpe)	8,62
CBR "in situ"	28%