

ANÁLISIS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE LA SUB-BASE
GRANULAR AL SER MEZCLADA CON MATERIALES NO BIODEGRADABLES.

INVESTIGADORES AUXILIARES:
LUISA MARÍA BEDOYA BLANDÓN
MAURICIO OCAMPO MARTÍNEZ

INVESTIGADOR PRINCIPAL:
GLORIA MILENA MOLINA VINASCO

UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA CIVIL
PEREIRA-RISARALDA
2016

ANÁLISIS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE LA SUB-BASE
GRANULAR AL SER MEZCLADA CON MATERIALES NO BIODEGRADABLES.

INVESTIGADORES AUXILIARES:
LUISA MARÍA BEDOYA BLANDÓN
MAURICIO OCAMPO MARTÍNEZ

INVESTIGADOR PRINCIPAL:
GLORIA MILENA MOLINA VINASCO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA CIVIL
PEREIRA-RISARALDA
2016

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS	17
1.1. <i>Objetivo general.</i>	17
1.2. <i>Objetivos específicos.</i>	17
2. HIPÓTESIS	18
3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	19
3.1. <i>El problema en Colombia.</i>	20
4. JUSTIFICACIÓN	21
5. ANTECEDENTES	22
5.1. <i>Estabilización Con Cemento – Mejoramiento Del Terreno.</i>	22
5.2. <i>La Modificación De Los Suelos Arcillosos Con Cal.</i>	23
5.3. <i>Comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados.</i>	23
5.4. <i>Estudio comparativo de los áridos reciclados de hormigón y mixtos como material para sub-bases de carreteras.</i>	23
5.5. <i>Aplicación de los residuos de hormigón en materiales de construcción.</i> .	24
5.6. <i>Desempeño de estabilizadores de suelos no convencionales en la estabilización de materiales substancias para subgrado y subbase de carretera.</i>	24
5.7. <i>Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase.</i>	25
5.8. <i>Evaluación de la capacidad de soporte de subbases granulares tipo 3, con la adición de PVC reciclado a base de residuos de ropa industrial.</i>	26
5.9. <i>Pavimentos con polímeros reciclados.</i>	26
5.10. <i>Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos.</i>	27
5.11. <i>Variación de la resistencia de una subbase granular debido a la variación del contenido de finos plásticos en granulometrías controladas.</i>	27
5.12. <i>Análisis del mejoramiento de un suelo de subrasante con un aditivo orgánico.</i>	28
5.13. <i>Mezclas asfálticas recicladas y su uso en capas granulares para pavimentos.</i>	28

5.14.	<i>Desarrollo de una mezcla asfáltica utilizando residuos plásticos.....</i>	29
5.15.	<i>Efecto de las fibras de plástico en la flexión de estructuras de pavimento drenable.....</i>	30
5.16.	<i>Experimento al aire libre de planchas de grafito-PET flexibles emparedadas basadas en pavimento auto-nieve-descongelado.....</i>	30
5.17.	<i>Un enfoque para el uso de residuos de polietileno tereftalato (PET) como material de pavimento de la carretera.....</i>	31
5.18.	<i>Pavimento Verde utilizando Tereftalato de Polietileno Reciclado (PET) como Reemplazo de Agregado Fino Parcial en Asfalto Modificado.....</i>	32
6.	MARCO TEÓRICO.....	33
6.1.	<i>Polipropileno.....</i>	33
6.2.	<i>Polietileno.....</i>	34
6.3.	<i>Subsuelo.....</i>	35
6.3.1.	<i>Características del subsuelo.....</i>	35
6.3.2.	<i>Son propiedades químicas importantes:.....</i>	35
6.4.	<i>Estabilización De Suelos.....</i>	36
6.4.1.	<i>Otros Procesos Químicos para la Estabilización de Suelos.....</i>	36
6.4.2.	<i>Clases de estabilización más usada.....</i>	37
6.4.3.	<i>Optima Estabilización Con Máxima Carga Vertical.....</i>	37
6.5.	<i>Materiales.....</i>	37
6.5.1.	<i>Agregados y suelos.....</i>	37
6.5.2.	<i>Agregados pétreos.....</i>	38
6.6.	<i>Subbase granular (INVIAS SBG-1/INVIAS SBG-2).....</i>	39
6.6.1.	<i>Descripción.....</i>	39
6.7.	<i>Clasificación de materiales para bases y subbases.....</i>	41
6.8.	<i>Caracterización de los agregados.....</i>	41
6.8.1.	<i>Caracterización Para Establecer Su Idoneidad De Uso.....</i>	41
6.8.2.	<i>Caracterización para efectos de diseño estructural del pavimento.....</i>	44
6.9.	<i>Propiedades generales de los materiales granulares para bases y subbases.....</i>	45
6.9.1.	<i>Estabilidad y densidad.....</i>	45
6.9.2.	<i>Estados físicos de las mezclas de suelo + agregado.....</i>	46
6.10.	<i>Ensayo de compactación Proctor.....</i>	46
6.11.	<i>Ensayo de CBR (california bearing ratio: ensayo de relación de soporte de california).....</i>	48
6.11.1.	<i>Valores referenciales de CBR, usos y suelos.....</i>	49
6.11.2.	<i>Curva variación de densidad ensayo CBR. Grafica 3.....</i>	49

6.12.	<i>Permeabilidad.....</i>	<i>50</i>
7.	MARCO LEGAL	51
7.1.	<i>Normas Técnicas: NSR 10 Título H Estudios Geotécnicos.</i>	<i>51</i>
7.2.	<i>Artículo 330 - 07 Subbase Granular.</i>	<i>51</i>
7.3.	<i>Angularidad del agregado grueso (INVE-227).....</i>	<i>51</i>
7.4.	<i>Especificaciones del instituto nacional de vías para los materiales granulares de subbase y base para vías de tránsito pesado. Tabla 7.</i>	<i>53</i>
7.5.	<i>Granulometrías admisibles para la construcción de bases y subbases granulares. Ver Tabla 8.....</i>	<i>54</i>
7.6.	<i>Análisis granulométrico de suelos por tamizado I.N.V.E. – 123 – 07.....</i>	<i>54</i>
7.7.	<i>Determinación del límite líquido de los suelos I.N.V.E. – 125 – 07.</i>	<i>54</i>
7.8.	<i>Límite plástico e índice de plasticidad de suelos I.N.V.E.– 126 – 07.</i>	<i>55</i>
7.9.	<i>Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados para carreteras I.N.V.E. – 230 – 07.....</i>	<i>55</i>
7.10.	<i>Relaciones de humedad – masa unitaria seca en los suelos (ensayo modificado de compactación) I.N.V.E. – 142 – 07.....</i>	<i>56</i>
7.11.	<i>Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1½") por medio de la máquina de los ángeles I.N.V.E. – 218 – 07.....</i>	<i>56</i>
7.12.	<i>Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio I.N.V.E. – 220 – 07.</i>	<i>57</i>
7.13.	<i>Determinación de la resistencia del agregado grueso al desgaste por abrasión utilizando el aparato micro-deval I.N.V.E. – 238 – 07.....</i>	<i>57</i>
7.14.	<i>Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR de laboratorio). I.N.V.E. – 148 – 07.....</i>	<i>58</i>
7.15.	<i>Permeabilidad de suelos granulares (cabeza constante) I.N.V.E. – 130 – 07.</i>	<i>58</i>
8.	MARCO GEOGRÁFICO.....	59
8.1.	<i>Localización.....</i>	<i>59</i>
9.	METODOLOGÍA.....	60
9.1.	<i>Desarrollo Metodológico.</i>	<i>60</i>
9.2.	<i>DISEÑO METODOLÓGICO.....</i>	<i>65</i>
10.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	66
10.1.	<i>Análisis de las características del suelo.</i>	<i>66</i>

10.2. Pruebas para identificación del material no biodegradable.....	67
10.2.1. Icopor. _____	67
10.2.2. Icopor + Gasolina. _____	68
10.2.3. Suelo + Pet En Fibra. _____	69
10.2.4. Suelo + PET Granular. _____	70
10.3. Análisis de las características de la subbase.	71
10.3.1. Granulometría (gradación). _____	71
10.3.2. Limite liquido (limpieza). _____	71
10.3.3. Limite plástico (limpieza). _____	72
10.3.4. Índice de aplanamiento y alargamiento (geometría de las partículas). _____	72
10.3.5. Proctor modificado (relación de soporte). _____	72
10.3.6. Desgaste en máquina de los ángulos (dureza). _____	73
10.3.7. Resistencia a los sulfatos – sodio – magnesio (durabilidad). _____	73
10.3.8. Micro deval – agregado grueso (dureza). _____	74
10.3.9. Relación de soporte CBR (resistencia). _____	74
10.4. Granulometría al material no biodegradable.	74
10.5. Análisis de las pruebas para identificar la proporción a usar.	75
10.5.1. Granulometría: _____	75
10.5.2. Permeabilidad. _____	78
10.5.3. Proctor modificado: _____	81
10.6. Resultados CBR relación de soporte del suelo en laboratorio.	84
10.6.1. Resultados relación de soporte del suelo en laboratorio CBR subbase granular.	84
10.6.2. Resultados relación de soporte del suelo en laboratorio CBR subbase granular + material no biodegradable. _____	86
10.6.3. Resultado CBR 80 % sub base – 20 % PET. _____	86
10.6.4. Resultado CBR 70 % sub base – 30 % PET. _____	87
10.6.5. Resultado CBR 60 % sub base – 40 % PET. _____	88
10.7. Proporción ideal CBR.	89
10.7.1. En frio. _____	89
10.7.2. En caliente. _____	90
11. TABLAS RESUMEN DE RESULTADOS.....	95
12. CONCLUSIONES.....	99
13. GLOSARIO	100
14. BIBLIOGRAFÍA.....	106
15. ANEXOS. FICHAS DE ENSAYOS DE LABORATORIO.	111

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

<i>Ilustración 1: Falla por deficiencia adherencia.</i>	46
<i>Ilustración 2: Localización.</i>	59
<i>Ilustración 3: Valores ensayo de permeabilidad.</i>	78
<i>Ilustración 4: Valores ensayo de permeabilidad.</i>	79
<i>Ilustración 5: Valores ensayo de permeabilidad.</i>	80

ÍNDICE DE TABLAS.

<i>Tabla 1: Gradaciones de agregados para construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica.</i>	38
<i>Tabla 2: Límites granulométricos para subbase granular.</i>	40
<i>Tabla 3: Clasificación de materiales para bases y sub-bases.....</i>	41
<i>Tabla 4: Resumen de propiedades ingenieriles de las rocas (según cordón y beste).....</i>	42
<i>Tabla 5: Valores referenciales de CBR.</i>	49
<i>Tabla 6: Valores relativos de permeabilidad.</i>	50
<i>Tabla 7: Especificaciones del instituto nacional de vías para los materiales granulares de subbase y base para vías de tránsito pesado.</i>	53
<i>Tabla 8: Granulometrías admisibles para la construcción de bases y subbases granulares.</i>	54
<i>Tabla 9: Laboratorios realizados en diferentes proporciones de la mezcla.</i>	63
<i>Tabla 10: Diseño metodológico.....</i>	65
<i>Tabla 11: Resultado según ficha #1 relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo 12 golpes.</i>	66
<i>Tabla 12: Resultado según ficha #2 relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo 25 golpes.</i>	66
<i>Tabla 13: Resultado según ficha #3 relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo 56 golpes.</i>	66
<i>Tabla 14: Sulfato de Magnesio (Mg) Sub-base Granular.</i>	73
<i>Tabla 15: Sulfato Sodio (Na) Sub-base Granular.....</i>	73
<i>Tabla 16: CBR Sub-base Granular.</i>	74
<i>Tabla 17: Granulometría proporción 80% sub-base – 20% PET.</i>	76
<i>Tabla 18: Granulometría proporción 70% sub-base – 30% PET.</i>	76
<i>Tabla 19: Granulometría proporción 60% sub-base – 40% PET.</i>	77
<i>Tabla 20: Relación de soporte del suelo en el laboratorio CBR Sub-base Granular (12 Golpes).</i>	84
<i>Tabla 21: Relación de soporte del suelo en el laboratorio CBR Sub-base Granular (25 Golpes).</i>	84
<i>Tabla 22: Relación de soporte del suelo en el laboratorio CBR Sub-base Granular (56 Golpes).</i>	84
<i>Tabla 23: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 12 golpes.</i>	86
<i>Tabla 24: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 25 golpes.</i>	86

<i>Tabla 25: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 56 golpes.</i>	86
<i>Tabla 26: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 12 golpes.</i>	87
<i>Tabla 27: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 25 golpes.</i>	87
<i>Tabla 28: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 56 golpes.</i>	87
<i>Tabla 29: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 12 golpes.</i>	88
<i>Tabla 30: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 25 golpes.</i>	88
<i>Tabla 31: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 56 golpes.</i>	89
<i>Tabla 32: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 12 golpes en caliente.</i>	90
<i>Tabla 33: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 25 golpes en caliente.</i>	91
<i>Tabla 34: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 56 golpes en caliente. Fuente: Extraída de la ficha #35.</i>	91
<i>Tabla 35: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 12 golpes en caliente.</i>	92
<i>Tabla 36: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 25 golpes en caliente.</i>	92
<i>Tabla 37: Tabla 36. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 56 golpes en caliente.</i>	92
<i>Tabla 38: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 12 golpes en caliente.</i>	93
<i>Tabla 39: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 25 golpes en caliente.</i>	93
<i>Tabla 40: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 56 golpes en caliente.</i>	93
<i>Tabla 41: Resultados de la gradación de los materiales.</i>	95
<i>Tabla 42: (A) Resultados de los ensayos aplicados a los materiales.</i>	96
<i>Tabla 43: (B) Resultados de los ensayos aplicados a los materiales.</i>	97
<i>Tabla 44: (C) Resultados de los ensayos aplicados a los materiales.</i>	98

ÍNDICE DE GRAFICAS.

<i>Grafica 1: Límites granulométricos para subbase granular.....</i>	39
<i>Grafica 2: Curva de Compactación de la cual se obtiene la humedad óptima y la masa específica.....</i>	48
<i>Grafica 3: Variación de la densidad y del CBR con la cantidad de finos de un material granular.....</i>	49
<i>Grafica 4: Granulometría sub-base granular.....</i>	71
<i>Grafica 5: Proctor modificado sub-base granular.....</i>	72
<i>Grafica 6: Granulometría Material no Biodegradable (PET).</i>	75
<i>Grafica 7: Granulometría sub-base granular (80%) + material no biodegradable (20%) - sub-base granular (70%) + material no biodegradable (30%) - sub-base granular (60%) + material no biodegradable (40%).</i>	78
<i>Grafica 8: Proctor modificado sub-base 80% - PET 20%.</i>	81
<i>Grafica 9: Proctor modificado sub-base 70% - PET 30%.</i>	82
<i>Grafica 10: Proctor modificado sub-base 60% - PET 40%.</i>	83

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.

<i>Foto 1: Grano de cuarzo no reactivo con un brillo uniforme.</i>	43
<i>Foto 2: Cuarzo reactivo exhibiendo bandas oscuras (A) y claras (B) en el mismo Grano.</i>	43
<i>Foto 3: Falla por deficiencia adherencia entre los Agregados y el asfalto.</i>	44
<i>Foto 4: Reacción expansiva entre la sílice del agregado y los álcalis del cemento.</i>	44
<i>Foto 5: Cantera.</i>	44
<i>Foto 6: Deposito aluvial.</i>	44
<i>Foto 7: Angularidad del agregado Triturado.</i>	53
<i>Foto 8: Angularidad del agregado Grava.</i>	53
<i>Foto 9: PET, PP triturado.</i>	61
<i>Foto 10: Material en estado granular.</i>	61
<i>Foto 11: Material subbase granular tipo INVIAS.</i>	61
<i>Foto 12: Tamizado material no biodegradable.</i>	62
<i>Foto 13: Mezcla subbase + material no biodegradable (30%).</i>	62
<i>Foto 14: Elaboración de la probeta.</i>	62
<i>Foto 15: Probeta en calor ensayo compresión.</i>	64
<i>Foto 16: Elaboración de las probetas.</i>	64
<i>Foto 17: Ensayo CBR.</i>	64
<i>Foto 18: Deformación aprox. = 0</i>	64
<i>Foto 19: Ensayo a la compresión.</i>	64
<i>Foto 20: Línea de falla.</i>	64
<i>Foto 21: Separaciones entre capas que no permiten confinar la muestra.</i>	67
<i>Foto 22: Probeta hecha de la mezcla de suelo + icopor + gasolina.</i>	69
<i>Foto 23: PET Fino o en fibras luego del reciclaje.</i>	70

ÍNDICE DE FICHAS

<i>Ficha 1: Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo 12 golpes.</i>	111
<i>Ficha 2: Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo 25 golpes. Pág. 1/3.</i>	114
<i>Ficha 3: Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo 56 golpes. Pág. 1/3.</i>	117
<i>Ficha 4: Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + icopor 12 golpes. Pág. 1/4.</i>	120
<i>Ficha 5: Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + icopor + gasolina. 12 golpes. Pág. 1/4.</i>	124
<i>Ficha 6: Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + PET Fino. 12 golpes. Pág. 1/4.</i>	128
<i>Ficha 7: Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + PET Fino. 25 golpes. Pág. 1/3.</i>	132
<i>Ficha 8: Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + PET Fino. 56 golpes. Pág. 1/3.</i>	135
<i>Ficha 9: Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + PET Granular. 12 golpes. Pág. 1/3.</i>	138
<i>Ficha 10: Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + PET Granular. 25 golpes. Pág. 1/3.</i>	141
<i>Ficha 11: Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + PET Granular. 56 golpes. Pág. 1/3.</i>	144
<i>Ficha 12: Granulometría sub-base Pág. 1/2.</i>	147
<i>Ficha 13: Limite liquido sub-base granular.</i>	149
<i>Ficha 14: Limite plástico sub-base granular.</i>	150
<i>Ficha 15: Índice de aplanamiento sub-base granular Pág. 1/2.</i>	151
<i>Ficha 16: Índice de alargamiento sub-base granular Pág. 1/2.</i>	153
<i>Ficha 17: Proctor modificado sub-base granular (56 Golpes) Pág. 1/2.</i>	155
<i>Ficha 18: Desgaste en máquina de los ángeles sub-base granular.</i>	157
<i>Ficha 19: Resistencia a los sulfatos (magnesio) sub-base granular. pág. 1/2.</i>	158
<i>Ficha 20: Resistencia a los sulfatos (sodio) sub-base granular. Pág. 1/2.</i>	160
<i>Ficha 21: Determinación de la resistencia del agregado grueso al desgaste por abrasión utilizando el aparato de micro deval.</i>	162
<i>Ficha 22: Relación de soporte del suelo en el laboratorio CBR Sub-base Granular (12 Golpes) Pág. 1/4.</i>	163
<i>Ficha 23: Relación de soporte del suelo en el laboratorio CBR Sub-base granular (25 Golpes) Pág. 1/4.</i>	167

<i>Ficha 24: Relación de soporte del suelo en el laboratorio CBR Sub-base granular (56 golpes) Pág. 1/4.....</i>	171
<i>Ficha 25: Granulometría Material no biodegradable (PET) Pág. 1/2.</i>	175
<i>Ficha 26: Granulometría sub-base granular (80%) + material no biodegradable (20%). Pág. 1/2.</i>	177
<i>Ficha 27: Proctor modificado sub-base granular (80%) + material no biodegradable (20%). Pág. 1/3.</i>	179
<i>Ficha 28: Permeabilidad de los suelos granulares sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). Pág. 1/2.</i>	182
<i>Ficha 29: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 12 golpes. Pág. 1/4.</i>	184
<i>Ficha 30: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 25 golpes. Pág. 1/4.</i>	188
<i>Ficha 31: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 56 golpes. Pág. 1/4.</i>	192
<i>Ficha 32: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 12 golpes. En caliente. Pág. 1/4.....</i>	196
<i>Ficha 33: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 25 golpes. En caliente. Pág. 1/4.....</i>	200
<i>Ficha 34: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 56 golpes. En caliente. Pág. 1/4.....</i>	204
<i>Ficha 35. Granulometría sub-base granular (70%) + material no biodegradable (30%) Pág. 1/2.</i>	208
<i>Ficha 36: Proctor modificado sub-base granular (70%) + material no biodegradable (30%).Pág. 1/3.</i>	210
<i>Ficha 37: Permeabilidad de los suelos granulares sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). Pág. 1/2.</i>	213
<i>Ficha 38: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 12 golpes. Pág. 1/4.</i>	215
<i>Ficha 39: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 25 golpes. Pág. 1/4.</i>	219
<i>Ficha 40: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 56 golpes. Pág. 1/4.</i>	223
<i>Ficha 41: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 12 golpes. En caliente. Pág. 1/4.....</i>	227
<i>Ficha 42: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 12 golpes. En caliente. Pág. 1/4.....</i>	231
<i>Ficha 43: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 56 golpes. En caliente. Pág. 1/4.....</i>	235

<i>Ficha 44: Granulometría sub-base granular (60%) + material no biodegradable (40%) Pág. 1/2.....</i>	239
<i>Ficha 45: Proctor modificado sub-base granular (60%) + material no biodegradable (40%). Pág. 1/3.....</i>	241
<i>Ficha 46: Permeabilidad de los suelos granulares sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). Pág. 1/2.</i>	244
<i>Ficha 47: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 12 golpes. Pág. 1/4.....</i>	246
<i>Ficha 48: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 25 golpes. Pág. 1/4.....</i>	250
<i>Ficha 49: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 56 golpes. Pág. 1/4.....</i>	254
<i>Ficha 50: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 12 golpes. En Caliente. Pág. 1/4.....</i>	258
<i>Ficha 51: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 25 golpes. En caliente. Pág. 1/4.....</i>	262
<i>Ficha 52: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 56 golpes. En Caliente. Pág. 1/4.....</i>	266
<i>Ficha 53: Granulometría sub-base granular (80%) + material no biodegradable (20%) - sub-base granular (70%) + material no biodegradable (30%) - sub-base granular (60%) + material no biodegradable (40%). Pág. 1/4.....</i>	270

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al tema *análisis para el mejoramiento de la resistencia de la sub-base granular al ser mezclada con polímeros granulares* con el fin de aumentar la resistencia de estructuras de pavimentos y disminuir la emisión de agentes contaminantes que resultan en diferentes procesos productivos a la vez que se permita la reutilización de los mismos.

“En cifras encontradas en diferentes estudios en el país se encuentra que para Colombia, la composición física del producto de todos sus residuos sólidos corresponde en un 13% a plásticos y afines, arrojando un valor aproximado de 3400 toneladas de desechos diarios en basureros (Jaramillo y Zapata, 2008)”¹.

La característica principal de este tipo de investigación es evitar asentamientos y fallas presentados en tramos del suelo por cargas, mantenimiento constante e incidentes por el estado de las vías, por otro lado, en el factor ambiental se pretende mitigar la acumulación de basuras en llenos sanitarios o botaderos clandestinos como laderas, ríos, mares a la vez que se evita el deterioro de fauna y flora por dichos agentes patógenos. Por estas razones se reitera la necesidad de reutilizarlos en otros procesos como lo es el mejoramiento de la resistencia de los suelos gracias a sus propiedades físicas de endurecimiento que después de ser sometido a temperaturas controladas generan nuevas formas geométricas simulando un material granular tamizado que será implementado en esta investigación enfocada al mejoramiento de la resistencia de una subbase que forma parte de la estructura de un pavimento.

Para la estimación de los parámetros de resistencia y características de suelos, se desarrolla mediante ensayos sobre las muestras la calidad, resistencia y representatividad adecuada de los materiales y bajo entornos controlados (para lo cual son necesarios medios puntuales que necesitan de un laboratorio especializado), o bien realizando ensayos “in situ”, que permiten medir también directamente la resistencia del suelo, o alternativamente encontrar un índice cuantitativo que la práctica toma para relacionar con los parámetros geotécnicos

¹ SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. Memorias 1° Simposio de Materiales Poliméricos, Revista informador Técnico Vol. 79. Colombia. Diciembre del 2015. Disponible en: revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/issue/download/35/10

fundamentales del suelo (en este caso los relacionados con la resistencia del mismo como CBR y Proctor modificado). Finalmente se debe tener presente que uno de los métodos utilizados en esta investigación es calentar el material reciclado para posteriormente ser reutilizado como un compuesto adicional o reemplazante en la subbase parte estructural del pavimento.

“Los problemas que plantean los residuos sólidos, traen consigo la necesidad de buscar soluciones que favorezcan un mejor manejo y aprovechamiento de éstos, ya sea a través de su reducción, reutilización o reciclaje, debido a que se acumulan rápidamente en los lugares utilizados para su recolección, favoreciendo algunos inconvenientes en el área de la salubridad e higiene, a lo que se suma la destrucción del ambiente (Arandes, et al., 2004)”.²

Al evaluar el comportamiento del polietileno como complemento en la granulometría para subbase granular se aprecia la buena relación entre los componentes de la mezcla obteniendo resultado o valores positivos y favorables para la investigación llegando a determinar la proporción ideal luego de pasar los ensayos y evaluar el comportamiento en Proctor y en CBR en los estados de calor y frío.

² RECICLAJE TERMO - MECÁNICO DEL POLIESTIRENO, Estrategia de mitigación del impacto ambiental en rellenos sanitarios. Manizales, Colombia 2013.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general.

Evaluar el comportamiento del polietileno como complemento en la granulometría para subbase granular.

1.2. Objetivos específicos.

Evaluar el comportamiento del material no biodegradable mezclado con materiales pétreos (polietileno y polipropileno granular y subbase granular), para identificar el porcentaje de mezcla óptima.

Evaluar el comportamiento a compactación (Proctor en frío).

Evaluar el valor de CBR (capacidad) tratamiento en calor, tratamiento en frío, al 20%,30% y 40%.

2. HIPÓTESIS

Mejorar la resistencia de soporte de la estructura de un pavimento a la par que se mitiga el impacto ambiental tanto en explotación de canteras como en la disminución de desechos al reutilizar y reciclar polímeros como el polipropileno y polietileno de alta densidad con un proceso de llevarlo inicialmente a un tamaño granular determinado y en condiciones ideales de proporción y de temperatura mezclarlo a una subbase o base granular para mejorar su resistencia a la fatiga y poder ser usado como compuesto adicional o material reemplazante en las estructuras de pavimentos flexibles o rígidos, como capa de rodadura en pavimentos de vías terciarias, en andenes o pisos de espacios públicos.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Para entender un poco el problema relacionado se describe a continuación las causas y efectos ocasionados.

LAS CAUSAS

- DEL PROBLEMA EN EL SUELO

- *Agentes externos naturales como precipitaciones y vientos.

- *Agentes externos mecánicos como las cargas por circulación de máquinas, de vehículos o personas.

- *Baja resistencia de la técnica empleada en vías de pavimento flexible estructurado (Afirmado).

LOS EFECTOS

- DE MATERIALES NO BIODEGRADABLES

- *Acumulación de basuras (desperdicios no degradables) en llenos sanitarios y botaderos en el mar.

- *Deterioro de la fauna y la flora por agentes patógenos.

- DEL PROBLEMA EN EL SUELO

- *Asentamientos en tramos del suelo por cargas.

- *Mantenimiento constante.

- *Incidentes por estado de la vía.

3.1. El problema en Colombia.

En Colombia existen empresas que desde hace varios años vienen trabajando en el manejo de materiales no degradables para evitar en cierta medida los efectos negativos del medio ambiente que ya se vienen observando como lo es el cambio climático en especial, desde julio de 2010 una joven organización llamada Verde Natural; estableció como su meta “curar” algunas de las heridas ambientales mediante el aprovechamiento de los residuos no asumidos por el mercado del reciclaje como es el caso de los materiales no biodegradables.

“Pues uno de los ascendentes inconvenientes actualmente, y que produce grandes cantidades de contaminación, es que los rellenos sanitarios reciben monumentales cantidades de residuos, las cuales, antes de lo esperado, rebosan sus capacidades y reducen drásticamente sus vidas útiles. Por esta razón si se logra disminuir los altos volúmenes de materiales no biodegradables como el PET, PP que reciben los vertederos, habrá más espacio para otros residuos y los niveles de contaminación a causa de las basuras empezarán a disminuir. Entonces con el tiempo y el arduo trabajo quizás será una problemática ambiental que bajara en gran medida y también generara menor preocupación”³.

³ CONCEJO COLOMBIANO DE SEGURIDAD. Informe de emergencias anual 2014. Disponible en: http://ccs.org.co/salaprensa/index.php?option=com_content&view=article&id=553:ambiental&catid=313:boletines-junio-2015&Itemid=849

4. JUSTIFICACIÓN

Los materiales no biodegradables son de gran preocupación en el mundo actual porque se encuentran en gran medida contaminando debido a diferentes agentes que destruyen el ambiente. Entre ellos se encuentran los materiales no amigables con el ambiente porque son de difícil degradación afectan fauna, flora y no pueden ser degradables por sí mismos.

De acuerdo a esta preocupante situación es importante buscar diferentes alternativas para darle una solución definitiva a la reutilización de los materiales no degradables y así disminuir la emisión de agentes sólidos contaminantes. Además que los materiales sean reutilizados de una manera productiva; de acuerdo a esto se pretende realizar diferentes pruebas que permitan encontrar un uso de los agentes no degradables para mejorar las propiedades de los suelos.

Con este proyecto se desea demostrar que los materiales no degradables se prestan para observar el comportamiento de estos en nuevas mezclas al ser adicionados al suelo, con estos materiales no biodegradables se pretende el mejoramiento del suelo ya sea para que soporte mayores cargas y de forma más eficiente y se pueda emplear en la vida cotidiana, con dichos materiales se pretende hacer un suelo más firme y mejorar el comportamiento en las construcciones futuras.

“La estabilización de suelos también se puede decir que consiste en la mezcla de suelo con aditivos para mejorar sus características. Los conglomerantes o aditivos más usuales son la cal y el cemento, aunque pueden utilizarse otros (emulsiones o betún, cenizas volantes, escorias, etc.) específicamente se estabilizan suelos para obras de vías, obras complementarias de vías y para construcción de edificaciones y vivienda. Pese a ser una técnica empleada desde hace más de 3.000 años, en las últimas décadas han aparecido máquinas de alto rendimiento que permiten ejecutar estabilizaciones con un precio muy competitivo, haciendo viable el empleo de un gran número de materiales que hasta hace bien poco se enviaban a vertedero”.⁴

⁴ LÓPEZ Miguel, Distribución del conglomerante en obras de estabilización o reciclado: vía seca y vía húmeda, Madrid España, 2013.

5. ANTECEDENTES

Luego de diversas búsquedas de métodos y sistemas de compactación o estabilización de suelos con materiales no biodegradables se nota varios materiales contaminantes y son utilizados para ensayos de asentamiento, resistencia y procesos como es del caucho de las llantas recicladas y trituradas en diferentes granulometrías que posteriormente es adicionado a la mezcla asfáltica adquirida a partir de materiales de cantera e hidrocarburos este proceso es conocido a nivel comercial como mezcla bituminosa y es utilizada en su mayor parte en la construcción de pavimentos flexibles.

“Las autoridades encargadas de salvaguardar el medio ambiente son las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR). En nuestro departamento específicamente es la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER), la cual está dedicada a la protección y manejo responsable en Risaralda así como de otorgar a los ciudadanos mecanismos de manejo y disposición final de residuos sólidos no degradables que es el problema más preocupante en este sentido”.⁵

5.1. Estabilización Con Cemento – Mejoramiento Del Terreno.

En la publicación técnica que se menciona en el libro mecánica de materiales para pavimentos se describe como el cemento se usa para estabilizar suelos arenosos y arcillosos. Como en el caso de la cal, el cemento ayuda a disminuir el límite líquido y a incrementar el índice plástico y la manejabilidad de los suelos arcillosos. Para suelos arcillosos, la estabilización con cemento es efectiva cuando el límite líquido es menor que 45-50 y el índice plástico es menor que aproximadamente 25, el cemento requerido por volumen para la estabilización es efectiva en varios suelos.⁶

⁵ MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES Bogotá D.C., Colombia. (En línea) http://file:///C:/Users/Jonathan%20Lucki/Downloads/MANUAL_BUENAS_PRACTICAS_AMBIENTALES__VERSIN2.pdf. (Citado Marzo de 2011).

⁶ MECÁNICA DE MATERIALES PARA PAVIMENTOS. Publicación Técnica No 197 México. (2002) (En Línea) <http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt197.pdf>.

5.2. La Modificación De Los Suelos Arcillosos Con Cal.

Los autores Lambe y Whitman⁷ mencionan en su libro que en la mezcla de la cal con un suelo arcilloso se producen dos tipos de reacción que se pueden agrupar según sus manifestaciones en una modificación “inmediata” de la granulometría, una mejora de las características resistentes del suelo a medio y largo plazo, esto producido por una reacción puzolánica de cementación y carbonatación.

Finalmente, la gran diferencia es la necesidad de cal precisa para alcanzar los efectos. En la mayoría de los casos la frontera o delimitación a partir de la cual se inicia en la segunda manifestación de mecanismos es en la cantidad de cal.

5.3. Comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados.

En esta investigación Martínez y Mendoza⁸, presentaron el desempeño de concretos fabricados con agregados reciclados obtenidos a partir de cilindros de concreto premezclado y diferentes consumos de cemento. Los resultados experimentales mostraron que el comportamiento del concreto con agregados reciclados es similar al del concreto con agregados naturales, lo que sugiere que puede ser utilizado como un concreto clase dos, de acuerdo con el Reglamento de Construcción del Distrito Federal.

En las conclusiones se rebeló que el agregado reciclado con granulometría adecuada produce mezclas de buena calidad por lo que se manifiesta que los concretos reciclados pueden ser utilizados como concretos clase dos, lo que lo convierte en un concreto con una cantidad de aplicaciones nada despreciables.

5.4. Estudio comparativo de los áridos reciclados de hormigón y mixtos como material para sub-bases de carreteras.

En este trabajo Jiménez⁹ y otros evaluaron siete tipos diferentes de áridos reciclados de residuos de construcción y demolición (CDW) entre los que se destacaron materiales granulares para la construcción de sub-bases de carreteras no unidas. Los resultados mostraron que los agregados de hormigón reciclado

⁷ T.W. Lambe, R.V. Whitman. Mecánica de suelos. Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA) Segunda Edición Madrid, España. 1997

⁸ MARTÍNEZ-Soto I.E.; MENDOZA-Escobedo C.J. Ing. Invest y tecnol: comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados. México: Julio 2006.

⁹ JIMÉNEZ J.R.; AGRELA F.; AYUSO J.; LÓPEZ M. Estudio comparativo de los áridos reciclados de hormigón y mixtos como material para sub-bases de carreteras.. Madrid: 2011.

cumplían con todas las especificaciones para el uso en la construcción de capas estructurales no unidas para las categorías de tráfico T3 y T4 según la Especificación Técnica Algunos agregados mezclados reciclados no cumplieron con algunas especificaciones debido a un alto contenido de compuestos de azufre y una pobre resistencia a la fragmentación.

5.5. Aplicación de los residuos de hormigón en materiales de construcción.

El objetivo principal del estudio de Valdés, Reyes y Gonzales¹⁰ fue determinar la viabilidad del uso de áridos reciclados de residuos de hormigón en la fabricación de hormigón y bloques de hormigón en Chile. La investigación se realizó en tres etapas: la primera consistió en el proceso de recuperación de los residuos de hormigón y su caracterización física. La segunda, en el diseño de la mezcla de hormigón y sus propiedades mecánicas y la tercera, en el análisis y viabilidad del uso del material de residuo en la fabricación del nuevo material según especificaciones técnicas chilenas. Entre los resultados se estableció que la resistencia y densidad promedio del hormigón con áridos reciclados es muy similar al hormigón con áridos naturales, y que cumple los requerimientos de la norma. Sin embargo, en el caso de los bloques de hormigón, su resistencia disminuye aproximadamente un 13% y su contenido de finos y absorción es levemente menor a la estipulada en la norma (1.03%) cuando se trata de hormigón. Se resalta que aunque existe una disminución en su resistencia, es viable el uso del árido reciclado en la fabricación de bloques de hormigón.

5.6. Desempeño de estabilizadores de suelos no convencionales en la estabilización de materiales substancias para subgrado y subbase de carretera.

Mesele¹¹ sustenta que como en la construcción se requieren materiales de alta calidad y que cumplan con los estándares ya establecidos, por tal razón en esta investigación se utilizaron dos estabilizadores no convencionales para investigar su efecto sobre las propiedades de ingeniería de suelos que se consideran

¹⁰ VALDÉS Vidal Gonzalo.; REYES Ortiz Oscar Javier.; GONZALES Peñuela, Giovanni. Aplicación de los residuos de hormigón en materiales de construcción. Colombia: Junio 2011.

¹¹ MESELE Haile. Desempeño de estabilizadores de suelos no convencionales en la estabilización de materiales substancias para subgrado y subbase de carretera. 6 Feb. 2013.

marginales para la subbase y la subred carretera. Los dos estabilizadores utilizados fueron: PURE CRETE y Anyway Natural Soil Stabilizer (ANSS). El estabilizador de suelo natural de ANSS reacciona con las partículas del suelo para crear capas que están interconectadas a través de una estructura inter-partícula compleja. Es una formulación concentrada no bacteriana que altera las propiedades de los materiales de la tierra, proporcionando uno de los métodos más rentables para estabilizar carreteras y sellar estanques y rellenos sanitarios. Se recomienda, basándose en los resultados de esta investigación, que la ANSS pueda ser considerada como una opción viable para la estabilización de suelos de subrasante después de realizar pruebas de durabilidad. En particular, ayudará a usar materiales marginales donde los materiales que cumplen con las especificaciones estándar están muy lejos.

5.7. Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase.

En el artículo según Edgar Rodríguez¹² y otros, que estudian el comportamiento en cuanto a resistencia de una subbase en estado natural adicionándole un producto como agente modificador el cual es desecho de PVC, lo consideran como un producto resistente por esta razón se desarrolló el proyecto y se determinó que el aditivo de desecho de PVC mejora el CBR de un material granular tipo subbase a partir del 1.8%, caso en el cual mantiene las propiedades originales.

Cuando se utilizaron porcentajes iguales o mayores al 3%, la resistencia aumentó y el peso unitario disminuyó.

La mezcla analizada de material granular y desecho de PVC, cumplió con los requerimientos de resistencia exigidos en pavimentos y proporciona una superficie de apoyo a la base granular o a la losa de concreto y aligera el peso que debe soportar la subrasante”.

¹² RODRÍGUEZ Rincon Edgar; RENDÓN Quintana Hugo Alexander; VÉLEZ Pinzon Diana Marcela; AGUIRRE Aguirre Leidy Carolina. Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase. Revista ingenierías universidad de Medellín. Medellín July/Dec. 2006.

5.8. Evaluación de la capacidad de soporte de subbases granulares tipo 3, con la adición de PVC reciclado a base de residuos de ropa industrial.

Morales¹³ encargado en la empresa ecuatoriana Jemel 2L produce ropa impermeable en PVC para diferentes sectores productivos, por tal motivo el interés de investigar si los residuos de PVC de ropa industrial que pueden ser útiles para mejorar las características mecánicas que los materiales granulares naturalmente no las puede obtener. Esta investigación tiene importancia tanto para la Facultad de Ingeniería como para la empresa Jemel 2L, ya que se logra aumentar las propiedades mecánicas de los materiales granulares al ofrecer mayor resistencia a la compresión.

5.9. Pavimentos con polímeros reciclados.

Ramírez¹⁴ sostiene que a raíz de la situación a la que se enfrentan la mayoría de países en cuanto al deterioro prolongado de la estructura empleada en las vías surge la idea de utilizar aditivos con polímeros reciclados como modificadores del asfalto, incentivando la conciencia de pensamiento verde utilizada actualmente en muchos países y buscando un mejor desempeño del pavimento. Gracias a investigaciones realizadas en varios países del mundo, entre ellos Brasil (América Latina) y Estados Unidos (América del norte), la incorporación de residuo de caucho (llanta) al asfalto ha sido reglamentado por las normas ASTM (American Society for Testing and Materials), siendo aprobado como un modificador del asfalto. En el presente trabajo se encontró la manera de adicionar este residuo a la matriz asfáltica proveniente del petróleo destilado y tratado en las refinerías de Ecopetrol (Colombia), obteniendo resultados favorables acordes con la norma internacional.

¹³ MORALES Díaz Edwin Rubén. Evaluación de la capacidad de soporte de subbases granulares tipo 3, con la adición de PVC reciclado a base de residuos de ropa industrial. Pontificia Universidad Católica Del Ecuador. Ecuador. 2016.

¹⁴ RAMÍREZ Jiménez Lina Marcela. Pavimentos Con Polímeros Reciclados. Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Civil. Escuela De Ingeniería De Antioquia. Medellín. 2011.

5.10. Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos.

En esta investigación Pérez¹⁵, estudia el efecto que produce la adición de cenizas volantes de carbón en un suelo arcilloso, con el fin de evaluar en sus obras de pavimentación. Se realizaron ensayos de laboratorio para caracterizar la ceniza volante, las mezclas suelo-ceniza volante y suelo – ceniza volante – cemento para evaluar su comportamiento geotécnico. Se comprueba que la mezcla de ceniza volante con el suelo arcilloso en estudio, como también la adición de cemento, presenta un mejor comportamiento que el suelo puro para su empleo como capa de sub-base y sub-rasante mejorada de pavimentos. Se examinó factores como; tiempo de curado, tiempo de compactación, contenido de agua y otros factores que influyen en el comportamiento de la mezcla final. La investigación concluye que existe viabilidad técnica y económica para la construcción de pavimentos empleando cenizas volantes de carbón como material estabilizador de suelos.

5.11. Variación de la resistencia de una subbase granular debido a la variación del contenido de finos plásticos en granulometrías controladas.

En esta investigación Vega¹⁶ intenta determinar cómo la influencia del contenido de finos plásticos puede afectar la deformabilidad de la estructura de pavimento y por lo tanto convertirse en un factor a tomar en cuenta en las capas de base y subbase. En este trabajo se cuantifican variaciones en la resistencia de un material de subbase con la finalidad de proponer un rango de contenido de partículas finas potencialmente utilizable en el diseño de un pavimento.

Aquí la determinación de la resistencia se llevó a cabo mediante ensayos de laboratorio de Razón de Soporte de California (CBR) y Módulo Resiliente; comparando subbases con distintas granulometrías según su tipo finos (plásticos o no plásticos) y contenido de finos (4% - 12%). Para las subbases con finos plásticos se evaluó la efectividad de la cal como aditivo estabilizador.

¹⁵ PÉREZ Collantes Roció del Carmen. Estabilización De Suelos Arcillosos Con Cenizas De Carbón Para Su Uso Como Subrasante Mejorada Y/O Sub Base De Pavimentos. Tesis Para Optar El Grado De Maestro En Ciencias Con Mención En Ingeniería Geotécnica. Universidad Nacional De Ingeniería Facultad De Ingeniería Civil Sección De Posgrado. Lima-Perú. 2012.

¹⁶ VEGA Quiroz Mónica. Variación de la resistencia de una subbase granular debido a la variación del contenido de finos plásticos en granulometrías controladas. Universidad de Costa Rica. San José – Costa Rica. 2013.

Los resultados obtenidos mostraron que cuando se sustituyen los finos plásticos por finos no plásticos se obtienen aumentos en la resistencia de la subbase. Además, se observó que cuando el contenido de finos plásticos de la subbase es alto, el mejoramiento con cal tiene un efecto positivo en el incremento de la resistencia del material.

5.12. Análisis del mejoramiento de un suelo de subrasante con un aditivo orgánico.

Lozano¹⁷ aporta que éste trabajo se realizó con el propósito de evaluar el material orgánico a base de la melaza de caña como estabilizante alternativo para la red terciaria; en la actualidad con el desarrollo de nuevas tecnologías y productos amigables con el medio ambiente como es este producto a base de materiales orgánico que es una formulación líquida natural no tóxica de enzimas que mejora las propiedades de los suelos y que se puede conseguir en una gran cantidad este material para su disposición y fabricación.

En las conclusiones el material aglutinante utilizado para la estabilización cumplió satisfactoriamente con lo exigido, la densidad aumentó y se obtuvo una humedad óptima, el análisis inalterado de CBR a dos penetraciones antes de la inmersión mejoró sustancialmente la resistencia del suelo.

5.13. Mezclas asfálticas recicladas y su uso en capas granulares para pavimentos.

Guio¹⁸ argumenta que con la elaboración de este estudio se pretendió mejorar las especificaciones técnicas y controles de calidad con base en la necesidad de reutilizar materiales sobrantes producto de la rehabilitación y reconstrucción de vías (concreto asfáltico), el cual fue adquirido por rompimiento (Martillo Neumático) y así se utilizó como material de adición para transformar capas granulares tales como Base y Sub Base. La investigación se realizó con asfalto reciclado proveniente de tres puntos diferentes de la ciudad de Tunja (Boyacá), los cuales

¹⁷ LOZANO Bocanegra E., RUIZ Ramos, J. M. & PÉREZ Alfonso J. C. Análisis del mejoramiento de un suelo de subrasante con un aditivo orgánico. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Bogotá. 2015.

¹⁸ GUIO Vargas Edgar Iván; SÁNCHEZ Abril Héctor Mauricio. Mezclas asfálticas recicladas y su uso en capas granulares para pavimentos. Universidad Santo Tomas. Facultad de Ingeniería. Colombia.

presentaron diferentes contenidos de asfalto y variación en los tamaños de sus partículas, todo esto se evidenció gracias a los laboratorios que determinaron su distribución y propiedades físicas. Después de la etapa de clasificación de los materiales se verificó el comportamiento del material natural y mezclado en varias proporciones con ensayos de Proctor y CBR, estas adiciones (asfalto reciclado + base granular) y (asfalto reciclado + sub base granular) generaron una disminución de capacidad de soporte en determinadas condiciones de compactación. Siendo así se determinó que las mezclas hechas con Sub Base granular cumplen los parámetros exigidos por INVIAS (artículo 300-07 tabla 300.1 requisitos de los agregados para afirmados, sub bases granulares y bases granulares), mientras que las mezclas con Base granular no cumplen.

5.14. Desarrollo de una mezcla asfáltica utilizando residuos plásticos.

Metaute¹⁹ dice que en el presente trabajo se estudió el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con la incorporación de polímeros de origen informático (carcasas de pantallas y material de diskettes en forma de agregados sólidos particulados). Se investigó el efecto del tamaño de partícula del polímero (fino, grueso -respecto a malla 8-), porcentaje de polímero (6 %, 13 %, 20 %) y porcentaje de material asfáltico (4.3 %, 4.9 %, 5.5 %) respecto a la mezcla total, elaborándose trece formulaciones de mezcla asfáltica modificada, cuyos resultados de estabilidad y flujo se utilizaron como criterio de evaluación y escogencia de formulaciones. Los resultados muestran que a menor tamaño de partícula el polímero se incorpora mejor a la mezcla; la adición de polímero aumenta el flujo, teniendo que disminuirse la cantidad del mismo para cumplir con el valor máximo reportado en la norma colombiana.

Los resultados de las pruebas indican que la muestra elaborada con plástico de carcasas (ABS) tiene el desempeño dinámico más satisfactorio entre las tres muestras evaluadas, para las condiciones de carga más exigentes aplicadas en los tres ensayos. Esta investigación constituye la primera etapa en el desarrollo de mezclas asfálticas modificadas con residuos electrónicos.

¹⁹ METAUTE Heredia Diana Milena; CASAS Orozco Daniel Mauricio. Desarrollo de una mezcla asfáltica utilizando residuos plásticos. Trabajo de Grado. Universidad Eafit. Escuela De Ingenierías. Medellín. 2009.

5.15. Efecto de las fibras de plástico en la flexión de estructuras de pavimento drenable.

Según Reyes y Torres²⁰ a lo largo del estudio se busca principalmente diseñar un pavimento rígido con una estructura permeable con adiciones de tiras de plástico, basándose en diferentes investigaciones relacionadas en el tema, las cuales se han desarrollado en varios países y apoyándose en las diferentes pruebas de laboratorio que se efectúan durante el estudio, tales como son la compresión simple, la flexión, la tracción indirecta y el módulo de elasticidad. Con el fin de encontrar el diseño deseado lo primero que se hizo fue adecuar cuatro diseños de mezcla a un posible diseño permeable. Por lo tanto a cada uno de los diseños se les efectuó dos pruebas principalmente, la de compresión simple y la de permeabilidad, y a partir de los resultados obtenidos se seleccionó el de mejor comportamiento. De los diferentes resultados que se obtuvieron en los ensayos efectuados a los cuatro diseños preliminares se pudo determinar que para que un pavimento rígido se comporte como un pavimento permeable debe contar con una relación agua/cemento de 0.30 a 0.35, con unos agregados gruesos sin variaciones notorias en su tamaño, con un porcentaje de finos menor o igual al 15% del peso total de la mezcla, ya que se obtiene un incremento con respecto a los resultados obtenidos en el diseño óptimo sin adición del 3.4% en la compresión, del 37.80 % en la flexión, del 1.00% en la tracción indirecta y del 13.70% en el módulo de elasticidad.

5.16. Experimento al aire libre de planchas de grafito-PET flexibles emparedadas basadas en pavimento auto-nieve-descongelado.

Se ha desarrollado con éxito un nuevo sistema de fusión de nieve en el pavimento basado en GPS, con experimentos de fusión de nieve que se llevan a cabo en un sitio al aire libre y la viabilidad, la eficiencia de tiempo / energía y el coste económico se evaluaron sistemáticamente.

Shang²¹ y otros sostienen que en esta investigación, se desarrollaron láminas de grafito-PET (GPS) de capa fina, con capa de grafito de 10 μm de espesor, como elemento auto calentador y revelan una resistencia eléctrica deseable y una

²⁰ REYES Fredy; TORRES Andrés. Efecto de las fibras de plástico en la flexión de estructuras de pavimento drenable. Pontifica Universidad Católica De Chile. Escuela de ingeniería. Chile. 2002.

²¹ ZHANG Qiangqiang; YU Yikang; CHEN Weizhe; CHEN Tao; ZHOU Yanchao. Ciencia y Tecnología de las regiones frías, (Experimento al aire libre de planchas de grafito-PET flexibles emparedadas basadas en pavimento auto-nieve-descongelado). China febrero de 2016.

excelente flexibilidad mecánica. Utilizando estas prometedoras propiedades, se propone un sistema de pavimento auto-nieve-descongelación basado en GPS, con los GPS adoptados como un elemento de electro-calentamiento de alto rendimiento. Los experimentos de descongelación de nieve se llevan a cabo en el sitio exterior bajo los impactos de los multiparámetros (temperatura ambiente, velocidad del viento, densidad y grosor de la nieve y potencia de entrada). Las distribuciones de temperatura del pavimento, viabilidad, tiempo / eficiencia energética y costo económico se evalúan sistemáticamente mediante experimentos de descongelación de nieve. Con ventajas de viabilidad deseable, alta eficiencia, estabilidad a largo plazo, bajo costo económico y protección del medio ambiente.

5.17. Un enfoque para el uso de residuos de polietileno tereftalato (PET) como material de pavimento de la carretera.

Gürü²² y otros dicen que en esta investigación se obtuvieron dos nuevos materiales aditivos procedentes de residuos de botellas de PET: TLPP y VPP los cuales se utilizaron para modificar el asfalto base por separado. Estos aditivos mejoraron tanto el rendimiento del asfalto como de la mezcla de asfalto, los TLPP, VPP ofrecen una manera beneficiosa de eliminar residuos de PET ecológicamente peligrosos.

Este estudio investiga un área de aplicación para residuos de botellas de PET que se ha convertido en un problema ambiental en las últimas décadas como una parte considerable del volumen total de residuos plásticos. Dos nuevos materiales aditivos, a saber, el poliol PET líquido (TLPP) y el poliol PET (VPP) viscoso, se derivaron químicamente de botellas PET de desecho y se usaron para modificar el asfalto base por separado para este fin. Los efectos de TLPP y VPP sobre las propiedades de la mezcla de asfalto y mezcla de asfalto en caliente (HMA) se detectaron a través de pruebas convencionales y métodos Superpave (Penetración, Punto de Ablandamiento, Ductilidad, Marshall Estabilidad, Nicholson Desprendimiento), Reómetro de haz de flexión (BBR). Dado que TLPP y VPP se determinaron para mejorar el rendimiento a baja temperatura y la resistencia a la fatiga del asfalto, así como la estabilidad Marshall y la resistencia al desprendimiento de las mezclas HMA basándose en los resultados de las pruebas aplicadas, el uso de residuos de PET como pavimento de asfalto el material ofrece

²² GÜRÜ Metin; ÇUBUK M. Kürşat; ARSLAN Deniz; Farzanian Ali; BILICI İbrahim. Diario de materiales peligrosos, (Un enfoque para el uso de residuos de polietileno tereftalato (PET) como material de pavimento de la carretera).Turquía, Agosto de 2014.

una alternativa y una forma beneficiosa de eliminación de este material ecológicamente peligroso.”

5.18. Pavimento Verde utilizando Tereftalato de Polietileno Reciclado (PET) como Reemplazo de Agregado Fino Parcial en Asfalto Modificado.

Wan²³ y otros comentan que el objetivo de esta investigación es determinar la calidad óptima y el uso del efecto del PET reciclado como sustitución de agregado fino parcial en la mezcla de asfalto modificada determinando el comportamiento de deformación y rigidez permanente. Las mezclas de asfalto modificadas se produjeron a partir de concentrado de contenido de láminas de PET reciclado entre el 5 y el 25% del peso de la mezcla de asfalto con un tamaño de tamiz de 2,36 mm a 1,18 mm y un 5% ACW14) en la especificación estándar del trabajo de camino en Malasia. Las muestras se sometieron a carga de ensayo axial de carga repetida (RLAT) durante 1800 ciclos y carga axial aplicada a 100 kN para determinar la deformación permanente de la mezcla de asfalto modificada. Se utilizó el Ensayo de Módulo de Rigidez de Tensión (ITSM) indirecto para evaluar la muestra de asfalto modificada por rigidez a 25°C. El resultado obtenido de las pruebas de laboratorio revela que la deformación permanente máxima de la mezcla de asfalto modificada alcanza un 20% de sustitución con PET reciclado. Sin embargo, la rigidez de las mezclas de asfalto modificadas con PET tiende a disminuir comparada con la mezcla de asfalto no modificada. El hallazgo indica que el PET tiene la capacidad de mejorar las propiedades de deformación permanente de la mezcla de asfalto. En los aspectos ambientales y económicos, la mezcla de asfalto modificado con PET se considera adecuada para ser utilizada en pavimentos de carreteras.

²³ WAN Abdul Rahman, Wan Mohd Nazmi: ABDUL Wahab Achmad Fauzi. Ingeniería de Procedimientos, (Pavimento Verde utilizando Tereftalato de Polietileno Reciclado (PET) como Reemplazo de Agregado Fino Parcial en Asfalto Modificado). Kuantan, Pahang. 2013.

6. MARCO TEÓRICO

La resistencia del suelo es de gran importancia en un estudio geotécnico, por ello, la capacidad mecánica del subsuelo se analiza en forma empírica o por formulación analítica.

Este es un descriptor del terreno que siempre debe ser determinado y/o justificado por medio de ensayos e investigaciones a través de diferentes estudios geotécnicos.

“La resistencia del subsuelo frente al fenómeno de hundimiento contempla el análisis de la generación de superficies de rotura cuando la componente vertical de la tensión media entre cimiento y terreno, es mayor a un valor crítico llamado carga de hundimiento. En líneas generales se trata del establecimiento de las condiciones límites de equilibrio entre las fuerzas exteriores aplicadas y la resistencia ejercida por el terreno frente a ellas.

El valor de la carga de hundimiento (y el de la estabilidad frente al deslizamiento en excavaciones) además, depende de los parámetros resistentes del terreno, tipo de carga, y del tipo, geometría de la cimentación, disposición o vaciado proyectado”.²⁴

6.1. Polipropileno.

“El Polipropileno es un termoplástico que es obtenido por la polimerización del propileno, subproducto gaseoso de la refinación del petróleo. Todo esto desarrollado en presencia de un catalizador, bajo un cuidadoso control de temperatura y presión. El Polipropileno se puede clasificar en tres tipos (homopolímero, copolímerorándom y copolímero de alto impacto), los cuales pueden ser modificados y adaptados para determinados usos.

²⁴ T.W. Lambe, R.V. Whitman. Mecánica de suelos, (La formación de suelos. Estabilización bituminosa. Estabilización del suelo con cemento portland.). Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA) Segunda Edición Madrid, España. 1997.

Características:

- Optima relación Costo / Beneficio.
- Versatilidad: compatible con la mayoría de las técnicas de procesamiento existentes y usado en diferentes aplicaciones comerciales.
- Buena procesabilidad: es el material plástico de menor peso específico (0,9 g/cm³), lo que implica que se requiere de una menor cantidad para la obtención de un producto terminado.
- Barrera al vapor de agua: evita el traspaso de humedad, lo cual puede ser utilizado para la protección de diversos alimentos.
- Buenas propiedades organolépticas, químicas, de resistencia y transparencia”.²⁵

6.2. Polietileno.

“El polietileno de alta densidad es un polímero de adición, conformado por unidades repetitivas de etileno. En el proceso de polimerización, se emplean catalizadores tipo Ziegler-Natta, y el Etileno es polimerizado a bajas presiones, mediante radicales libres.

Características:

- Excelente resistencia térmica y química.
- Muy buena resistencia al impacto.
- Es sólido, incoloro, translúcido, casi opaco.
- Muy buena procesabilidad, es decir, se puede procesar por los métodos de conformados empleados para los termoplásticos, como inyección y extrusión.
- Es flexible, aún a bajas temperaturas.
- Es tenaz.
- Es más rígido que el polietileno de baja densidad.
- Presenta dificultades para imprimir, pintar o pegar sobre él.
- Es muy ligero.
- Su densidad se encuentra en el entorno de 0.940 - 0.970 g/cm³.
- No es atacado por los ácidos, se considera una resistencia máxima de 60°C de trabajo para los líquidos, pues a mayor temperatura la vida útil se

²⁵ CORNISH Álvarez, María Laura. Universidad Iberoamericana. Departamento de diseño industrial. Libro el ABC de los Plásticos. Noviembre de 1997.

reduce. otros termoplásticos ofrecen mejor resistencia a mayores temperaturas.

- Es mucho mejor el Reciclaje Mecánico y Térmico”.²⁶

6.3. Subsuelo.

“El subsuelo es la capa sólida que se encuentra bajo la capa superficial del suelo. Al igual es el recurso indispensable para el proceso constructivo ya que es el soporte principal.

De acuerdo a esto se pueden explorar los conocimientos generales para el estudio e investigación de un producto no degradable para el mejoramiento del comportamiento y resistencia del suelo para construcción de obras como edificaciones, vías terciarias, vías principales. Con la investigación de laboratorio se pretende estar seguros que la base de una vía o de una vivienda se fundará en un suelo de buena resistencia, o sea, la carga admisible es la adecuada para la magnitud del peso que deberá soportar, además, asegurar que en el transcurso de los años la resistencia del suelo no tendrá cambios que puedan repercutir en la vía, edificación o vivienda.

6.3.1. Características del subsuelo.

El subsuelo se diferencia por sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Propiedades físicas-textura: determinada por la proporción de partículas minerales de diverso tamaño presentes en el suelo.

Estructura: es la forma en que las partículas se juntan para formar agregados.

Densidad: se refiere a la cantidad de masa por unidad de volumen del suelo.

Temperatura: esta influye en la distribución de la vegetación.

Color: esto depende de sus componentes y varía con la cantidad de humedad.

6.3.2. Son propiedades químicas importantes:

El PH: indica la acidez, la neutralidad o alcalinidad del suelo.

Nivel de la capa freática, comportamiento y variación.

Componentes minerales del subsuelo”.²⁷

²⁶ CORNISH Alvares María Laura. Universidad Iberoamericana. Departamento de diseño industrial. Libro el ABC de los Plásticos. Noviembre de 1997.

²⁷*POZO Rodríguez, Manuel. Geología Práctica: Introducción al reconocimiento de materiales y análisis de mapas. Pearson Educación. 2007.

6.4. Estabilización De Suelos.

“La estabilización de suelos se fundamenta en adicionar un producto químico o aplicar un tratamiento físico alcanzando así que se modifiquen las características de los suelos.

Se dice que es la corrección de una deficiencia en las propiedades del suelo que causan poca resistencia al mismo; lo cual no permite darle el mejor uso al suelo y por medio de la estabilización se busca darle una mayor resistencia al terreno o bien, disminuir su plasticidad. Las tres formas más comunes de lograrlo son las siguientes:

Las tres formas de lograrlo son:

FÍSICA
QUÍMICA
MECÁNICA

6.4.1. Otros Procesos Químicos para la Estabilización de Suelos.

Cloruro de sodio y cloruro de calcio: Para arcillas y limos (impermeabilizan y disminuyen los polvos).

Escorias de fundición: Comúnmente en carpetas asfálticas, dan mayor resistencia, impermeabilizan y prolongan la vida útil.

Polímeros: Comúnmente en carpetas asfálticas, dan mayor resistencia, impermeabilizan y prolongan la vida útil.

Hule de neumáticos: Comúnmente en carpetas asfálticas, dan mayor resistencia, impermeabilizan y prolongan la vida útil.

MECÁNICAS. Compactación: Regularmente se hace en la sub-base, base y en carpetas asfálticas”.²⁸

*Margalef, (1992). Planeta Azul, Planeta Verde. Prensa científica. Barcelona, España.: <http://www.unioviado.es/chely/CHELY/docencia/Lecciones/Suelos.%20Lec%206.pdf>. Septiembre 28 de 2014.

²⁸ ELECCIÓN Y DOSIFICACIÓN DEL CONGLOMERANTE EN ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.. Instituto tecnológico de Sonora. Obregón, Sonora (2011) Disponible en: http://biblioteca.itson.mx/dac_new/tesis/317_nunez_dagoberto.pdf

6.4.2. Clases de estabilización más usada.

“Compactación, geotextil, drenaje y estabilización granulométrica con cal, cemento y asfalto antes mencionadas.

Geotextil: Se emplean como elementos de distribución de cargas en los pavimentos. En los taludes y en los cortes, ayudan a proteger de la erosión.

Hay tres tipos: Material entrelazado perpendicularmente, materiales de tela unida mediante un tejido de punto y material no tejidos.

Procedimiento constructivo utilizando geotextil: La capa inferior a la colocación del geotextil deberá estar totalmente terminada, en suelos muy blandos se puede cortar la vegetación al ras y se deberán rellenar las depresiones, se deberá estirar el geotextil para que no haya arrugas, dándole el traslape adecuado”.²⁹

6.4.3. Optima Estabilización Con Máxima Carga Vertical.

“Los asentamientos producidos de esta forma son generalmente irregulares, pero se consigue una óptima densidad del lecho de balasto. Este método se emplea al estabilizar el lecho de balasto por capas para estabilizar óptimamente la piedra suelta después de un desguarne cimiento en una renovación o en un tendido nuevo de vía.

6.4.4. Tecnología de asentamiento controlado a través del comando de la carga vertical.

Se selecciona previamente un valor de asentamiento y por medio de un sistema de nivelación se controla la presión en los cilindros de la carga vertical. Esta tecnología se emplea después del último bateo, como tratamiento final antes de la puesta en servicio de la vía. (Los sistemas de comando y de medición montados en la última generación de estabilizadores dinámicos mejoran aún más la geometría de la vía, e incluso eliminan eventuales errores restantes).³⁰

6.5. Materiales.

6.5.1. Agregados y suelos.

²⁹ T.W. Lambe, R.V. Whitman. Mecánica de suelos, (La formación de suelos. Estabilización bituminosa. Estabilización del suelo con cemento portland.). Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA) Segunda Edición. Madrid, España 1997.

³⁰ ASENTAMIENTOS Y ESFUERZOS VERTICALES EN SUELOS QUE SOPORTAN CARGAS VERTICALES DE DISTRIBUCIÓN ARBITRARIA. *Ingeniero Consultor, Calle 83 #45-29, Medellín-Colombia. *Profesor Generación 125-Años, Facultad de Minas, Universidad Nacional, Medellín-Colombia.

“Los materiales por estabilizar podrán ser agregados pétreos o suelos naturales, cuyas características básicas se indican a continuación. Los agregados pétreos podrán ser utilizados en la construcción de bases estabilizadas para todo tipo de tránsito, en tanto que los suelos sólo se podrán emplear en la construcción de bases estabilizadas en proyectos con nivel de tránsito NT1.

6.5.2. Agregados pétreos.

Los agregados susceptibles de estabilizar con emulsión asfáltica podrán provenir de la trituración de piedra de cantera o de grava, de fuentes de grava natural o estar constituidos por una mezcla de ambos. Independientemente de su procedencia, los agregados deberán encontrarse exentos de materia orgánica, terrones de arcilla o cualquier otra sustancia que pueda resultar ambientalmente nociva o inconveniente para el buen comportamiento de la capa estabilizada. El agregado pétreo por estabilizar deberá presentar una gradación que se ajuste a alguna de las franjas señaladas en la Tabla 1. La gradación por emplear se indicará en los documentos técnicos del proyecto”.³¹.

Tabla 1: Gradaciones de agregados para construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA	
NORMAL	ALTERNO	BEE-1	BEE-2
37.5 mm	1 1/2"	100	-
25 mm	1	70-100	100
12.5 mm	1/2"	50-80	60-90
9.5 mm	3/8"	45-75	50-80
4.75 mm	No. 4	30-60	30-60
2.36 mm	No. 8	20-45	20-45
425 µm	No. 40	10-27	10-27
150 µm	No. 100	5-18	5-18
75 µm	No. 200	3-15	3-15

Fuente: Artículo 340-07 INVIAS.

³¹ ARTÍCULO 340 – 07 BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA.. INVIAS COLOMBIA 2007. Disponible en: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Especificaciones/Articulo340-07.pdf

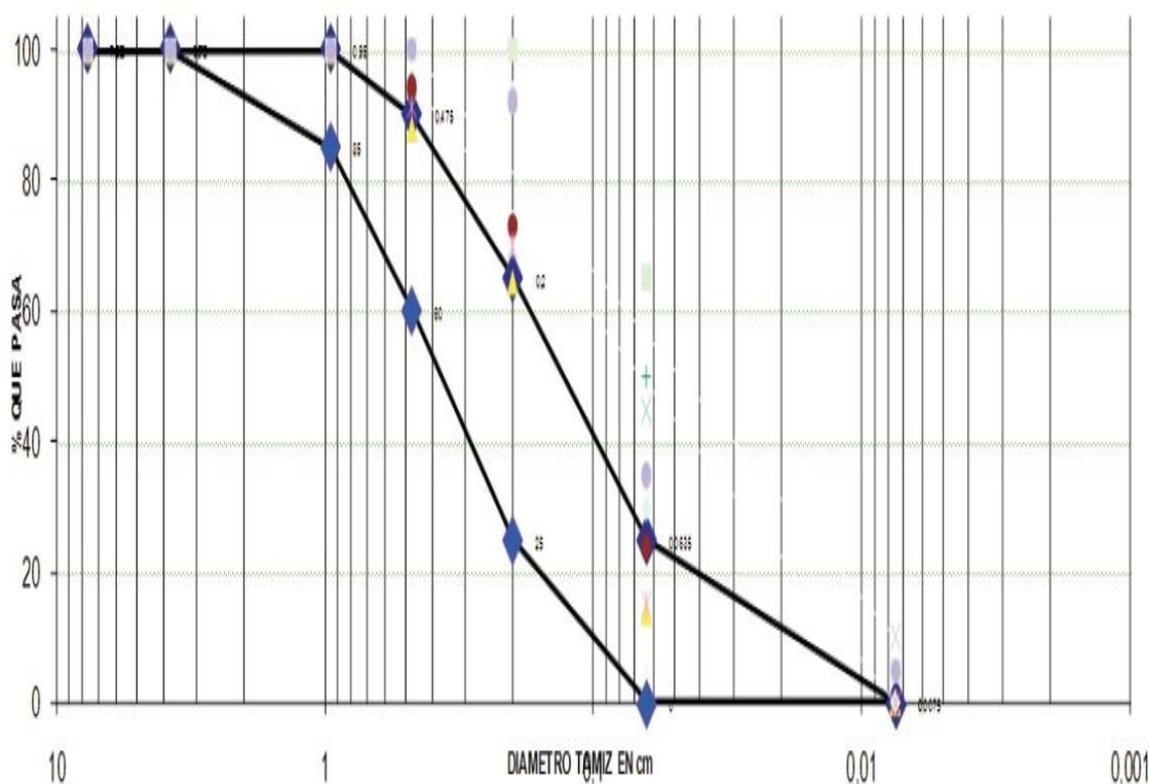
6.6. Subbase granular (INVIAS SBG-1/INVIAS SBG-2).

6.6.1. Descripción.

“De acuerdo con el artículo INVIAS 320-07 “se denomina subbase granular a la capa granular localizada entre la subrasante y la base granular en los pavimentos asfálticos o la que sirve de soporte a los pavimentos de concreto hidráulico, sin perjuicio de que los documentos del proyecto le señalen otra utilización”. En las especificaciones IDRD, además de los usos mencionados se usa como material de soporte de sardineles y bordillos y de otros elementos que no estarán sometidos a tráfico vehicular, tales como escaleras; también se utiliza como capa subyacente a la capa de base granular en pavimentos con adoquines.

Los materiales que se utilicen como subbase granular deben cumplir con las granulometrías de la Grafica 1.

Grafica 1: Límites granulométricos para subbase granular.



Fuente:(INVIAS SBG-1/INVIAS SBG-2).

Si los materiales utilizados no cumplen con las granulometrías especificadas, se podrá corregir la granulometría mediante la Ayuda de Cálculo. La fracción que pasa el tamiz No. 40, (**Ver** Tabla 2) debe presentar un límite líquido menor o igual

que 40% y un índice de plasticidad menor o igual que 6%. En caso que el material de la cantera disponible no cumpla estos requisitos, será responsabilidad del Constructor, proponer los tratamientos especiales a que se debe someter el material para lograr el cumplimiento de los requisitos de plasticidad, como por ejemplo agregar cemento al material granular.

Tabla 2: Límites granulométricos para subbase granular.

PORCENTAJE ADMISIBLE					
TAMIZ			SUBBASE GRANULAR (INVIAS SBG-1 / INVIAS SBG-2)		
			OPCIONES		
N°	PULG	CM	MIN	MAX	PROM
3	3,0	7,62	100	100	100
2	2,0	5	100	100	100
1 1/2	1,5	3,75	70	95	82,5
1	1,0	2,5	60	90	75
1/2	0,500	1,27	45	75	60
3/8	0,375	0,95	40	70	55
4	0,250	0,48	25	55	40
10	0,100	0,2	15	40	27,5
40	0,025	0,06	6	25	15,5
200	0,005	0,01	2	15	8,5

Fuente:(INVIAS SBG-1 / INVIAS SBG-2).

Al tener claro que es la capa de material seleccionado que se coloca encima de la subrasante. Tiene como objeto:

1-Servir de capa de drenaje al pavimento.

2-Controlar, o eliminar en lo posible, los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiera tener el material de la subrasante.

3-Ayuda a prevenir la acumulación de agua libre dentro de la estructura del pavimento. En este caso se debe especificar material de libre drenaje y colectores para evacuar el agua".³²

³²SÁNCHEZ Sabogal, Fernando. Curso Básico de Diseño de Pavimentos: Modulo 7: Materiales Para Base Y Subbase. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá Colombia. 2009. Disponible en: http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%207.pdf.

6.7. Clasificación de materiales para bases y subbases.

A continuación, se presenta la Tabla 3 para la clasificación de materiales para bases y subbases.

Tabla 3: Clasificación de materiales para bases y sub-bases.

NO LIGADOS	GRANULARES (MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO)	° Compuestos principalmente por agregados petreos y finos naturales. ° Su resistencia a la deformacion esta determinada casi exclusivamente por el rozamiento interno de los agregados, aunque a veces existe una componente cohesional brindada por los finos plasticos del material.
LIGADOS	ESTABILIZACIONES CON ADITIVOS	° Modificación de un suelo o un agregado procesado, mediante la incorporación y mezcla de productos que generan cambios físicos y/o químicos del suelo aumentando su capacidad portante, haciendolo menos sensible a la acción del agua y eventualmente elevando su rigidez.
MARGINALES	NATURALES SUBPRODUCTOS INDUSTRIALES Y MATERIALES DE DESECHO	° Materiales que no cumplen las especificaciones corrientes para uso vial, pero que pueden ser usados con éxito, principalmente como resultado de una experiencia local satisfactoria y un costo reducido.

Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería.

6.8. Caracterización de los agregados.

- “Finalidad de la caracterización.

Los agregados para construcción de bases y subbases granulares y, en general, para cualquier capa de un pavimento deben ser caracterizados para:

Establecer su idoneidad

Obtener información útil para el diseño estructural del pavimento”.³³

6.8.1. Caracterización Para Establecer Su Idoneidad De Uso.

“La composición mineralógica de los agregados determina en buena medida sus características físicas y la manera de comportarse como materiales para una capa de pavimento. **Ver** Tabla 4.

³³ SÁNCHEZ Sabogal, Fernando. Curso Básico de Diseño de Pavimentos: Modulo 7: Clasificación De Los Materiales Para Base Y Subbase. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá Colombia. 2009. Disponible en: http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%207.pdf.

Por lo tanto, al seleccionar una fuente de materiales, el conocimiento del tipo de roca y, por lo tanto, de minerales que la componen brinda una excelente pista sobre la conveniencia de los agregados provenientes de ella”.³⁴

Tabla 4: Resumen de propiedades ingenieriles de las rocas (según cordón y beste).

TIPO DE ROCA	RESISTENCIA MECANICA	DURABILIDAD	ADHERENCIA CON ASFALTO	TEXTURA SUPERFICIAL	ESTABILIDAD QUIMICA
IGNEA					
Granito, diorita, sienita	Buena	Buena	Regular	Buena	Buena
Basalto, diabasa, gabro	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
SEDIMENTARIA					
Caliza, dolomita	Buena	Regular	Buena	Buena	Buena
Arenisca	Regular	Regular	Regular	Buena	Buena
Chert	Buena	Regular	Buena	Regular	Regular
Shale	Pobre	Pobre	Pobre	Buena	Buena
METAMORFICA					
Gneiss, esquisto	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
Cuarcita	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
Marmol	Regular	Buena	Buena	Buena	Buena
Anfibolita	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
Pizarra	Buena	Regular	Buena	Pobre	Buena

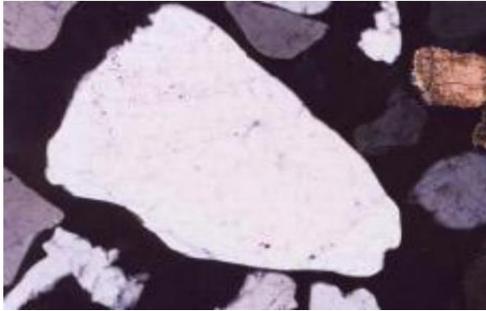
Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería.

“El examen petrográfico de las rocas en el microscopio, mediante secciones delgadas, es un método excelente para determinar el tamaño del grano, su textura y su estado de descomposición. **Ver Foto 1.**

El examen, realizado por un experto, permite calcular las proporciones de las especies mineralógicas de la roca y, en muchos casos, permite también dilucidar e inclusive resolver el problema planteado. **Ver Foto 2.**

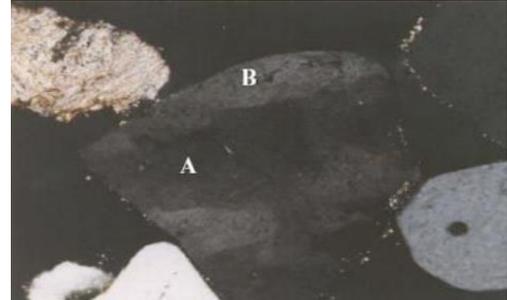
³⁴ SÁNCHEZ Sabogal, Fernando. Curso Básico de Diseño de Pavimentos: Modulo 7: Caracterización De Los Agregados. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá Colombia. 2009. Disponible en: http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%207.pdf.

Foto 1: Grano de cuarzo no reactivo con un brillo uniforme.



Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Foto 2: Cuarzo reactivo exhibiendo bandas oscuras (A) y claras (B) en el mismo Grano.



Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Las propiedades químicas de los agregados son importantes cuando se van a emplear en pavimentos.

En pavimentos asfálticos, la química de los agregados puede determinar la adherencia entre ellos y el asfalto. **Ver Foto 3.**

En pavimentos rígidos (**Ver Foto 4**), los agregados que contienen formas reactivas de sílice pueden presentar reacciones expansivas con los álcalis contenidos en la pasta del cemento”.³⁵

³⁵ SÁNCHEZ Sabogal, Fernando. Curso Básico de Diseño de Pavimentos: Modulo 7: Caracterización De Los Agregados. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá Colombia. 2009. Disponible en: http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%207.pdf.

Foto 3: Falla por deficiencia adherencia entre los Agregados y el asfalto.



Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Foto 4: Reacción expansiva entre la sílice del agregado y los álcalis del cemento.



Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería.

6.8.2. Caracterización para efectos de diseño estructural del pavimento.

“Se trata de ensayos para establecer la respuesta de los materiales al esfuerzo y a la deformación.

Se emplean para cuantificar módulos y relaciones de Poisson y, para determinados componentes de la estructura del pavimento, medir su resistencia a la fatiga.

-Fuentes de materiales granulares para bases y subbases (Ver Foto 6 y Foto 5).³⁶

Foto 5: Deposito aluvial.



Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Foto 6: Cantera.



Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería.

³⁶so Básico de Diseño de Pavimentos. Módulo 7: Caracterización De Los Agregados. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá Colombia. 2009. Disponible en: http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%207.pdf.

6.9. Propiedades generales de los materiales granulares para bases y subbases.

6.9.1. Estabilidad y densidad.

“La masa de los materiales granulares para capas de subbase y base deberá poseer una adecuada estabilidad por trabazón mecánica, de manera que soporte adecuadamente los esfuerzos impuestos por las cargas de la construcción y del tránsito automotor.

La estabilidad de un material granular depende de la distribución de los tamaños de las partículas (granulometría), de las formas de las partículas, de la densidad relativa, de la fricción interna y de la cohesión

Un material granular diseñado para máxima estabilidad debe poseer alta fricción interna para resistir la deformación bajo carga.

La fricción interna y la subsecuente resistencia al corte dependen, en gran medida, de la granulometría, de la forma de las partículas y de la densidad, De estos factores, la distribución de tamaños, en especial la proporción de finos respecto a los gruesos, es el más importante.

Generalmente, la proporción de finos que permite alcanzar la máxima estabilidad es inferior a la requerida para lograr máxima estabilidad.

La granulometría por escoger debe establecer un balance entre la facilidad constructiva y la mayor estabilidad posible”.³⁷

³⁷ SÁNCHEZ Sabogal, Fernando. Curso Básico de Diseño de Pavimentos: Modulo 7: Materiales para bases y subbases. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá Colombia. 2009. Disponible en: http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%207.pdf.

6.9.2. Estados físicos de las mezclas de suelo + agregado.

Estados Físicos de las mezclas de suelo con agregados. Ver Ilustración 1.

Ilustración 1: Falla por deficiencia adherencia.



Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería.

6.10. Ensayo de compactación Proctor.

“Existen dos tipos de ensayo normalizados para proctor; el "Ensayo Proctor Normal", y el "Ensayo Proctor Modificado". La diferencia entre ambos estriba en la distinta energía utilizada, debido a una mayor masa del pisón y mayor altura de caída en el Proctor modificado (ver Ecuación 1).

Para nuestros ensayos de laboratorio utilizaremos el ensayo de “Proctor Modificado” este consiste en compactar una porción de suelo en un cilindro con volumen conocido, haciéndose variar la humedad para obtener el punto de compactación máxima en el cual se obtiene la humedad óptima de compactación. El ensayo puede ser realizado en tres niveles de energía de compactación (ver Ecuación 1), conforme las especificaciones de la obra: normal, intermedia y modificada.

La energía de compactación viene dada por la ecuación:

Ecuación 1: Energía de compactación.

$$Y = \frac{n \cdot N \cdot P \cdot H}{V}$$

Dónde:

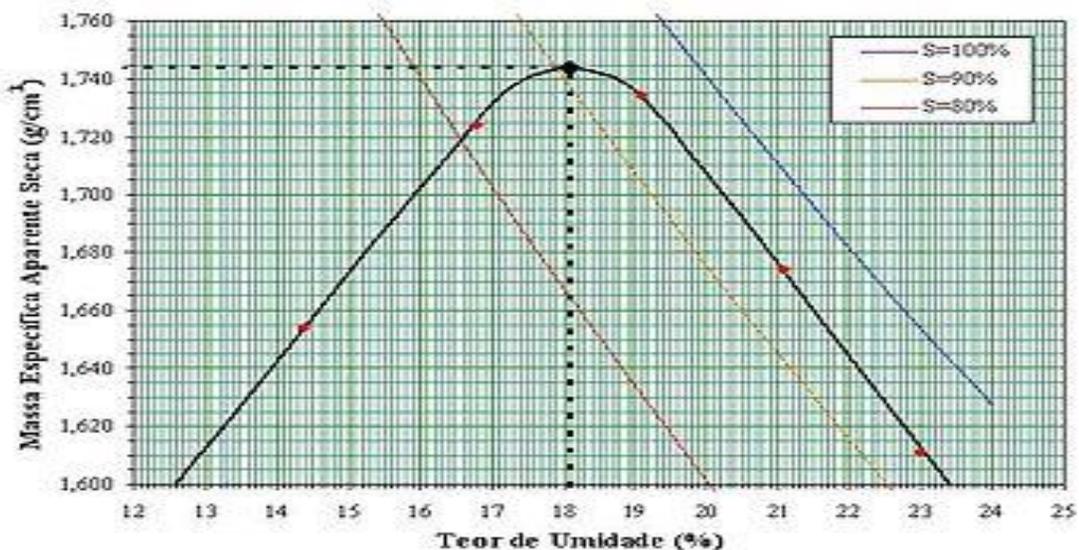
- Y - energía a aplicar en la muestra de suelo;
- n - número de capas a ser compactadas en el cilindro de moldeado;
- N - número de golpes aplicados por capa;
- P - peso del pisón;
- H - altura de caída del pisón; y
- V - volumen del cilindro.

El Grado de compactación de un terreno se expresa en porcentaje respecto al ensayo Proctor; es decir, una compactación del 85% de Proctor Normal quiere decir que se alcanza el 85% de la máxima densidad posible para ese terreno. Ver **Grafica 2**.

Las principales normativas que definen estos ensayos son las normas americanas ASTM D-698 (ASTM es la American Society for Testing Materials, Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales) para el ensayo Proctor estándar y la ASTM D-1557 para el ensayo Proctor modificado”.³⁸

³⁸ MEJIA, Diego. Laboratorios de Ensayos: Ensayo De Compactación Proctor. 2015. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo_de_compactaci%C3%B3n_Proctor.

Grafica 2: Curva de Compactación de la cual se obtiene la humedad óptima y la masa específica.



Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería.

6.11. Ensayo de CBR (california bearing ratio: ensayo de relación de soporte de california).

“El ensayo CBR (California Bearing Ratio) suele emplearse en carreteras y aeropuertos para la caracterización mecánica de los suelos por ser un ensayo sencillo para ser realizado in situ o en laboratorio. Es, posiblemente, el ensayo más utilizado en todo el mundo para estimar la capacidad de soporte de una explanada, factor básico para el dimensionamiento de los firmes.

El ensayo CBR es un ensayo de penetración o punzonamiento y además se mide el hinchamiento del suelo al sumergirlo durante 4 días en agua. En España se sigue la norma de ensayo NLT-111 que se corresponde con la norma ASTM 1883.

Se compacta una muestra de suelo, con la humedad y energía de compactación deseada, en un molde cilíndrico de 152,4 mm de diámetro interior y 177,8 mm de altura, provisto con un collar supletorio y una base perforada. Esta muestra se sumerge en agua durante 4 días con una sobrecarga que ocasiona una compresión equivalente a la del futuro firme sobre la explanada, midiéndose el hinchamiento vertical, que se expresa en porcentaje de la altura de la muestra. Ver grafica 3.

La muestra se ensaya a penetración mediante una prensa y un pistón cilíndrico de 49,6 mm de diámetro, que se desplaza a 1,27 mm/min a velocidad uniforme. El Índice resistente CBR se define como la razón, en porcentaje, entre la presión necesaria para que el pistón penetre en el suelo hasta una profundidad determinada y la correspondiente a esa misma penetración en una muestra patrón de grava machacada. Se obtiene este índice para dos penetraciones, de 2,54 y 5,08 mm, tomándose como índice CBR el mayor valor”.³⁹

6.11.1. Valores referenciales de CBR, usos y suelos.

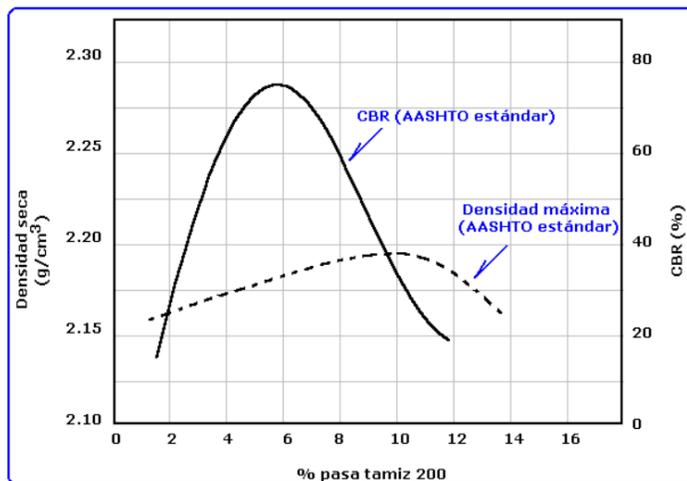
Tabla 5: Valores referenciales de CBR.

NO. CBR	CLASIFICACION GENERAL	USOS	UNIFICADO	AASHTO
0 -- 3	Muy pobre	sub rasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 -- 7	Muy pobre a regular	sub rasante	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	Sub base y base	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A-1b, A2-5, A-3, A2-6
> 50	Excelente	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería.

6.11.2. Curva variación de densidad ensayo CBR. *Grafica 3.*

Grafica 3: Variación de la densidad y del CBR con la cantidad de finos de un material granular.



Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería.

³⁹ CONSTRUMATICA, Meta-portal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción. Ensayo CBR. Disponible en: http://www.construmatica.com/construpedia/Ensayo_CBR

6.12. Permeabilidad.

“La permeabilidad constituye una de las propiedades más importantes, que modifican el comportamiento del suelo, de allí su estudio.

La permeabilidad es la mayor o menor facilidad con que el agua atraviesa el suelo depende de varios factores, como: la relación de vacíos, es decir el tamaño de los poros y su forma de las partículas, todo esto está en función de la granulometría.

Es necesario estudiar el flujo de un fluido en medios porosos, y este estudio se estableció mediante la LEY DE DARCY, encontrando una ley donde para un flujo laminar se produce velocidades pequeñas y suelos de partículas de tamaño de grava y menores.⁴⁰

La permeabilidad disminuye a medida que se incrementa la fracción fina del material.

A medida que la granulometría se acerca a la ecuación de Fuller, el material tiende a la impermeabilidad.

Coeficientes de permeabilidad inferiores a 10^{-3} cm/s dan lugar a materiales de pavimento que, desde el punto de vista práctico, se consideran impermeables. (Ver Tabla 6)⁴¹

Tabla 6: Valores relativos de permeabilidad.

PERMEABILIDAD RELATIVA	VALORES DE K (cm/seg)	SUELO TÍPICO
Muy permeable	$> 1 \cdot 10^{-1}$	Grava gruesa
Moderadamente permeable	$1 \cdot 10^{-1}$ a $1 \cdot 10^{-3}$	Arena, arena fina
Poco permeable	$1 \cdot 10^{-3}$ a $1 \cdot 10^{-5}$	Arena limosa, arena sucia
Muy poco permeable	$1 \cdot 10^{-5}$ a $1 \cdot 10^{-7}$	Limo y arenisca fina
Impermeable	$< 1 \cdot 10^{-7}$	Arcilla

Fuente: Terzaghi K. y Peck R., 1980.

⁴⁰ BADILLO, Juárez. Mecánica de Suelos, Tomo I, Fundamentos de la Mecánica de Suelos, México, Editorial Limusa, PÁG.: 150-155 de 642

⁴¹ SÁNCHEZ Sabogal, Fernando. Curso Básico de Diseño de Pavimentos: Modulo 7: Materiales para bases y subbases. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá Colombia. 2009. Disponible en: http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%207.pdf.

7. MARCO LEGAL

7.1. Normas Técnicas: NSR 10 Título H Estudios Geotécnicos.

“OBJETIVO. Establecer criterios básicos para realizar estudios geotécnicos de edificaciones, basados en la investigación del subsuelo y las características arquitectónicas y estructurales de las edificaciones con el fin de proveer las recomendaciones geotécnicas de diseño y construcción de excavaciones y rellenos, estructuras de contención, cimentaciones, rehabilitación o reforzamiento de edificaciones existentes y la definición de espectros de diseño sísmo resistente, para soportar los efectos por sismos y por otras amenazas geotécnicas desfavorables”.⁴²

7.2. Artículo 330 - 07 Subbase Granular.

“Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación, humedecimiento o aireación, extensión y conformación, compactación y terminado de material de subbase granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos y demás documentos del proyecto o establecidos por el Interventor. Para los efectos de estas especificaciones, se denomina subbase granular a la capa granular localizada entre la subrasante y la base granular en los pavimentos asfálticos o la que sirve de soporte a los pavimentos de concreto hidráulico, sin perjuicio de que los documentos del proyecto le señalen otra utilización”.⁴³

7.3. Angularidad del agregado grueso (INVE-227).

“A igualdad de distribución de tamaños, un agregado con partículas fragmentadas mecánicamente (ver Foto 7) presenta mayor estabilidad que uno con partículas redondeadas (ver Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería).

⁴² REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE. TITULO H ESTUDIOS GEOTÉCNICOS. Disponible en: <http://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/8titulo-h-nsr-100.pdf>.

⁴³ INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INV.-330-07 BASE GRANULAR. 2007. Disponible en: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Especificaciones/Articulo330-07.pdf

Foto 8), debido a la mayor trabazón entre las partículas. Para iguales granulometrías, el material con partículas trituradas da lugar a un mayor coeficiente de permeabilidad, lo que hace que sea más fácil de drenar”⁴⁴.

⁴⁴ SÁNCHEZ SABOGAL, Fernando. Curso Básico de Diseño de Pavimentos: Modulo 7: Materiales para bases y subbases. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá Colombia. 2009. Disponible en: http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%207.pdf.

Foto 7: Angularidad del agregado Triturado.



Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Foto 8: Angularidad del agregado Grava.



Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería.

7.4. Especificaciones del instituto nacional de vías para los materiales granulares de subbase y base para vías de tránsito pesado. *Tabla 7.*

Tabla 7: Especificaciones del instituto nacional de vías para los materiales granulares de subbase y base para vías de tránsito pesado.

ENSAYO	NORMA INV	SUBBASE GRANULAR	BASE GRANULAR
Desgaste Los Angeles (%)	E-218	50 MAX	35 MAX
Desgaste Micro Deval (%)	E238	30 MAX	25 MAX
Resistencia en prueba de 10 % de finos (KN)	E-224		90 MIN
Terrones de arcilla y partículas deleznales (%)	E-211	2 MAX	2 MAX
Perrdidas en ensayo de solidez en sulfato de sodio (%)	E-220	12 MAX	12 MAX
Limite liquido	E-125	40 MAX	
Indice plastico	E-126	6 MIN	NP
Equivalente de arena	E-133	25 MIN	30 MIN
Valor de azul	E-235		10 MAX
Indices de alargamiento y aplanamiento	E-230		35 MAX
Partículas con una cara fracturada mecanicamente (%)	E-227		60 MIN
Angularidad de la fraccion fina	E-239		35 MIN
CBR	E-148	30 MIN	100 MIN

Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería.

7.5. Granulometrías admisibles para la construcción de bases y subbases granulares. Ver Tabla 8.

Tabla 8: Granulometrías admisibles para la construcción de bases y subbases granulares.

TIPO DE CAPA		TAMIZ (MM / U.S STANDARD)								
		50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
		2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10	# 40	# 200
		% PASA								
BASE	BG_Gr1	-	100	75-95	50-90	45-70	30-50	15-30	6-20	2-10
	BG_Gr2	-	-	100	75-95	50-80	35-60	20-40	8-22	2-10
SUB BASE	SB_Gr1	100	80-95	60-90	-	40-70	25-50	15-35	6-20	0-10
	SB_Gr2	-	100	75-95	60-85	45-75	30-55	20-40	6-25	0-12

Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería.

7.6. Análisis granulométrico de suelos por tamizado I.N.V.E. – 123 – 07.

“El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo. Esta norma describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 µm (No. 200)”.⁴⁵

7.7. Determinación del límite líquido de los suelos I.N.V.E. – 125 – 07.

“El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado líquido y el estado plástico. Para los fines de esta especificación, cualquier valor observado o calculado deberá aproximarse a la “unidad más cercana”. Esta norma no pretende considerar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es de responsabilidad de quien la emplee, el establecimiento de prácticas

⁴⁵ INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INV.-123-07 Análisis granulométrico de suelos por tamizado. Colombia. 2007. Disponible en: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas.

apropiadas de seguridad y salubridad y la aplicación de limitaciones regulatorias con anterioridad a su uso”.⁴⁶

7.8. Límite plástico e índice de plasticidad de suelos I.N.V.E.– 126 – 07.

“El límite plástico de un suelo es el contenido más bajo de agua, determinado por este procedimiento, en el cual el suelo permanece en estado plástico. El índice de plasticidad de un suelo es el tamaño del intervalo de contenido de agua, expresado como un porcentaje de la masa seca de suelo, dentro del cual el material está en un estado plástico. Este índice corresponde a la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico del suelo. Un valor observado o calculado de un límite de un suelo debe redondearse a la “unidad más cercana”. El método de moldeo manual de rollos de suelo debe ser dado por el procedimiento normativo indicado en esta norma. Se denomina límite plástico a la humedad más baja con la cual pueden formarse rollos de suelo de unos 3 mm (1/8”) de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichos rollos se desmoronen”.⁴⁷

7.9. Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados para carreteras I.N.V.E. – 230 – 07.

“Esta norma describe el procedimiento que se deben seguir, para la determinación de los índices de aplanamiento y de alargamiento, de los agregados que se van a emplear en la construcción de carreteras. Esta norma se aplica a los agregados de origen natural o artificial, incluyendo los agregados ligeros y no es aplicable a los tamaños de partículas menores de 6.3 mm (1/4”) o mayores de 63 (2 1/2”)”.⁴⁸

⁴⁶ INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INV.-125-07 Determinación del límite líquido de los suelos. Colombia. 2007. Disponible en: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas.

⁴⁷ INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INV.-126-07 Límite plástico e índice de plasticidad de suelos. Colombia. 2007. Disponible en: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas.

⁴⁸ INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INV.-230-07 Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados para carreteras. Colombia. 2007. Disponible en: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas.

7.10. Relaciones de humedad – masa unitaria seca en los suelos (ensayo modificado de compactación) I.N.V.E. – 142 – 07.

“Estos métodos de ensayo se emplean para determinar la relación entre la humedad y la masa unitaria de los suelos compactados en un molde de un tamaño dado con un martillo de 4.54 Kg. (10 lb) que cae desde una altura de 457 mm (18"). Se han previsto cuatro procedimientos alternativos en la siguiente forma: Método A – Un molde de diámetro 101.6 mm (4"): material de un suelo que pasa el tamiz de 4.75 mm (No. 4) (Secciones 3 y 4) Método B – Un molde de diámetro 152.4 mm (6"): material de suelo que pasa tamiz de 4.75 mm (No.4) (Secciones 5 y 6). Método C – Un molde de diámetro 101.6 mm (4"): material de suelo que pasa el tamiz de 19.0 mm (3/4") (Secciones 7 y 8) Método D – Un molde de diámetro 152.4 mm (6") material de suelo que pasa el tamiz de 19.0 mm (3/4") (Secciones 9 y 10). 1.2

En las especificaciones se debe indicar el método por usar para el material que se va a ensayar. Si no se especifica ninguno, regirá el Método A”.⁴⁹

7.11. Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1½") por medio de la máquina de los ángeles I.N.V.E. – 218 – 07.

“Este método se refiere al procedimiento que se debe seguir para realizar el ensayo de desgaste de los agrega dos gruesos hasta de 37.5 mm (1½") por medio de la máquina de Los Ángeles. El método se emplea para determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empleando la citada máquina con una carga abrasiva. Para evaluar la resistencia al desgaste de los agregados gruesos, de tamaños mayores de 19 mm (3/4"), por medio de la máquina de Los Ángeles, deberá utilizarse la norma INV E – 219. Esta norma no pretende considerar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien la emplee, el establecimiento de prácticas apropiadas de seguridad y salubridad, y la aplicación de limitaciones regulatorias con anterioridad a su uso”.⁵⁰

⁴⁹ INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INV.-142-07 Relaciones de humedad – masa unitaria seca en los suelos (ensayo modificado de compactación). Colombia. 2007. Disponible en: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas.

⁵⁰ INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INV.-218-07 Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1½") por medio dela máquina de los ángeles. Colombia. 2007. Disponible en: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas.

7.12. Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio I.N.V.E. – 220 – 07.

“Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir, para determinar la resistencia a la desintegración de los agregados, por la acción de soluciones saturadas de sulfato de sodio o de magnesio, seguido de secado al horno para deshidratar parcial o completamente la sal precipitada en los poros permeables. La fuerza de expansión interna derivada de la rehidratación de la sal después de re inmersión simula la expansión del agua por congelamiento. Mediante este método se puede obtener una información útil para juzgar la calidad de los agregados que han de estar sometidos a la acción de los agentes atmosféricos, sobre todo cuando no se dispone de datos sobre el comportamiento de los materiales que se van a emplear, en las condiciones climatológicas de la obra. Se llama la atención sobre el hecho que los resultados que se obtienen varían según la sal que se emplee y que hay que tener cuidado al fijar los límites en las especificaciones en que se incluya este ensayo. Los valores se deben expresar en unidades SI. Esta norma no considera los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien la emplee establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicación de limitaciones regulatorias antes de su empleo”.⁵¹

7.13. Determinación de la resistencia del agregado grueso al desgaste por abrasión utilizando el aparato micro-deval I.N.V.E. – 238 – 07.

“Esta norma describe la forma de medir la resistencia a la abrasión de una muestra de agregado grueso. Los valores se deben expresar en unidades SI. Esta norma no considera los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien la emplee, establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes de su empleo”.⁵²

⁵¹ INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INV.-220-07 Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio I.N.V.E. Colombia. 2007. Disponible en: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas.

⁵² INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INV.-238-07 Determinación de la resistencia del agregado grueso al desgaste por abrasión utilizando el aparato micro-deval. Colombia. 2007. Disponible en: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas.

7.14. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR de laboratorio). I.N.V.E. – 148 – 07.

“Esta norma describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad. Las masas unitarias secas de los especímenes corresponden generalmente a un porcentaje de la masa unitaria seca máxima del ensayo normal (I.N.V.E. – 141), o del modificado (I.N.V.E. – 142); pero también se puede operar en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno”.⁵³

7.15. Permeabilidad de suelos granulares (cabeza constante) I.N.V.E. – 130 – 07.

“Este método de ensayo cubre un procedimiento para determinar el coeficiente de permeabilidad mediante un método de cabeza constante para el flujo laminar de agua a través de suelos granulares. El procedimiento está destinado a establecer valores representativos del coeficiente de permeabilidad de suelos granulares presentes en depósitos naturales o colocados en terraplenes, o cuando se empleen como bases bajo pavimentos. Para limitar las influencias de consolidación durante el ensayo, este procedimiento está limitado a suelos granulares alterados que no contengan más de 10 % de partículas que pasen tamiz de 75 μm (No. 200)”.⁵⁴

⁵³ INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INV.-148-07 Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR de laboratorio). Colombia. 2007. Disponible en:

ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas.

⁵⁴ INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INV.-130-07 Permeabilidad de suelos granulares (cabeza constante). 2007. Disponible en:

ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas.

8. MARCO GEOGRÁFICO

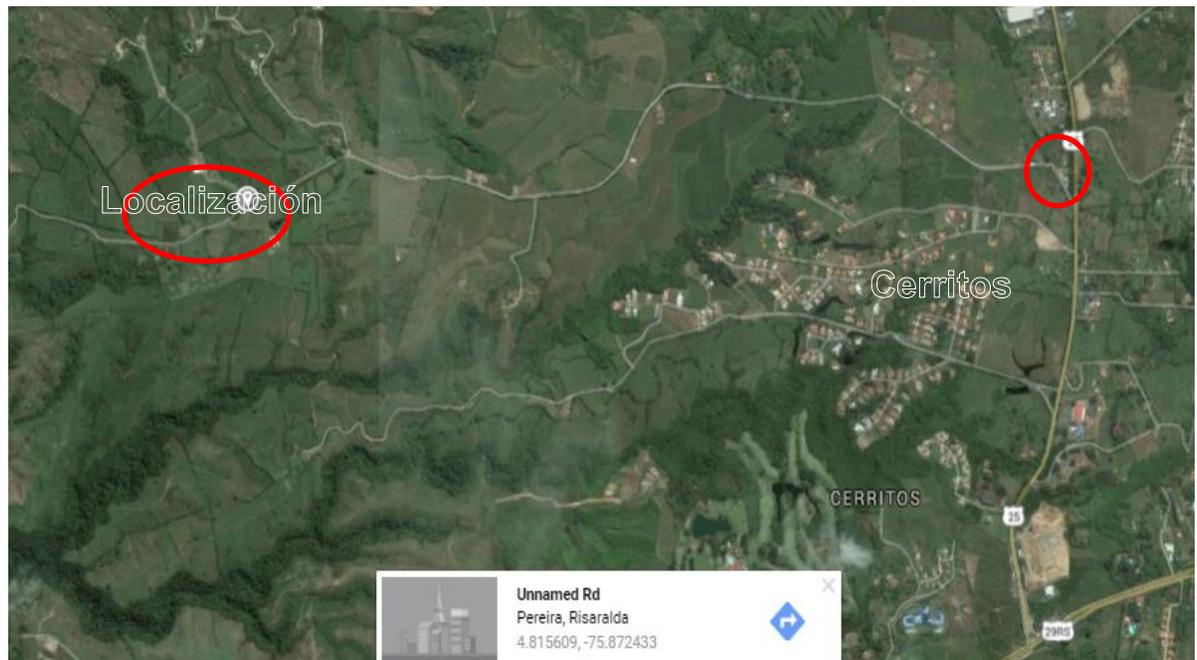
El área geográfica en la cual se efectuará la investigación es en el departamento de Risaralda; en los municipios de Pereira y la Virginia directamente en los laboratorios de la Universidad Libre y la empresa Triturados y Concretos respectivamente.

Pereira conforma junto con los municipios de La Virginia y Dosquebradas el Área Metropolitana de Centro Occidente (AMCO) por eso se hace necesario el desarrollo social y estructural para mejorar la calidad de vida de la población en este objeto el mejoramiento de las vías terciarias.

8.1. Localización.

Departamento de Risaralda, sector geográfico, vía terciaria frente a la hacienda La Trinidad a 3,5 kilómetros de la entrada número cuatro La Carmelita sobre la vía que conduce de Cerritos a la Virginia. Ver Ilustración 2.

Ilustración 2: Localización.



Fuente: Google maps.

9. METODOLOGÍA

El proyecto de investigación se desarrolló en varias etapas de acuerdo a las necesidades de las pruebas de laboratorio y de las necesidades metodológicas, procesos que se llevaron a cabo básicamente practicando cierto tipo de ensayos en diferentes tipos de materiales para la identificación de su comportamiento, donde la prioridad fue determinar la proporción ideal de los materiales al ser mezclados, obteniendo resultados positivos, materiales granulares en primer lugar la subbase utilizada regularmente en vías y el otro que forma parte de los no biodegradables el cual fue el PET o el PP ambos polímeros que hoy por hoy forman una de las grandes problemáticas a nivel de contaminación, el desarrollo que se le dio a la investigación fue acorde a las normas ICONTEC INVIAS vigentes, teorías e investigaciones realizadas anteriormente por otros autores acordes con los temas de la investigación que se deseó realizar.

9.1. Desarrollo Metodológico.

Etapa 1. Se inició con la recolección de diseños de la investigación, fuentes de apoyo y asesorías constantes que se utilizaron para realizar el seguimiento a lo largo de la investigación.

Etapa 2. Se ejecutaron tres ensayos para la identificación de las características y propiedades del suelo los cuales fueron relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR), el primero a 12 golpes, el segundo a 25 golpes y el tercero a 56 golpes según norma I.N.V.E. -148 – 07 y de esta forma establecer su resistencia.

Etapa 3. Se efectuaron diferentes ensayos para la identificación del material no biodegradable, se inició con el ensayo de CBR (I.N.V.E. -148 – 07) del suelo más icopor a 12 golpes se continuo con CBR mas icopor más gasolina a 12 golpes luego con el ensayo de CBR del suelo más PET fino (**Ver Foto 9**) a 12 - 25 – 56 golpes y se terminó con el ensayo de CBR del suelo más PET granular (**Ver Foto 10**) a 12 – 25 – 56 golpes.

Foto 9: PET, PP triturado.



Fuente: Propia.

Foto 10: Material en estado granular.



Fuente: Propia.

Etapa 4. Se trabajaron todos los ensayos necesarios para resaltar las características y condiciones en la que se encontraba la subbase (**VerFoto 11**), ensayos como granulometría (I.N.V.E. – 123 – 07) donde se distinguió su gradación, límite líquido (I.N.V.E. – 126) se reconoció su limpieza, índice de aplanamiento y alargamiento(I.N.V.E. – 230 – 07) permitió distinguir la geometría de las partículas, Proctor modificado (I.N.V.E. – 142) su relación de soporte, Desgaste en máquina de los ángeles(Art 320 – 13 / E 218-219)estableció la dureza, Resistencia a los sulfatos – sodio – magnesio(I.N.V.E. – 220) arrojó datos de durabilidad, Micro deval – agregado grueso (I.N.V.E. – 238) proporcionó la dureza, y por último el ensayo de Relación de soporte CBR(I.N.V.E. – 148 – 07) estableció su resistencia.

Foto 11: Material subbase granular tipo INVIAS.



Fuente: Propia.

Etapa 5. Al lograr deducir en la etapa NO 3 que el material no biodegradable (PET) granular era el más idóneo para continuar con la investigación se le desarrollo el ensayo de granulometría (I.N.V.E. ART 330-07) **ver Foto 12**, e identificar su comportamiento dentro de los límites establecidos según la norma.

Foto 12: Tamizado material no biodegradable.



Fuente: Propia.

Etapa 6. Se trabajaron todas las pruebas para determinar la proporción a usar, es decir una serie de ensayos con mezcla de los materiales subbase mas material no biodegradable (**Ver Foto 13, Foto 14, Foto 15 y Foto 16**) a diferentes porcentajes los cuales se mencionan en la Tabla 9.

Foto 13: Mezcla subbase+material no biodegradable (30%).



Fuente: Propia.

Foto 14: Elaboración de la probeta.



Fuente: Propia.

Ensayos realizados a diferentes proporciones.

Tabla 9: Laboratorios realizados en diferentes proporciones de la mezcla.

ENSAYO	PROPORCION
GRANULOMETRIA (I.N.V.E – 123 – 07)	Subbase granular 80% + 20% material no biodegradable Subbase granular 70% + 30% material no biodegradable Subbase granular 60% + 40% material no biodegradable
PROCTOR MODIFICADO (I.N.V.E 142)	Subbase granular 80% + 20% material no biodegradable Subbase granular 70% + 30% material no biodegradable Subbase granular 60% + 40% material no biodegradable
PERMEABILIDAD CABEZA CONSTANTE (I.N.V.E 130 - 07)	Subbase granular 80% + 20% material no biodegradable Subbase granular 70% + 30% material no biodegradable Subbase granular 60% + 40% material no biodegradable
CBR 12 GOLPES (I.N.V.E 148)	Subbase granular 80% + 20% material no biodegradable Subbase granular 70% + 30% material no biodegradable Subbase granular 60% + 40% material no biodegradable
CBR 25 GOLPES (I.N.V.E 148)	Subbase granular 80% + 20% material no biodegradable Subbase granular 70% + 30% material no biodegradable Subbase granular 60% + 40% material no biodegradable
CBR 56 GOLPES (I.N.V.E 148)	Subbase granular 80% + 20% material no biodegradable Subbase granular 70% + 30% material no biodegradable Subbase granular 60% + 40% material no biodegradable
CBR EN CALIENTE 12 GOLPES (I.N.V.E 148)	Subbase granular 80% + 20% material no biodegradable Subbase granular 70% + 30% material no biodegradable Subbase granular 60% + 40% material no biodegradable
CBR EN CALIENTE 25 GOLPES (I.N.V.E 148)	Subbase granular 80% + 20% material no biodegradable Subbase granular 70% + 30% material no biodegradable Subbase granular 60% + 40% material no biodegradable
CBR EN CALIENTE 56 GOLPES (I.N.V.E 148)	Subbase granular 80% + 20% material no biodegradable Subbase granular 70% + 30% material no biodegradable Subbase granular 60% + 40% material no biodegradable

Fuente: Propia.

Foto 15: Probeta en calor ensayo compresión.



Fuente: Propia.

Foto 16: Elaboración de las probetas.



Fuente: Propia.

Etap 7. El análisis de los resultados y comportamientos finales de la investigación (**Ver Foto 17, Foto 18, Foto 19 y Foto 20**), donde se logró concluir y establecer la proporción ideal.

Foto 17: Ensayo CBR.



Fuente: Propia.

Foto 18: Deformación aprox. = 0



Fuente: Propia.

Foto 19: Ensayo a la compresión.



Fuente: Propia.

Foto 20: Línea de falla.



Fuente: Propia.

De acuerdo a la metodología o procedimiento anterior se determina que será de carácter investigativa.

9.2. DISEÑO METODOLÓGICO

Tabla 10: Diseño metodológico.

DISEÑO METODOLÓGICO INVESTIGACIÓN MATERIALES NO BIODEGRADABLES				
OBJETIVOS	ACTIVIDADES	INICIO	FIN	PRODUCTO
*Evaluar el comportamiento del material no biodegradable mezclado con suelo y materiales pétreos (Icopor, polietileno fibra, polietileno granular).	*Actividad: Identificar material no biodegradable. Pruebas iniciales	Granulometrías de los dos materiales.	Ensayo de granulometría en el laboratorio y se obtuvieron los resultados.	Graficas de granulometría para una base y el material no biodegradable.
*Evaluar el comportamiento a compactación (proctor en calor y en frio).		PROCTOR (Humedad Optima)	Ensayo de CBR en el laboratorio y se obtuvieron los resultados.	Gráficas y las penetraciones.
*Evaluar el valor de CBR (capacidad) calor-frio. * Evaluar el valor de la permeabilidad, calor-frio.	*Seleccionar el porcentaje de material a usar.	Se buscaron diferentes combinaciones para seleccionar por medio de ensayos la mezcla óptima a trabajar.	Se hicieron pruebas en el laboratorio con el plástico el cual cumplió parámetros para realizar los ensayos.	Material seleccionado el plástico.

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS

10.1. Análisis de las características del suelo.

En la **Tabla 11**, **Tabla 12** y **Tabla 13** se aprecian los resultados de Relación de Soporte (CBR) realizado al suelo para el análisis de sus características.

Tabla 11: Resultado según ficha #1 relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo 12 golpes.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm ²	TENSIONES DE ENSAYO kg/cm ²	TENSIONES DE ENSAYO Mpa
0,1	70,31	0,4607	0,05
0,2	105,4	0,7743	0,08
CBR EN 0,1"	0,66%		
CBR EN 0,2"	0,73%		

Tabla 12: Resultado según ficha #2 relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo 25 golpes.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm ²	TENSIONES DE ENSAYO kg/cm ²	TENSIONES DE ENSAYO Mpa
0,1	70,31	0,2277	0,02
0,2	105,4	0,8230	0,08
CBR EN 0,1"	0,32%		
CBR EN 0,2"	0,78%		

Tabla 13: Resultado según ficha #3 relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo 56 golpes.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm ²	TENSIONES DE ENSAYO kg/cm ²	TENSIONES DE ENSAYO Mpa
0,1	70,31	0,1398	0,01
0,2	105,4	0,3147	0,03
CBR EN 0,1"	0,20%		
CBR EN 0,2"	0,30%		

De los tres resultados anteriores se puede tomar una base como se muestra en la **Tabla 11**. CBR a 12 golpes con la que se identifica la resistencia del suelo a 0,1" y 0,2" de penetración y según Tabla 5 de valores referenciales de CBR, usos y suelos la clasificación general dice que es muy pobre y que su uso es apto solo para sub rasante de esta forma puede ser comparada con los siguientes laboratorios para la identificación de materiales no biodegradables.

10.2. Pruebas para identificación del material no biodegradable.

10.2.1. Icopor.

- Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + icopor (12 golpes) según norma I.N.V.E. - 148 – 07.

El icopor, el material inicial elegido para analizar el comportamiento del suelo, no dio resultado en el primer ensayo realizado a 12 golpes según especificaciones de la norma, porque las paredes entre capas (5) de la muestra que recubren el icopor no funcionan como mallas y por el contrario dejan en la muestra separaciones que no confinan (**Ver Foto 21**), motivo por el que no se logra una consistencia en la muestra para el mejoramiento del suelo y por tanto es inútil continuar con los ensayos posteriores, entre estos a 25 y 56 golpes.

Foto 21: Separaciones entre capas que no permiten confinar la muestra.



Fuente: propia.

- Resultado según *Ficha 4* (hoja 3/4).

CBR EN 0,1"	0,66%
CBR EN 0,2"	0,73%

Se pudo apreciar que el CBR arrojado es realmente bajo y según, **Tabla 5** de valores referenciales de CBR, usos y suelos; la clasificación general dice que es muy pobre y que su uso solo es bueno para sub rasante por ende no es óptimo para garantizar un mejoramiento en la muestra de suelo.

10.2.2. Icopor + Gasolina.

- Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + icopor + gasolina (12 golpes) según norma I.N.V.E. - 148 – 07.

El icopor y la gasolina, materiales destinados al segundo (**Ver Foto 22**) ensayo para identificar los materiales, dio como resultado en el primer ensayo realizado a 12 golpes según especificaciones de la norma, un valor considerado muy efectivo puesto que resultó un CBR relativamente alto para un suelo. El mejoramiento de adicción de gasolina e icopor reforzó el suelo con fibras milimétricas llevando el soporte del suelo a un estado óptimo al unir las partículas de éste con las fibras creadas a partir del icopor y la gasolina.

A pesar de los buenos resultados obtenidos de la mezcla, ésta no se optimiza para la investigación al ser la gasolina un compuesto hidrocarburo contaminante y que erosiona el suelo, por tanto es descartado por entidades reguladoras ambientales, razón por la que se excluye la mezcla para los siguientes ensayos a 25 y 56 golpes, pero sin descartar la posibilidad de encontrar un compuesto que reaccione el icopor en las micro-fibras y aprovechar la mezcla.

- Resultado según *Ficha 5* (hoja 3/4) según, **Tabla 5** de valores referenciales de CBR, usos y suelos; la clasificación general dice que es regular y su uso se puede emplear como subbase.

CBR EN 0,1"	16,34%
CBR EN 0,2"	18,81%

Foto 22: Probeta hecha de la mezcla de suelo+icopor+gasolina.



Fuente: Propia.

10.2.3. Suelo + Pet En Fibra.

- Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + PET en fibra (12 golpes) según norma I.N.V.E. - 148 – 07.

El PET, material no biodegradable reciclado y utilizado para el tercer ensayo entregó resultados poco favorables y no muy distantes a los resultados del primer ensayo (suelo + icopor), el PET en fibras o en fino (**Ver Foto 23**), éste permite mezclarse con el suelo a la vez que ser compactado pero no existe una relación favorable de cohesión entre el suelo y el PET en fibras o finos lo que lleva a una muestra de ensayo muy poco consistente y de difícil maniobrabilidad al momento de ser llevada a pruebas de laboratorio. Tal observación de la muestra nos da a entender que la mezcla no es viable para la investigación, según **Tabla 5** de valores referenciales de CBR, usos y suelos; la clasificación general dice que es muy pobre puesto que se busca un mejoramiento de la resistencia al corte en la unión de los dos componentes.

- Resultado según *Ficha 6* (hoja 3/4).

CBR EN 0,1"	0,32%
CBR EN 0,2"	0,43%

Foto 23: PET Fino o en fibras luego del reciclaje.



Fuente:Propia.

10.2.4. Suelo + PET Granular.

- Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + PET Granular (25 golpes) según norma I.N.V.E. - 148 – 07.

El PET, material no biodegradable reciclado y reutilizado en forma granular para este cuarto ensayo entregó resultados favorables, el PET Granular permite mezclarse con el suelo a la vez que ser compactado dejando como muestra una probeta para ensayo que se puede maniobrar con una consistencia aceptable para ser llevada a pruebas de laboratorio y hacer tomas de datos y comparaciones. Tal observación de la muestra nos da a entender que la mezcla es viable para continuar la investigación a diferentes proporciones de mezcla y en esa manera buscar un ideal mejoramiento de la resistencia al corte en la unión de los dos componentes.

- Resultado según *Ficha 10* (hoja 3/3). Según, **Tabla 5** de valores referenciales de CBR, usos y suelos; la clasificación general dice que es muy pobre.

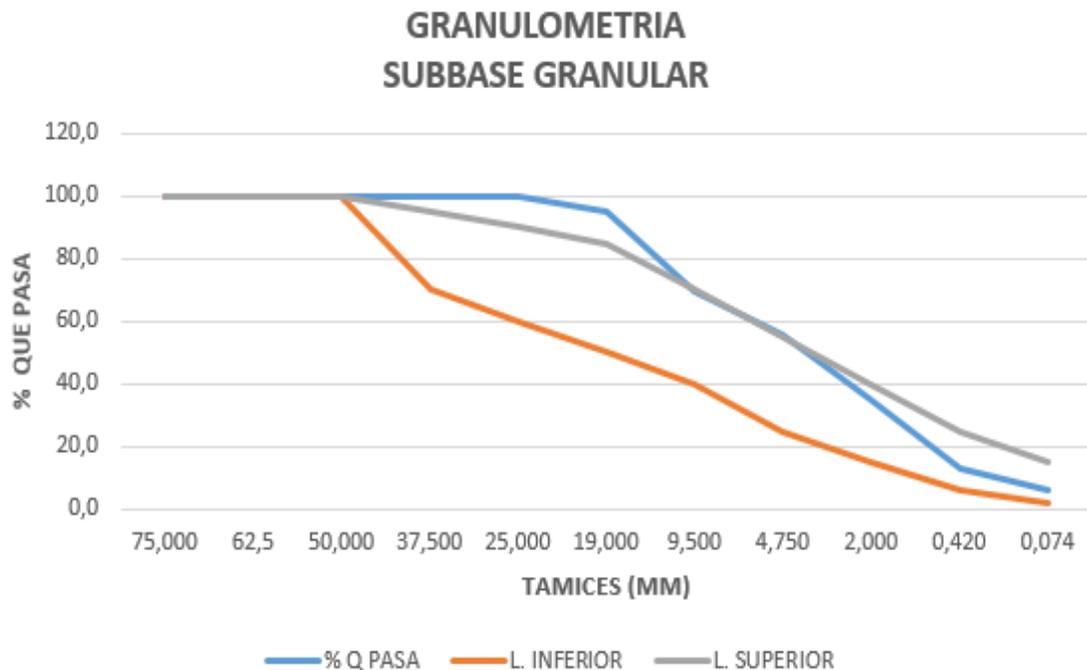
CBR EN 0,1"	0,67%
CBR EN 0,2"	0,74%

10.3. Análisis de las características de la subbase.

10.3.1. Granulometría (gradación).

Del ensayo de granulometría (I.N.V.E. – 123 – 07) según *Ficha 12* realizado a la sub-base se logra deducir que ofrece una buena estabilidad cerca del 70% por la distribución de los tamaños de las partículas y de la forma, al obtener un resultado positivo y dentro de las limitaciones otorgadas por la norma, esto dice que la sub-base se puede emplear para la investigación del mejoramiento con material no biodegradable. **Ver Grafica 4.**

Grafica 4: Granulometría sub-base granular.



Fuente: Propia.

10.3.2. Limite liquido (limpieza).

En este ensayo se obtuvo el valor del contenido de humedad, el cual fue de 20,79%, cuyo valor está dentro del rango máximo según la norma (I.N.V.E – 125) y basado en la *Ficha 13* este porcentaje de límite líquido es útil para estimar asentamientos en problemas de consolidación es decir la reducción de volumen de finos.

10.3.3. Limite plástico (limpieza).

Basados en la **Ficha 14** El límite plástico de este material es 15,02%, el índice de plasticidad (IP) se encuentra en 5,77%, según norma (I.N.V.E. - 126) el porcentaje máximo es de 6%, el IP identificado en el ensayo lo sobrepasa pero al ser un porcentaje menor de 10 indica que es un material no plástico.

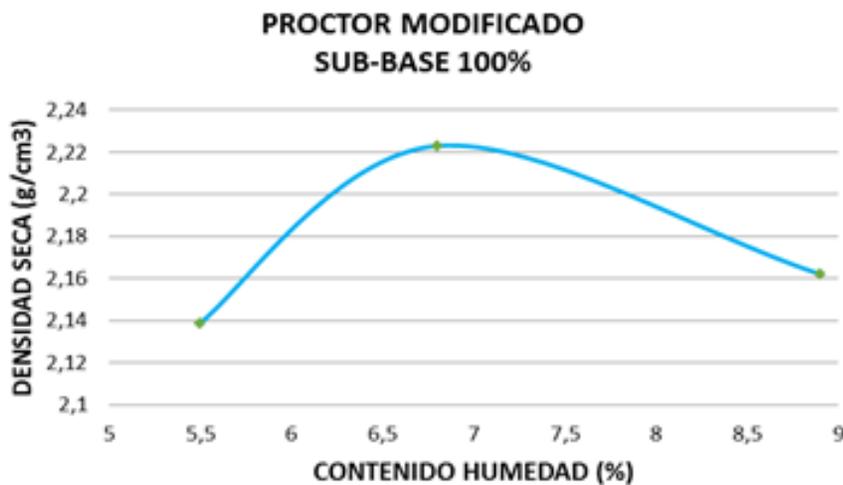
10.3.4. Índice de aplanamiento y alargamiento (geometría de las partículas).

Se logra establecer mediante los cálculos el índice de alargamiento para la muestra de un 37,45% según **Ficha 16** y el índice de aplanamiento en 26,40% según **Ficha 15**, por medio del ensayo según norma (I.N.V.E. – 230 – 07) esto indica que las partículas son más largas que aplanadas, solo las partículas largas cumplen con el rango máximo establecido por la norma que es de un 35% pero al estar tan cerca y sobrepasar a este es posible que el material presente problemas en la compactación.

10.3.5. Proctor modificado (relación de soporte).

Al elaborar el ensayo de proctor modificado (I.N.V.E. – 142) se determina la compactación máxima permitida por la muestra y su humedad óptima para lograr la mayor compactación, en cuanto a la muestra se establece que alcanza su máxima compactación con un contenido de humedad de 6,8%. Ver Grafica 5.

Grafica 5: Proctor modificado sub-base granular.



Fuente: Extraído de la ficha 17.

10.3.6. Desgaste en máquina de los ángeles (dureza).

Se logró determinar por medio del ensayo desgaste en máquina de los ángeles (Art 320 – 13 / E 218-219) la resistencia por cargas abrasivas de una determinada muestra de agregado grueso, haciendo uso de la máquina de los ángeles, arrojando un resultado de 23% de desgaste según **Ficha 18** lo cual indica que es un agregado aceptable según la normativa ya que debe ser menor o igual al 50 % para ser utilizado en la construcción de una obra civil.

10.3.7. Resistencia a los sulfatos – sodio – magnesio (durabilidad).

Las fracciones de los agregados de diferentes tamaños se sometieron a cinco ciclos de expansión y contracción tanto en la solución de sodio (Na) ver Tabla 15, como de magnesio (Mg) ver Tabla 14, para así lograr determinar la resistencia a la desintegración de los agregados por la acción de las soluciones, obteniendo valores aceptables, según especificación (I.N.V.E – 220) el porcentaje máximo al ser sometida la muestra a la solución de sodio es de 12% y a la solución de magnesio de 18%.

Tabla 14: Sulfato de Magnesio (Mg) Sub-base Granular.

SULFATO DE MAGNESIO	
PERDIDA DE FRACCIÓN GRUESA (%)	2,49
PERDIDA DE FRACCIÓN FINA (%)	6,17
PERDIDA TOTAL	4,3%

Fuente: Extraído de la ficha 19.

Tabla 15: Sulfato Sodio (Na) Sub-base Granular.

SULFATO DE SODIO	
PERDIDA DE FRACCIÓN GRUESA (%)	0,87
PERDIDA DE FRACCIÓN FINA (%)	3,2
PERDIDA TOTAL	2 %

Fuente: Extraído de la ficha 20.

10.3.8. Micro deval – agregado grueso (dureza).

El ensayo de micro deval, *Ficha 21*, proporcionó la resistencia y durabilidad (desgaste) del agregado grueso a la abrasión o fricción entre partículas, arrojando un desgaste por abrasión del 12,6 % cumpliendo según lo estipulado en la norma (I.N.V.E. – 238).

10.3.9. Relación de soporte CBR (resistencia).

Los resultados obtenidos tras practicar el ensayo a diferentes golpes según norma (I.N.V.E. – 148 – 07) llevan a concluir que al ser sometida la muestra a 56 golpes por capa los valores son 86,70% a 0,1” de penetración y 114,25% a 0,2” de penetración, se puede afirmar según *Tabla 5* de valores referenciales de CBR, usos y suelos; la clasificación general dice que es excelente y su uso puede ser como base. Ver *Tabla 16*.

Tabla 16: CBR Sub-base Granular.

PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	61	5,98
5.08	10,3	120	11,77
CBR EN 0,1”	86,70%		
CBR EN 0,2”	114,25%		

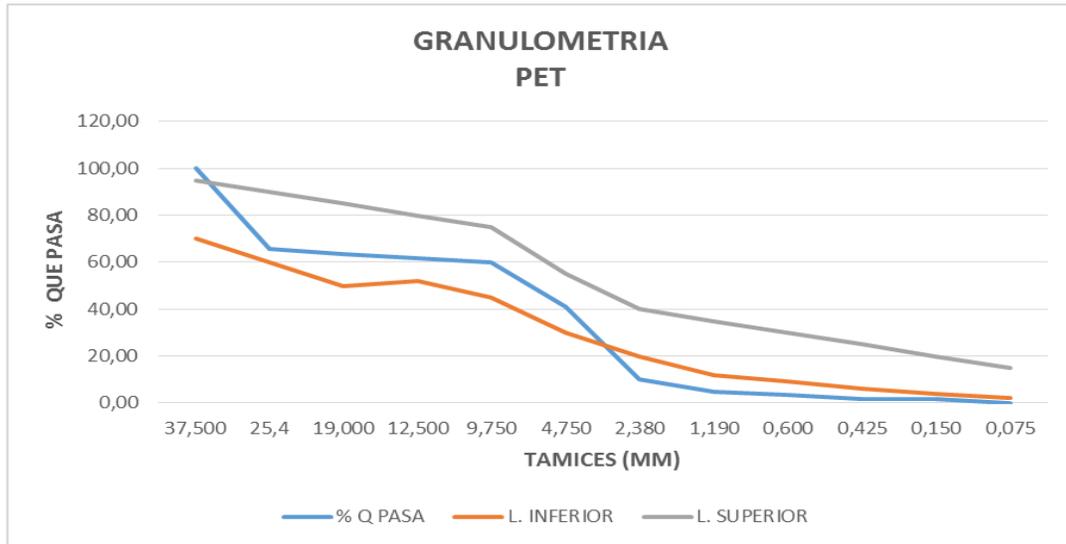
Fuente: Extraído de la ficha #24

10.4. Granulometría al material no biodegradable.

En el ensayo Granulométrico realizado al material no biodegradable se nota en la curva (ver

Grafica 6), una distribución de tamaños próximo a los permitidos dentro de los límites de la norma (I.N.V.E. ART 330-07) para una sub-base. Lo que permite a criterio investigativo enfocar el material reciclado no biodegradable dentro del rango apto para la mezcla con sub-base granular.

Grafica 6: Granulometría Material no Biodegradable (PET).



Fuente: Extraída de la ficha #25.

10.5. Análisis de las pruebas para identificar la proporción a usar.

Para el análisis de la mezcla y la proporción a usar en sus diferentes porcentajes se realizaron ensayos de granulometría, permeabilidad (cabeza constante), Proctor modificado y CBR (frio y caliente). Logrando obtener datos de la caracterización de la mezcla y determinar su análisis en búsqueda de la proporción ideal como se enuncia a continuación:

En el ensayo Granulométrico realizado a la mezcla en las tres proporciones, 80% sub-base - 20% material no biodegradable, 70% sub-base – 30% material no biodegradable y 60% sub-base – 40% material no biodegradable se notan comportamientos similares en la curva con una distribución de tamaños no permitidos dentro de los límites de la norma para una sub-base. Teniendo en cuenta que no es solo una sub-base si no un compuesto entre sub-base y PET, por motivo de la investigación se excluyen las limitaciones granulométricas contempladas en la norma (I.N.V.E. ART 330-07) y así poder continuar con la investigación.

10.5.1. Granulometría:

Para la mezcla al 20% de PET – 80% sub base se observa que solo se cumple en el límite del tamiz de 25 mm. Ver Tabla 17.

Tabla 17: Granulometría proporción 80% sub-base – 20% PET.

TAMIZ (MM)	PESO RETENIDO (G)	MATERIAL RETENIDO %	PASA %	NORMA 330 - BG - 1	
				INFERIOR	SUPERIOR
75,000	0	0	100,0	100	100
62,5	0	0	100,0	100	100
50,000	0	0	100,0	100	100
37,500	0	0	100,0	70	95
25,000	276,7	11,5	88,5	60	90
19,000	273,5	11,39	88,6	50	85
9,500	372,3	15,51	84,5	40	70
4,750	816	34	66,0	25	55
2,000	251,9	10,49	89,5	15	40
0,420	267,9	11,16	88,8	6	25
0,074	160	6,66	93,3	2	15
	26,1	1,08			

Fuente: Extraída ficha #26.

Para la mezcla al 30% de PET – 70% sub base se observa que solo se cumple el límite en el tamiz de 25 mm. Ver Tabla 18.

Tabla 18: Granulometría proporción 70% sub-base – 30% PET.

TAMIZ (MM)	PESO RETENIDO (G)	MATERIAL RETENIDO %	PASA %	NORMA 330 - BG - 1	
				INFERIOR	SUPERIOR
75,000	0	0	100,0	100	100
62,5	0	0	100,0	100	100
50,000	0	0	100,0	100	100
37,500	0	0	100,0	70	95
25,000	275,8	10,6	89,4	60	90
19,000	248,2	9,54	90,5	50	85
9,500	513,2	19,73	80,3	40	70
4,750	856,9	32,95	67,1	25	55
2,000	259,9	9,99	90,0	15	40
0,420	270,1	10,38	89,6	6	25
0,074	194,1	7,46	92,5	2	15
	25,4	0,97			

Fuente: Extraído ficha #35.

Para la mezcla al 40% de PET – 60% sub base se observa que solo se cumplen los límites en el tamiz de 19 y 9,5 mm. Ver Tabla 19.

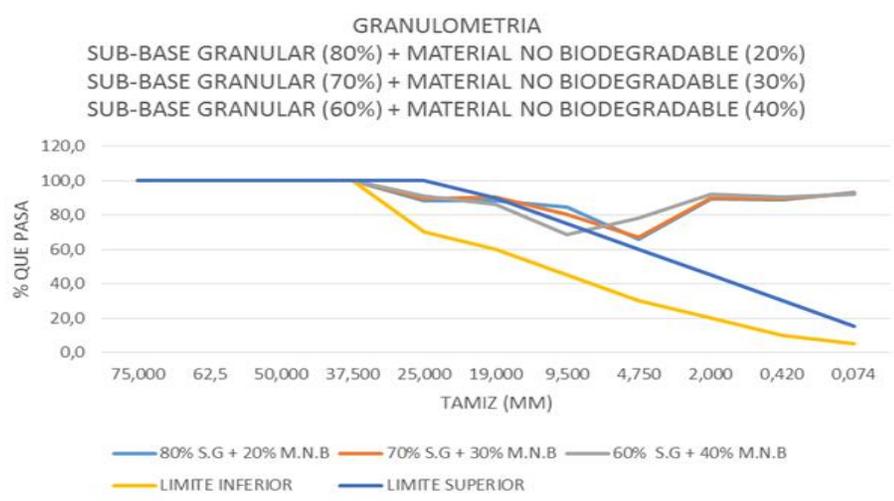
Tabla 19: Granulometría proporción 60% sub-base – 40% PET.

TAMIZ (MM)	PESO RETENIDO (G)	MATERIAL RETENIDO %	PASA %	NORMA 330 - BG - 1	
				INFERIOR	SUPERIOR
75,000	0	0	100,0	100	100
62,5	0	0	100,0	100	100
50,000	0	0	100,0	100	100
37,500	0	0	100,0	70	95
25,000	244,2	8,72	91,28	60	90
19,000	393,0	14,03	85,0	50	85
9,500	882,5	31,51	68,5	40	70
4,750	604,3	21,58	78,4	25	55
2,000	218,9	7,81	92,2	15	40
0,420	262,3	9,36	91,6	6	25
0,074	214,8	7,67	92,3	2	15
	26,2	0,93			

Fuente: Extraído ficha #44

De los resultados anteriores se puede notar que las tres granulometrías se encuentran en una escala muy similar con pequeñas variaciones en el % que pasa, ver Grafica 7, en esta se visualiza que la mezcla al 40% de PET presenta un comportamiento más cercano dentro de los límites sugeridos por la norma (I.N.V.E. ART 330-07).

Grafica 7: Granulometría sub-base granular (80%) + material no biodegradable (20%) - sub-base granular (70%) + material no biodegradable (30%) - sub-base granular (60%) + material no biodegradable (40%).



Fuente: Extraído ficha #53.

10.5.2. Permeabilidad.

El flujo de fluidos a través de la mezcla Sub-base 80% material no biodegradable 20% es poco permeable según Tabla 6 de valores relativos (Terzaghi K. y Peck R., 1980.), ya que arrojó como resultado un (k) coeficiente de permeabilidad de 0,00068 cm/seg, ver Ilustración 3.

Ilustración 3: Valores ensayo de permeabilidad.

LECTURA 1	12"	LECTURA 6	12"43			
LECTURA 2	12"35	LECTURA 7	12"96			
LECTURA 3	12"57	LECTURA 8	12"05			
LECTURA 4	11"77	LECTURA 9	12"24			
LECTURA 5	11"93	LECTURA 10	12"11			
TIEMPO PROMEDIO		12"32				
DIAMETRO DE LA PROBETA		D				
AREA DE LA PROBETA		A				
LONGITUD DE LA PROBETA		L				
TIEMPO DE ENSAYO		T				
VOL. DE AGUA		V				
DIFERENCIA DE NIVEL		H				
D (cm)	A (cm²)	L (cm)	T (seg)	V (cm³)	H (cm)	K (cm/seg)
6,5	33,18	13	12"32	150	70	0,00068

Fuente: Extraída de la ficha #28.

En el caso del ensayo sub-base 70% - material no biodegradable 30% el flujo de fluidos también es poco permeable según Tabla 6 de valores relativos (Terzaghi K. y Peck R., 1980.) con un (k) de 0,00068 cm/seg, ver Ilustración 4.

Ilustración 4: Valores ensayo de permeabilidad.

		PESO (G)	%				
SUB-BASE GRANULAR		665	70				
MATERIAL NO BIODEGRADABLE		284	30				
LECTURA 1	10"89		LECTURA 6	10"84			
LECTURA 2	11"28		LECTURA 7	11"32			
LECTURA 3	11"21		LECTURA 8	11"18			
LECTURA 4	11"24		LECTURA 9	10"82			
LECTURA 5	10"95		LECTURA 10	11"02			
TIEMPO PROMEDIO		11"23					
DIAMETRO DE LA PROBETA		D					
AREA DE LA PROBETA		A					
LONGITUD DE LA PROBETA		L					
TIEMPO DE ENSAYO		T					
VOL. DE AGUA		V					
DIFERENCIA DE NIVEL		H					
D (cm)	A (cm2)	L (cm)	T (seg)	V (cm3)	H (cm)	K (cm/seg)	
6,5	33,18	13	11"23	150	70	0,000747	

Fuente: Extraída de la ficha #37.

Para la mezcla sub-base 60% - material no biodegradable 40% el flujo de fluidos es moderadamente permeable según Tabla 6 de valores relativos (Terzaghi K. y Peck R., 1980.) con un (k) de 0,001013 cm/seg. ver Ilustración 5.

Ilustración 5: Valores ensayo de permeabilidad.

		PESO (G)	%			
SUB-BASE GRANULAR		570	60			
MATERIAL NO BIODEGRADABLE		379	40			
LECTURA 1	8"30	LECTURA 6	8"27			
LECTURA 2	8"49	LECTURA 7	8"32			
LECTURA 3	8"25	LECTURA 8	8"18			
LECTURA 4	8"11	LECTURA 9	8"52			
LECTURA 5	8"23	LECTURA 10	8"15			
TIEMPO PROMEDIO		8"28				
DIAMETRO DE LA PROBETA		D				
AREA DE LA PROBETA		A				
LONGITUD DE LA PROBETA		L				
TIEMPO DE ENSAYO		T				
VOL. DE AGUA		V				
DIFERENCIA DE NIVEL		H				
D (cm)	A (cm ²)	L (cm)	T (seg)	V (cm ³)	H (cm)	K (cm/seg)
6,5	33,18	13	8"28	150	70	0,001013

Fuente: Extraída de la ficha #46.

Se puede decir que son diversos los factores que determinan la permeabilidad del suelo, entre los cuales, los más significativos son los siguientes: granulometría (tamaño de grano y distribución granulométrica.) y la composición química del material (naturaleza mineralógica).

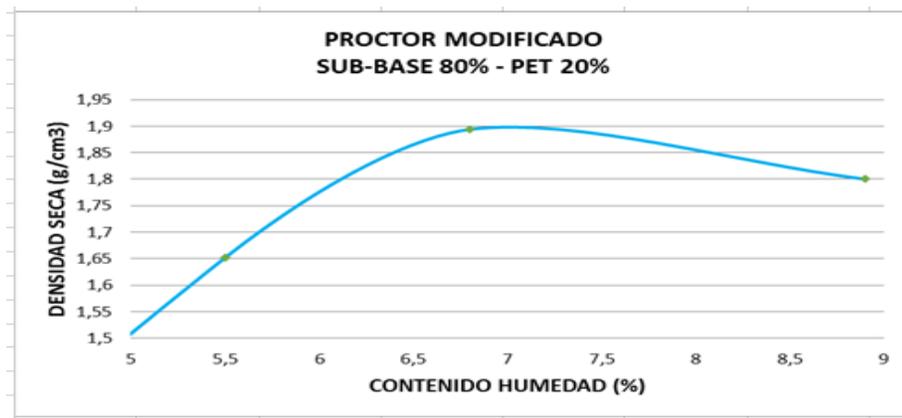
Se logró deducir de los anteriores ensayos de permeabilidad cabeza constante (I.N.V.E. 130 – 07) que el flujo de fluidos a través de la muestra es mucho mayor en la **mezcla 60% sub-base granular – 40% material no biodegradable** con un coeficiente de **permeabilidad (k) 0.001013 cm/seg** según **Tabla 6** de valores relativos (Terzaghi K. y Peck R., 1980.) lo que indica que, a menor tamaño de grano menor permeabilidad, a mejor gradación y tamaños semejantes mayor permeabilidad, entonces, mientras más permeable sea el suelo mayor será la filtración.

10.5.3. Proctor modificado:

- 80% sub-base granular – 20% material no biodegradable según **Ficha 27**, (ver **Grafica 8**).

DENSIDAD MAXIMA SECA (G/CM3)	1,894
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6,8

Grafica 8: Proctor modificado sub-base 80% - PET 20%.

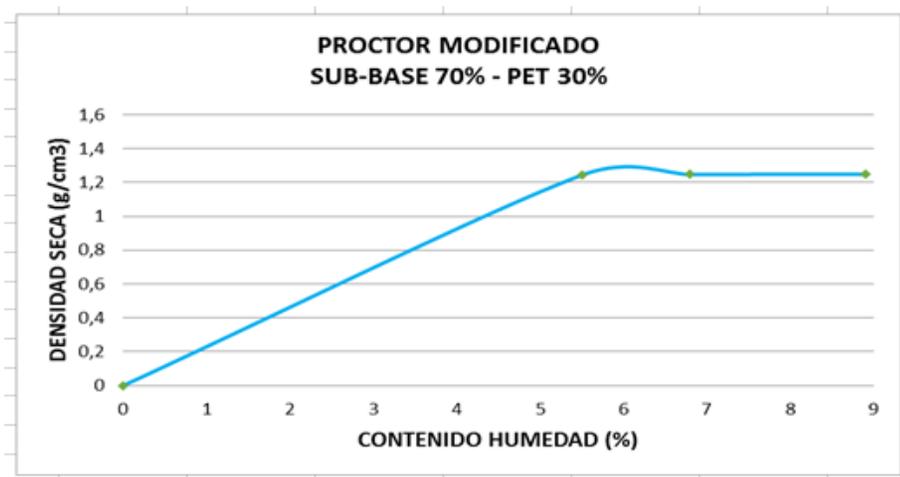


Fuente: Extraída de la ficha #27.

- 70% sub-base granular – 30% material no biodegradable según *Ficha 36*, (ver Grafica 9).

DENSIDAD MAXIMA SECA (G/CM3)	1,248
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8,9

Grafica 9: Proctor modificado sub-base 70% - PET 30%.

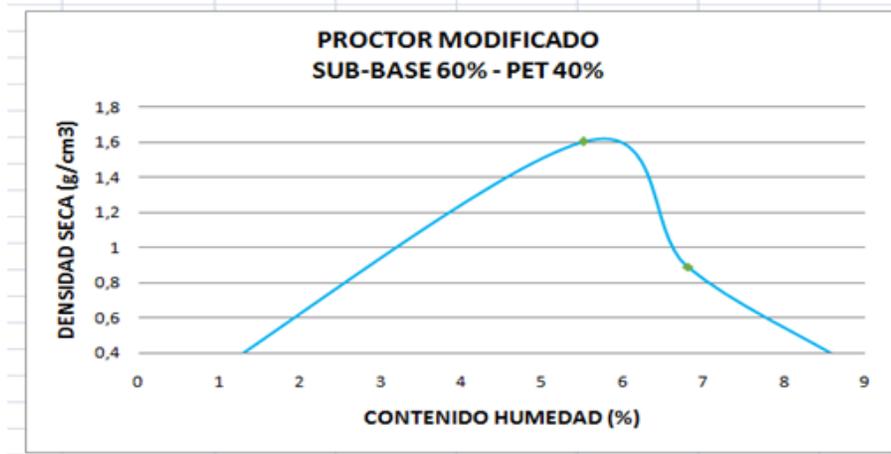


Fuente: Extraída de la ficha #36.

- 60% sub-base granular – 40% material no biodegradable según *Ficha 45*, (ver Grafica 10).

DENSIDAD MAXIMA SECA (G/CM3)	1,6
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5,5

Grafica 10: Proctor modificado sub-base 60% - PET 40%.



Fuente: Extraída de la ficha #45.

El análisis de los resultados de los ensayos Proctor modificado (I.N.V.E.- 142) para la determinación de la humedad y la masa unitaria ideal para continuar la investigación entrega un resultado de 6,8 % en cuanto a la humedad y de 1,849 g/cm³ para la densidad máxima seca; datos obtenidos de la muestra 80% sub-base granular + 20% material no biodegradable. (Grafica 8).

10.6. Resultados CBR relación de soporte del suelo en laboratorio.

10.6.1. Resultados relación de soporte del suelo en laboratorio CBR subbase granular.

Tabla 20: Relación de soporte del suelo en el laboratorio CBR Sub-base Granular (12 Golpes).

PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm ²	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	28,5	2,79
5.08	10,3	52	5,10
CBR EN 0,1"	40,51%		
CBR EN 0,2"	49,51%		

Fuente: Extraída de la ficha #22.

Tabla 21: Relación de soporte del suelo en el laboratorio CBR Sub-base Granular (25 Golpes).

PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm ²	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	34	3,33
5.08	10,3	67	6,57
CBR EN 0,1"	48,32%		
CBR EN 0,2"	63,79%		

Fuente: Extraída de la ficha #23.

Tabla 22: Relación de soporte del suelo en el laboratorio CBR Sub-base Granular (56 Golpes).

PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm ²	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	61	5,98
5.08	10,3	120	11,77
CBR EN 0,1"	86,70%		
CBR EN 0,2"	114,25%		

Fuente: Extraída de la ficha #24.

- Se obtiene el rango máximo de relación de soporte a la sub-base granular en la muestra a 56 golpes con valores de 86,70% a una penetración de 0,1" y de 114,25% a una penetración de 0,2". Ver **Tabla 22**. Según, **Tabla 5** de valores referenciales de CBR, usos y suelos; la clasificación general dice que es excelente y su uso puede ser como base.

**10.6.2. Resultados relación de soporte del suelo en laboratorio
CBR subbase granular + material no biodegradable.**

10.6.3. Resultado CBR 80 % sub base – 20 % PET.

Tabla 23: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 12 golpes.

PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	2,2	0,22
5.08	10,3	3,75	0,37
CBR EN 0,1"	3,13%		
CBR EN 0,2"	3,57%		

Fuente: Extraído de la ficha #29.

Tabla 24: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 25 golpes.

Gráfica. Curva Estuerzo -Penetración (CBR Sub-base 25 Golpes)

PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	4,3	0,42
5.08	10,3	7,5	0,74
CBR EN 0,1"	6,11%		
CBR EN 0,2"	7,14%		

Fuente: Extraído de la ficha #30.

Tabla 25: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 56 golpes

Gráfica. Curva Estuerzo -Penetración (CBR Sub-base 56 Golpes)

PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	6,2	0,61
5.08	10,3	11,2	1,10
CBR EN 0,1"	8,81%		
CBR EN 0,2"	10,66%		

Fuente: Extraído de la ficha #31.

Se obtuvo el rango máximo de relación de soporte a la sub-base granular + material no biodegradable en la muestra a 56 golpes con valores de 8,81% a una penetración de 0,1" y de 10,66% a una penetración de 0,2". ver **Tabla 25**. Según, **Tabla 5** de valores referenciales de CBR, usos y suelos; la clasificación general dice que es regular y su uso podrá ser como sub base.

10.6.4. Resultado CBR 70 % sub base – 30 % PET.

Tabla 26: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 12 golpes.

PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES DE ENSAYO CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	1,98	0,19
5.08	10,3	3,5	0,34
CBR EN 0,1"	2,81%		
CBR EN 0,2"	3,33%		

Fuente: Extraída de la ficha #38.

Tabla 27: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 25 golpes.

PENETRACION	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	4,1	0,40
5.08	10,3	7,5	0,74
CBR EN 0,1"	5,83%		
CBR EN 0,2"	7,14%		

Fuente: Extraída de la ficha #39.

Tabla 28: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 56 golpes.

PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	6,1	0,60
5.08	10,3	11,1	1,09
CBR EN 0,1"	8,67%		
CBR EN 0,2"	10,57%		

Fuente: Extraída de la ficha #40.

Se obtuvo el rango máximo de relación de soporte a la sub-base granular + material no biodegradable en la muestra a 56 golpes con valores de 8,67% a una penetración de 0,1" y de 10,57% a una penetración de 0,2". Ver **Tabla 28**. Según, **Tabla 5** de valores referenciales de CBR, usos y suelos; la clasificación general dice que es regular y su uso podrá ser como sub base.

10.6.5. Resultado CBR 60 % sub base – 40 % PET.

Tabla 29: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 12 golpes.

PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	2,2	0,22
5.08	10,3	3,8	0,37
CBR EN 0,1"	3,13%		
CBR EN 0,2"	3,62%		

Fuente: Extraída de la ficha #47.

Tabla 30: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 25 golpes.

PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	4,4	0,43
5.08	10,3	7,6	0,75
CBR EN 0,1"	6,25%		
CBR EN 0,2"	7,24%		

Fuente: Extraída de la ficha #48.

Tabla 31: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 56 golpes.

PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	6,4	0,63
5.08	10,3	11,2	1,10
CBR EN 0,1"	9,10%		
CBR EN 0,2"	10,66%		

Fuente: Extraída de la ficha #49.

- Se obtuvo el rango máximo de relación de soporte a la sub-base granular + material no biodegradable en la muestra a 56 golpes con valores de 9,10% a una penetración de 0,1" y de 10,66% a una penetración de 0,2". Ver Tabla 31. Según, **Tabla 5** de valores referenciales de CBR, usos y suelos; la clasificación general dice que es regular y su uso podrá ser como sub base. Se aprecia que la resistencia de la sub-base granular al ser mezclada con el material no biodegradable en frio disminuye apreciadamente las propiedades de relación de soporte dejando la mezcla en un rango de material apto para sub-base.

10.7. Proporción ideal CBR.

10.7.1. En frio.

Este método de prueba relación de soporte del suelo CBR en frio (I.N.V.E. 148 – 07) empleado para evaluar la resistencia potencial de materiales, en la proporción 60 % sub-base granular y 40% material no biodegradable para el empleo en carreteras arrojó resultados que reúnen las condiciones necesarias u óptimas según la norma INVIAS siendo los valores más destacados en las tres posibilidades de proporciones propuestas durante la investigación.

CBR EN 0,1"	3,13%
CBR EN 0,2"	3,62%

12 golpes

CBR EN 0,1"	6,25%
CBR EN 0,2"	7,24%

25 golpes

CBR EN 0,1"	9,10%
CBR EN 0,2"	10,66%

56 golpes

10.7.2. En caliente.

Al ejecutar el ensayo de CBR en laboratorio según norma (I.N.V.E – 148 – 07) con fines de determinar capacidad de soporte de mejoramiento de los diferentes materiales en este caso sub-base granular y material no biodegradable, propiedades expansivas de la mezcla y determinación de la resistencia a la penetración en sus diferentes tipos de porcentajes, se lograron obtener resultados muy positivos al practicar el ensayo paso a paso según normativa incrementando una nueva técnica la cual es en caliente es decir el procedimiento según la norma pero a temperaturas altas desde 250° C hasta 280° C arrojando los siguientes resultados:

- Resultado CBR en caliente 80 % sub base – 20 % PET.

Tabla 32: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 12 golpes en caliente.

PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,00
0	0,000	0	0,00	0,00
0	0,000	34,47	3514,82	181,93

CBR EN 0,1"	100,00%
CBR EN 0,2"	100,00%

Fuente: Extraída de la ficha #32.

Tabla 33: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 25 golpes en caliente.

PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,00
0	0,000	0	0,00	0,00
0	0,000	34,62	3530,12	182,72

CBR EN 0,1"	100,00%
CBR EN 0,2"	100,00%

Fuente: Extraída de la ficha #33.

Tabla 34: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 56 golpes en caliente. Fuente: Extraída de la ficha #34.

PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,00
0	0,000	0	0,00	0,00
0,000	0,000	34,9	3558,67	184,20

CBR EN 0,1"	100,00%
CBR EN 0,2"	100,00%

- Resultado CBR en caliente 70 % sub base – 30 % PET.

Tabla 35: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 12 golpes en caliente.

PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,0000
0	0,000	0	0,00	0,0000
0	0,000	34,72	3540,31	183,2461

CBR EN 0,1"	100,00%
CBR EN 0,2"	100,00%

Fuente: Extraída de la ficha #41.

Tabla 36: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 25 golpes en caliente.

PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,00
0	0,000	0	0,00	0,00
0	0,000	35,07	3576,00	185,09

CBR EN 0,1"	100,00%
CBR EN 0,2"	100,00%

Fuente: Extraída de la ficha #42.

Tabla 37: Tabla 36. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 56 golpes en caliente.

PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,00
0	0,000	0	0,00	0,00
0,000	0,000	35,58	3628,01	187,78

CBR EN 0,1"	100,00%
CBR EN 0,2"	100,00%

Fuente: Extraída de la ficha #43.

- Resultado CBR en caliente 60 % sub base – 40 % PET.

Tabla 38: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 12 golpes en caliente.

PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,00
0	0,000	0	0,00	0,00
0	0,000	35,07	3576,00	185,09

CBR EN 0,1"	100,00%
CBR EN 0,2"	100,00%

Fuente: Extraída de la ficha #50.

Tabla 39: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 25 golpes en caliente.

PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,00
0	0,000	0	0,00	0,00
0	0,000	35,29	3598,44	186,25

CBR EN 0,1"	100,00%
CBR EN 0,2"	100,00%

Fuente: Extraída de la ficha #51.

Tabla 40: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 56 golpes en caliente.

PENETRACION		CARGA		ESFUERZO
MM	PULG	KN	Kgf	Kg/cm2
0,00	0,00	0	0,00	0,00
0	0,000	0	0,00	0,00
0,000	0,000	35,48	3617,81	187,26

CBR EN 0,1"	100,00%
CBR EN 0,2"	100,00%

Fuente: Extraída de la ficha #52.

Se logró apreciar que el esfuerzo más alto se da en la mezcla de 60% sub-base más 40% material no biodegradable a 56 golpes con un valor de 187,26 Kg/m² y en la mezcla 70% sub-base más 30% material no biodegradable con un esfuerzo de 187,78 Kg/m² a 56 golpes logrando alcanzar valores de CBR de un 100% ya que la prensa utilizada para forzar la penetración del pistón en el espécimen con las sobrecargas precisas no alcanzo ningún punto de profundidad, aunque los esfuerzos mayores se presentaron en las mezclas anteriormente mencionadas se puede afirmar que en cada una de las pruebas realizadas a diferentes proporciones y diferentes golpes se logró obtener un CBR de 100% ya que el comportamiento del espécimen al ser sometido a la prensa fue similar en cada prueba, esto se presenta porque se combina el tamaño de los materiales alcanzando resultados óptimos al practicar el ensayo en caliente.

11. TABLAS RESUMEN DE RESULTADOS.

Tabla 41: Resultados de la gradación de los materiales.

GRADACIÓN										
GRANULOMETRÍA I.N.V.E 330										
SUB-BASE										
TAMIZ (MM)										
75	62,5	50	37,5	25	19	9,5	4,75	2	0,42	0,074
% QUE PASA										
100	100	100	100	100	95,1	69,2	56	34,8	13,2	5,9
PET										
TAMIZ (MM)										
37,5	25,4	19	12,5	9,75	4,75	2,38	1,19	0,60	0,425	0,150
% QUE PASA										
100	65,63	63,66	61,90	60,08	41,11	9,95	4,92	3,63	1,76	1,66
80% SUB-BASE - 20% MATERIAL NO BIODEGRADABLE										
TAMIZ (MM)										
75	62,5	50	37,5	25	19	9,5	4,75	2	0,42	0,074
% QUE PASA										
100	100	100	100	88,5	88,6	84,5	66	89,5	88,8	93,34
70% SUB-BASE - 30% MATERIAL NO BIODEGRADABLE										
TAMIZ (MM)										
75	62,5	50	37,5	25	19	9,5	4,75	2	0,42	0,074
% QUE PASA										
100	100	100	100	89,4	90,5	80,3	67,1	90	89,6	92,5
60% SUB-BASE - 40% MATERIAL NO BIODEGRADABLE										
TAMIZ (MM)										
75	62,5	50	37,5	25	19	9,5	4,75	2	0,42	0,074
% QUE PASA										
100	100	100	100	91,28	86	68,5	78,4	92,2	90,6	92,3

Fuente: Propia.

Tabla 42: (A) Resultados de los ensayos aplicados a los materiales.

CARACTERISTICA	NORMA DE ENSAYO INV	RESULTADO
DUREZA		
Desgaste en la maquina de los angeles (sub-base)	E - 218	23%
Degradacion por abrasion en el equipo	E - 238	12,60%
Micro-Deval (sub-base)		
DURABILIDAD		
Perdidas en ensayo de solidez en sulfato de sodio (Na) (sub-base)	E - 220	2%
Perdidas en ensayo de solidez en sulfato de Magnesio (Mg) (sub-base)	E - 220	4,30%
LIMPIEZA		
Limite liquido (sub-base)	E - 125	20,79%
Indice de plasticidad (sub-base)	E - 125 Y E- 126	5,77%
GEOMETRIA DE LAS PARTICULAS		
Indice de aplanamiento (sub-base)	E - 230	26,40%
Indice de alargamiento (sub-base)	E - 230	37,45%
RELACION DE SOPORTE		
Proctor modificado		
sub-base	E - 142	
Densidad max seca		2,223 g/cm3
Contenido de humedad		6,80%
80 % sub-base - 20% material no biodegradable		
Densidad max seca		1,894 g/cm3
Contenido de humedad		6,80%
70 % sub-base - 30% material no biodegradable		
Densidad max seca		1,248 g/cm3
Contenido de humedad		8,90%
60 % sub-base - 40% material no biodegradable		
Densidad max seca		1,6 g/cm3
Contenido de humedad		5,50%
CAPACIDAD DE FILTRAR		
Permeabilidad (cabeza constante)		
80 % sub-base - 20% material no biodegradable	E - 130	
Permeabilidad (k)		0,00068 cm/seg
70 % sub-base - 30% material no biodegradable		
Permeabilidad (k)		0,000747 cm/seg
60 % sub-base - 40% material no biodegradable		
Permeabilidad (k)		0,001013 cm/seg

Fuente: Propia.

Tabla 43: (B) Resultados de los ensayos aplicados a los materiales.

CARACTERISTICA	NORMA DE ENSAYO INV	RESULTADO
RESISTENCIA DEL MATERIAL		
Relacion de soporte del suelo CBR		
sub-base		
CBR 0,1" (12 Golpes)		40,51%
CBR 0,2" (12 Golpes)		49,51%
CBR 0,1" (25 Golpes)		48,32%
CBR 0,2" (25 Golpes)		63,79%
CBR 0,1" (56 Golpes)		86,70%
CBR 0,2" (56 Golpes)		114,25%
80 % sub-base - 20% material no biodegradable		
CBR en 0,1" (12 Golpes)		3,13%
CBR en 0,2" (12 Golpes)		3,57%
CBR en 0,1" (25 Golpes)		6,11%
CBR en 0,2" (25 Golpes)		7,14%
CBR en 0,1" (56 Golpes)		8,81%
CBR en 0,2" (56 Golpes)		10,66%
70 % sub-base - 30% material no biodegradable		
CBR en 0,1" (12 Golpes)		2,81%
CBR en 0,2" (12 Golpes)		3,33%
CBR en 0,1" (25 Golpes)		5,83%
CBR en 0,2" (25 Golpes)		7,14%
CBR en 0,1" (56 Golpes)		8,67%
CBR en 0,2" (56 Golpes)		10,57%
60 % sub-base - 40% material no biodegradable		
CBR en 0,1" (12 Golpes)		3,13%
CBR en 0,2" (12 Golpes)		3,62%
CBR en 0,1" (25 Golpes)		6,25%
CBR en 0,2" (25 Golpes)		7,24%
CBR en 0,1" (56 Golpes)		9,10%
CBR en 0,2" (56 Golpes)		10,66%

Fuente: Propia.

Tabla 44: (C) Resultados de los ensayos aplicados a los materiales.

CARACTERISTICA	NORMA DE ENSAYO INV	RESULTADO	
RESISTENCIA DEL MATERIAL. EN CALIENTE			
Relacion de soporte del suelo CBR.			
80 % sub-base - 20% material no biodegradable			
CBR en 0,1" (12 Golpes)	E - 148	100,00%	
CBR en 0,2" (12 Golpes)		100,00%	
CBR en 0,1" (25 Golpes)		100,00%	
CBR en 0,2" (25 Golpes)		100,00%	
CBR en 0,1" (56 Golpes)		100,00%	
CBR en 0,2" (56 Golpes)		100,00%	
70 % sub-base - 30% material no biodegradable			
CBR en 0,1" (12 Golpes)		100,00%	
CBR en 0,2" (12 Golpes)		100,00%	
CBR en 0,1" (25 Golpes)		100,00%	
CBR en 0,2" (25 Golpes)		100,00%	
CBR en 0,1" (56 Golpes)		100,00%	
CBR en 0,2" (56 Golpes)		100,00%	
60 % sub-base - 40% material no biodegradable			
CBR en 0,1" (12 Golpes)	100,00%		
CBR en 0,2" (12 Golpes)	100,00%		
CBR en 0,1" (25 Golpes)	100,00%		
CBR en 0,2" (25 Golpes)	100,00%		
CBR en 0,1" (56 Golpes)	100,00%		
CBR en 0,2" (56 Golpes)	100,00%		

Fuente: Propia.

12. CONCLUSIONES

Por medio de ensayos se realizaron pruebas para el mejoramiento de la sub-base con material no biodegradable como el Polietileno y el Polipropileno donde se evaluó su comportamiento como complemento en la granulometría de la subbase y de los que se obtuvieron resultados gratificantes y esperados para la investigación como el caso del ensayo Proctor donde se nota la disminución en la densidad máxima comparada entre la subbase y la mezcla lo que indica un gasto menor en la cantidad de material por unidad de volumen.

Se realizó un ensayo a Compresión y el cilindro al ser fallado en la máquina de deformaciones entrega el valor que la mezcla subbase/PET pudo resistir *13,66 Mpa o 204,88 KN (Ver Foto 19)* hasta su punto de falla comparado con 24,63 KN (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) como mejor CBR obtenido de la subbase con lo que determina que la subbase granular se mejora en un 800% más resistente su capacidad de soporte.

Al evaluar el comportamiento de CBR en las diferentes proporciones (20, 30 y 40%) con tratamiento tanto en frío como en calor podemos decir que en el valor de resistencia obtenido se aprecia que la mezcla tiene una característica resistente similar al de concreto simple con lo que se debe apreciar a mayor detenimiento la posible aplicación en diferentes áreas de la construcción.

Se sugiere la mezcla 30% PET y 70% SUBBASE en caliente para reforzar las estructuras en los pavimentos rígidos o flexible, debido que en análisis visual la muestra tiene una mejor consolidación y presentación.

Se sugiere la mezcla 40% PET y 60% SUBBASE en caliente por medio de una investigación más detallada y ser implementada en dos opciones la primera en la capa de rodadura en pavimentos estructurados los cuales son más utilizados en vías terciarias mejorando calidad de vida de mucha población al tener un mejor acceso y una segunda opción como placas para andenes y pisos de parques o plazoletas teniendo en cuenta que las mezclas también proporcionan color dependiendo la característica del material reciclado.

Con esta propuesta investigativa se mitiga en gran manera aspectos ambientales como explotación de montañas y cuencas de ríos, se reduce el factor contaminante causado por los plásticos teniendo en cuenta que cerca del 100% de los PET y PP son reciclables para implementar la mezcla lo que significa una gran reducción de objetos contaminantes que se disponen en rellenos sanitarios.

13. GLOSARIO

Aditivos: agregados que modifican las características.

Agente patógeno: es todo aquello que puede producir enfermedad o daño a la biología de un huésped, sea humano, animal o vegetal.

Agregados: Son las arenas, gravas naturales y piedra triturada utilizadas para formar la mezcla que da origen al concreto, los agregados constituyen cerca del 75% de esta mezcla.

Aluvial: Son suelos de origen fluvial, poco evolucionados, aunque profundos. Aparecen en las vegas de los principales ríos.

ANDI: Asociación Nacional de Industriales, el gremio económico más representativo de la plataforma productiva colombiana. Actualmente se denomina Asociación Nacional de Empresarios de Colombia.

Apique: Se lleva a cabo exploración directa del perfil del suelo mediante la excavación de trincheras de diferentes profundidades y geometrías.

Asfalto: Mineral negro de origen natural u obtenido artificialmente por destilación del petróleo.

Biodegradables: Que puede descomponerse en elementos químicos naturales por la acción de agentes biológicos, como el sol, el agua, las bacterias, las plantas o los animales.

Cal: Sustancia sólida amorfa, blanca y cáustica formada por óxido de calcio. Se obtiene calentando piedra caliza en hornos especiales llamados calderas. Al unirse con agua se hidrata, perdiendo sus propiedades cáusticas, de manera que forma la llamada cal «muerta» o «apagada»; mezclada con arena constituye la mayoría de morteros. Muy diluida en agua se emplea para blanquear. Asimismo, la «cal de Viena», cal viva dolomítica, se emplea para pulir metales.

Cantera: es una explotación minera, generalmente a cielo abierto, en la que se obtienen rocas industriales, ornamentales o áridas. Las canteras suelen ser explotaciones de pequeño tamaño, aunque el conjunto de ellas representa, probablemente, el mayor volumen de la minería mundial.

Capilaridad: Es una medida de la cantidad de agua que absorbe un mortero, y por tanto, de su impermeabilidad. Cuanto menor sea la capilaridad, mayor será la impermeabilidad.

Carbonatación: es una reacción química en la que el hidróxido de calcio reacciona con el dióxido de carbono y forma carbonato cálcico insoluble.

CBR de suelo: mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada.

Cimentación: Colocación o construcción de los cimientos de un edificio u otra obra.

Cohesión: Es la cualidad por la cual las partículas del terreno se mantienen unidas en virtud de fuerzas internas, que dependen, entre otras cosas, del número de puntos de contacto que cada partícula tiene con sus vecinas. En consecuencia, la cohesión es mayor cuanto más finas son las partículas del terreno.

Coluvial: Que cubre el fondo de un valle, arrastrado hasta allí desde las vertientes. "los depósitos de materiales coluviales son característicos de los ríos intermitentes"

Compactación: Aumento de la densidad del suelo, ya sea en la superficie o más comúnmente en la profundidad, provocada por el deterioro gradual de los niveles de materias orgánicas y de actividad biológica en suelos cultivados y por las labores mecánicas del cultivo y tráfico de maquinarias.

Compatibilidad: Cuando dos productos de diferente naturaleza pueden unirse o coexistir sin reacción contraria de ninguna clase.

Compresibilidad: es una propiedad de la materia a la cual se debe que todos los cuerpos disminuyan de volumen al someterlos a una presión o compresión determinada manteniendo constantes otros parámetros.

Conglomerante: Material capaz de unir fragmentos de uno o varios materiales y dar cohesión al conjunto mediante transformaciones químicas en su masa que originan nuevos compuestos. Los conglomerantes son utilizados como medio de unión, formando pastas llamadas morteros o argamasas.

Emulsión asfáltica: Las emulsiones asfálticas son una mezcla de asfalto con emulsificantes que con el agua forman una emulsión estable que permite tender las carpetas asfálticas "en frío", es decir, a temperaturas menores a 100°C.

Erosión: es el desgaste o denudación de suelos y rocas que producen distintos procesos en la superficie de la Tierra.

Estabilización: Mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos.

Estratigrafía: es la rama de la geología que trata del estudio e interpretación de las rocas sedimentarias, metamórficas y volcánicas estratificadas, y de la identificación, descripción, secuencia, tanto vertical como horizontal, cartografía y correlación de las unidades estratificadas de rocas.

Explanada: Extensión de terreno llano o que ha sido allanado.

Extrapolación: método que consiste en suponer que el curso de los acontecimientos continuará en el futuro, convirtiéndose en las reglas que utilizan para llegar a una nueva conclusión.

Geomorfología: es una rama de la geografía física y de la geología que tiene como objeto el estudio de las formas de la superficie terrestre enfocado a describir, entender su génesis y su actual comportamiento.

Geotextil: Es una lámina permeable y flexible de fibras sintéticas, principalmente polipropileno y poliéster, las cuales se pueden fabricar de forma no tejida o tejida dependiendo de la resistencia y capacidad de filtración deseada.

Granulometría: Se denomina clasificación granulométrica o granulometría, a la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo.

Hidrocarburo: Son compuestos orgánicos formados únicamente por átomos de carbono e hidrógeno. La estructura molecular consiste en un armazón de átomos de carbono a los que se unen los átomos de hidrógeno. Los hidrocarburos son los compuestos básicos de la Química Orgánica.

Hormigón: Mezcla de aglomerante, arena y grava, cascote o canto rodado, amasado con agua. Existen múltiples tipos de hormigones. Apisonado: el amasado con poca agua. Armado: el que está reforzado con armaduras internas de hierro. Colado: el que por su consistencia fluida puede correr por canales inclinados, siendo especialmente usado en obras de gran masa. De escoria: formado por cemento portland y escorias de coque. Hidráulico: aquél cuya cal es

hidráulica. De pómez: hormigón de gran ligereza, formado por cemento y piedra pómez, apto para forjados y rellenos livianos.

Impermeabilizantes: son sustancias o compuestos químicos que tienen como objetivo detener el agua, impidiendo su paso, y son muy utilizados en el revestimiento de piezas y objetos que deben ser mantenidos secos. Funcionan eliminando o reduciendo la porosidad del material, llenando filtraciones y aislando la humedad del medio.

Límite Líquido: Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo.

Límite Plástico: Cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico.

Límite de retracción o contracción: Cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y se contrae al perder humedad.

Materiales Bituminosos: son sustancias de color negro, sólidas o viscosas, dúctiles, que se ablandan por el calor y comprenden aquellos cuyo origen son los crudos petrolíferos como también los obtenidos por la destilación destructiva de sustancias de origen carbonoso.

Materiales pétreos: pétreo es aquel material proveniente de la roca, piedra o peñasco; regularmente se encuentran en forma de bloques, losetas o fragmentos de distintos tamaños, esto principalmente en la naturaleza, aunque de igual modo existen otros que son procesados.

Mineralogía: Ciencia que estudia las propiedades físicas de los minerales, sus componentes químicos y sus características simétricas.

Mortero: Mezcla de diversos materiales, como cal o cemento, arena y agua, que se usa en la construcción para fijar ladrillos y cubrir paredes.

Nivel Freático: corresponde al nivel superior de una capa freática o de un acuífero en general. A menudo, en este nivel la presión de agua del acuífero es igual a la presión atmosférica.

Pavimento: Capa lisa, dura y resistente de asfalto, cemento, madera, adoquines u otros materiales con que se recubre el suelo para que esté firme y llano.

Permeabilidad: Es la capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material

es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable si la cantidad de fluido es despreciable.

Pistón: Su función principal es la de constituir la pared móvil de la cámara de combustión, transmitiendo la energía de los gases de la combustión a la biela mediante un movimiento alternativo dentro del cilindro.

Plasticidad: Propiedad de aquello que puede cambiar de forma y conservarla de modo permanente.

Poliestireno: Resina sintética que se emplea principalmente en la fabricación de lentes plásticas y aislantes térmicos y eléctricos.

Polietileno: es químicamente el polímero más simple. Se representa con su unidad repetitiva $(CH_2-CH_2)_n$. Es uno de los plásticos más comunes debido a su bajo precio y simplicidad en su fabricación, lo que genera una producción de aproximadamente 60 millones de toneladas anuales alrededor del mundo.

Rotura: Separación de un cuerpo en trozos, de forma más o menos violenta, o producción de grietas o agujeros en el mismo.

Salubridad: Característica o cualidad de lo que no es perjudicial para la salud.

Segregación: Consiste en la separación de los materiales de la mezcla de hormigón, se presenta en dos formas:

1. Separación entre agregados gruesos y finos.-Ya sean porque se amontonan o porque se van al fondo de los elementos por la acción de la gravedad, esto produce lo que se llama cangrejas, generalmente se presentan porque las mezclas están muy secas.

2. Por la separación entre la pasta y los agregados.- En este caso se presenta por el exceso de humedad.

Subbase granular: De acuerdo con el artículo INVIAS 320-07 “se denomina subbase granular a la capa granular localizada entre la subrasante y la base granular en los pavimentos asfálticos o la que sirve de soporte a los pavimentos de concreto hidráulico, sin perjuicio de que los documentos del proyecto le señalen otra utilización”. En las especificaciones IDRDR, además de los usos mencionados se usa como material de soporte de sardineles y bordillos y de otros elementos que no estarán sometidos a tráfico vehicular, tales como escaleras; también se utiliza como capa subyacente a la capa de base granular en pavimentos con adoquines.

Suelos colapsables: Muchos de los fenómenos que determinan el comportamiento de los suelos son complejos y no pueden siempre reducirse a causas puramente mecánicas, sino que muchas veces intervienen factores de otra índole (químicos, ambientales, etc.), provocando un comportamiento singular del terreno. En algunos suelos, estos factores "no mecánicos" tienen una importancia capital y son objeto de un estudio particular. Dicho grupo de suelos es conocido genéricamente como "suelos estructuralmente inestables". Uno de los principales fenómenos que afectan a algunos de estos suelos es el colapso brusco de su estructura inter-granular, denominándose a los suelos que presentan estas características: suelos colapsables. En estas notas se analizarán exclusivamente aquellos suelos en los cuales el colapso es provocado por humedecimiento.

Suelos expansivos: Suelos que al ser humedecidos sufren una expansión que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos.

Talud: Inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes.

Tamizar: Pasar una cosa por el tamiz para separar las partes finas de las gruesas.

Terraplén: En Ingeniería Civil se denomina terraplén a la tierra con que se rellena un terreno para levantar su nivel y formar un plano de apoyo adecuado para hacer una obra.

Vertedero: Son aquellos lugares donde se deposita finalmente la basura. Pueden ser oficiales o clandestinos.

Zonificación: en sentido amplio, indica la división de un área geográfica en sectores homogéneos conforme a ciertos criterios. Por ejemplo: capacidad productiva, tipo de construcciones permitidas, intensidad de una amenaza, grado de riesgo, etc.

14. BIBLIOGRAFÍA

- SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. Memorias 1° Simposio de Materiales Poliméricos, Revista informador Técnico Vol. 79. Colombia. Diciembre del 2015. Disponible en:
revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/issue/download/35/10
- RECICLAJE TERMO - MECÁNICO DEL POLIESTIRENO, Estrategia de mitigación del impacto ambiental en rellenos sanitarios. Manizales, Colombia 2013.
- CONCEJO COLOMBIANO DE SEGURIDAD. Informe de emergencias anual 2014. Disponible en:
http://ccs.org.co/salaprensa/index.php?option=com_content&view=article&id=553:ambiental&catid=313:boletines-junio-2015&Itemid=849
- LÓPEZ, MIGUEL. Distribución del conglomerante en obras de estabilización o reciclado: vía seca y vía húmeda. Madrid España. 2013. Disponible en:
<http://www.anter.es/ACTUALIZACIONES/charlas/charla-distribucion.pdf>.
- MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES Bogotá D.C., Colombia. (En línea)
http://file:///C:/Users/Jonathan%20Lucki/Downloads/MANUAL_BUENAS_PRATICAS_AMBIENTALES__VERSIN2.pdf. (Citado Marzo de 2011).
- MECÁNICA DE MATERIALES PARA PAVIMENTOS. Publicación Técnica No 197 México. (2002) (En Línea)
<http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt197.pdf>.
- T.W. Lambe, R.V. Whitman. Mecánica de suelos. Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA) Segunda Edición Madrid, España. 1997
- MARTÍNEZ-Soto I.E.; MENDOZA-Escobedo C.J. Ing. Invest y tecnol: comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados. México: Julio 2006.
- JIMÉNEZ J.R.; AGRELA F.; AYUSO J.; LÓPEZ M. Estudio comparativo de los áridos reciclados de hormigón y mixtos como material para sub-bases de carreteras.. Madrid: 2011.
- VALDÉS Vidal Gonzalo.; REYES Ortiz Oscar Javier.; GONZALES Peñuela, Giovanni. Aplicación de los residuos de hormigón en materiales de construcción. Colombia: Junio 2011.
- MESELE Haile. Desempeño de estabilizadores de suelos no convencionales en la estabilización de materiales substancias para subgrado y subbase de carretera. 6 Feb. 2013.

- RODRÍGUEZ Rincon Edgar; RENDÓN Quintana Hugo Alexander; VÉLEZ Pinzon Diana Marcela; AGUIRRE Aguirre Leidy Carolina. Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase. Revista ingenierías universidad de Medellín. Medellín July/Dec. 2006.
- MORALES Diaz Edwin Rubén. Evaluación de la capacidad de soporte de subbases granulares tipo 3, con la adición de PVC reciclado a base de residuos de ropa industrial. Pontificia Universidad Católica Del Ecuador. Ecuador. 2016.
- RAMÍREZ Jiménez Lina Marcela. Pavimentos Con Polímeros Reciclados. Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Civil. Escuela De Ingeniería De Antioquia. Medellín. 2011.
- PÉREZ Collantes Roció del Carmen. Estabilización De Suelos Arcillosos Con Cenizas De Carbón Para Su Uso Como Subrasante Mejorada Y/O Sub Base De Pavimentos. Tesis Para Optar El Grado De Maestro En Ciencias Con Mención En Ingeniería Geotécnica. Universidad Nacional De Ingeniería Facultad De Ingeniería Civil Sección De Posgrado. Lima-Perú. 2012.
- VEGA Quiroz Mónica. Variación de la resistencia de una subbase granular debido a la variación del contenido de finos plásticos en granulometrías controladas. Universidad de Costa Rica. San José – Costa Rica. 2013.
- LOZANO Bocanegra E., RUIZ Ramos, J. M. & PÉREZ Alfonso J. C. Análisis del mejoramiento de un suelo de subrasante con un aditivo orgánico. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Bogotá. 2015.
- GUIO Vargas Edgar Iván; SÁNCHEZ Abril Héctor Mauricio. Mezclas asfálticas recicladas y su uso en capas granulares para pavimentos. Universidad Santo Tomas. Facultad de Ingeniería. Colombia.
- METAUTE Heredia Diana Milena; CASAS Orozco Daniel Mauricio. Desarrollo de una mezcla asfáltica utilizando residuos plásticos. Trabajo de Grado. Universidad Eafit. Escuela De Ingenierías. Medellín. 2009.
- REYES Fredy; TORRES Andrés. Efecto de las fibras de plástico en la flexión de estructuras de pavimento drenable. Pontifica Universidad Católica De Chile. Escuela de ingeniería. Chile. 2002.
- ZHANG Qiangqiang; YU Yikang; CHEN Weizhe; CHEN Tao; ZHOU Yanchao. Ciencia y Tecnología de las regiones frías, (Experimento al aire libre de planchas de grafito-PET flexibles emparedadas basadas en pavimento auto-nieve-descongelado). China febrero de 2016.
- GÜRÜ Metin; ÇUBUK M. Kürşat; ARSLAN Deniz; Farzanian Ali; BILICI İbrahim. Diario de materiales peligrosos, (Un enfoque para el uso de residuos de polietileno tereftalato (PET) como material de pavimento de la carretera).Turquía, Agosto de 2014.
- WAN Abdul Rahman, Wan Mohd Nazmi; ABDUL Wahab Achmad Fauzi. Ingeniería de Procedimientos, (Pavimento Verde utilizando Tereftalato de Polietileno Reciclado (PET) como Reemplazo de Agregado Fino Parcial en Asfalto Modificado). Kuantan, Pahang. 2013.

- T.W. Lambe, R.V. Whitman. Mecánica de suelos, (La formación de suelos. Estabilización bituminosa. Estabilización del suelo con cemento portland.). Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA) Segunda Edición Madrid, España. 1997.
- CORNISH ÁLVAREZ, María Laura. Universidad Iberoamericana. Departamento de diseño industrial. Libro el ABC de los Plásticos. Noviembre de 1997.
- POZO RODRÍGUEZ, Manuel. Geología Práctica: Introducción al reconocimiento de materiales y análisis de mapas. Pearson Educación. 2007.
- Margalef, (1992). Planeta Azul, Planeta Verde. Prensa científica. Barcelona, España.:
<http://www.unioviado.es/chely/CHELY/docencia/Lecciones/Suelos.%20Lec%206.pdf>. Septiembre 28 de 2014.
- ELECCIÓN Y DOSIFICACIÓN DEL CONGLOMERANTE EN ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.. Instituto tecnológico de Sonora. Obregón, Sonora (2011) Disponible en:http://biblioteca.itson.mx/dac_new/tesis/317_nunez_dagoberto.pdf
- T.W. Lambe, R.V. Whitman. Mecánica de suelos, (La formación de suelos. Estabilización bituminosa. Estabilización del suelo con cemento portland.). Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA) Segunda Edición. Madrid, España 1997.
- ASENTAMIENTOS Y ESFUERZOS VERTICALES EN SUELOS QUE SOPORTAN CARGAS VERTICALES DE DISTRIBUCIÓN ARBITRARIA. *Ingeniero Consultor, Calle 83 #45-29, Medellín-Colombia. *Profesor Generación 125-Años, Facultad de Minas, Universidad Nacional, Medellín-Colombia.
- ARTÍCULO 340 – 07 BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA.. INVIAS COLOMBIA 2007. Disponible en:ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_I NV-07/Especificaciones/Articulo340-07.pdf
- SÁNCHEZ SABOGAL, Fernando. Curso Básico de Diseño de Pavimentos: Modulo 7: Materiales Para Base Y Subbase. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá Colombia. 2009. Disponible en: http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%207.pdf
- .SÁNCHEZ SABOGAL, Fernando. Curso Básico de Diseño de Pavimentos: Modulo 7: Clasificación De Los Materiales Para Base Y Subbase. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá Colombia. 2009. Disponible en: http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%207.pdf

- SÁNCHEZ SABOGAL, Fernando. Curso Básico de Diseño de Pavimentos: Modulo 7: Caracterización De Los Agregados. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá Colombia. 2009. Disponible en: http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%207.pdf
- MEJÍA, Diego. Laboratorios de Ensayos: Ensayo De Compactación Proctor. 2015. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo_de_compactaci%C3%B3n_Proctor.
- CONSTRUMATICA, Meta-portal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción. Ensayo CBR. Disponible en: http://www.construmatica.com/construpedia/Ensayo_CBR
- BADILLO, Juárez. Mecánica de Suelos, Tomo I, Fundamentos de la Mecánica de Suelos, México, Editorial Limusa, PÁG.: 150-155 de 642
- SÁNCHEZ SABOGAL, Fernando. Curso Básico de Diseño de Pavimentos: Modulo 7: Materiales para bases y subbases. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá Colombia. 2009. Disponible en: http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%207.pdf
- REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE. TITULO H ESTUDIOS GEOTÉCNICOS. Disponible en: <http://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/8titulo-h-nsr-100.pdf>.
- INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INV.-330-07 BASE GRANULAR. 2007. Disponible en: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Especificaciones/Articulo330-07.pdf
- SÁNCHEZ SABOGAL, Fernando. Curso Básico de Diseño de Pavimentos: Modulo 7: Materiales para bases y subbases. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá Colombia. 2009. Disponible en: http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%207.pdf
- INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INV.-123-07 Análisis granulométrico de suelos por tamizado. Colombia. 2007. Disponible en: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas.
- INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INV.-125-07 Determinación del límite líquido de los suelos. Colombia. 2007. Disponible en: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas.
- INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INV.-126-07 Límite plástico e índice de plasticidad de suelos. Colombia. 2007. Disponible en:

- ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas.
- INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INV.-230-07 Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados para carreteras. Colombia. 2007. Disponible en: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas.
 - INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INV.-142-07 Relaciones de humedad – masa unitaria seca en los suelos (ensayo modificado de compactación). Colombia. 2007. Disponible en: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas.
 - INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INV.-218-07 Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1½") por medio de la máquina de los ángeles. Colombia. 2007. Disponible en: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas.
 - INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INV.-220-07 Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio I.N.V.E. Colombia. 2007. Disponible en: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas.
 - INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INV.-238-07 Determinación de la resistencia del agregado grueso al desgaste por abrasión utilizando el aparato micro-deval. Colombia. 2007. Disponible en: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas.
 - INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INV.-148-07 Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR de laboratorio). Colombia. 2007. Disponible en: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas.
 - INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INV.-130-07 Permeabilidad de suelos granulares (cabeza constante). 2007. Disponible en: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas.

15. ANEXOS. FICHAS DE ENSAYOS DE LABORATORIO.

15.1. Ensayos para identificación y características del suelo.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO		
CBR SUELO		
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07		
OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").	
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.	
OBRA:	Autopista Condina	
MATERIAL:	Suelo	
PROCEDENCIA:	Talud	
AREA MOLDE (CM2)	182,32	
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
ALT. MOLDE (CM)	16,4	
N. CAPAS	5	
N. GOLP X CAPA	12	
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
P.HUME + MOLDE (GR)	5246,00	5326,00
PESO MOLDE (GR)	2100,00	2100,00
PÉSO HUMEDO (GR)	3146,00	3226,00
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	2990,08
DENSIDAD H. (GR/CM3)	1,05	1,08

Ficha 1: Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo 12 golpes.

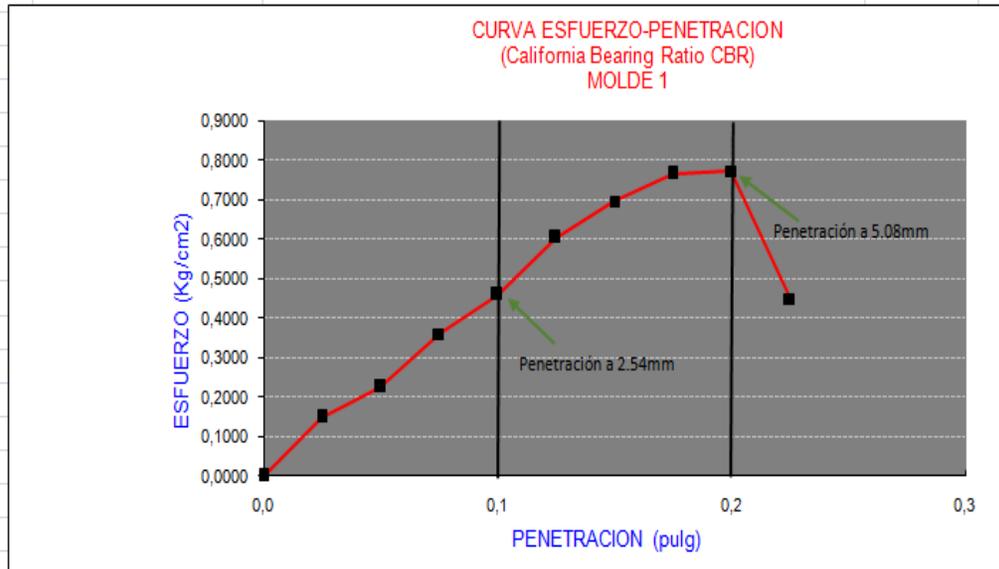
RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO: Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO: Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

CONT. HUMEDAD (%)	8,46%		
PENETRACION		CARGA	ESFUERZO
MM	PULG	Kgf	Kg/cm2
0,00	0,00	0,00	0,0000
0,04	0,025	2,90	0,1501
0,079	0,050	4,37	0,2262
0,118	0,075	6,97	0,3608
0,157	0,100	8,90	0,4607
0,197	0,125	11,73	0,6071
0,236	0,150	13,48	0,6977
0,315	0,175	14,86	0,7692
0,394	0,200	14,96	0,7743
0,472	0,225	8,70	0,4503



Gráfica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Suelo. 12 Golpes)

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO

CBR SUELO

(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO Mpa
0,1	70,31	0,4607	0,05
0,2	105,4	0,7743	0,08
CBR EN 0,1"	0,66%		
CBR EN 0,2"	0,73%		

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO		
CBR SUELO		
(25 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07		
		
OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").	
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.	
OBRA:	Autopista Condina	
MATERIAL:	Suelo	
PROCEDENCIA:	Talud	
AREA MOLDE (CM2)	182,32	
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
ALT. MOLDE (CM)	16,4	
N. CAPAS	5	
N. GOLP X CAPA	25	
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
P.HUME + MOLDE (GR)	5257,00	5343,00
PESO MOLDE (GR)	2100,00	2100,00
PÉSO HUMEDO (GR)	3157,00	3243,00
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	2990,08
DENSIDAD H. (GR/CM3)	1,06	1,08

Ficha 2: Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo 25 golpes. Pág. 1/3.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO
(25 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



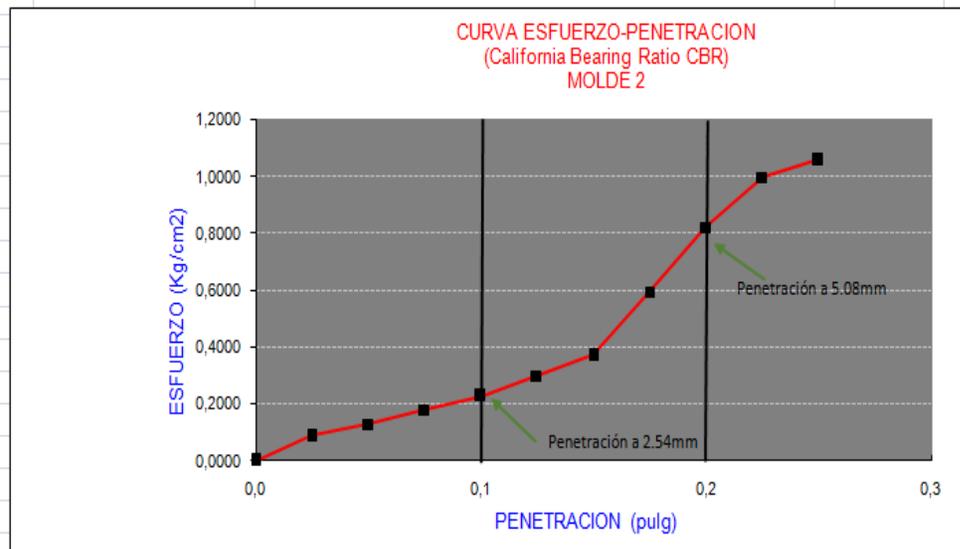
OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

CONT. HUMEDAD (%)	8,46%		
PENETRACION		CARGA	ESFUERZO
MM	PULG	Kgf	Kg/cm2
0,00	0,000	0,00	0,0000
0,64	0,025	1,70	0,0880
1,27	0,050	2,50	0,1294
1,91	0,075	3,50	0,1812
2,54	0,100	4,40	0,2277
3,18	0,125	5,80	0,3002
3,81	0,150	7,20	0,3727
4,45	0,175	11,50	0,5952
5,08	0,200	15,90	0,8230
5,72	0,225	19,30	0,9990
6,35	0,250	20,49	1,0606



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Suelo, 25 Golpes)

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO
(25 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO Mpa
0,1	70,31	0,2277	0,02
0,2	105,4	0,8230	0,08
CBR EN 0,1"	0,32%		
CBR EN 0,2"	0,78%		

FICHA 2. Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo 25 golpes. Pág. 3/3.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO		
CBR SUELO		
(56 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07		
		
OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").	
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.	
OBRA:	Autopista Condina	
MATERIAL:	Suelo	
PROCEDENCIA:	Talud	
AREA MOLDE (CM2)	182,32	
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
ALT. MOLDE (CM)	16,4	
N. CAPAS	5	
N. GOLF X CAPA	56	
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
P.HUME + MOLDE (GR)	5293,00	5383,00
PESO MOLDE (GR)	2100,00	2100,00
PÉSO HUMEDO (GR)	3193,00	3283,00
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	2990,08
DENSIDAD H. (GR/CM3)	1,07	1,10

Ficha 3: Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo 56 golpes. Pág. 1/3.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO
(56 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



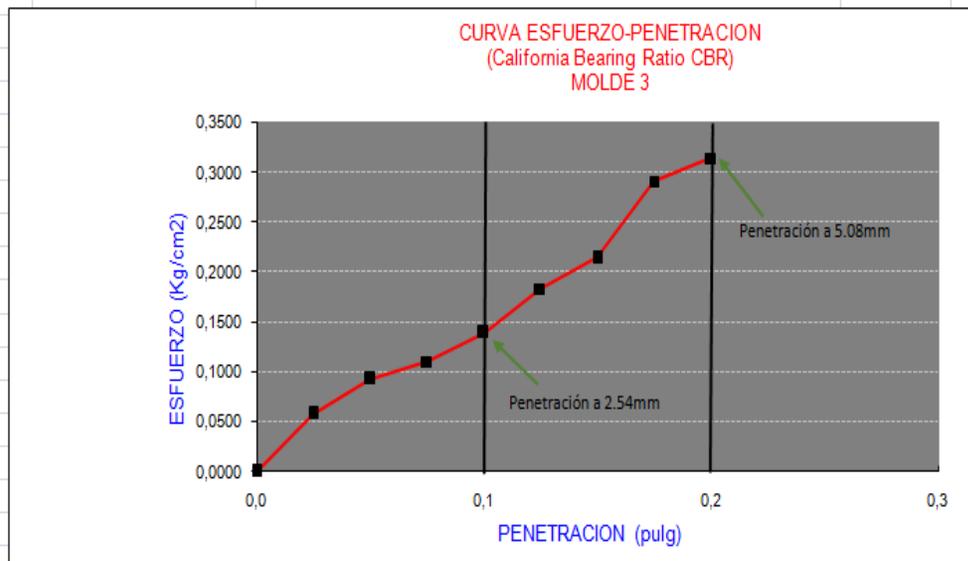
OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

CONT. HUMEDAD (%)	8,46%		
PENETRACION		CARGA	ESFUERZO
MM	PULG	Kgf	Kg/cm2
0,00	0,00	0,00	0,0000
0,04	0,025	1,13	0,0585
0,079	0,050	1,80	0,0932
0,118	0,075	2,14	0,1108
0,157	0,100	2,70	0,1398
0,197	0,125	3,55	0,1837
0,236	0,150	4,15	0,2148
0,315	0,175	5,63	0,2914
0,394	0,200	6,08	0,3147



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Suelo. 56 Golpes)

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO
(56 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO Mpa
0,1	70,31	0,1398	0,01
0,2	105,4	0,3147	0,03
CBR EN 0,1"	0,20%		
CBR EN 0,2"	0,30%		

FICHA 3. Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo 56 golpes. Pág. 3/3.

15.2. Ensayos para la identificación del material no biodegradable.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO CBR SUELO + ICOPOR (12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07			
OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").		
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.		
OBRA:	Autopista Condina		
MATERIAL:	Suelo		
PROCEDENCIA:	Talud		
OBRA:	-		
MATERIAL:	No biodegradable		
PROCEDENCIA:	Reciclable		
AREA MOLDE (CM2)	182,32		
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24		
ALT. MOLDE (CM)	16,4		
N. CAPAS	5		
N. GOLP X CAPA	12		
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32		
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR	
P.HUME + MOLDE (GR)	6782,00	6952	
PESO MOLDE (GR)	2100,00	2100,00	
PÉSO HUMEDO (GR)	4682,00	4852,00	
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	2990,08	
DENSIDAD H. (GR/CM3)	1,57	1,62	

Ficha 4: Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + icopor 12 golpes. Pág. 1/4.

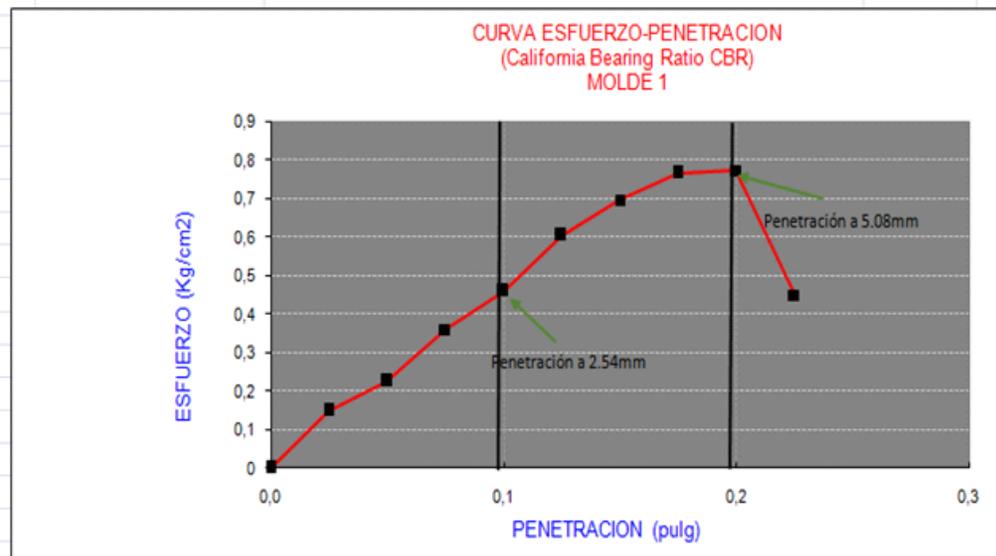
RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + ICOPOR
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO: Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).

EQUIPO: Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

CONT. HUMEDAD (%)		9,46%	
PENETRACION		CARGA Kgf	ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG		
0,00	0,00	0,00	0
0,04	0,025	2,90	0,15010352
0,079	0,050	4,37	0,226190476
0,118	0,075	6,97	0,360766046
0,157	0,100	8,90	0,460662526
0,197	0,125	11,73	0,607142857
0,236	0,150	13,48	0,697722567
0,315	0,175	14,86	0,769151139
0,394	0,200	14,96	0,774327122
0,472	0,225	8,70	0,450310559



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Sub-base 12 Golpes)

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + ICOPOR
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO Mpa
0,1	70,31	0,4606	0,05
0,2	105,4	0,7743	0,08
CBR EN 0,1"	0,66%		
CBR EN 0,2"	0,73%		

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + ICOPOR
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



	OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
	EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.
		
		<p align="center">Foto. Fuente propia. Muestra de Suelo</p>
		
		<p align="center">Foto. Fuente propia. CBR Suelo + Icopor</p>

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO CBR SUELO + ICOPOR + GASOLINA (12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07			
OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").		
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.		
OBRA:	Autopista Condina		
MATERIAL:	Suelo		
PROCEDENCIA:	Talud		
OBRA:	-		
MATERIAL:	No biodegradable		
PROCEDENCIA:	Reciclable		
OBRA:	-		
MATERIAL:	Gasolina		
PROCEDENCIA:	Oleoducto		
AREA MOLDE (CM2)	182,32		
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24		
ALT. MOLDE (CM)	16,4		
N. CAPAS	5		
N. GOLF X CAPA	12		
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32		
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR	
P.HUME + MOLDE (GR)	6787,00	6957	
PESO MOLDE (GR)	2100,00	2100,00	
PÉSO HUMEDO (GR)	4687,00	4857,00	
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	2990,08	
DENSIDAD H. (GR/CM3)	1,57	1,62	

Ficha 5: Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + icopor + gasolina. 12 golpes. Pág. 1/4

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + ICOPOR + GASOLINA
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



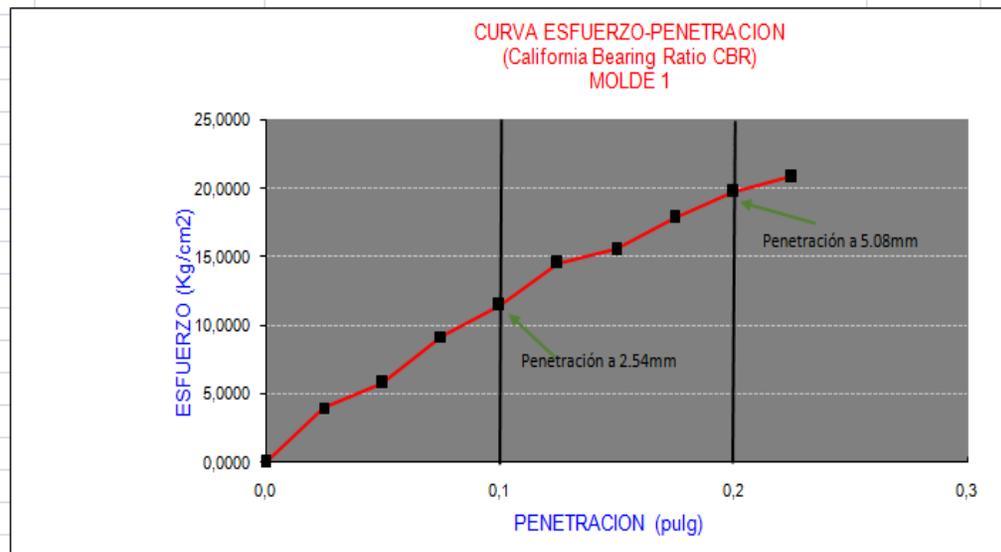
OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

CONT. HUMEDAD (%)		9,46%	
PENETRACION		CARGA	ESFUERZO
MM	PULG	Kgf	Kg/cm2
0,00	0,00	0,00	0,0000
0,04	0,025	77,30	4,0010
0,079	0,050	112,00	5,7971
0,118	0,075	178,00	9,2133
0,157	0,100	222,00	11,4907
0,197	0,125	282,20	14,6066
0,236	0,150	301,00	15,5797
0,315	0,175	345,40	17,8778
0,394	0,200	383,00	19,8240
0,472	0,225	404,00	20,9110



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Suelo+icopor+gasolina 12 Golpes)

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + ICOPOR + GASOLINA
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO Mpa
0,1	70,31	11,4907	1,13
0,2	105,4	19,824	1,94
CBR EN 0,1"	16,34%		
CBR EN 0,2"	18,81%		

FICHA 5. Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + icopor + gasolina. 12 golpes. Pág. 3/4

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + ICOPOR + GASOLINA
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Foto. Fuente propia.
CBR Suelo + Icopor + Gasolina

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + PET (FINO)
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

OBRA:	Autopista Condina	
MATERIAL:	Suelo	
PROCEDENCIA:	Talud	
OBRA:	Mangueras Pereira	
MATERIAL:	No biodegradable (FIBRAS-FINO)	
PROCEDENCIA:	Reciclable	
AREA MOLDE (CM2)	182,32	
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
ALT. MOLDE (CM)	16,4	
N. CAPAS	5	
N. GOLP X CAPA	12	
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
P.HUME + MOLDE (GR)	4735,00	4758
PESO MOLDE (GR)	2100,00	2100,00
PÉSO HUMEDO (GR)	2635,00	2658,00
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	2990,08
DENSIDAD H. (GR/CM3)	0,88	0,89

Ficha 6: Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + PET Fino. 12 golpes. Pág. 1/4.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + PET (FINO)
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



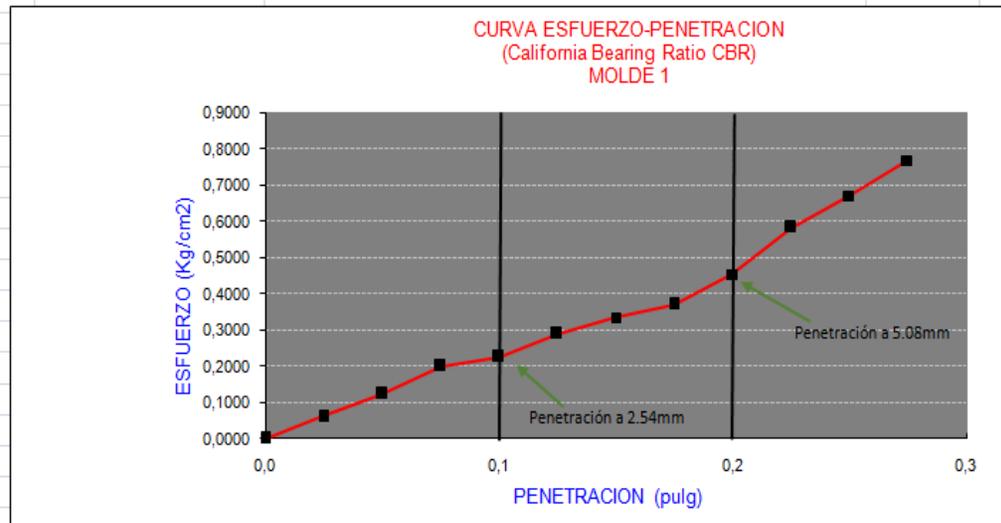
OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformimetros), horno, tamices y balanza.

CONT. HUMEDAD (%)	8,25%		
PENETRACION		CARGA	ESFUERZO
MM	PULG	Kgf	Kg/cm2
0,00	0,00	0,00	0,0000
0,64	0,025	1,20	0,0621
1,27	0,050	2,40	0,1242
1,91	0,075	3,90	0,2019
2,54	0,100	4,40	0,2277
3,18	0,125	5,60	0,2899
3,81	0,150	6,50	0,3364
4,45	0,175	7,20	0,3727
5,08	0,200	8,80	0,4555
5,72	0,225	11,30	0,5849
6,35	0,250	13,00	0,6729
6,99	0,275	14,90	0,7712



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Suelo+PET Fino. 12 Golpes)

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + PET (FINO)
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	0,2277	0,02
5.08	10,3	0,4555	0,04
CBR EN 0,1"	0,32%		
CBR EN 0,2"	0,43%		

FICHA 6. Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + PET Fino. 12 golpes. Pág. 3/4.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + PET (FINO)
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, pistón de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Foto. Fuente propia.
PET Fino o en fibras.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + PET (FINO)
(25 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

OBRA:	Autopista Condina	
MATERIAL:	Suelo	
PROCEDENCIA:	Talud	
OBRA:	Mangueras Pereira	
MATERIAL:	No biodegradable (FIBRAS-FINO)	
PROCEDENCIA:	Reciclable	
AREA MOLDE (CM2)	182,32	
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
ALT. MOLDE (CM)	16,4	
N. CAPAS	5	
N. GOLF X CAPA	25	
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
P.HUME + MOLDE (GR)	4985,00	4996
PESO MOLDE (GR)	2100,00	2100,00
PÉSO HUMEDO (GR)	2885,00	2896,00
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	2990,08
DENSIDAD H. (GR/CM3)	0,96	0,97

Ficha 7: Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + PET Fino. 25 golpes. Pág. 1/3.

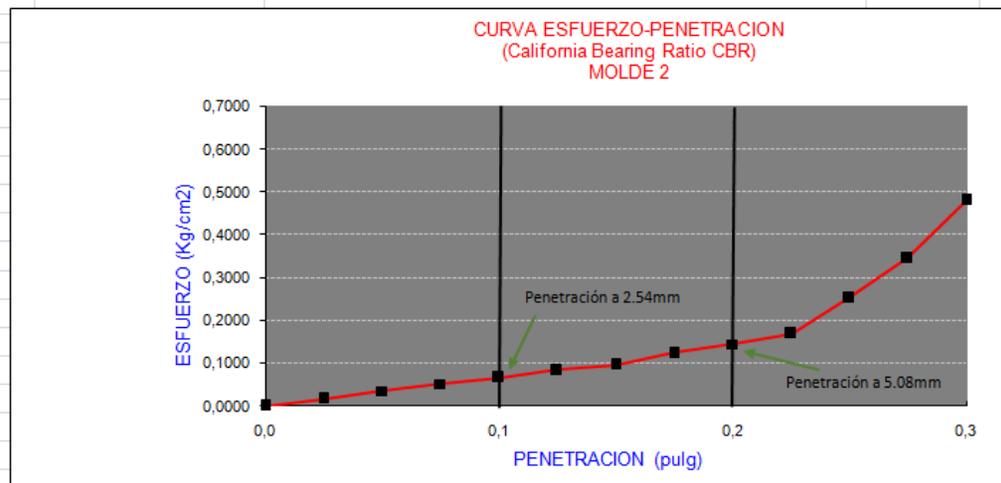
RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + PET (FINO)
(25 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO: Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO: Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

CONT. HUMEDAD (%)		8,30%		
PENETRACION		CARGA	ESFUERZO	
MM	PULG	Kgf	Kg/cm2	
0,00	0,00	0,00	0,0000	
0,64	0,025	0,33	0,0171	
1,27	0,050	0,70	0,0362	
1,91	0,075	1,02	0,0528	
2,54	0,100	1,30	0,0673	
3,18	0,125	1,64	0,0849	
3,81	0,150	1,87	0,0968	
4,45	0,175	2,40	0,1242	
5,08	0,200	2,80	0,1449	
5,72	0,225	3,27	0,1693	
6,35	0,250	4,90	0,2536	
6,99	0,275	6,70	0,3468	
7,62	0,300	9,30	0,4814	
8,26	0,325	12,30	0,6366	



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Suelo+PET Fino 25 Golpes)

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + PET (FINO)
(25 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	0,0673	0,007
5.08	10,3	0,1449	0,014
CBR EN 0,1"	0,10%		
CBR EN 0,2"	0,14%		

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO CBR SUELO + PET (FINO) (56 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07			
OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").		
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.		
OBRA:	Autopista Condina		
MATERIAL:	Suelo		
PROCEDENCIA:	Talud		
OBRA:	Mangueras Pereira		
MATERIAL:	No biodegradable (FIBRAS-FINO)		
PROCEDENCIA:	Reciclable		
AREA MOLDE (CM2)	182,32		
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24		
ALT. MOLDE (CM)	16,4		
N. CAPAS	5		
N. GOLF X CAPA	56		
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32		
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR	
P.HUME + MOLDE (GR)	5082,00	5143,00	
PESO MOLDE (GR)	2100,00	2100,00	
PÉSO HUMEDO (GR)	2982,00	3043,00	
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	2990,08	
DENSIDAD H. (GR/CM3)	1,00	1,02	

Ficha 8: Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + PET Fino. 56 golpes. Pág. 1/3.

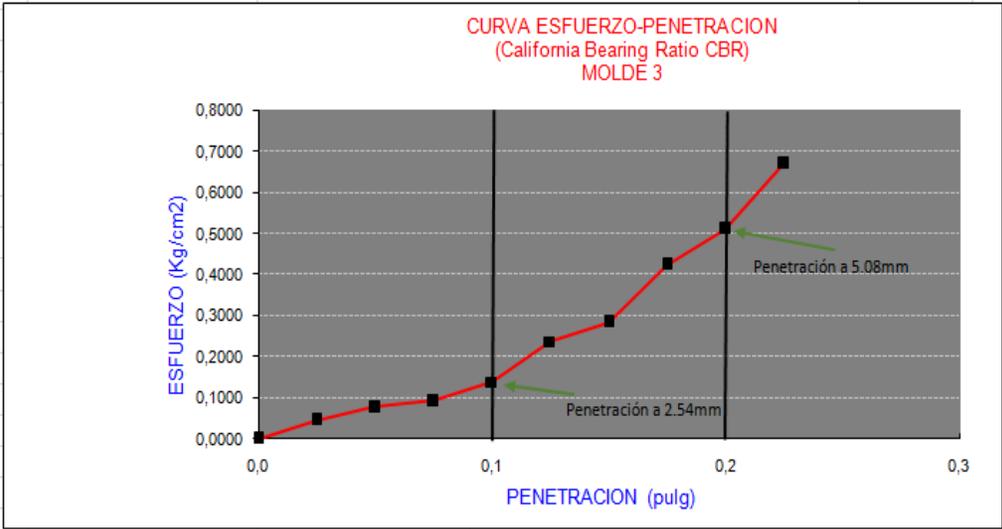
RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + PET (FINO)
(56 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO: Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO: Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

CONT. HUMEDAD (%)	9,46%		
PENETRACION		CARGA	ESFUERZO
MM	PULG	Kgf	Kg/cm2
0,00	0,00	0,00	0,0000
0,04	0,025	0,90	0,0466
0,079	0,050	1,50	0,0776
0,118	0,075	1,80	0,0932
0,157	0,100	2,70	0,1398
0,197	0,125	4,60	0,2381
0,236	0,150	5,50	0,2847
0,315	0,175	8,20	0,4244
0,394	0,200	9,90	0,5124
0,472	0,225	13,00	0,6729
0,551	0,250	14,60	0,7557
0,629	0,275	16,90	0,8747
0,708	0,300	17,90	0,9265



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Suelo+PET Granular 56 Golpes)

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + PET (FINO)
(56 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO CORREGIDAS kg/cm2
0,1	70,31	0,1398
0,2	105,4	0,5124
CBR EN 0,1"	0,20%	
CBR EN 0,2"	0,49%	

FICHA 8. Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + PET Fino. 56 golpes. Pág. 3/3.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + PET GRANULAR
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



	OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
	EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

	OBRA:	Autopista Condina	
	MATERIAL:	Suelo	
	PROCEDENCIA:	Talud	
	OBRA:	Mangueras Pereira	
	MATERIAL:	No biodegradable (FIBRAS-GRANULAR)	
	PROCEDENCIA:	Reciclable	
	AREA MOLDE (CM2)	182,32	
	DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
	ALT. MOLDE (CM)	16,4	
	N. CAPAS	5	
	N. GOLF X CAPA	12	
	AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
	COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
	P.HUME + MOLDE (GR)	4995,00	5056
	PESO MOLDE (GR)	2100,00	2100,00
	PÉSO HUMEDO (GR)	2895,00	2956,00
	VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	2990,08
	DENSIDAD H. (GR/CM3)	0,97	0,99

Ficha 9: Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + PET Granular. 12 golpes. Pág. 1/3.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + PET GRANULAR
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



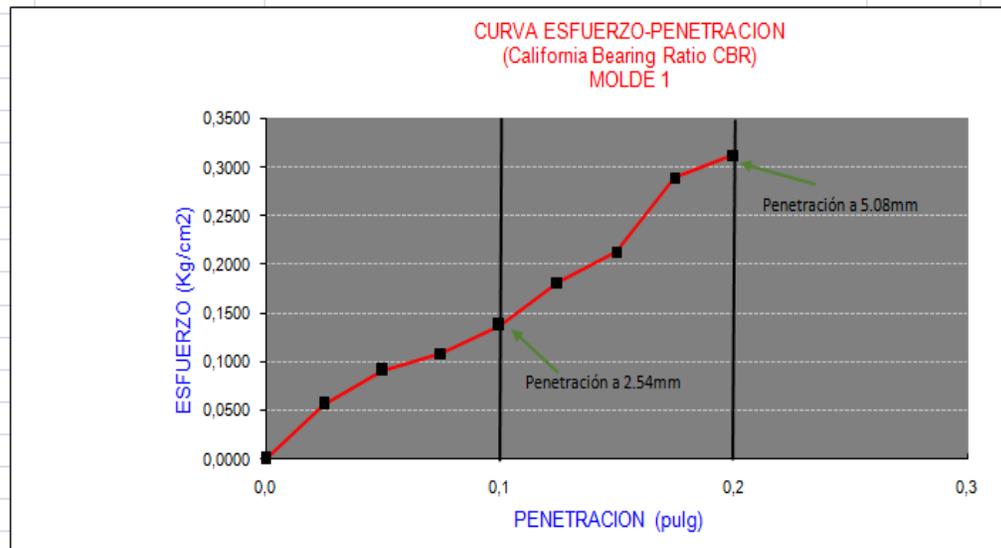
OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

CONT. HUMEDAD (%)	9,23%		
PENETRACION		CARGA	ESFUERZO
MM	PULG	Kgf	Kg/cm2
0,00	0,00	0,00	0,0000
0,04	0,025	1,10	0,0569
0,079	0,050	1,77	0,0916
0,118	0,075	2,11	0,1092
0,157	0,100	2,67	0,1382
0,197	0,125	3,52	0,1822
0,236	0,150	4,12	0,2133
0,315	0,175	5,60	0,2899
0,394	0,200	6,05	0,3131



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Suelo+PET granular 12 Golpes)

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + PET GRANULAR
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO Mpa
0,1	70,31	0,1382	0,01
0,2	105,4	0,3131	0,03
CBR EN 0,1"	0,20%		
CBR EN 0,2"	0,30%		

FICHA 9. Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + PET Granular. 25 golpes. Pág. 3/3.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO CBR SUELO + PET GRANULAR (25 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07			
OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").		
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.		
OBRA:	Autopista Condina		
MATERIAL:	Suelo		
PROCEDENCIA:	Talud		
OBRA:	Mangueras Pereira		
MATERIAL:	No biodegradable (FIBRAS-GRANULAR)		
PROCEDENCIA:	Reciclable		
AREA MOLDE (CM2)	182,32		
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24		
ALT. MOLDE (CM)	16,4		
N. CAPAS	5		
N. GOLP X CAPA	25		
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32		
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR	
P.HUME + MOLDE (GR)	4986,00	5123,00	
PESO MOLDE (GR)	2100,00	2100,00	
PÉSO HUMEDO (GR)	2886,00	3023,00	
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	2990,08	
DENSIDAD H. (GR/CM3)	0,97	1,01	

Ficha 10: Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + PET Granular. 25 golpes. Pág. 1/3.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + PET GRANULAR
(25 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



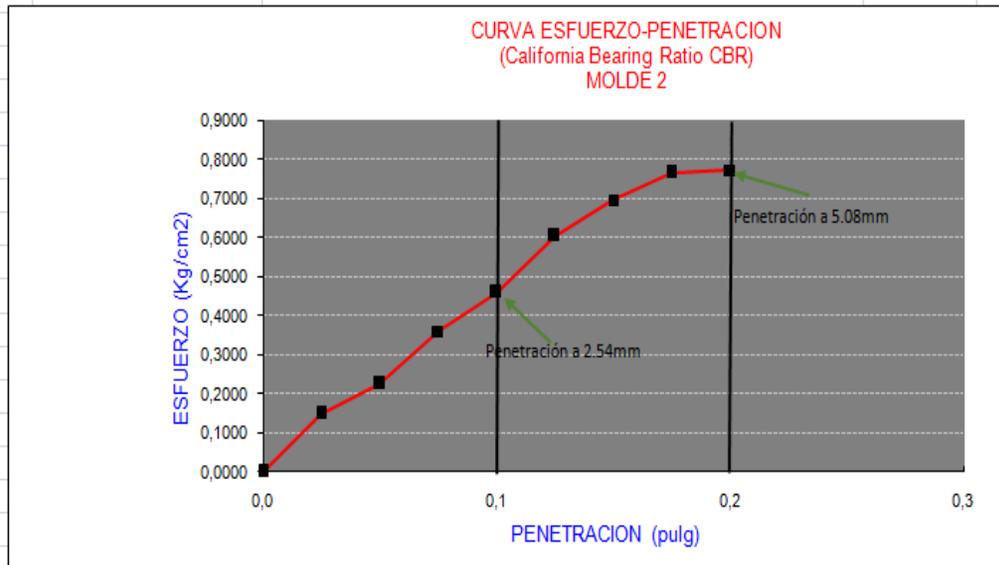
OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

CONT. HUMEDAD (%)		8,46%	
PENETRACION		CARGA	ESFUERZO
MM	PULG	Kgf	Kg/cm2
0,00	0,00	0,00	0,0000
0,04	0,025	2,90	0,1501
0,079	0,050	4,37	0,2262
0,118	0,075	6,97	0,3608
0,157	0,100	8,90	0,4607
0,197	0,125	11,73	0,6071
0,236	0,150	13,48	0,6977
0,315	0,175	14,86	0,7692
0,394	0,200	14,96	0,7743



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Suelo+PET Granular 25 Golpes)

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + PET GRANULAR
(25 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO Mpa
0,1	70,31	0,47	0,05
0,2	105,4	0,78	0,08
CBR EN 0,1"	0,67%		
CBR EN 0,2"	0,74%		

FICHA 10. Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + PET Granular. 25 golpes. Pág. 3/3.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + PET GRANULAR
(56 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

OBRA:	Autopista Condina	
MATERIAL:	Suelo	
PROCEDENCIA:	Talud	
OBRA:	Mangueras Pereira	
MATERIAL:	No biodegradable (FIBRAS-GRANULAR)	
PROCEDENCIA:	Reciclable	
AREA MOLDE (CM2)	182,32	
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
ALT. MOLDE (CM)	16,4	
N. CAPAS	5	
N. GOLF X CAPA	56	
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
P.HUME + MOLDE (GR)	5012,00	5102,00
PESO MOLDE (GR)	2100,00	2100,00
PÉSO HUMEDO (GR)	2912,00	3002,00
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	2990,08
DENSIDAD H. (GR/CM3)	0,97	1,00

Ficha 11: Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + PET Granular. 56 golpes. Pág. 1/3.

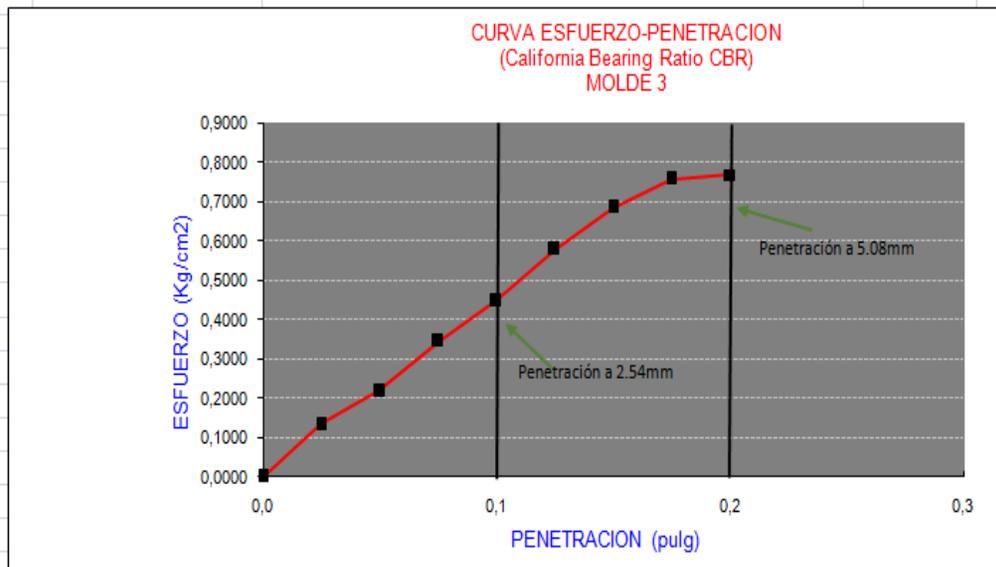
RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + PET GRANULAR
(56 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO: Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO: Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metálicas, pistón de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

CONT. HUMEDAD (%)	8,32%		
PENETRACION		CARGA	ESFUERZO
MM	PULG	Kgf	Kg/cm2
0,00	0,00	0,00	0,0000
0,04	0,025	2,60	0,1346
0,079	0,050	4,24	0,2195
0,118	0,075	6,70	0,3468
0,157	0,100	8,69	0,4498
0,197	0,125	11,23	0,5813
0,236	0,150	13,28	0,6874
0,315	0,175	14,66	0,7588
0,394	0,200	14,88	0,7702



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Suelo+PET Granular 56 Golpes)

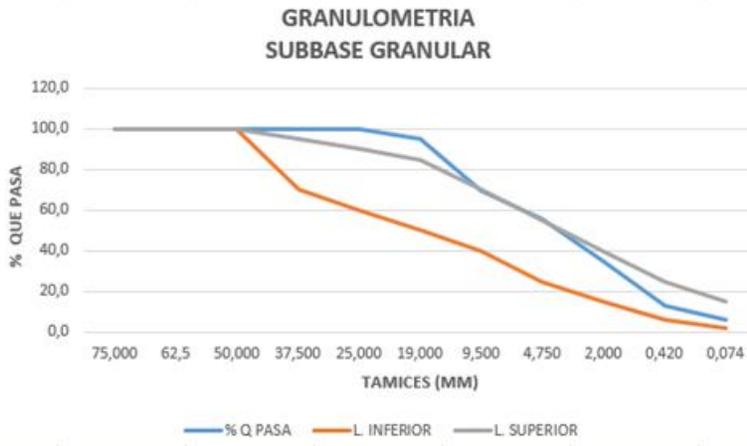
RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUELO + PET GRANULAR
(56 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO Mpa
0,1	70,31	0,4498	0,04
0,2	105,4	0,7702	0,08
CBR EN 0,1"	0,64%		
CBR EN 0,2"	0,73%		

FICHA 11. Relación de soporte del suelo en el laboratorio, CBR suelo + PET Granular. 56 golpes. Pág. 3/3.

GRANULOMETRIA SUB-BASE GRANULAR		
ART 330 -07		
OBJETIVO:	El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo, también describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 µm (No.200).	
EQUIPO:	Balanzas, tamices de malla cuadrada del N° 4 al N° 200, Horno, envases, cepillo y brocha.	
 <p style="text-align: center;">GRANULOMETRIA SUBBASE GRANULAR</p> <p style="text-align: center;">Grafica. Curva Granulometrica Sub-base Granular</p>		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Foto. Fuente propia Material sub-base granular</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Foto. Fuente propia Proceso de tamizacion sub-base</p> </div> </div>		

FICHA 12. Granulometría sub-base granular Pág. 2/2.

LIMITE LIQUIDO SUB-BASE GRANULAR
I.N.V.E - 125



OBJETIVO:

El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado líquido y el estado plástico. Para los fines de esta especificación, cualquier valor observado o calculado deberá aproximarse a la "unidad mas cercana".

EQUIPO:

vasija de evaporacion, espatula, aparato del limite liquido de operación manual, ranurador,calibrador, balanza, recipientes y horno.

OBRA:	Planta de Agregados de Occidente
MATERIAL:	Sub - Base Granular
PROCEDENCIA:	Rio Mapa

PRUEBA	1	2	3
NUMERO DE GOLPES	12	24	40
PESO DE RECIPIENTE (Gr)	4,77	5,21	5,04
W RECIPIENTE + SUELO HUMEDO (Gr)	41,1	31,81	37,14
W RECIPIENTE + SUELO SECO (Gr)	34,36	27,23	31,88
Ww AGUA (Gr)	6,74	4,58	5,26
Ws SUELO SECO	29,59	22,02	26,84
% HUMEDAD	22,78%	20,80%	19,60%
LIMITE LIQUIDO	20,79%		

Ficha 13: Limite liquido sub-base granular.

LIMITE PLASTICO SUB-BASE GRANULAR
I.N.V.E - 126



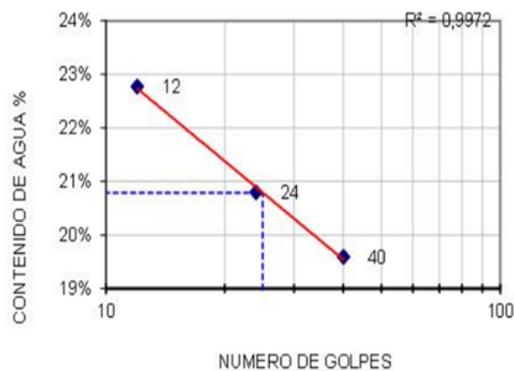
OBJETIVO: El objeto de este ensayo es la determinación en el laboratorio del limite plastico de un suelo, y el calculo del indice de plasticidad si se conoce el limite liquido del mismo suelo.

EQUIPO: Espatula, capsula de evaporacion, balanza, horno, tamiz N° 40, agua destilada, vidrios de reloj y superficie lisa.

OBRA:	Planta de Agregados de Occidente
MATERIAL:	Sub - Base Granular
PROCEDENC	Rio Mapa

PRUEBA	1	2
W RECIPIENTE (Gr)	4,99	5,04
W RECIPIENTE + SUELO HUMEDO (Gr)	20,94	20,24
W RECIPIENTE + SUELO SECO(Gr)	18,82	18,29
Ww AGUA	2,12	1,95
Ww SUELO SECO (Gr)	13,83	13,25
% HUMEDAD	15,33%	14,72%
LIMITE PLASTICO	15,02%	

CURVA DE FLUJO



Grafica. Curva de Flujo.

INDICE DE PLASTICIDAD 5,77%

Ficha 14: Limite plástico sub-base granular.

INDICE DE APLANAMIENTO SUB-BASE GRANULAR
I.N.V.E 230 - 07



OBJETIVO: Determinación del índice de aplanamiento, de los agregados que se van a emplear en la construcción de carreteras.

EQUIPO: Tamices de barras, calibradores metálicos, balanza y equipo misceláneo.

OBRA: Planta de Agregados de Occidente
MATERIAL: Sub - Base Granular
PROCEDENCIA: Río Mapa

RETIENE TAMIZ	PESO RETENIDO	PESO PARTICULAS PLANAS (Gr)	PESO PARTICULAS NO PLANAS (Gr)
1 1/2	295,1	0	295,1
1	679,7	266,8	412,9
3/4	354,2	83,9	270,3
1/2	325,7	92	233,7
3/8	161,4	41,7	119,7
1/4	227	55	172
	2043,1	539,4	1503,7

INDICE DE APLANAMIENTO GLOBAL (IL) 26,40%

INDICE DE APLANAMIENTO PARA CADA FRACCION (IL _i)	
PASA 1 1/2, RETIENE 1"	39,25%
PASA 1", RETIENE 3/4	23,68%
PASA 3/4, RETIENE 1/2	28,24%
PASA 1/2, RETIENE 3/8	25,83%
PASA 3/8, RETIENE 1/4	24,22%%

Ficha 15: Índice de aplanamiento sub-base granular Pág. 1/2.

INDICE DE APLANAMIENTO SUB-BASE GRANULAR
I.N.V.E 230 - 07



	OBJETIVO:	Determinación del índice de aplanamiento de los agregados que se van a emplear en la construcción de carreteras.	
	EQUIPO:	Tamices de barras, calibreadores metalicos, balanza y equipo miscelaneo.	



Foto. Fuente Propia
Tamiz de Barras



Foto. Fuente Propia
Indice de Aplanamiento Sub-base Granular

INDICE DE ALARGAMIENTO SUB-BASE GRANULAR
I.N.V.E 230 - 07



OBJETIVO: Determinación del índice de alargamiento, de los agregados que se van a emplear en la construcción de carreteras.

EQUIPO: Tamices de barras, calibradores metálicos, balanza y equipo misceláneo.

OBRA:	Planta de Agregados de Occidente
MATERIAL:	Sub - Base Granular
PROCEDENCIA:	Rio Mapa

RETIENE TAMIZ	PESO RETENIDO	PESO PARTICULAS LARGAS (Gr)	PESO PARTICULAS NO LARGAS (Gr)
1 1/2	295,1	0	295,1
1	679,7	410,5	269,2
3/4	354,2	91,4	262,8
1/2	325,7	164,2	161,5
3/8	161,4	5,8	155,6
1/4	227	93,3	133,7
	2043,1	765,2	1277,9

INDICE DE ALARGAMIENTO GLOBAL (IA) **37,45%**

INDICE DE ALARGAMIENTO PARA CADA FRACCION (IAi)	
PASA 1 1/2, RETIENE 1"	60,39%
PASA 1", RETIENE 3/4	25,80%
PASA 3/4, RETIENE 1/2	50,41%
PASA 1/2, RETIENE 3/8	3,59%
PASA 3/8, RETIENE 1/4	41,10%

Ficha 16: Índice de alargamiento sub-base granular Pág. 1/2.

INDICE DE ALARGAMIENTO SUB-BASE GRANULAR
I.N.V.E 230 - 07



OBJETIVO:

Determinación del índice de alargamiento de los agregados que se van a emplear en la construcción de carreteras.

EQUIPO:

Tamices de barras, calibreadores metalicos, balanza y equipo miscelaneo.



Foto. Fuente Propia
Determinación del Índice de Alargamiento



Foto. Fuente Propia
Determinación del Índice de Alargamiento



Foto. Fuente Propia
Determinación del Índice de Alargamiento



Foto. Fuente Propia
Determinación del Índice de Alargamiento

PROCTOR MODIFICADO SUB-BASE GRANULAR



I.N.V.E - 142

OBJETIVO:	Estos métodos de ensayo se emplean para determinar la relación entre la humedad y la masa unitaria de los suelos compactados en un molde de un tamaño dado con un martillo de 4.54 Kg. (10 lb) que cae desde una altura de 457 mm (18").
EQUIPO:	Moldes, martillo de operación manual, dispositivo para extrusion de las muestras, balanza, horno, regla metalica, herramientas miscelaneas y recipientes.

OBRA:	Planta de Agregados de Occidente		
MATERIAL:	Sub - Base Granular		
PROCEDENC	Rio Mapa		
PESO DEL MARTILLO	10 LB		
NUMERO DE CAPAS	5		
ALTURA CAIDA DEL MARTILLO (PULG)	18		
GOLPES DE CAPA	56		
PASA TAMIZ N.	3/4"		
PESO INICIAL DE LA MUESTRA HUMEDA (G)	21000		
PESO MATERIAL DE SOBRETAMAÑO HUMEDO (G)	3754		
PESO MATERIAL PARTICULAS FINAS HUMEDA (G)	17246		
PARTICULAS GRUESAS (%)	17,9		
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (G)	7610	7857	7815
PESO MOLDE (G)	2859	2859	2859
PESO SUELO HUMEDO (G)	4751	4998	4956
VOLUMEN MOLDE (CM³)	2104,9	2104,9	2104,9
DENSIDAD HUMEDA(G/CM³)	2,257	2,374	2,355
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5,5	6,8	8,9
DENSIDAD SECA (G/CM³)	2,139	2,223	2,162

Ficha 17: Proctor modificado sub-base granular (56 Golpes) Pág. 1/2.

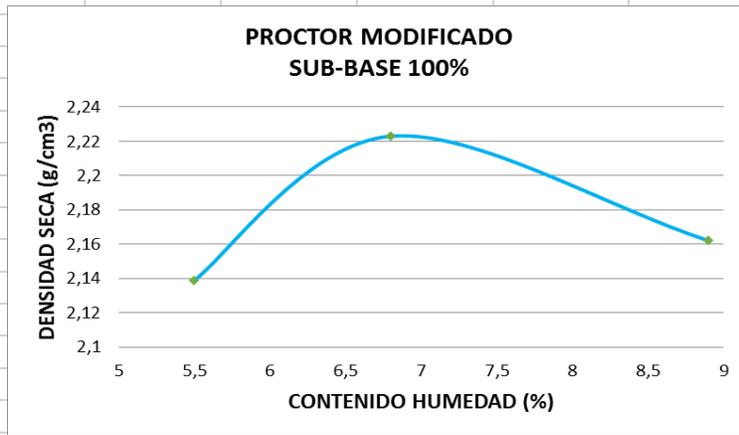
PROCTOR MODIFICADO SUB-BASE GRANULAR



I.N.V.E - 142

OBJETIVO:	Estos métodos de ensayo se emplean para determinar la relación entre la humedad y la masa unitaria de los suelos compactados en un molde de un tamaño dado con un martillo de 4.54 Kg. (10 lb) que cae desde una altura de 457 mm (18").
EQUIPO:	Moldes, martillo de operación manual, dispositivo para extrusión de las muestras, balanza, horno, regla metálica, herramientas misceláneas y recipientes.

DENSIDAD MAXIMA SECA (G/CM3)	2,223
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6,8



Grafica. Proctor Modificado Sub-base Granular



Foto. Fuente Propia
Proctor Modificado Sub-base Granular.

**DESGASTE EN MAQUINA DE LOS ANGELES
ART 320 - 13 / E 218 - 219**

OBJETIVO: Determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empleando la citada máquina con una carga abrasiva.

EQUIPO: Balanza, horno, tamices, Máquina de los Angeles, carga abrasiva.

OBRA: Planta de Agregados de Occidente

MATERIAL: Sub - Base Granular

PROCEDENCIA: Rio Mapa

CARGA ABRASIVA	12
CANTIDAD DE VUELTAS	500
PESO TOTAL MUESTRA SECA FINAL (G)	3874
PESO TOTAL MUESTRA SECA INICIAL (G)	5004
DESGASTE	23%

ART 320 - 13 / 218 - 219	NORMA
SUB-BASE	≤ 50 %



Foto. Fuente propia
Desgaste en maquina de los angeles

Ficha 18: Desgaste en máquina de los ángeles sub-base granular.

RESISTENCIA A LOS SULFATOS (SOLIDEZ)
ART 450 - 13 / E - 220



OBJETIVO:	Determinar la resistencia a la desintegración de los agregados, por la acción de soluciones saturadas de sulfato de Magnesio, seguido de secado al horno para deshidratar parcial o completamente la sal precipitada en los poros permeables. La fuerza de expansión interna derivada de la rehidratación de la sal después de reinmersión simula la expansión del agua por congelamiento.				
EQUIPO:	Tamices, recipientes para muestras, termometro, balanza, horno y medidores de gravedad especifica.				
OBRA:	Planta de Agregados de Occidente				
MATERIAL:	Sub - Base Granular				
PROCEDENCIA:	Rio Mapa				
TIPO DE SULFATO	SULFATO DE MAGNESIO				
NO. DE CICLOS	5				
TAMAÑO DEL AGREGADO	RETENIDO GRADACIO N	PESO INICIAL (G)	PESO FINAL (G)	PERDIDA EN PESO (G)	
PASA	RETIENE	ORIGINAL			
2 ^{1/2}	2				
2	1 ^{1/2}				
1 ^{1/2}	1				
1	3/4	171,8	85,4	75,2	10,2
3/4	1/2	1303,2	653,8	650,3	3,5
1/2	3/8	543,4	271,2	263,8	7,4
3/8	4	971	485,8	469,8	16
TOTAL		2989,4	1496,2	1459,1	37,1
		PERDIDA REAL %	PERDIDA CORREGIDA		
		11,9	2051,9		
		0,5	697,6		
		2,7	1482,7		
		3,3	3198		
	TOTAL	2,48	7430,34		
PERDIDA DE FRACCION GRUESA			2,49 (%)		

Ficha 19: Resistencia a los sulfatos (magnesio) sub-base granular. pág. 1/2.

RESISTENCIA A LOS SULFATOS (SOLIDEZ)
ART 450 - 13 / E - 220



OBJETIVO: Determinar la resistencia a la desintegración de los agregados, por la acción de soluciones saturadas de sulfato de Magnesio, seguido de secado al horno para deshidratar parcial o completamente la sal precipitada en los poros permeables. La fuerza de expansión interna derivada de la rehidratación de la sal después de reinmersión simula la expansión del agua por congelamiento.

EQUIPO: Tamices, recipientes para muestras, termometro, balanza, horno y medidores de gravedad especifica.

TAMAÑO DEL AGREGADO		RETENIDO GRADACION	PESO	PESO	PERDIDA EN
PASA	RETIENE	ORIGINAL	INICIAL (G)	FINAL (G)	PESO (G)
3/8	N0. 4	971	485,8	469,8	16
N0. 4	N0. 8	719,4	359,4	331	28,4
N0. 8	N0. 16	420,6	210,2	206	4,2
N0.16	N0. 30	312,2	156,2	130,8	25,4
N0. 30	N0. 50	253,4	126,8	120,8	6
N0. 50	N0. 100	244,8	122,4	112,2	10,2
TOTAL		2921,4	1460,8	1370,6	90,2

	PERDIDA REAL %	PERDIDA CORREGIDA
	3,3	3198
	7,9	5684,7
	2	840,4
	16,3	5076,7
	4,7	1199,1
	8,3	2040
TOTAL	6,17	18038,97

PERDIDA DE FRACCION FINA 6,17 (%)

PERDIDA TOTAL 4,3

ESPECIFICACION	ART 450 - 13 / E - 220
INVIAS 2013	MAGNESIO (Mg) 18 % MAX

FICHA 19. Resistencia a los sulfatos (magnesio) sub-base granular. Pág. 2/2.

RESISTENCIA A LOS SULFATOS (SOLIDEZ)
ART 450 - 13 / E - 220



OBJETIVO:	Determinar la resistencia a la desintegración de los agregados, por la acción de soluciones saturadas de sulfato de sodio, seguido de secado al horno para deshidratar parcial o completamente la sal precipitada en los poros permeables. La fuerza de expansión interna derivada de la rehidratación de la sal después de reinmersión simula la expansión del agua por congelamiento.
EQUIPO:	Tamices, recipientes para muestras, termometro, balanza, horno y medidores de gravedad especifica.

OBRA:	Planta de Agregados de Occidente
MATERIAL:	Sub - Base Granular
PROCEDENC	Rio Mapa
TIPO DE SULFATO	SULFATO DE SODIO
NO. DE CICLOS	5

TAMAÑO DEL AGREGADO		RETENIDO GRADACIO N ORIGINAL	PESO INICIAL (G)	PESO FINAL (G)	PERDIDA EN PESO (G)
PASA	RETIENE				
2 ^{1/2}	2				
2	1 ^{1/2}				
1 ^{1/2}	1				
1	3/4	171,8	86,4	82	4,4
3/4	1/2	1303,2	649,2	648,4	0,8
1/2	3/8	543,4	272,2	270,6	1,6
3/8	4	971	485	478,8	6,2
TOTAL		2989,4	1492,8	1479,8	13

		PERDIDA REAL %	PERDIDA CORREGIDA
		5,1	874,9
		0,1	160,6
		0,6	319,4
		1,3	1241,3
TOTAL		0,87	2596,19

PERDIDA DE FRACCION GRUESA (%)	0,87
---------------------------------------	-------------

Ficha 20: Resistencia a los sulfatos (sodio) sub-base granular. Pág.1/2.

RESISTENCIA A LOS SULFATOS (SOLIDEZ)						
ART 450 - 13 / E - 220						
OBJETIVO:	Determinar la resistencia a la desintegración de los agregados, por la acción de soluciones saturadas de sulfato de sodio, seguido de secado al horno para deshidratar parcial o completamente la sal precipitada en los poros permeables. La fuerza de expansión interna derivada de la rehidratación de la sal después de reinmersión simula la expansión del agua por congelamiento.					
EQUIPO:	Tamices, recipientes para muestras, termómetro, balanza, horno y medidores de gravedad específica.					
TAMAÑO DEL AGREGADO		RETENIDO GRADACIO N	PESO	PESO	PERDIDA EN	
PASA	RETIENE	ORIGINAL	INICIAL (G)	FINAL (G)	PESO (G)	
3/8	NO. 4	971	485	478,8	6,2	
NO. 4	NO. 8	719,4	359,8	336,8	23	
NO. 8	NO. 16	420,6	210,4	208,4	2	
NO. 16	NO. 30	312,2	155,8	146,4	9,4	
NO. 30	NO. 50	253,4	126,4	124	2,4	
NO. 50	NO. 100	244,8	122,4	118,8	3,6	
TOTAL		2921,4	1459,8	1413,2	46,6	
		PERDIDA REAL %	PERDIDA CORREGIDA			
		1,3	1241,3			
		6,4	4598,7			
		1	399,8			
		6	1883,6			
		1,9	481,1			
		2,9	720			
TOTAL		3,19	9324,57			
PERDIDA DE FRACCION FINA (%)				3,2		
PERDIDA TOTAL		2				
ESPECIFICACION INVIAS 2013			ART 450 - 13 / E - 220 SODIO (Na) 12 % MAX			

**DETERMINACION DE LA RESISTENCIA DEL AGREGADO GRUESO
AL DESGASTE POR ABRASION UTILIZANDO EL APARATO DE MICRO DEVAL
ART 450 -13 / E - 238**



OBJETIVO: Medir la resistencia a la abrasión de una muestra de agregado grueso.

EQUIPO: Aparato de Micro Deval, carga abrasiva y balanza.

OBRA:	Planta de Agregados de Occidente
MATERIAL:	Sub - Base Granular
PROCEDENC	Rio Mapa

GRADACION UTILIZADA	TABLA 1
TIEMPO DE INMERSION MUESTRA (HORAS)	2
CANTIDAD DE AGUA UTILIZADA PARA EL ENSAYO (CM³)	2000
TIEMPO DE ROTACION(MINUTOS)	120
PESO INICIAL DE LA MUESTRA (G)	1502,8
PESO FINAL DE LA MUESTRA (G)	1312,8
PERDIDA DE MATERIAL MEDIANTE ENSAYO DE ABRASION (G)	190
DESGASTE POR ABRASION MICRO - DEVAL (%)	12,6

TIPODE GRADACION A UTILIZAR PARA ENSAYO MICRO-DEVAL

TABLA 1			TABLA 2		
PASA TAMIZ	RETIENE TAMIZ	MASA (G)	PASA TAMIZ	RETIENE TAMIZ	MASA (G)
19,1	16	375	12,5	9,5	750
16	12,5	375	9,5	6,3	375
12	9,5	750	6,3	4,8	375

TABLA 3		
PASA TAMIZ	RETIENE TAMIZ	MASA (G)
9,5	6,3	750
6,3	4,8	750

ART - 450 - 13 - / E - 238	NORMA
MEZCLA DENSA EN CALIENTE (RODADURA)	≤ 20 %
MEZCLA DENSA EN CALIENTE (INTERMEDIA)	≤ 25 %
MEZCLA DENSA EN CALIENTE (BASE)	≤ 25 %

Ficha 21: Determinación de la resistencia del agregado grueso al desgaste por abrasión utilizando el aparato de micro deval.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (12 GOLPES)
I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").		
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.		
OBRA:	Planta de Agregados de Occidente		
MATERIAL:	Sub - Base Granular		
PROCEDENCIA:	Rio Mapa		
AREA MOLDE (CM2)	182,32		
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24		
ALT. MOLDE (CM)	16,4		
N. CAPAS	5		
N. GOLP X CAPA	12		
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32		
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR	
P. HUME + MOLDE (GR)	5340,00	5366,75	
PESO MOLDE (GR)	2100,00	2100,00	
PÉSO HUMEDO (GR)	3240,00	3266,75	
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	2990,08	
DENSIDAD H. (GR/CM3)	1,084	1,09	
NUMERO DE ENSAYO	1-A	1-B	1-C
P. HUMEDO + TARA (GR)	147,2	150,30	145,50
P. SECO + TARA (GR)	137,9	140,7	135,50
PESO AGUA (GR)	9,30	9,6	10,00
PESO TARA (GR)	35,10	34,20	34,80
P. MUESTRA SECA (GR)	102,80	106,50	100,70
CONT. HUMEDAD (%)	9,05%	9,01%	9,93%

Ficha 22: Relación de soporte del suelo en el laboratorio CBR Sub-base Granular (12 Golpes) Pág. 1/4.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO

CBR SUB-BASE (12 GOLPES)

I.N.V.E - 148 - 07

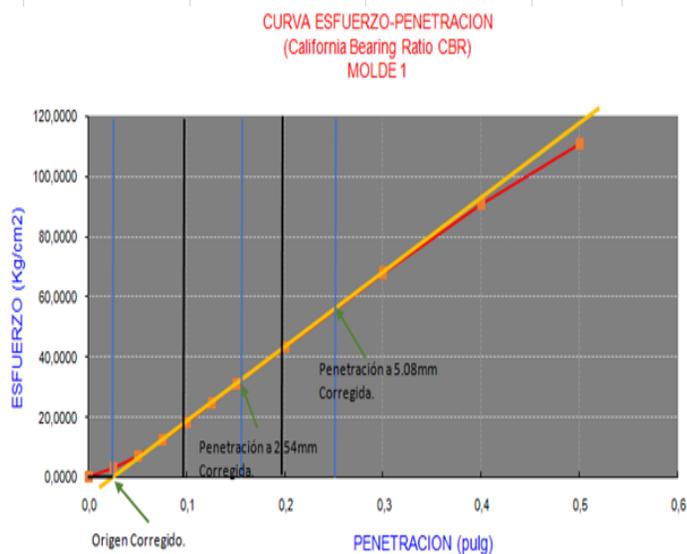


OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Sub-base 12 Golpes)

PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	28,5	2,79
5.08	10,3	52	5,10

CBR EN 0,1"	40,51%
CBR EN 0,2"	49,51%

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (12 GOLPES)
I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactación, aparato medidor de expansión, sobrecargas metálicas, pistón de penetración, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO CORREGIDAS kg/cm2
0,1	70,31	7,8
0,2	105,4	16
CBR EN 0,1"	11,09%	
CBR EN 0,2"	15,18%	

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (25 GOLPES)
I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

OBRA:	Planta de Agregados de Occidente
MATERIAL:	Sub - Base Granular
PROCEDENCIA:	Rio Mapa

AREA MOLDE (CM2)	182,32
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24
ALT. MOLDE (CM)	16,4
N. CAPAS	5
N. GOLP X CAPA	25
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32

COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
P.HUME + MOLDE (GR)	5340,00	5360,61
PESO MOLDE (GR)	2089,00	2089,00
PÉSO HUMEDO (GR)	3251,00	3271,61
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	2990,08
DENSIDAD H. (GR/CM3)	1,087	1,094

NUMERO DE ENSAYO	2-A	2-B	2-C
P. HUMEDO + TARA (GR)	135,50	140,20	141,20
P. SECO + TARA (GR)	127,20	131,30	131,70
PESO AGUA (GR)	8,30	8,90	9,50
PESO TARA (GR)	36,00	33,10	34,50
P. MUESTRA SECA (GR)	91,20	98,20	97,20
CONT. HUMEDAD (%)	9,10%	9,06%	9,77%

Ficha 23: Relación de soporte del suelo en el laboratorio CBR Sub-base granular (25 Golpes) Pág. 1/4.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (25 GOLPES)
I.N.V.E - 148 - 07



	OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
	EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

CONT. HUMEDAD PRO (%)	9,31%
W	9,10%
DENSIDAD SECA (GR/CM3)	1,086

PENETRACION		CARGA		ESFUERZO
MM	PULG	KN	Kgf	Kg/cm2
0,00	0,00	0	0,00	0,0000
0,64	0,025	0,22	22,43	1,1611
1,27	0,050	0,39	39,77	2,0584
1,91	0,075	0,63	64,24	3,3250
2,54	0,100	0,88	89,73	4,6445
3,18	0,125	1,11	113,18	5,8584
3,81	0,150	1,51	153,97	7,9695
4,45	0,175	2,05	209,03	10,8195
5,08	0,200	2,6	265,12	13,7223
5,72	0,225	2,96	301,82	15,6224
6,35	0,250	4,08	416,03	21,5335
6,99	0,275	5,39	549,61	28,4475
7,62	0,300	6,53	665,85	34,4642
8,26	0,325	8,06	821,86	42,5393
8,89	0,350	9,57	975,83	50,5088
9,53	0,375	11,28	1150,19	59,5339

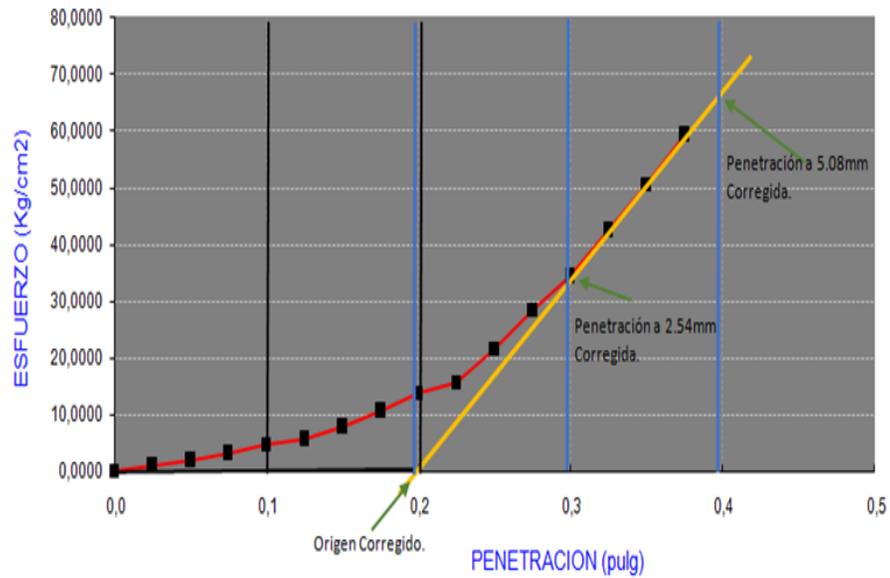
RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (25 GOLPES)
 I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO: Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO: Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformimetros), horno, tamices y balanza.

CURVA ESFUERZO-PENETRACION
 (California Bearing Ratio CBR)
 MOLDE 2



PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm3	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	34	3,33
5.08	10,3	67	6,57

CBR EN 0,1"	48,32%
CBR EN 0,2"	63,79%

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (25 GOLPES)
I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm ²	TENSIONES DE ENSAYO CORREGIDAS kg/cm ²
0,1	70,31	5
0,2	105,4	14
CBR EN 0,1"	7,11%	
CBR EN 0,2"	13,28%	

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (56 GOLPES)
I.N.V.E - 148 - 07



	OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").		
	EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactación, aparato medidor de expansión, sobrecargas metálicas, pistón de penetración, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.		
	OBRA:	Planta de Agregados de Occidente		
	MATERIAL:	Sub - Base Granular		
	PROCEDENCIA:	Rio Mapa		
	AREA MOLDE (CM2)	182,32		
	DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24		
	ALT. MOLDE (MM)	16,4		
	N. CAPAS	5		
	N. GOLP X CAPA	56		
	AREA DEL PISTON (CM2)	19,32		
	COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR	
	P.HUME + MOLDE (GR)	5340,00	5353,42	
	PESO MOLDE (GR)	2050,00	2050,00	
	PÉSO HUMEDO (GR)	3290,00	3303,42	
	VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	2990,08	
	DENSIDAD H. (GR/CM3)	1,100	1,105	
	NUMERO DE ENSAYO	3-A	3-B	3-C
	P. HUMEDO + TARA (GR)	147,2	150,30	145,50
	P. SECO + TARA (GR)	137,9	140,7	135,50
	PESO AGUA (GR)	9,30	9,6	10,00
	PESO TARA (GR)	35,10	34,20	34,80
	P. MUESTRA SECA (GR)	102,80	106,50	100,70
	CONT. HUMEDAD (%)	9,05%	9,01%	9,93%

Ficha 24: Relación de soporte del suelo en el laboratorio CBR Sub-base granular (56 golpes) Pág. 1/4.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (56 GOLPES)
I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metálicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

CONT. HUMEDAD PRO (%)	9,33%
W	9,05%
DENSIDAD SECA (GR/CM3)	1,099

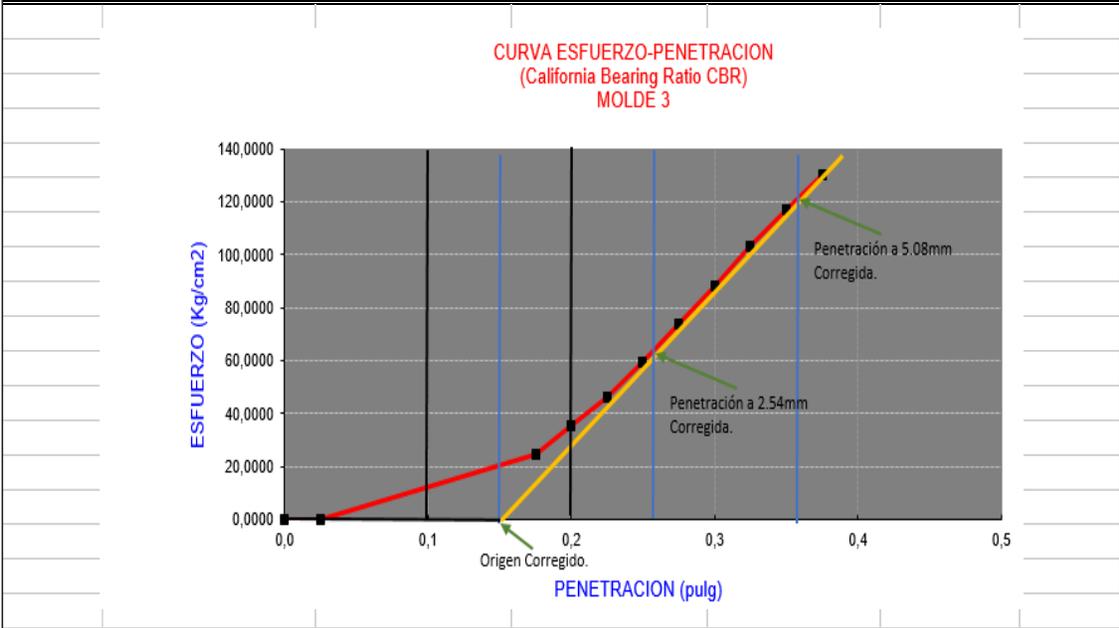
PENETRACION		CARGA		ESFUERZO
MM	PULG	KN	Kgf	Kg/cm2
0,00	0,00	0	0,00	0,0000
0,64	0,025	0,01	1,02	0,0528
4,45	0,175	4,64	473,13	24,4891
5,08	0,200	6,67	680,12	35,2031
5,72	0,225	8,70	887,12	45,9171
6,35	0,250	11,28	1150,19	59,5339
6,99	0,275	13,94	1421,43	73,5729
7,62	0,300	16,74	1706,94	88,3508
8,26	0,325	19,53	1991,43	103,0759
8,89	0,350	22,13	2256,54	116,7983
9,53	0,375	24,63	2511,46	129,9928

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (56 GOLPES)
I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO: Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO: Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Sub-base 56 Golpes)

PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	61	5,98
5.08	10,3	120	11,77

CBR EN 0,1"	86,70%
CBR EN 0,2"	114,25%

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (56 GOLPES)
I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO: Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO: Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactación, aparato medidor de expansión, sobrecargas metálicas, pistón de penetración, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm ²	TENSIONES DE ENSAYO CORREGIDAS kg/cm ²
0,1	70,31	61
0,2	105,4	120
CBR EN 0,1"	86,76%	
CBR EN 0,2"	113,85%	

FICHA 24. Relación de soporte del suelo en el laboratorio CBR Sub-base Granular (56 Golpes) Pág. 4/4

15.4. Ensayo material no biodegradable

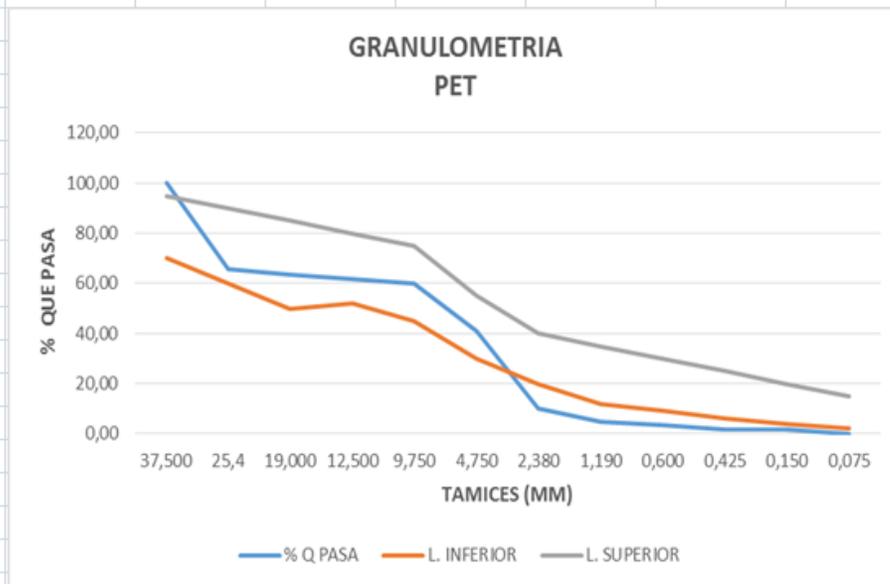
GRANULOMETRIA MATERIAL NO BIODEGRADABLE ART 330 -07					
OBJETIVO:	El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo, también describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 µm (No.200).				
EQUIPO:	Balanzas, tamices de malla cuadrada del N° 4 al N° 200, Horno, envases, cepillo y brocha.				
OBRA:	Mangueras Pereira				
MATERIAL:	No biodegradable				
PROCEDENCIA:	Reciclable				
MATERIAL NO BIODEGRADABLE	G	%			
	1929	100			
TAMIZ (MM)	PESO RETENIDO (G)	MATERIAL RETENIDO %	PASA %	NORMA 330 - BG - 1	
				INFERIOR	SUPERIOR
37,500	0,000	0,000	100,00	70	95
25,4	0,663	34,370	65,63	60	90
19,000	0,038	1,970	63,66	50	85
12,500	0,034	1,760	61,90	52	80
9,750	0,035	1,810	60,08	45	75
4,750	0,366	18,970	41,11	30	55
2,380	0,601	31,160	9,95	20	40
1,190	0,097	5,030	4,92	12	35
0,600	0,025	1,300	3,63	9	30
0,425	0,036	1,870	1,76	6	25
0,150	0,002	0,100	1,66	4	20
0,075	0,032	1,660	0,00	2	15
	1,929	100,000			

Ficha 25: Granulometría Material no biodegradable (PET) Pág. 1/2.

**GRANULOMETRIA
MATERIAL NO BIODEGRADABLE
ART 330 -07**



	<p>OBJETIVO: El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo, también describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 μm (No.200).</p>	
	<p>EQUIPO: Balanzas, tamices de malla cuadrada del N° 4 al N° 200, Horno, envases, cepillo y brocha.</p>	



Grafica. Curva granulometrica material no biodegradable

15.5. Ensayos a la sub-base + material no biodegradable

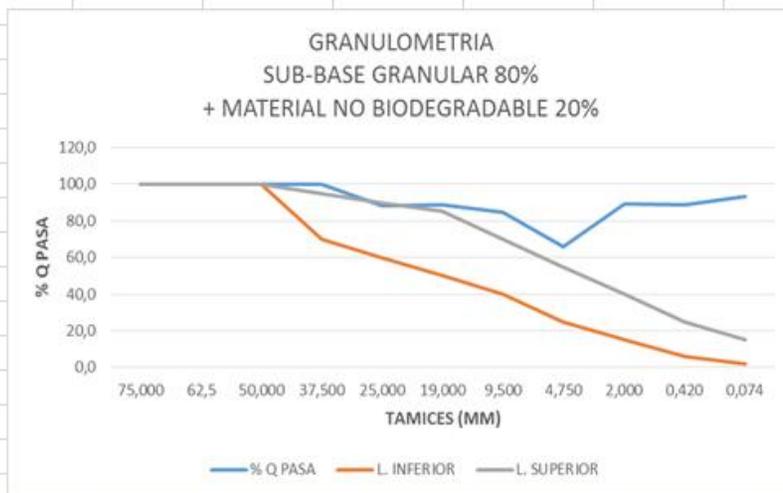
GRANULOMETRIA SUB-BASE GRANULAR (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%) ART 330 -07					
OBJETIVO:	El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo, también describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 µm (No.200).				
EQUIPO:	Balanzas, tamices de malla cuadrada del N° 4 al N° 200, Horno, envases, cepillo y brocha.				
OBRA:	Planta de Agregados de Occidente				
MATERIAL:	Sub - Base Granular				
PROCEDENCIA:	Rio Mapa				
OBRA:	Mangueras Pereira				
MATERIAL:	No biodegradable				
PROCEDENCIA:	Reciclable				
SUB-BASE + MATERIAL NO BIODEGRADABLE				%	
PESO MATERIAL SUB-BASE (G)				1920	80
PESO MATERIAL NO BIODEGRADABLE(G)				480	20
PESO TOTAL DE LA MUESTRA				2400	100
TAMIZ (MM)	PESO RETENIDO (G)	MATERIAL RETENIDO %	PASA %	NORMA 330 - BG - 1	
				INFERIOR	SUPERIOR
75,000	0	0	100,0	100	100
62,5	0	0	100,0	100	100
50,000	0	0	100,0	100	100
37,500	0	0	100,0	70	95
25,000	276,7	11,5	88,5	60	90
19,000	273,5	11,39	88,6	50	85
9,500	372,3	15,51	84,5	40	70
4,750	816	34	66,0	25	55
2,000	251,9	10,49	89,5	15	40
0,420	267,9	11,16	88,8	6	25
0,074	160	6,66	93,3	2	15
	26,1	1,08			

Ficha 26: Granulometría sub-base granular (80%) + material no biodegradable (20%). Pág. 1/2.

**GRANULOMETRIA SUB-BASE GRANULAR (80%)
+ MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
ART 330 -07**



	OBJETIVO:	El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo, también describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 µm (No.200).	
	EQUIPO:	Balanzas, tamices de malla cuadrada del N° 4 al N° 200, Horno, envases, cepillo y brocha.	



Grafica . Curva Granulometrica Sub-base Granular (80%) + Material No Biodegradable (20%).



Foto. Granulometria Sub-base Granular (80%) + Material No Biodegradable (20%).

**PROCTOR MODIFICADO SUB-BASE GRANULAR (80%)
+ MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
I.N.V.E - 142**



OBJETIVO: Estos métodos de ensayo se emplean para determinar la relación entre la humedad y la masa unitaria de los suelos compactados en un molde de un tamaño dado con un martillo de 4.54 Kg. (10 lb) que cae desde una altura de 457 mm (18").

EQUIPO: Moldes, martillo de operación manual, dispositivo para extrusión de las muestras, balanza, horno, regla metálica, herramientas misceláneas y recipientes.

OBRA:	Planta de Agregados de Occidente
MATERIAL:	Sub - Base Granular
PROCEDENCIA:	Rio Mapa

OBRA:	Mangueras Pereira
MATERIAL:	No biodegradable
PROCEDENCIA:	Reciclable

	PESO (G)	%
SUB-BASE GRANULAR	4000	80
MATERIAL NO BIODEGRADABLE	1000	20

PESO DEL MARTILLO	10 LB
NUMERO DE CAPAS	5
ALTURA CAIDA DEL MARTILLO (PULG)	18
GOLPES DE CAPA	56

PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (G)	9586	10174	9837
PESO MOLDE (G)	6018	6006	6012
PESO SUELO HUMEDO (G)	3568	4168	3825
VOLUMEN MOLDE (CM3)	2095	2095	2095
DENSIDAD HUMEDA (G/CM3)	1,703	1,989	1,826
CONTENIDO DE HUMEDAD %	5,5	6,8	8,9
DENSIDAD SECA (G/CM3)	1,652	1,894	1,800

Ficha 27: Proctor modificado sub-base granular (80%) + material no biodegradable (20%). Pág. 1/3.

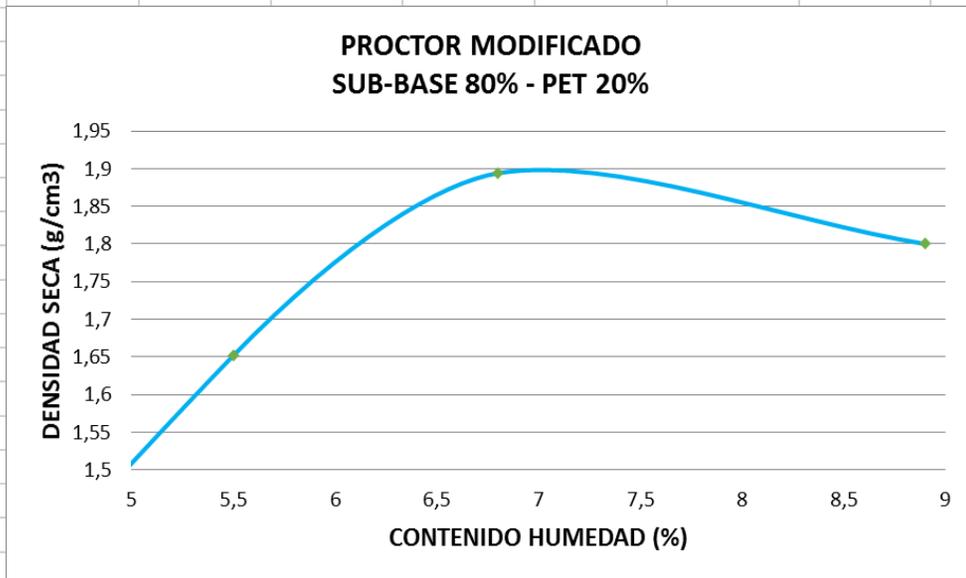
**PROCTOR MODIFICADO SUB-BASE GRANULAR (80%)
+ MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
I.N.V.E -142**



OBJETIVO: Estos métodos de ensayo se emplean para determinar la relación entre la humedad y la masa unitaria de los suelos compactados en un molde de un tamaño dado con un martillo de 4.54 Kg. (10 lb) que cae desde una altura de 457 mm (18").

EQUIPO: Moldes, martillo de operación manual, dispositivo para extrusión de las muestras, balanza, horno, regla metálica, herramientas misceláneas y recipientes.

MUESTRA				
PESO HUMEDO + TARA	0,104	0,16	0,276	
PESO TARA	0,036	0,034	0,133	
PESO HUMEDO	0,068	0,126	0,143	
PESO SECO	0,066	0,12	0,141	
DENSIDAD MAXIMA SECA (G/CM3)	1,894			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6,8			



Gráfica. Proctor Modificado Sub-base Granular (80%) + Material No Biodegradable (20%).

PROCTOR MODIFICADO SUB-BASE GRANULAR (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%) I.N.V.E -142		
OBJETIVO:	Estos métodos de ensayo se emplean para determinar la relación entre la humedad y la masa unitaria de los suelos compactados en un molde de un tamaño dado con un martillo de 4.54 Kg. (10 lb) que cae desde una altura de 457 mm (18").	
EQUIPO:	Moldes, martillo de operación manual, dispositivo para extrusión de las muestras, balanza, horno, regla metálica, herramientas miscelaneas y recipientes.	



Foto. Fuente Propia
 Proctor Modificado Sub-base Granular (80%) + Material No Biodegradable (20%).



Foto . Fuente Propia
 Proctor Modificado Sub-base Granular (80%) + Material No Biodegradable (20%).

**PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS GRANULARES CABEZA CONSTANTE
SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
I.N.V.E - 130 - 07**



OBJETIVO:	Determinar el coeficiente de permeabilidad mediante un método de cabeza constante para el flujo laminar de agua a través de suelos granulares.					
EQUIPO:	Permeámetros, tanque de cabeza constante, embudos amplios, equipo para la compactación del espécimen, bomba de vacío, tubos manométricos, balanza, cucharón y equipo misceláneo.					
OBRA:	Planta de Agregados de Occidente					
MATERIAL:	Sub - Base Granular					
PROCEDEC:	Rio Mapa					
OBRA:	Mangueras Pereira					
MATERIAL:	No biodegradable					
PROCEDEC:	Reciclable					
				PESO (G)	%	
SUB-BASE GRANULAR				759	80	
MATERIAL NO BIODEGRADABLE				190	20	
LECTURA 1	12"			LECTURA 6	12"43	
LECTURA 2	12"35			LECTURA 7	12"96	
LECTURA 3	12"57			LECTURA 8	12"05	
LECTURA 4	11"77			LECTURA 9	12"24	
LECTURA 5	11"93			LECTURA 10	12"11	
				TIEMPO PROMEDIO	12"32	
DIAMETRO DE LA PROBETA				D		
AREA DE LA PROBETA				A		
LONGITUD DE LA PROBETA				L		
TIEMPO DE ENSAYO				T		
VOL. DE AGUA				V		
DIFERENCIA DE NIVEL				H		
	D (cm)	A (cm²)	L (cm)	T (seg)	V (cm³)	H (cm)
	6,5	33,18	13	12"32	150	70
						K (cm/seg)
						0,00068

Ficha 28: Permeabilidad de los suelos granulares sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). Pág. 1/2.

**PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS GRANULARES CABEZA CONSTANTE
SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
I.N.V.E - 130 - 07**



OBJETIVO: Determinar el coeficiente de permeabilidad mediante un método de cabeza constante para el flujo laminar de agua a través de suelos granulares.

EQUIPO: Permeametros, tanque de cabeza constante, embudos amplios, equipo para la compactacion del espécimen, bomba de vacío, tubos manométricos, balanza, cucharon y equipo miscelaneo.



Foto. Fuente Propia

Permeabilidad de los suelos granulares Sub-base (80%) + Material No Biodegradable (20%)



Foto. Fuente Propia

Permeabilidad de los suelos granulares Sub-base (80%) + Material No Biodegradable (20%)

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").		
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.		
OBRA:	Planta de Agregados de Occidente		
MATERIAL:	Sub - Base Granular		
PROCEDENCIA:	Rio Mapa		
OBRA:	Mangueras Pereira		
MATERIAL:	No biodegradable		
PROCEDENCIA:	Reciclable		
	MATERIAL	%	
	SUB-BASE GRANULAR	80	
	MATERIAL NO BIODEGRADABLE	20	
	AREA MOLDE (CM2)	182,32	
	DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
	ALT. MOLDE (CM)	16,4	
	N. CAPAS	5	
	N. GOLF X CAPA	12	
	AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
	COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
	P.HUME + MOLDE (GR)	5124,00	5148,96
	PESO MOLDE (GR)	2100,00	2100,00
	PÉSO HUMEDO (GR)	3024,00	3048,96
	VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	2990,08
	DENSIDAD H. (GR/CM3)	1,01	1,02

Ficha 29: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 12 golpes. Pág. 1/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

NUMERO DE ENSAYO	1-A	1-B	1-C
P. HUMEDO + TARA (GR)	145,10	149,20	144,30
P. SECO + TARA (GR)	135,80	139,60	134,30
PESO AGUA (GR)	9,30	9,60	10,00
PESO TARA (GR)	35,10	34,20	34,80
P. MUESTRA SECA (GR)	100,70	105,40	99,50
CONT. HUMEDAD (%)	9,24%	9,11%	10,05%

CONT. HUMEDAD PRO (%)	9,46%
W	9,24%
DENSIDAD SECA (GR/CM3)	1,010

PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,0000
0,64	0,025	0,021	2,14	0,1108
1,27	0,050	0,052	5,30	0,2744
1,91	0,075	0,089	9,08	0,4697
2,54	0,100	0,133	13,56	0,7020
3,18	0,125	0,171	17,44	0,9025
3,81	0,150	0,21	21,41	1,1083
4,45	0,175	0,266	27,12	1,4039
5,08	0,200	0,312	31,81	1,6467
5,72	0,225	0,38	38,75	2,0056
6,35	0,250	0,443	45,17	2,3381
6,99	0,275	0,511	52,11	2,6970
7,62	0,300	0,602	61,38	3,1773
8,26	0,325	0,681	69,44	3,5942
8,89	0,350	0,773	78,82	4,0798
9,53	0,375	0,848	86,47	4,4756

FICHA 29. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 12 golpes. Pág. 2/4.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



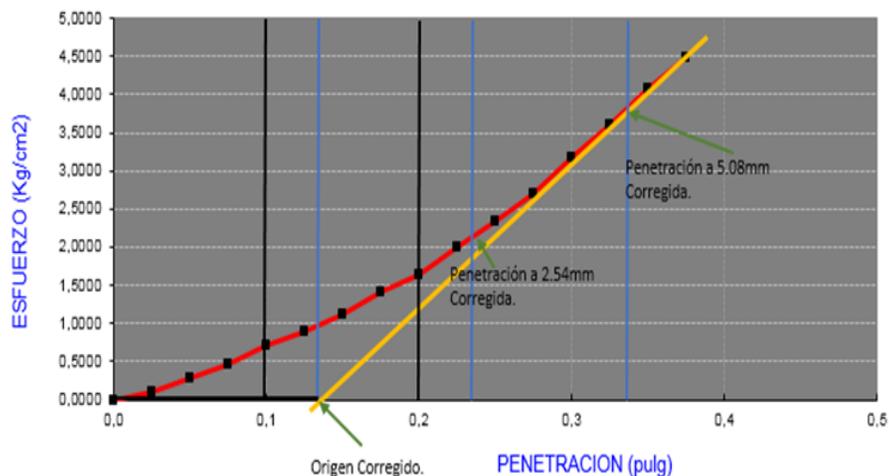
OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metálicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

CURVA ESFUERZO-PENETRACION
(California Bearing Ratio CBR)
MOLDE 1



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Sub-base 12 Golpes)

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm ²	TENSIONES DE ENSAYO CORREGIDAS kg/cm ²	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
0,1	6,9	2,2	0,22
0,2	10,3	3,75	0,37
CBR EN 0,1"	3,13%		
CBR EN 0,2"	3,57%		

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
 (12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO CORREGIDAS kg/cm2
0,1	70,31	2
0,2	105,4	3,6
CBR EN 0,1"	2,84%	
CBR EN 0,2"	3,42%	

FICHA 29. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 12 golpes. Pág. 4/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
(25 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).	
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.	
OBRA:	Planta de Agregados de Occidente	
MATERIAL:	Sub - Base Granular	
PROCEDENCIA:	Rio Mapa	
OBRA:	Mangueras Pereira	
MATERIAL:	No biodegradable	
PROCEDENCIA:	Reciclable	
MATERIAL		%
SUB-BASE GRANULAR		80
MATERIAL NO BIODEGRADABLE		20
AREA MOLDE (CM2)	182,32	
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
ALT. MOLDE (CM)	16,4	
N. CAPAS	5	
N. GOLF X CAPA	25	
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
P.HUME + MOLDE (GR)	5135,00	5165,18
PESO MOLDE (GR)	2089,00	2089,00
PÉSO HUMEDO (GR)	3046,00	3076,18
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	2990,08
DENSIDAD H. (GR/CM3)	1,02	1,03

Ficha 30: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 25 golpes. Pág. 1/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
(25 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

NUMERO DE ENSAYO	2-A	2-B	2-C
P. HUMEDO + TARA (GR)	136,60	141,30	140,20
P. SECO + TARA (GR)	128,70	132,30	130,70
PESO AGUA (GR)	7,90	9,00	9,50
PESO TARA (GR)	36,00	33,10	34,50
P. MUESTRA SECA (GR)	92,70	99,20	96,20
CONT. HUMEDAD (%)	8,52%	9,07%	9,88%

CONT. HUMEDAD PRO (%)	9,16%
W	8,52%
DENSIDAD SECA (GR/CM3)	1,018

PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,0000
0,64	0,025	0,054	5,51	0,2850
1,27	0,050	0,116	11,83	0,6122
1,91	0,075	0,187	19,07	0,9870
2,54	0,100	0,254	25,90	1,3406
3,18	0,125	0,348	35,48	1,8367
3,81	0,150	0,443	45,17	2,3381
4,45	0,175	0,557	56,80	2,9397
5,08	0,200	0,674	68,73	3,5573
5,72	0,225	0,798	81,37	4,2117
6,35	0,250	0,936	95,44	4,9400
6,99	0,275	1,096	111,76	5,7845
7,62	0,300	1,235	125,93	6,5181
8,26	0,325	1,397	142,45	7,3731
8,89	0,350	1,586	161,72	8,3706
9,53	0,375	1,766	180,07	9,3206

FICHA 30. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 25 golpes. Pág. 2/4.

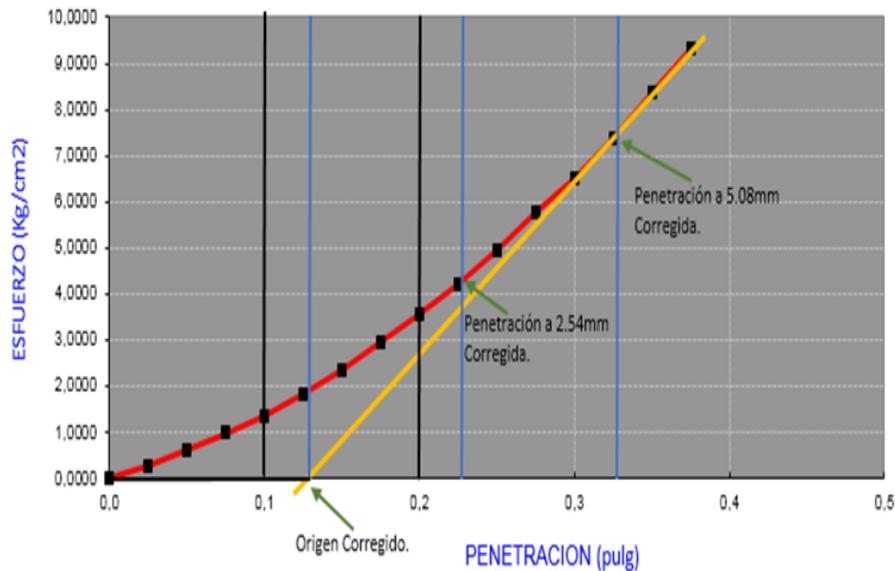
RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
(25 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO: Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO: Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

CURVA ESFUERZO - PENETRACION
(California Bearing Ratio CBR)
MOLDE 2



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Sub-base 25 Golpes)

PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	4,3	0,42
5.08	10,3	7,5	0,74

CBR EN 0,1"	6,11%
CBR EN 0,2"	7,14%

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
 (25 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactación, aparato medidor de expansión, sobrecargas metálicas, pistón de penetración, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm ²	TENSIONES DE ENSAYO CORREGIDAS kg/cm ²
0,1	70,31	4,6
0,2	105,4	8
CBR EN 0,1"	6,54%	
CBR EN 0,2"	7,59%	

FICHA 30. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 25 golpes. Pág. 4/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
(56 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").	
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.	
OBRA:	Planta de Agregados de Occidente	
MATERIAL:	Sub - Base Granular	
PROCEDENCIA:	Rio Mapa	
OBRA:	Mangueras Pereira	
MATERIAL:	No biodegradable	
PROCEDENCIA:	Reciclable	
MATERIAL		%
SUB-BASE GRANULAR		80
MATERIAL NO BIODEGRADABLE		20
AREA MOLDE (CM2)	182,32	
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
ALT. MOLDE (CM)	16,4	
N. CAPAS	5	
N. GOLF X CAPA	56	
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
P.HUME + MOLDE (GR)	5176,00	5195,34
PESO MOLDE (GR)	2050,00	2050,00
PÉSO HUMEDO (GR)	3126,00	3145,34
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	2990,08
DENSIDAD H. (GR/CM3)	1,05	1,05

Ficha 31: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 56 golpes. Pág. 1/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
(56 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

NUMERO DE ENSAYO	3-A	3-B	3-C
P. HUMEDO + TARA (GR)	153,2	155,50	158,70
P. SECO + TARA (GR)	143,3	144,80	148,50
PESO AGUA (GR)	9,90	10,70	10,20
PESO TARA (GR)	32,80	34,50	38,10
P. MUESTRA SECA (GR)	110,50	110,30	110,40
CONT. HUMEDAD (%)	8,96%	9,70%	9,24%

CONT. HUMEDAD PRO (%)	9,30%
W	8,96%
DENSIDAD SECA (GR/CM3)	1,045

PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,0000
0,64	0,025	0,096	9,79	0,5067
1,27	0,050	0,227	23,15	1,1981
1,91	0,075	0,376	38,34	1,9845
2,54	0,100	0,553	56,39	2,9186
3,18	0,125	0,746	76,07	3,9373
3,81	0,150	0,935	95,34	4,9348
4,45	0,175	1,155	117,77	6,0959
5,08	0,200	1,387	141,43	7,3203
5,72	0,225	1,624	165,60	8,5712
6,35	0,250	1,876	191,29	9,9012
6,99	0,275	2,097	213,83	11,0676
7,62	0,300	2,346	239,22	12,3818
8,26	0,325	2,615	266,65	13,8015
8,89	0,350	2,876	293,26	15,1790
9,53	0,375	3,155	321,71	16,6515

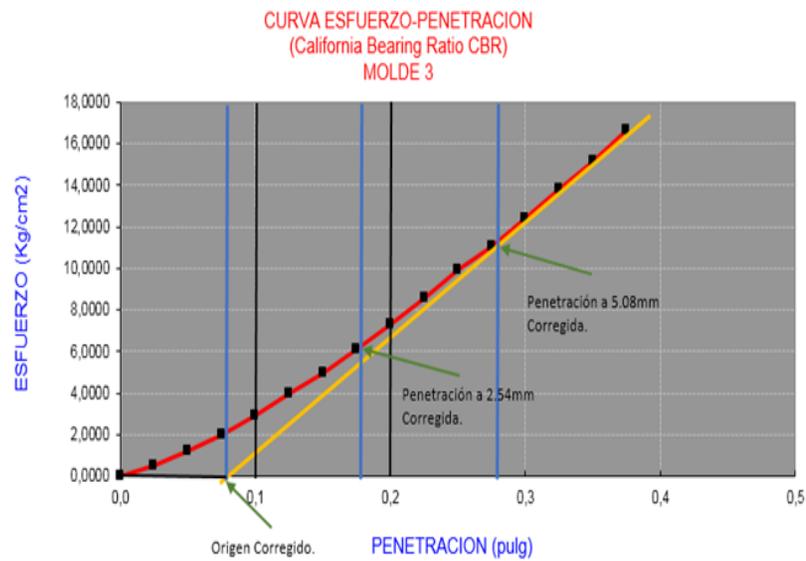
FICHA 31. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 56 golpes. Pág. 2/4

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
(56 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO: Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO: Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metálicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Sub-base 56 Golpes)

PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	6,2	0,61
5.08	10,3	11,2	1,10

CBR EN 0,1"	8,81%
CBR EN 0,2"	10,66%

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
 (56 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO CORREGIDAS kg/cm2
0,1	70,31	6
0,2	105,4	11,1
CBR EN 0,1"	8,53%	
CBR EN 0,2"	10,53%	

FICHA 31. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 56 golpes. Pág. 4/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
(12 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactación, aparato medidor de expansión, sobrecargas metálicas, pistón de penetración, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

OBRA:	Planta de Agregados de Occidente	
MATERIAL:	Sub - Base Granular	
PROCEDENCIA:	Rio Mapa	
OBRA:	Mangueras Pereira	
MATERIAL:	No biodegradable	
PROCEDENCIA:	Reciclable	
MATERIAL		%
SUB-BASE GRANULAR		80
MATERIAL NO BIODEGRADABLE		20
AREA MOLDE (CM2)	182,32	
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
ALT. MOLDE (CM)	16,4	
N. CAPAS	5	
N. GOLF X CAPA	12	
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
P. MUESTRA + MOLDE (GR)	5251,00	NA
PESO MOLDE (GR)	2050,00	NA
PÉSO MUESTRA (GR)	3201,00	NA
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	NA
DENSIDAD. (GR/CM3)	1,071	NA

Ficha 32: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 12 golpes. En caliente. Pág. 1/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
(12 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactación, aparato medidor de expansión, sobrecargas metálicas, pistón de penetración, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

NUMERO DE ENSAYO	1-A	1-B	1-C
P. MUESTRA + TARA (GR)	168,4	154,30	128,90
P. SECO + TARA (GR)	168,4	154,30	128,90
PESO AGUA (GR)	0,00	0,00	0,00
PESO TARA (GR)	32,80	34,50	38,10
P. MUESTRA SECA (GR)	135,60	119,80	90,80
CONT. HUMEDAD (%)	0,00%	0,00%	0,00%

CONT. HUMEDAD PRO (%)	0,00%
W	0,00%
DENSIDAD SECA (GR/CM3)	1,071

PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,00
0	0,000	0	0,00	0,00
0	0,000	34,47	3514,82	181,93

FICHA 32. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 12 golpes. En caliente. Pág. 2/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
(12 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**

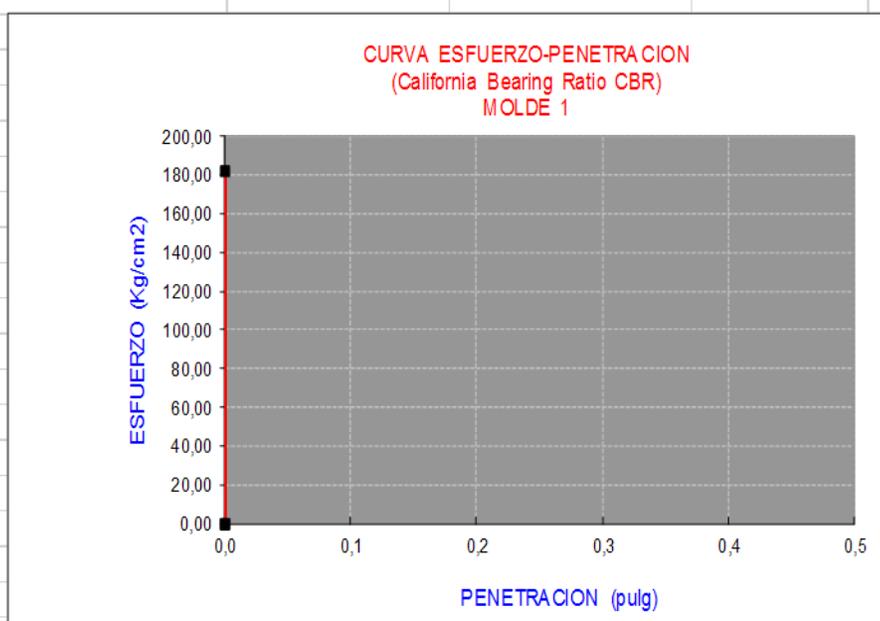


OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetración (CBR Sub-base 12 Golpes) En Caliente.

PENETRACION	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
0	0	0	0,00
0	0	181,93	17,84
CBR EN 0,1"	100,00%		
CBR EN 0,2"	100,00%		

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
 (12 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



	OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
	EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Foto . Fuente Propia

CBR Sub-base (80%) + Material No Biodegradable (20%) 12 Golpes En Caliente.



Foto . Fuente Propia

CBR Sub-base (80%) + Material No Biodegradable (20%) 12 Golpes En Caliente.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
(25 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).	
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.	
OBRA:	Planta de Agregados de Occidente	
MATERIAL:	Sub - Base Granular	
PROCEDENCIA:	Rio Mapa	
OBRA:	Mangueras Pereira	
MATERIAL:	No biodegradable	
PROCEDENCIA:	Reciclable	
MATERIAL		%
SUB-BASE GRANULAR		80
MATERIAL NO BIODEGRADABLE		20
AREA MOLDE (CM2)	182,32	
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
ALT. MOLDE (MM)	16,4	
N. CAPAS	5	
N. GOLF X CAPA	25	
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
P.HUME + MOLDE (GR)	5287,00	NA
PESO MOLDE (GR)	2050,00	NA
PÉSO HUMEDO (GR)	3237,00	NA
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	NA
DENSIDAD H. (GR/CM3)	1,08	NA

Ficha 33: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 25 golpes. En caliente. Pág.1/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
(25 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



	OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).
	EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

NUMERO DE ENSAYO	2-A	2-B	2-C
P. HUMEDO + TARA (GR)	128,1	122,20	153,30
P. SECO + TARA (GR)	128,1	122,20	153,30
PESO AGUA (GR)	0,00	0,00	0,00
PESO TARA (GR)	32,80	34,50	38,10
P. MUESTRA SECA (GR)	95,30	87,70	115,20
CONT. HUMEDAD (%)	0,00%	0,00%	0,00%

CONT. HUMEDAD PRO (%)	0,00%
W	0,00%
DENSIDAD SECA (GR/CM3)	1,083

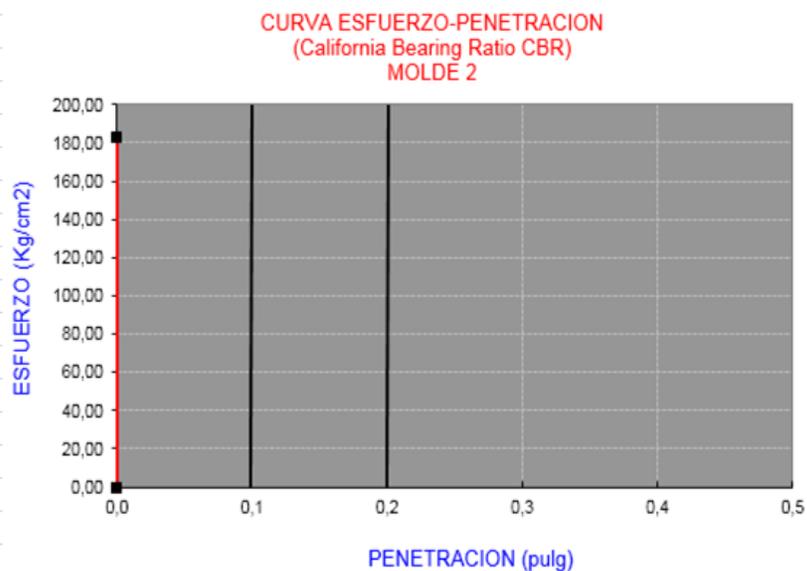
PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,00
0	0,000	0	0,00	0,00
0	0,000	34,62	3530,12	182,72

FICHA 33. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 25 golpes. En caliente. Pág. 2/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
 (25 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Sub-base 80%-PET 20%. 25 Golpes) En Caliente.

PENETRACION	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
0	0	0	0,00
0	0	182,72	17,92
CBR EN 0,1"	100,00%		
CBR EN 0,2"	100,00%		

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
 (25 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



	OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
	EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Foto . Fuente Propia

CBR Sub-base (80%) + Material No Biodegradable (20%) 25 Golpes En Caliente.



Foto . Fuente Propia

CBR Sub-base (80%) + Material No Biodegradable (20%) 25 Golpes En Caliente.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
(56 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).	
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.	
OBRA:	Planta de Agregados de Occidente	
MATERIAL:	Sub - Base Granular	
PROCEDENCIA:	Rio Mapa	
OBRA:	Mangueras Pereira	
MATERIAL:	No biodegradable	
PROCEDENCIA:	Reciclable	
MATERIAL		%
SUB-BASE GRANULAR		80
MATERIAL NO BIODEGRADABLE		20
AREA MOLDE (CM2)	182,32	
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
ALT. MOLDE (MM)	16,4	
N. CAPAS	5	
N. GOLP X CAPA	56	
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
P.HUME + MOLDE (GR)	5132,00	NA
PESO MOLDE (GR)	2050,00	NA
PÉSO HUMEDO (GR)	3082,00	NA
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	NA
DENSIDAD H. (GR/CM3)	1,03	NA

Ficha 34: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 56 golpes. En caliente. Pág. 1/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
(56 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

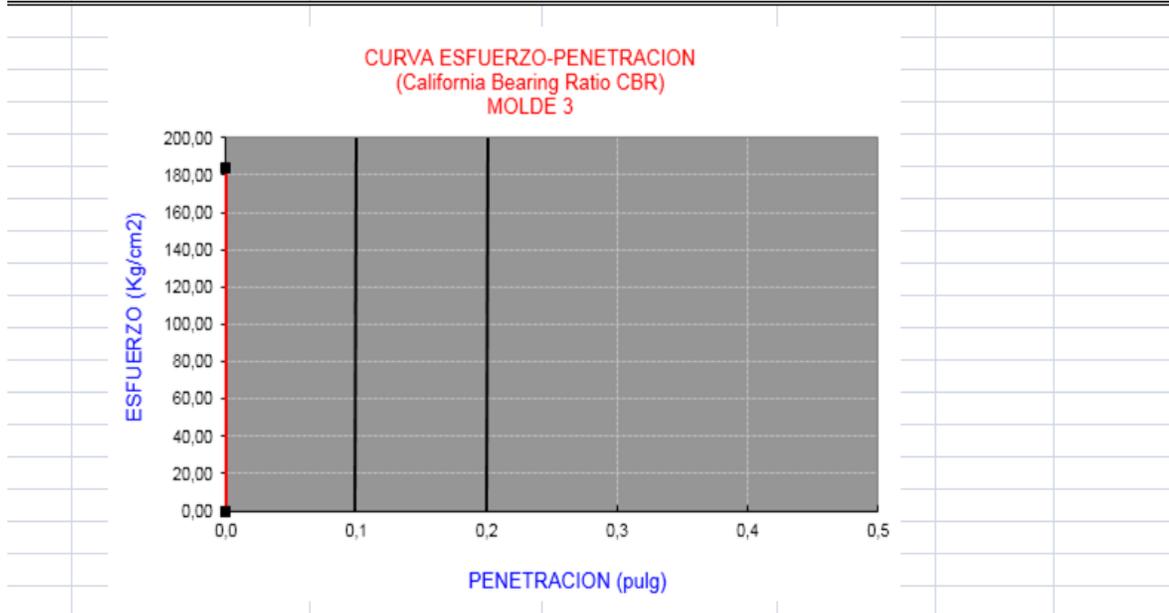
NUMERO DE ENSAYO	3-A	3-B	3-C	
P. HUMEDO + TARA (GR)	153,8	138,20	168,40	
P. SECO + TARA (GR)	153,8	138,20	168,40	
PESO AGUA (GR)	0,00	0,00	0,00	
PESO TARA (GR)	32,80	34,50	38,10	
P. MUESTRA SECA (GR)	121,00	103,70	130,30	
CONT. HUMEDAD (%)	0,00%	0,00%	0,00%	
CONT. HUMEDAD PRO (%)	0,00%			
W	0,00%			
DENSIDAD SECA (GR/CM3)	0,000			
PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,00
0	0,000	0	0,00	0,00
0,000	0,000	34,9	3558,67	184,20

FICHA 34. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (80%) + material no biodegradable (20%). 56 golpes. En caliente. Pág. 2/4

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
 (56 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Sub-base 80%-PET 20%. 56 Golpes) En Caliente.

PENETRACION	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
0	0	0	0,00
0	0	184,20	18,06
CBR EN 0,1"	100,00%		
CBR EN 0,2"	100,00%		

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (80%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (20%)
 (56 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



	OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
	EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Foto . Fuente Propia

CBR Sub-base (80%) + Material No Biodegradable (20%) 56 Golpes En Caliente.



Foto . Fuente Propia

CBR Sub-base (80%) + Material No Biodegradable (20%) 56 Golpes En Caliente.

**GRANULOMETRIA SUB-BASE GRANULAR (70%)
+ MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
ART 330 -07**



OBJETIVO:

El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo, también describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 µm (No.200).

EQUIPO:

Balanzas, tamices de malla cuadrada del N° 4 al N° 200, Horno, envases, cepillo y brocha.

OBRA: Planta de Agregados de Occidente

MATERIAL: Sub - Base Granular

PROCEDENCIA: Rio Mapa

OBRA: Mangueras Pereira

MATERIAL: No biodegradable

PROCEDENCIA: Reciclable

SUB-BASE + MATERIAL NO BIODEGRADABLE

%

PESO MATERIAL SUB-BASE (G)

1820

70

PESO MATERIAL NO BIODEGRADABLE(G)

780

30

PESO TOTAL DE LA MUESTRA

2600

100

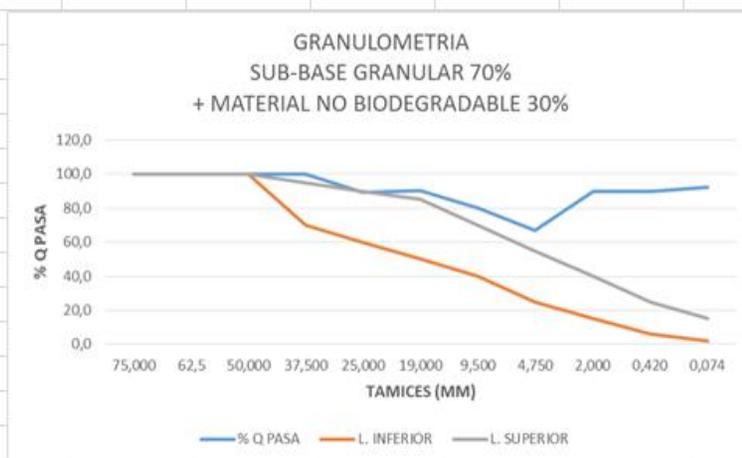
TAMIZ (MM)	PESO RETENIDO (G)	MATERIAL RETENIDO %	PASA %	NORMA 330 - BG - 1	
				INFERIOR	SUPERIOR
75,000	0	0	100,0	100	100
62,5	0	0	100,0	100	100
50,000	0	0	100,0	100	100
37,500	0	0	100,0	70	95
25,000	275,8	10,6	89,4	60	90
19,000	248,2	9,54	90,5	50	85
9,500	513,2	19,73	80,3	40	70
4,750	856,9	32,95	67,1	25	55
2,000	259,9	9,99	90,0	15	40
0,420	270,1	10,38	89,6	6	25
0,074	194,1	7,46	92,5	2	15
	25,4	0,97			

Ficha 35. Granulometría sub-base granular (70%) + material no biodegradable (30%) Pág. 1/2.

**GRANULOMETRIA SUB-BASE GRANULAR (70%)
+ MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
ART 330 -07**



OBJETIVO:	El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo, también describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 µm (No.200).
EQUIPO:	Balanzas, tamices de malla cuadrada del N° 4 al N° 200, Horno, envases, cepillo y brocha.



Grafica. Curva Granulometrica Sub-base Granular (70%) + Material No Biodegradable (30%).



Foto. Fuente Propia
Granulometria Sub-base Granular (70%) +
Material No Biodegradable (30%).



Foto. Fuente Propia
Granulometria Sub-base Granular (70%) +
Material No Biodegradable (30%).

**PROCTOR MODIFICADO SUB-BASE GRANULAR (70%)
+ MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
I.N.V.E - 142**



OBJETIVO:	Estos métodos de ensayo se emplean para determinar la relación entre la humedad y la masa unitaria de los suelos compactados en un molde de un tamaño dado con un martillo de 4.54 Kg. (10 lb) que cae desde una altura de 457 mm (18").
EQUIPO:	Moldes, martillo de operación manual, dispositivo para extrusión de las muestras, balanza, horno, regla metálica, herramientas misceláneas y recipientes.

OBRA:	Planta de Agregados de Occidente		
MATERIAL:	Sub - Base Granular		
PROCEDENCIA:	Rio Mapa		
OBRA:	Mangueras Pereira		
MATERIAL:	No biodegradable		
PROCEDENCIA:	Reciclable		
		PESO (G)	%
SUB-BASE GRANULAR		3500	70
MATERIAL NO BIODEGRADABLE		1500	30
PESO DEL MARTILLO		10 LB	
NUMERO DE CAPAS		5	
ALTURA CAIDA DEL MARTILLO (PULG)		18	
GOLPES DE CAPA		25	
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (G)		8831	8834
PESO MOLDE (G)		6012	6012
PESO SUELO HUMEDO (G)		2819	2822
VOLUMEN MOLDE (CM3)		2095	2095
DENSIDAD HUMEDA (G/CM3)		1,345	1,347
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		5,5	6,8
DENSIDAD SECA (G/CM3)		1,243	1,247

Ficha 36: Proctor modificado sub-base granular (70%) + material no biodegradable (30%).Pág. 1/3.

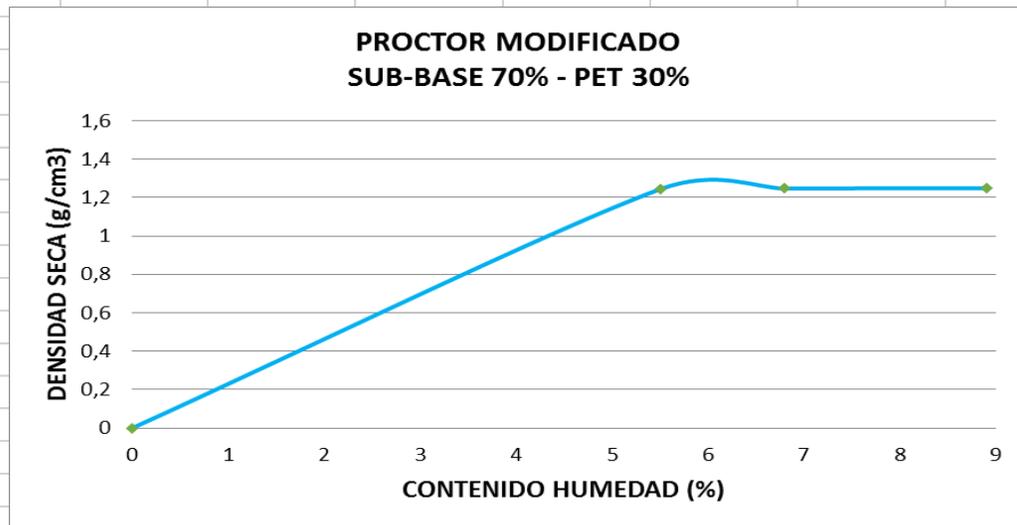
**PROCTOR MODIFICADO SUB-BASR GRANULAR (70%)
+ MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
I.N.V.E - 142**



OBJETIVO: Estos métodos de ensayo se emplean para determinar la relación entre la humedad y la masa unitaria de los suelos compactados en un molde de un tamaño dado con un martillo de 4.54 Kg. (10 lb) que cae desde una altura de 457 mm (18").

EQUIPO: Moldes, martillo de operación manual, dispositivo para extrusión de las muestras, balanza, horno, regla metálica, herramientas misceláneas y recipientes.

MUESTRA			
PESO HUMEDO + TARA	0,113	0,157	0,204
PESO TARA	0,034	0,035	0,061
PESO HUMEDO	0,079	0,122	0,143
PESO SECO	0,073	0,113	0,141
DENSIDAD MAXIMA SECA (G/CM3)	1,248		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8,9		



Grafica. Proctor Modificado Sub-Base Granular (70%) + Material No Biodegradable (30%)

**PROCTOR MODIFICADO SUB-BASR GRANULAR (70%)
+ MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
I.N.V.E - 142**



OBJETIVO:	Estos métodos de ensayo se emplean para determinar la relación entre la humedad y la masa unitaria de los suelos compactados en un molde de un tamaño dado con un martillo de 4.54 Kg. (10 lb) que cae desde una altura de 457 mm (18").
EQUIPO:	Moldes, martillo de operación manual, dispositivo para extrusion de las muestras, balanza, horno, regla metalica, herramientas miscelaneas y recipientes.



Foto. Fuente Propia

Proctor Modificado Sub-Base Granular (70%) + Material No Biodegradable (30%)



Foto. Fuente Propia

Proctor Modificado Sub-Base Granular (70%) + Material No Biodegradable (30%)

**PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS GRANULARES CABEZA CONSTANTE
SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
I.N.V.E - 130 - 07**



OBJETIVO: Determinar el coeficiente de permeabilidad mediante un método de cabeza constante para el flujo laminar de agua a través de suelos granulares.

EQUIPO: Permeámetros, tanque de cabeza constante, embudos amplios, equipo para la compactación del espécimen, bomba de vacío, tubos manométricos, balanza, cucharón y equipo misceláneo.



Foto. Fuente Propia

Permeabilidad de los suelos granulares Sub-base (70%) + Material No Biodegradable (30%)



Foto. Fuente Propia

Permeabilidad de los suelos granulares Sub-base (70%) + Material No Biodegradable (30%)

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").	
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.	
OBRA:	Planta de Agregados de Occidente	
MATERIAL:	Sub - Base Granular	
PROCEDENCIA:	Rio Mapa	
OBRA:	Mangueras Pereira	
MATERIAL:	No biodegradable	
PROCEDENCIA:	Reciclable	
	MATERIAL	%
	SUB-BASE GRANULAR	70
	MATERIAL NO BIODEGRADABLE	30
	AREA MOLDE (CM2)	182,32
	DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24
	ALT. MOLDE (CM)	16,40
	N. CAPAS	5
	N. GOLP X CAPA	12
	AREA DEL PISTON (CM2)	19,32
	COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR
	P.HUME + MOLDE (GR)	5340,00
	PESO MOLDE (GR)	2100,00
	PÉSO HUMEDO (GR)	3240,00
	VOL. MOLDE (CM3)	2990,08
	DENSIDAD H. (GR/CM3)	1,084
		DESPUES DE EMPAPAR
		5366,75
		2100,00
		3266,75
		2990,08
		1,09

Ficha 38: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 12 golpes. Pág. 1/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

NUMERO DE ENSAYO	1-A	1-B	1-C
P. HUMEDO + TARA (GR)	147,2	150,30	145,50
P. SECO + TARA (GR)	137,9	140,7	135,50
PESO AGUA (GR)	9,30	9,6	10,00
PESO TARA (GR)	35,10	34,20	34,80
P. MUESTRA SECA (GR)	102,80	106,50	100,70
CONT. HUMEDAD (%)	9,05%	9,01%	9,93%

CONT. HUMEDAD PRO (%)	9,33%
W	9,05%
DENSIDAD SECA (GR/CM3)	1,083

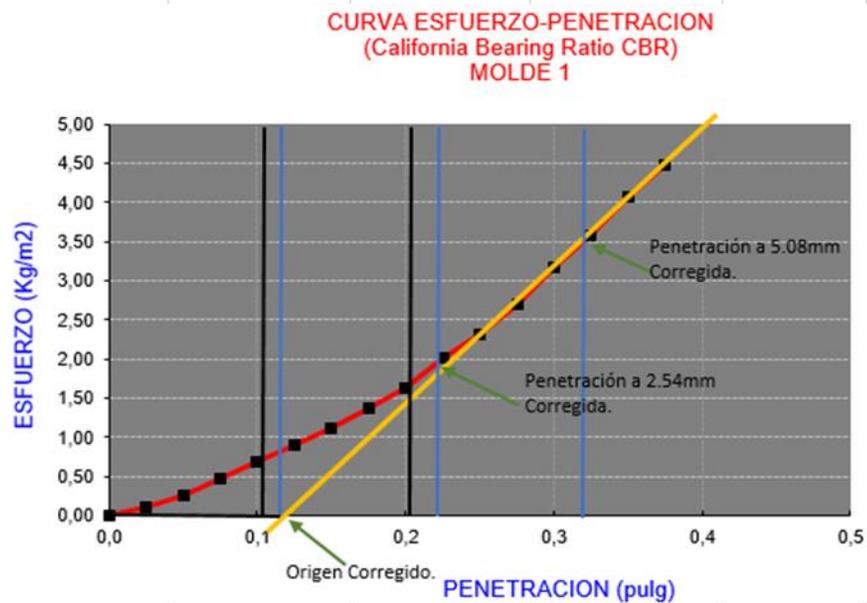
PENETRACION		CARGA	CARGA	ESFUERZO
MM	PULG	KN	kgf	Kg/cm2
0,00	0,00	0	0,00	0,00
0,64	0,025	0,02	2,04	0,11
1,27	0,050	0,05	5,10	0,26
1,91	0,075	0,09	9,18	0,48
2,54	0,100	0,13	13,26	0,69
3,18	0,125	0,17	17,33	0,90
3,81	0,150	0,21	21,41	1,11
4,45	0,175	0,26	26,51	1,37
5,08	0,200	0,31	31,61	1,64
5,72	0,225	0,38	38,75	2,01
6,35	0,250	0,44	44,87	2,32
6,99	0,275	0,51	52,00	2,69
7,62	0,300	0,60	61,18	3,17
8,26	0,325	0,68	69,34	3,59
8,89	0,350	0,77	78,52	4,06
9,53	0,375	0,85	86,67	4,49

FICHA 38. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 12 golpes. Pág. 2/4.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Sub-base 12 Golpes)

PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES DE ENSAYO CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	1,9	0,19
5.08	10,3	3,5	0,34
CBR EN 0,1"	2,70%		
CBR EN 0,2"	3,33%		

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO CORREGIDAS kg/cm2
0,1	70,31	1,9
0,2	105,4	3,5
CBR EN 0,1"	2,70%	
CBR EN 0,2"	3,32%	

FICHA 38. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 12 golpes. Pág. 4/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
(25 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").	
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactación, aparato medidor de expansión, sobrecargas metálicas, pistón de penetración, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.	
OBRA:	Planta de Agregados de Occidente	
MATERIAL:	Sub - Base Granular	
PROCEDENCIA:	Rio Mapa	
OBRA:	Mangueras Pereira	
MATERIAL:	No biodegradable	
PROCEDENCIA:	Reciclable	
MATERIAL		%
SUB-BASE GRANULAR		70
MATERIAL NO BIODEGRADABLE		30
AREA MOLDE (CM2)	182,32	
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
ALT. MOLDE (CM)	16,4	
N. CAPAS	5	
N. GOLP X CAPA	25	
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
P.HUME + MOLDE (GR)	5340,00	5360,61
PESO MOLDE (GR)	2089,00	2089,00
PÉSO HUMEDO (GR)	3251,00	3271,61
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	2990,08
DENSIDAD H. (GR/CM3)	1,087	1,094

Ficha 39: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 25 golpes. Pág. 1/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
(25 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
------------------	---

EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.
----------------	---

NUMERO DE ENSAYO	2-A	2-B	2-C
P. HUMEDO + TARA (GR)	135,50	140,20	141,20
P. SECO + TARA (GR)	127,20	131,30	131,70
PESO AGUA (GR)	8,30	8,90	9,50
PESO TARA (GR)	36,00	33,10	34,50
P. MUESTRA SECA (GR)	91,20	98,20	97,20
CONT. HUMEDAD (%)	9,10%	9,06%	9,77%

CONT. HUMEDAD PRO (%)	9,31%
W	9,10%
DENSIDAD SECA (GR/CM3)	1,086

PENETRACION		CARGA		ESFUERZO
MM	PULG	KN	Kgf	Kg/cm2
0,00	0,00	0	0,00	0,0000
0,64	0,025	0,06	6,12	0,3167
1,27	0,050	0,12	12,24	0,6333
1,91	0,075	0,19	19,37	1,0028
2,54	0,100	0,26	26,51	1,3722
3,18	0,125	0,35	35,69	1,8472
3,81	0,150	0,45	45,89	2,3750
4,45	0,175	0,56	57,10	2,9556
5,08	0,200	0,67	68,32	3,5361
5,72	0,225	0,8	81,57	4,2223
6,35	0,250	0,94	95,85	4,9612
6,99	0,275	1,1	112,16	5,8056
7,62	0,300	1,24	126,44	6,5445
8,26	0,325	1,4	142,75	7,3890
8,89	0,350	1,59	162,13	8,3917
9,53	0,375	1,77	180,48	9,3417

FICHA 39. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 25 golpes. Pág. 2/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
 (25 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**

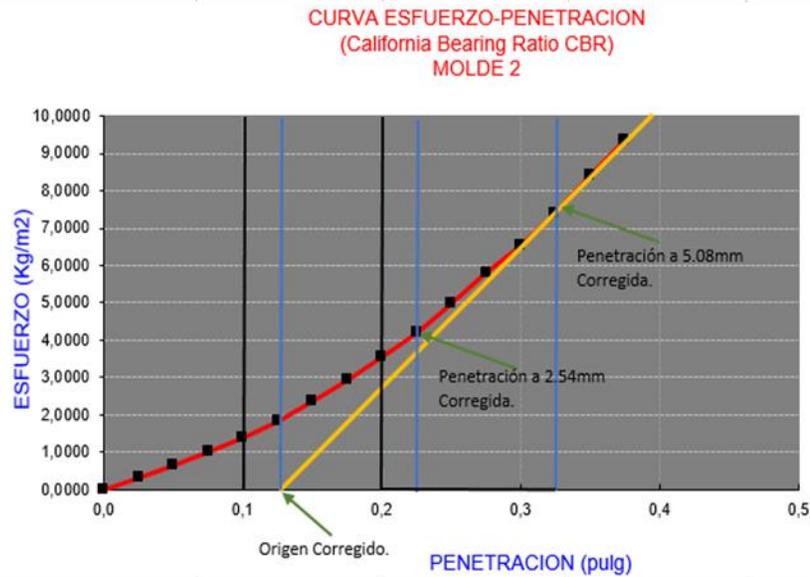


OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Sub-base 25 Golpes)

PENETRACION	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	4,1	0,40
5.08	10,3	6,5	0,64
CBR EN 0,1"	5,83%		
CBR EN 0,2"	6,19%		

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
 (25 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO CORREGIDAS kg/cm2
0,1	70,31	4,1
0,2	105,4	6,5
CBREN 0,1"	5,83%	
CBREN 0,2"	6,17%	

FICHA 39. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 25 golpes. Pág. 4/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
(56 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

OBRA:	Planta de Agregados de Occidente		
MATERIAL:	Sub - Base Granular		
PROCEDENCIA:	Rio Mapa		
OBRA:	Mangueras Pereira		
MATERIAL:	No biodegradable		
PROCEDENCIA:	Reciclable		
	MATERIAL	%	
	SUB-BASE GRANULAR	70	
	MATERIAL NO BIODEGRADABLE	30	
	AREA MOLDE (CM2)	182,32	
	DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
	ALT. MOLDE (MM)	16,4	
	N. CAPAS	5	
	N. GOLP X CAPA	56	
	AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
	COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
	P.HUME + MOLDE (GR)	5340,00	5353,42
	PESO MOLDE (GR)	2050,00	2050,00
	PÉSO HUMEDO (GR)	3290,00	3303,42
	VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	2990,08
	DENSIDAD H. (GR/CM3)	1,100	1,105

Ficha 40: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 56 golpes. Pág. 1/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
(56 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactación, aparato medidor de expansión, sobrecargas metálicas, pistón de penetración, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

NUMERO DE ENSAYO	3-A	3-B	3-C
P. HUMEDO + TARA (GR)	147,2	150,30	145,50
P. SECO + TARA (GR)	137,9	140,7	135,50
PESO AGUA (GR)	9,30	9,6	10,00
PESO TARA (GR)	35,10	34,20	34,80
P. MUESTRA SECA (GR)	102,80	106,50	100,70
CONT. HUMEDAD (%)	9,05%	9,01%	9,93%
CONT. HUMEDAD PRO (%)	9,33%		
W	9,05%		
DENSIDAD SECA (GR/CM3)	1,099		

PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,0000
0,64	0,025	0,1	10,20	0,5278
1,27	0,050	0,23	23,45	1,2139
1,91	0,075	0,38	38,75	2,0056
2,54	0,100	0,56	57,10	2,9556
3,18	0,125	0,75	76,48	3,9584
3,81	0,150	0,94	95,85	4,9612
4,45	0,175	1,16	118,28	6,1223
5,08	0,200	1,39	141,73	7,3362
5,72	0,225	1,63	166,21	8,6029
6,35	0,250	1,89	192,72	9,9751
6,99	0,275	2,1	214,13	11,0834
7,62	0,300	2,35	239,62	12,4029
8,26	0,325	2,62	267,16	13,8279
8,89	0,350	2,88	293,67	15,2001
9,53	0,375	3,16	322,22	16,6779

FICHA 40. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 56 golpes. Pág. 2/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
 (56 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



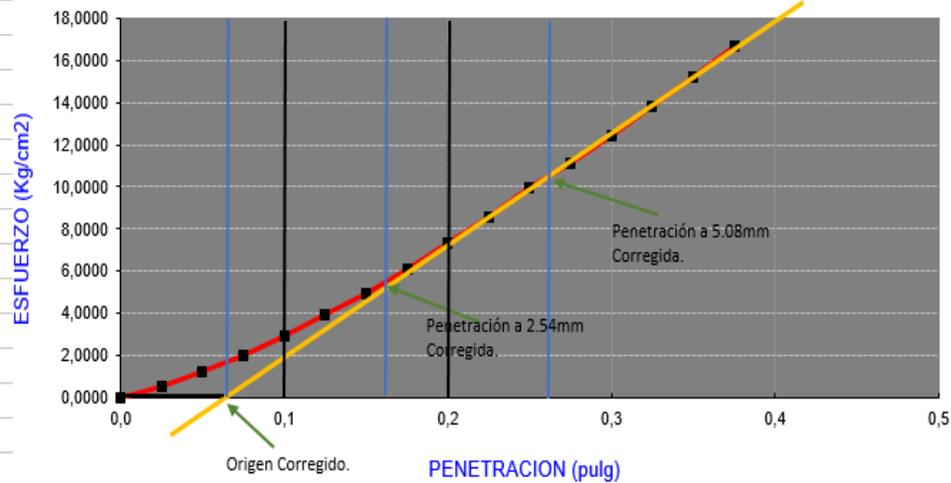
OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

**CURVA ESFUERZO-PENETRACION
 (California Bearing Ratio CBR)
 MOLDE 3**



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Sub-base 56 Golpes)

PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	5,5	0,54
5.08	10,3	10,5	1,03
CBR EN 0,1"	7,82%		
CBR EN 0,2"	10,00%		

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
 (56 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO CORREGIDAS kg/cm2
0,1	70,31	5,5
0,2	105,4	10,5
CBR EN 0,1"	7,82%	
CBR EN 0,2"	9,96%	

FICHA 40. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 56 golpes. Pág. 4/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
(12 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).	
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.	
OBRA:	Planta de Agregados de Occidente	
MATERIAL:	Sub - Base Granular	
PROCEDENCIA:	Rio Mapa	
OBRA:	Mangueras Pereira	
MATERIAL:	No biodegradable	
PROCEDENCIA:	Reciclable	
MATERIAL		%
SUB-BASE GRANULAR		70
MATERIAL NO BIODEGRADABLE		30
AREA MOLDE (CM2)	182,32	
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
ALT. MOLDE (CM)	16,4	
N. CAPAS	5	
N. GOLF X CAPA	12	
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
P. MUESTRA + MOLDE (GR)	5148,00	NA
PESO MOLDE (GR)	2050,00	NA
PÉSO MUESTRA (GR)	3098,00	NA
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	NA
DENSIDAD. (GR/CM3)	1,036	NA

Ficha 41: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 12 golpes. En caliente. Pág. 1/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
(12 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

NUMERO DE ENSAYO	1-A	1-B	1-C
P. MUESTRA + TARA (GR)	153,2	152,80	157,60
P. SECO + TARA (GR)	153,2	152,80	157,60
PESO AGUA (GR)	0,00	0,00	0,00
PESO TARA (GR)	32,80	34,50	38,10
P. MUESTRA SECA (GR)	120,40	118,30	119,50
CONT. HUMEDAD (%)	0,00%	0,00%	0,00%

CONT. HUMEDAD PRO (%)	0,00%
W	0,00%
DENSIDAD SECA (GR/CM3)	1,036

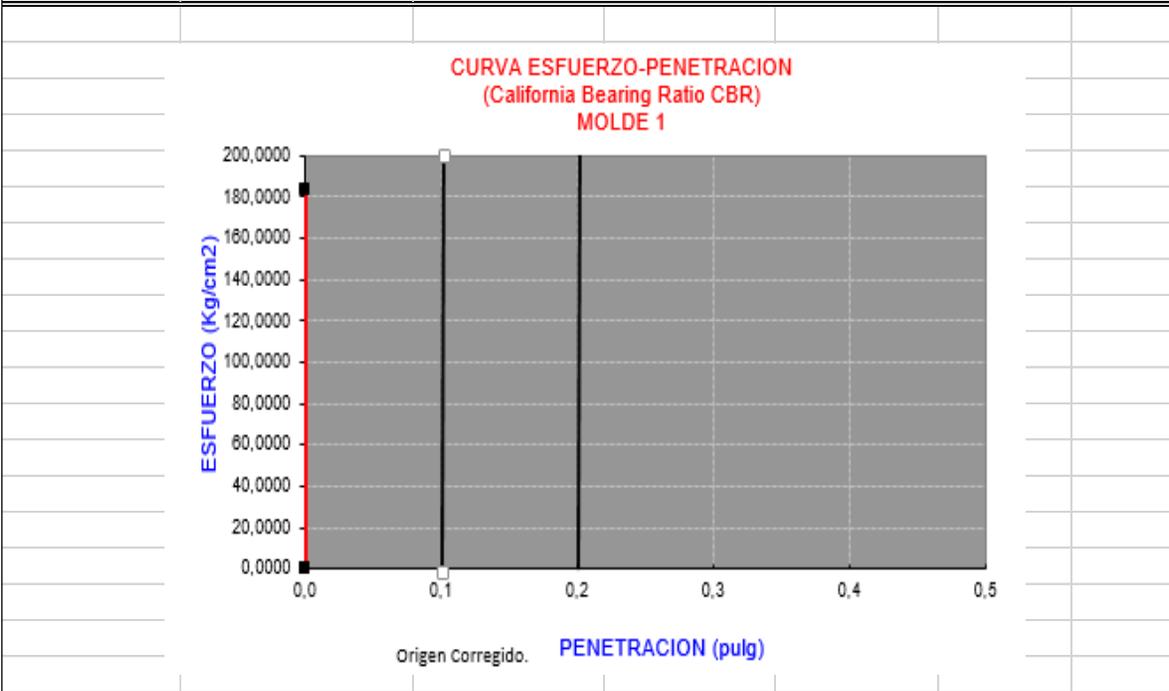
PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,0000
0	0,000	0	0,00	0,0000
0	0,000	34,72	3540,31	183,2461

FICHA 41. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 12 golpes. En caliente. Pág. 2/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
 (12 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



	OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
	EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactación, aparato medidor de expansión, sobrecargas metálicas, pistón de penetración, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Sub-base 12 Golpes) En Caliente.

PENETRACION	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
0	0	0	0,00
0	0	183,2461	17,97
CBR EN 0,1"	100,00%		
CBR EN 0,2"	100,00%		

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
 (12 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza .



Foto . Fuente Propia

CBR Sub-base (70%) + Material No Biodegradable (30%) 12 Golpes En Caliente.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
(25 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).	
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.	
OBRA:	Planta de Agregados de Occidente	
MATERIAL:	Sub - Base Granular	
PROCEDENCIA:	Rio Mapa	
OBRA:	Mangueras Pereira	
MATERIAL:	No biodegradable	
PROCEDENCIA:	Reciclable	
MATERIAL		%
SUB-BASE GRANULAR		70
MATERIAL NO BIODEGRADABLE		30
AREA MOLDE (CM2)	182,32	
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
ALT. MOLDE (MM)	16,4	
N. CAPAS	5	
N. GOLP X CAPA	25	
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
P.HUME + MOLDE (GR)	5234,00	NA
PESO MOLDE (GR)	2050,00	NA
PÉSO HUMEDO (GR)	3184,00	NA
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	NA
DENSIDAD H. (GR/CM3)	1,06	NA

Ficha 42: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 12 golpes. En caliente. Pág. 1/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
(25 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



	OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).
	EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

NUMERO DE ENSAYO	2-A	2-B	2-C
P. HUMEDO + TARA (GR)	144,5	146,80	148,50
P. SECO + TARA (GR)	144,5	146,80	148,50
PESO AGUA (GR)	0,00	0,00	0,00
PESO TARA (GR)	32,80	34,50	38,10
P. MUESTRA SECA (GR)	111,70	112,30	110,40
CONT. HUMEDAD (%)	0,00%	0,00%	0,00%

CONT. HUMEDAD PRO (%)	0,00%
W	0,00%
DENSIDAD SECA (GR/CM3)	1,065

PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,00
0	0,000	0	0,00	0,00
0	0,000	35,07	3576,00	185,09

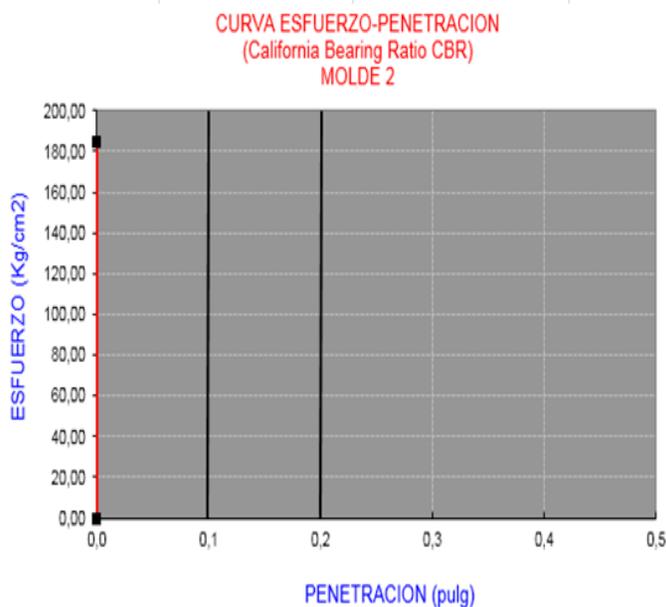
FICHA 42. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 25 golpes. En caliente. Pág. 2/4.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
(25 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO: Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO: Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Sub-base 70% - PET 30%. 25 Golpes) En Caliente.

PENETRACION	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
0	0	0	0,00
0	0	185,09	18,15

CBR EN 0,1"	100,00%
CBR EN 0,2"	100,00%

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
 (25 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



	OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
	EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Foto . Fuente Propia

CBR Sub-base (70%) + Material No Biodegradable (30%) 25 Golpes En Caliente.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
(56 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).		
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.		
OBRA:	Planta de Agregados de Occidente		
MATERIAL:	Sub - Base Granular		
PROCEDENCIA:	Rio Mapa		
OBRA:	Mangueras Pereira		
MATERIAL:	No biodegradable		
PROCEDENCIA:	Reciclable		
MATERIAL		%	
SUB-BASE GRANULAR		70	
MATERIAL NO BIODEGRADABLE		30	
AREA MOLDE (CM2)	182,32		
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24		
ALT. MOLDE (MM)	16,4		
N. CAPAS	5		
N. GOLP X CAPA	56		
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32		
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR	
P.HUME + MOLDE (GR)	4992,00	NA	
PESO MOLDE (GR)	2050,00	NA	
PÉSO HUMEDO (GR)	2942,00	NA	
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	NA	
DENSIDAD H. (GR/CM3)	0,98	NA	

Ficha 43: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 56 golpes. En caliente. Pág. 1/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
(56 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

NUMERO DE ENSAYO	3-A	3-B	3-C
P. HUMEDO + TARA (GR)	155,3	156,50	158,40
P. SECO + TARA (GR)	155,3	156,50	158,40
PESO AGUA (GR)	0,00	0,00	0,00
PESO TARA (GR)	32,80	34,50	38,10
P. MUESTRA SECA (GR)	122,50	122,00	120,30
CONT. HUMEDAD (%)	0,00%	0,00%	0,00%

CONT. HUMEDAD PRO (%)	0,00%
W	0,00%
DENSIDAD SECA (GR/CM3)	0,984

PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,00
0	0,000	0	0,00	0,00
0,000	0,000	35,58	3628,01	187,78

FICHA 43. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 56 golpes. En caliente. Pág. 2/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
 (56 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**

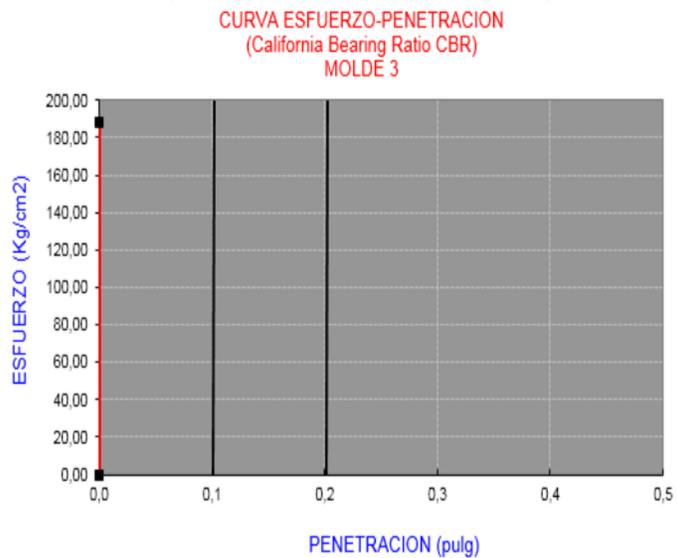


OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Sub-base 70% - PET 30%. 56 Golpes) En Caliente.

PENETRACION	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
0	0	0	0,00
0	0	187,78	18,42
CBR EN 0,1"	100,00%		
CBR EN 0,2"	100,00%		

FICHA 43. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (70%) + material no biodegradable (30%). 56 golpes. En caliente. pág. 3/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (70%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (30%)
 (56 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



	OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
	EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Foto . Fuente Propia

CBR Sub-base (70%) + Material No Biodegradable (30%) 56 Golpes En Caliente.

**GRANULOMETRIA SUB-BASE GRANULAR (60%)
+ MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
ART 330 -07**

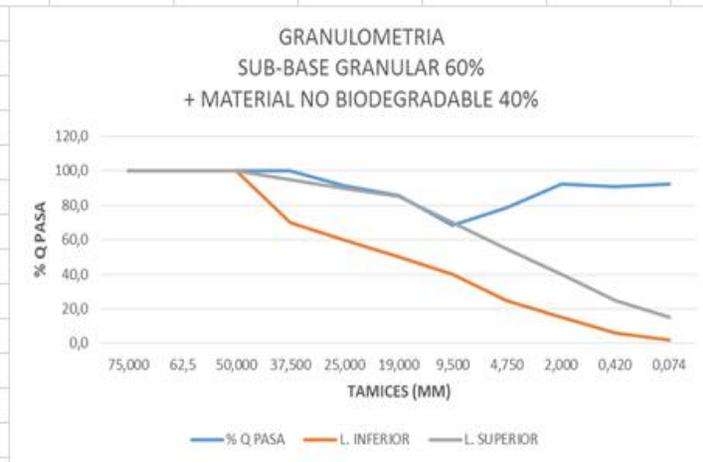


OBJETIVO:

El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo, también describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 µm (No.200).

EQUIPO:

Balanzas, tamices de malla cuadrada del N° 4 al N° 200, Horno, envases, cepillo y brocha.



Grafica. Curva Granulometrica Sub-base Granular (60%) + Material No Biodegradable (40%).



Foto. Fuente Propia

Granulometria Sub-base Granular (60%) + Material No Biodegradable (40%).

**PROCTOR MODIFICADO SUB-BASE GRANULAR (60%)
+ MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
I.N.V.E - 142**



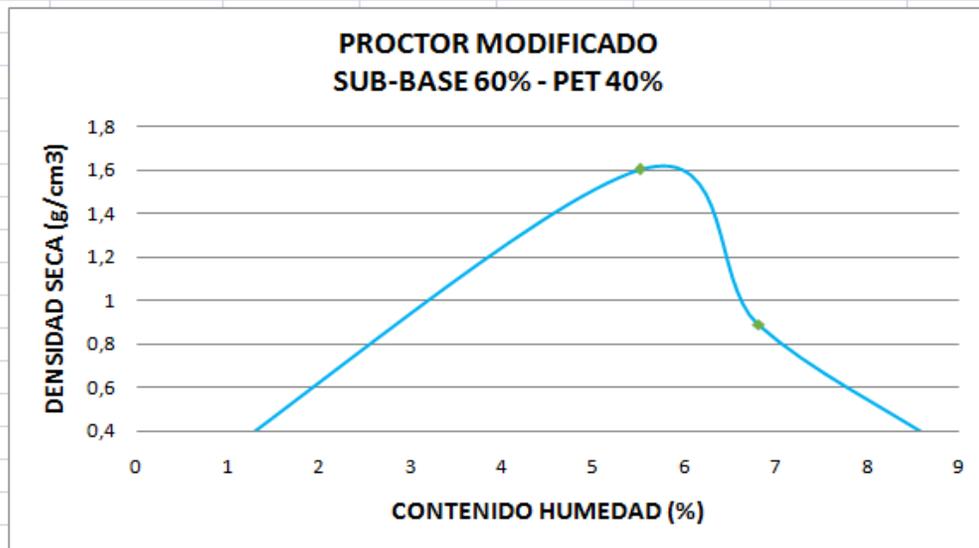
OBJETIVO:

Estos métodos de ensayo se emplean para determinar la relación entre la humedad y la masa unitaria de los suelos compactados en un molde de un tamaño dado con un martillo de 4.54 Kg. (10 lb) que cae desde una altura de 457 mm (18").

EQUIPO:

Moldes, martillo de operación manual, dispositivo para extrusión de las muestras, balanza, horno, regla metálica, herramientas misceláneas y recipientes.

MUESTRA				
PESO HUMEDO + TARA	0,252	0,128	0,293	
PESO TARA	0,128	0,061	0,114	
PESO HUMEDO	0,124	0,067	0,179	
PESO SECO	0,119	0,063	0,05	
DENSIDAD MAXIMA SECA (G/CM3)	1,6			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5,5			



Grafica. Proctor Modificado Sub-Base Granular (60%) + Material No Biodegradable (40%)

**PROCTOR MODIFICADO SUB-BASE GRANULAR (60%)
+ MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
I.N.V.E - 142**



	OBJETIVO:	Estos métodos de ensayo se emplean para determinar la relación entre la humedad y la masa unitaria de los suelos compactados en un molde de un tamaño dado con un martillo de 4.54 Kg. (10 lb) que cae desde una altura de 457 mm (18").
	EQUIPO:	Moldes, martillo de operación manual, dispositivo para extrusión de las muestras, balanza, horno, regla metálica, herramientas misceláneas y recipientes.



Foto. Fuente Propia

Proctor Modificado Sub-Base Granular (60%) + Material No Biodegradable (40%)



Foto. Fuente Propia

Proctor Modificado Sub-Base Granular (60%) + Material No Biodegradable (40%)

**PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS GRANULARES CABEZA CONSTANTE
SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
I.N.V.E - 130 - 07**



OBJETIVO:	Determinar el coeficiente de permeabilidad mediante un método de cabeza constante para el flujo laminar de agua a través de suelos granulares.					
EQUIPO:	Permeámetros, tanque de cabeza constante, embudos amplios, equipo para la compactación del espécimen, bomba de vacío, tubos manométricos, balanza, cucharón y equipo misceláneo.					
OBRA:	Planta de Agregados de Occidente					
MATERIAL:	Sub - Base Granular					
PROCEDENCIA:	Rio Mapa					
OBRA:	Mangueras Pereira					
MATERIAL:	No biodegradable					
PROCEDENCIA:	Reciclable					
				PESO (G)	%	
				SUB-BASE GRANULAR	570	60
				MATERIAL NO BIODEGRADABLE	379	40
LECTURA 1	8"30			LECTURA 6	8"27	
LECTURA 2	8"49			LECTURA 7	8"32	
LECTURA 3	8"25			LECTURA 8	8"18	
LECTURA 4	8"11			LECTURA 9	8"52	
LECTURA 5	8"23			LECTURA 10	8"15	
				TIEMPO PROMEDIO	8"28	
DIAMETRO DE LA PROBETA				D		
AREA DE LA PROBETA				A		
LONGITUD DE LA PROBETA				L		
TIEMPO DE ENSAYO				T		
VOL. DE AGUA				V		
DIFERENCIA DE NIVEL				H		
	D (cm)	A (cm²)	L (cm)	T (seg)	V (cm³)	H (cm)
	6,5	33,18	13	8"28	150	70
						K (cm/seg)
						0,001013

Ficha 46: Permeabilidad de los suelos granulares sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). Pág. 1/2.

**PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS GRANULARES CABEZA CONSTANTE
 SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
 I.N.V.E - 130 - 07**



OBJETIVO: Determinar el coeficiente de permeabilidad mediante un método de cabeza constante para el flujo laminar de agua a través de suelos granulares.

EQUIPO: Permeámetros, tanque de cabeza constante, embudos amplios, equipo para la compactación del espécimen, bomba de vacío, tubos manométricos, balanza, cucharón y equipo misceláneo.



Foto. Fuente Propia

Permeabilidad de los suelos granulares Sub-base (60%) + Material No Biodegradable (40%)



Foto. Fuente Propia

Permeabilidad de los suelos granulares Sub-base (60%) + Material No Biodegradable (40%)

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).	
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.	
OBRA:	Planta de Agregados de Occidente	
MATERIAL:	Sub - Base Granular	
PROCEDENCIA:	Rio Mapa	
OBRA:	Mangueras Pereira	
MATERIAL:	No biodegradable	
PROCEDENCIA:	Reciclable	
MATERIAL		%
SUB-BASE GRANULAR		60
MATERIAL NO BIODEGRADABLE		40
AREA MOLDE (CM2)	182,32	
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
ALT. MOLDE (CM)	16,4	
N. CAPAS	5	
N. GOLP X CAPA	12	
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
P.HUME + MOLDE (GR)	4908,00	4892,06
PESO MOLDE (GR)	2100,00	2100,00
PÉSO HUMEDO (GR)	2808,00	2792,06
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	2990,08
DENSIDAD H. (GR/CM3)	0,94	0,93

Ficha 47: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 12 golpes. Pág. 1/4.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactación, aparato medidor de expansión, sobrecargas metálicas, pistón de penetración, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

NUMERO DE ENSAYO	1-A	1-B	1-C	
P. HUMEDO + TARA (GR)	149,00	152,30	147,30	
P. SECO + TARA (GR)	139,90	141,82	138,40	
PESO AGUA (GR)	9,10	10,48	8,90	
PESO TARA (GR)	35,10	34,20	34,80	
P. MUESTRA SECA (GR)	104,80	107,62	103,60	
CONT. HUMEDAD (%)	8,68%	9,74%	8,59%	
CONT. HUMEDAD PRO (%)	9,00%			
W	8,68%			
DENSIDAD SECA (GR/CM3)	0,938			
PENETRACION		CARGA		ESFUERZO
MM	PULG	KN	Kgf	Kg/cm2
0,00	0,00	0	0,00	0,0000
0,64	0,025	0,021	2,14	0,1108
1,27	0,050	0,052	5,30	0,2744
1,91	0,075	0,089	9,08	0,4697
2,54	0,100	0,133	13,56	0,7020
3,18	0,125	0,171	17,44	0,9025
3,81	0,150	0,21	21,41	1,1083
4,45	0,175	0,266	27,12	1,4039
5,08	0,200	0,312	31,81	1,6467
5,72	0,225	0,38	38,75	2,0056
6,35	0,250	0,443	45,17	2,3381
6,99	0,275	0,511	52,11	2,6970
7,62	0,300	0,602	61,38	3,1773
8,26	0,325	0,681	69,44	3,5942
8,89	0,350	0,773	78,82	4,0798
9,53	0,375	0,848	86,47	4,4756

FICHA 47. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 12 golpes. Pág. 2/4.

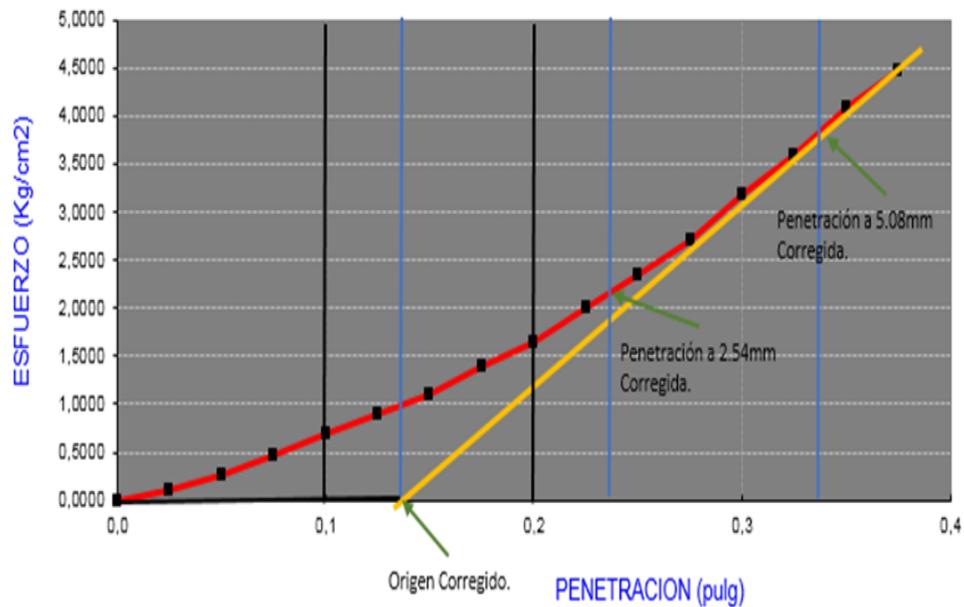
RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
 (12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO: Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO: Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

CURVA ESFUERZO-PENETRACION
 (California Bearing Ratio CBR)
 MOLDE 1



PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS MPa
2.54	6,9	2,2	0,22
5.08	10,3	3,8	0,37
CBR EN 0,1"	3,13%		
CBR EN 0,2"	3,62%		

FICHA 47. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 12 golpes. Pág. 3/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
(12 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm ²	TENSIONES DE ENSAYO CORREGIDAS kg/cm ²
0,1	70,31	2,25
0,2	105,4	3,87
CBR EN 0,1"	3,20%	
CBR EN 0,2"	3,67%	

FICHA 47. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 12 golpes. Pág. 4/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
(25 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).		
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.		
OBRA:	Planta de Agregados de Occidente		
MATERIAL:	Sub - Base Granular		
PROCEDENCIA:	Rio Mapa		
OBRA:	Mangueras Pereira		
MATERIAL:	No biodegradable		
PROCEDENCIA:	Reciclable		
	MATERIAL	%	
	SUB-BASE GRANULAR	60	
	MATERIAL NO BIODEGRADABLE	40	
	AREA MOLDE (CM2)	182,32	
	DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
	ALT. MOLDE (CM)	16,4	
	N. CAPAS	5	
	N. GOLF X CAPA	25	
	AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
	COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
	P.HUME + MOLDE (GR)	4919,00	4939,94
	PESO MOLDE (GR)	2100,00	2100,00
	PÉSO HUMEDO (GR)	2819,00	2839,94
	VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	2990,08
	DENSIDAD H. (GR/CM3)	0,94	0,95

Ficha 48: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 25 golpes. Pág. 1/4.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
(25 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

NUMERO DE ENSAYO	2-A	2-B	2-C
P. HUMEDO + TARA (GR)	136,50	141,40	142,20
P. SECO + TARA (GR)	128,20	132,30	132,50
PESO AGUA (GR)	8,30	9,10	9,70
PESO TARA (GR)	36,00	33,10	34,50
P. MUESTRA SECA (GR)	92,20	99,20	98,00
CONT. HUMEDAD (%)	9,00%	9,17%	9,90%
CONT. HUMEDAD PRO (%)	9,36%		
W	9,00%		
DENSIDAD SECA (GR/CM3)	0,942		

PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,0000
0,64	0,025	0,062	6,32	0,3272
1,27	0,050	0,119	12,13	0,6281
1,91	0,075	0,192	19,58	1,0133
2,54	0,100	0,263	26,82	1,3881
3,18	0,125	0,35	35,69	1,8472
3,81	0,150	0,452	46,09	2,3856
4,45	0,175	0,561	57,20	2,9609
5,08	0,200	0,67	68,32	3,5361
5,72	0,225	0,802	81,78	4,2328
6,35	0,250	0,943	96,16	4,9770
6,99	0,275	1,103	112,47	5,8214
7,62	0,300	1,241	126,54	6,5498
8,26	0,325	1,404	143,16	7,4101
8,89	0,350	1,591	162,23	8,3970
9,53	0,375	1,773	180,79	9,3576

FICHA 48. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 25 golpes. Pág. 2/4.

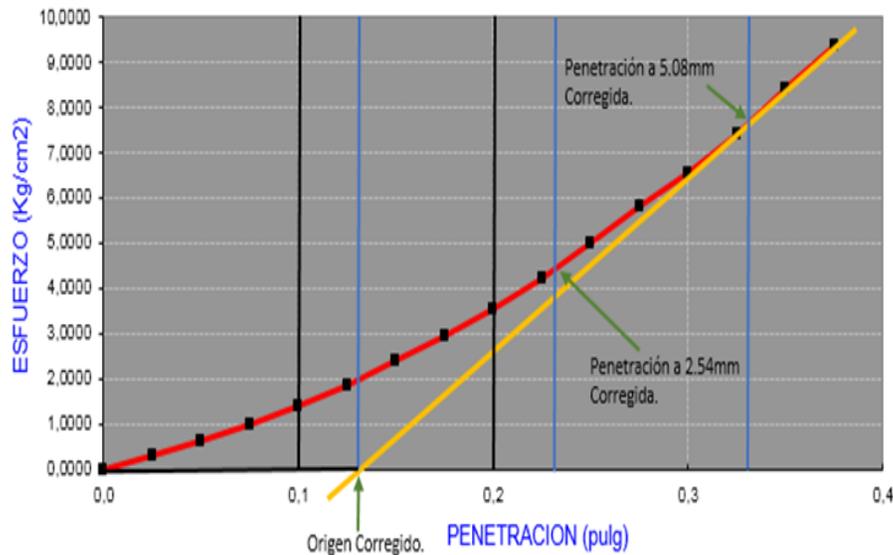
RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
(25 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO: Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO: Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactación, aparato medidor de expansión, sobrecargas metálicas, piston de penetración, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

CURVA ESFUERZO - PENETRACION
(California Bearing Ratio CBR)
MOLDE 2



Gráfica. Curva Esfuerzo - Penetración (CBR Sub-base 60% PEI 40%. 25 Golpes)

PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	4,4	0,43
5.08	10,3	7,6	0,75
CBR EN 0,1"	6,25%		
CBR EN 0,2"	7,24%		

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
(56 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).		
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.		
OBRA:	Planta de Agregados de Occidente		
MATERIAL:	Sub - Base Granular		
PROCEDENCIA:	Rio Mapa		
OBRA:	Mangueras Pereira		
MATERIAL:	No biodegradable		
PROCEDENCIA:	Reciclable		
	MATERIAL	%	
	SUB-BASE GRANULAR	60	
	MATERIAL NO BIODEGRADABLE	40	
	AREA MOLDE (CM2)	182,32	
	DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
	ALT. MOLDE (MM)	16,4	
	N. CAPAS	5	
	N. GOLF X CAPA	56	
	AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
	COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
	P.HUME + MOLDE (GR)	4958,00	4992,40
	PESO MOLDE (GR)	2100,00	2100,00
	PÉSO HUMEDO (GR)	2858,00	2892,40
	VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	2990,08
	DENSIDAD H. (GR/CM3)	0,96	0,97

Ficha 49: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 56 golpes. Pág. 1/4.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
(56 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

NUMERO DE ENSAYO	3-A	3-B	3-C
P. HUMEDO + TARA (GR)	154,30	157,20	159,30
P. SECO + TARA (GR)	144,80	146,80	148,10
PESO AGUA (GR)	9,50	10,40	11,20
PESO TARA (GR)	32,80	34,50	38,10
P. MUESTRA SECA (GR)	112,00	112,30	110,00
CONT. HUMEDAD (%)	8,48%	9,26%	10,18%

CONT. HUMEDAD PRO (%)	9,31%
W	8,48%
DENSIDAD SECA (GR/CM3)	0,955

PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,0000
0,64	0,025	0,105	10,71	0,5542
1,27	0,050	0,231	23,55	1,2192
1,91	0,075	0,384	39,16	2,0267
2,54	0,100	0,563	57,41	2,9714
3,18	0,125	0,752	76,68	3,9689
3,81	0,150	0,943	96,16	4,9770
4,45	0,175	1,162	118,49	6,1328
5,08	0,200	1,395	142,24	7,3626
5,72	0,225	1,627	165,90	8,5870
6,35	0,250	1,89	192,72	9,9751
6,99	0,275	2,102	214,34	11,0940
7,62	0,300	2,354	240,03	12,4240
8,26	0,325	2,622	267,36	13,8385
8,89	0,350	2,881	293,77	15,2054
9,53	0,375	3,163	322,52	16,6938

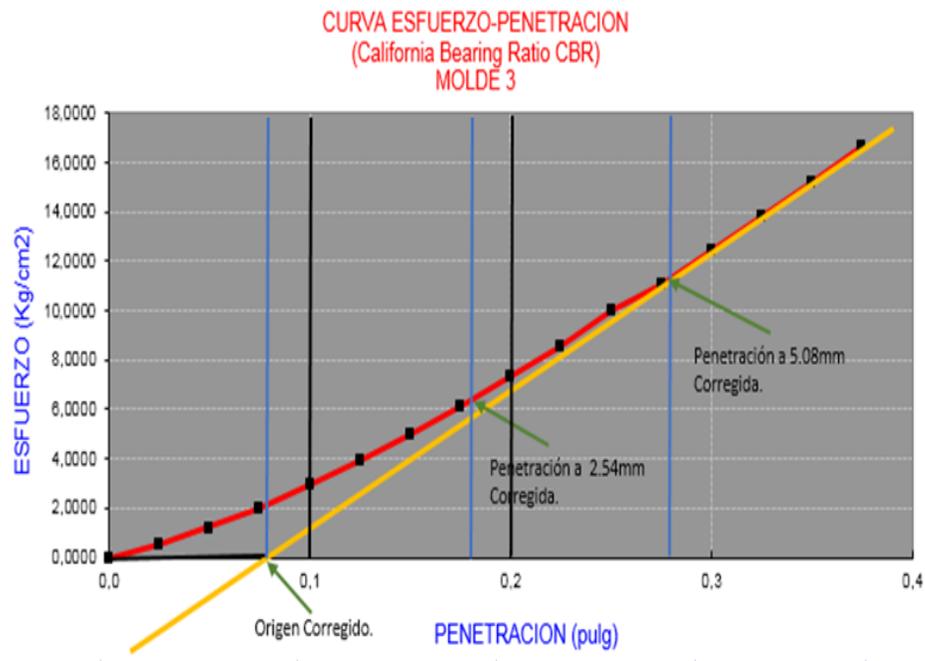
FICHA 49. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 56 golpes. Pág. 2/4.

RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
(56 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07



OBJETIVO: Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO: Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Sub-base 60% - PET 40%. 56 Golpes)

PENETRACION (mm)	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
2.54	6,9	6,4	0,63
5.08	10,3	11,2	1,10
CBR EN 0,1"	9,10%		
CBR EN 0,2"	10,66%		

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
 (56 GOLPES) I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

PENETRACION (pulg)	TENSIONES NORMALIZADAS kg/cm2	TENSIONES DE ENSAYO CORREGIDAS kg/cm2
0,1	70,31	6,4
0,2	105,4	11,3
CBR EN 0,1"	9,10%	
CBR EN 0,2"	10,72%	

FICHA 49. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 56 golpes. Pág. 4/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
(12 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").	
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactación, aparato medidor de expansión, sobrecargas metálicas, pistón de penetración, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.	
OBRA:	Planta de Agregados de Occidente	
MATERIAL:	Sub - Base Granular	
PROCEDENCIA:	Rio Mapa	
OBRA:	Mangueras Pereira	
MATERIAL:	No biodegradable	
PROCEDENCIA:	Reciclable	
MATERIAL		%
SUB-BASE GRANULAR		60
MATERIAL NO BIODEGRADABLE		40
AREA MOLDE (CM2)	182,32	
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
ALT. MOLDE (CM)	16,4	
N. CAPAS	5	
N. GOLP X CAPA	12	
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
P. MUESTRA + MOLDE (GR)	5034,00	NA
PESO MOLDE (GR)	2050,00	NA
PÉSO MUESTRA (GR)	2984,00	NA
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	NA
DENSIDAD. (GR/CM3)	0,998	NA

Ficha 50: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 12 golpes. En Caliente. Pág. 1/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
(12 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

NUMERO DE ENSAYO	1-A	1-B	1-C
P. MUESTRA + TARA (GR)	129,3	135,80	130,40
P. SECO + TARA (GR)	129,3	135,80	130,40
PESO AGUA (GR)	0,00	0,00	0,00
PESO TARA (GR)	32,80	34,50	38,10
P. MUESTRA SECA (GR)	96,50	101,30	92,30
CONT. HUMEDAD (%)	0,00%	0,00%	0,00%

CONT. HUMEDAD PRO (%)	0,00%
W	0,00%
DENSIDAD SECA (GR/CM3)	0,998

PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,00
0	0,000	0	0,00	0,00
0	0,000	35,07	3576,00	185,09

FICHA 50. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 12 golpes. En Caliente. Pág. 2/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
(12 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**

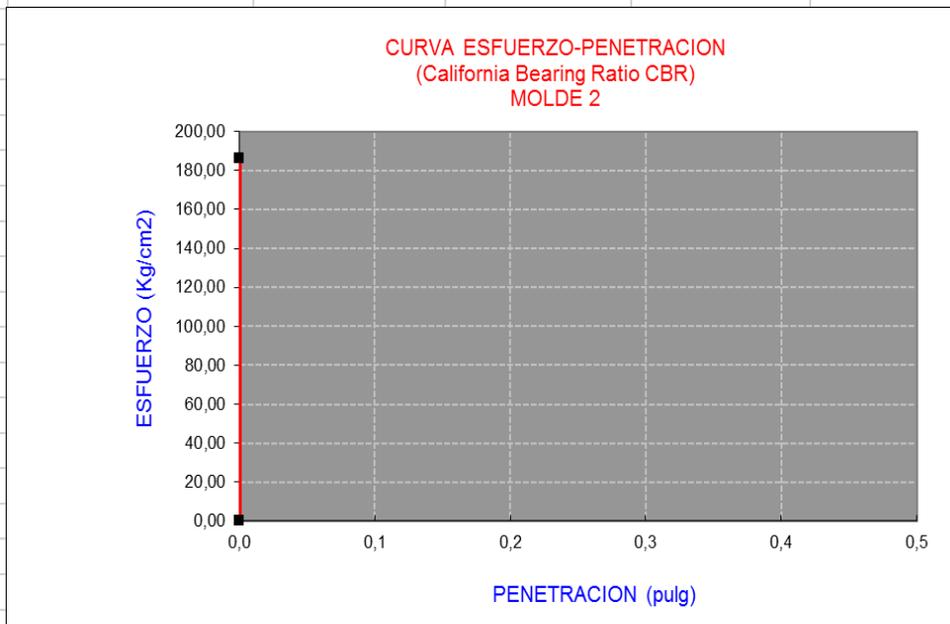


OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Sub-base 12 Golpes) En Caliente.

PENETRACION	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
0	0	0	0,00
0	0	186,25	18,27
CBR EN 0,1"	100,00%		
CBR EN 0,2"	100,00%		

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
 (12 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



	OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominada relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
	EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Foto . Fuente Propia

CBR Sub-base (60%) + Material No Biodegradable (40%) 12 Golpes En Caliente.



Foto . Fuente Propia

CBR Sub-base (60%) + Material No Biodegradable (40%) 12 Golpes En Caliente.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
(25 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).		
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.		
OBRA:	Planta de Agregados de Occidente		
MATERIAL:	Sub - Base Granular		
PROCEDENCIA:	Rio Mapa		
OBRA:	Mangueras Pereira		
MATERIAL:	No biodegradable		
PROCEDENCIA:	Reciclable		
	MATERIAL	%	
	SUB-BASE GRANULAR	60	
	MATERIAL NO BIODEGRADABLE	40	
	AREA MOLDE (CM2)	182,32	
	DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
	ALT. MOLDE (MM)	16,4	
	N. CAPAS	5	
	N. GOLP X CAPA	25	
	AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
	COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
	P. HUME + MOLDE (GR)	5090,00	NA
	PESO MOLDE (GR)	2050,00	NA
	PÉSO HUMEDO (GR)	3040,00	NA
	VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	NA
	DENSIDAD H. (GR/CM3)	1,02	NA

Ficha 51: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 25 golpes. En caliente. Pág. 1/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
(25 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

NUMERO DE ENSAYO	2-A	2-B	2-C
P. HUMEDO + TARA (GR)	133,2	128,40	137,40
P. SECO + TARA (GR)	133,2	128,40	137,40
PESO AGUA (GR)	0,00	0,00	0,00
PESO TARA (GR)	32,80	34,50	38,10
P. MUESTRA SECA (GR)	100,40	93,90	99,30
CONT. HUMEDAD (%)	0,00%	0,00%	0,00%

CONT. HUMEDAD PRO (%)	0,00%
W	0,00%
DENSIDAD SECA (GR/CM3)	1,017

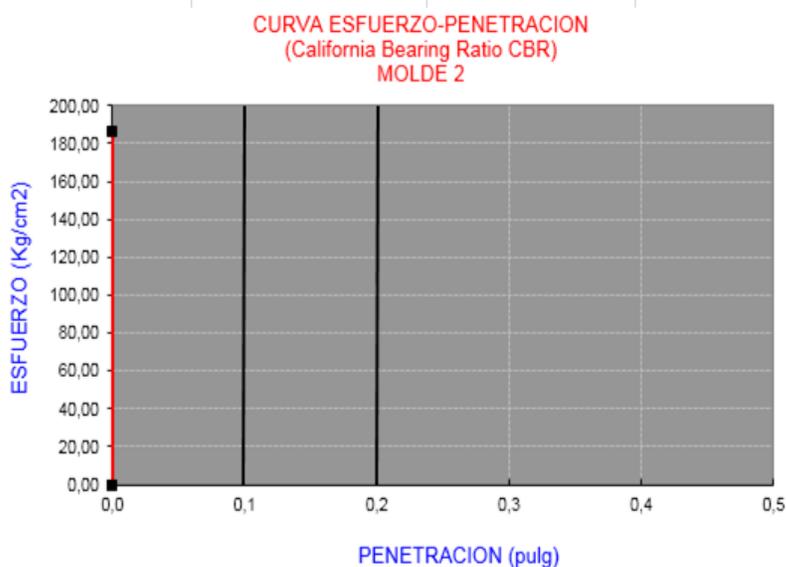
PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,00
0	0,000	0	0,00	0,00
0	0,000	35,29	3598,44	186,25

FICHA 51. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 25 golpes. En Caliente. Pág. 2/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
 (25 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Sub-base 60% - PET 40%.25 Golpes) En Caliente.

PENETRACION	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
0	0	0	0,00
0	0	186,25	18,27
CBR EN 0,1"	100,00%		
CBR EN 0,2"	100,00%		

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
 (25 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



	OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).
	EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, pistón de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

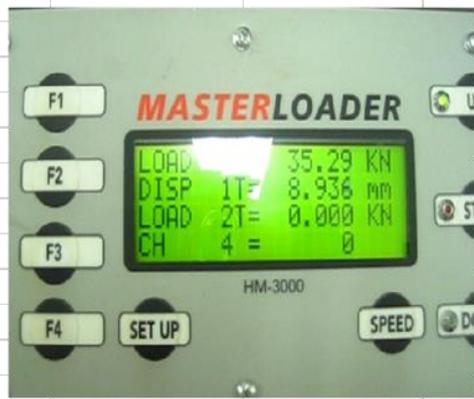


Foto . Fuente Propia

CBR Sub-base (60%) + Material No Biodegradable (40%) 25 Golpes En Caliente.



Foto . Fuente Propia

CBR Sub-base (60%) + Material No Biodegradable (40%) 25 Golpes En Caliente.

FICHA 51. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 25 golpes.En Caliente. Pág. 4/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
(56 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4”).	
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.	
OBRA:	Planta de Agregados de Occidente	
MATERIAL:	Sub - Base Granular	
PROCEDENCIA:	Rio Mapa	
OBRA:	Mangueras Pereira	
MATERIAL:	No biodegradable	
PROCEDENCIA:	Reciclable	
MATERIAL		%
SUB-BASE GRANULAR		60
MATERIAL NO BIODEGRADABLE		40
AREA MOLDE (CM2)	182,32	
DIAMETRO MOLDE (CM)	15,24	
ALT. MOLDE (MM)	16,4	
N. CAPAS	5	
N. GOLP X CAPA	56	
AREA DEL PISTON (CM2)	19,32	
COND. MUESTRA	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES DE EMPAPAR
P.HUME + MOLDE (GR)	4936,00	NA
PESO MOLDE (GR)	2050,00	NA
PÉSO HUMEDO (GR)	2886,00	NA
VOL. MOLDE (CM3)	2990,08	NA
DENSIDAD H. (GR/CM3)	0,97	NA

Ficha 52: Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 56 golpes. En Caliente. Pág. 1/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
(56 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.

NUMERO DE ENSAYO	3-A	3-B	3-C
P. HUMEDO + TARA (GR)	154,3	155,40	148,30
P. SECO + TARA (GR)	154,3	155,40	148,30
PESO AGUA (GR)	0,00	0,00	0,00
PESO TARA (GR)	32,80	34,50	38,10
P. MUESTRA SECA (GR)	121,50	120,90	110,20
CONT. HUMEDAD (%)	0,00%	0,00%	0,00%

CONT. HUMEDAD PRO (%)	0,00%
W	0,00%
DENSIDAD SECA (GR/CM3)	0,965

PENETRACION		CARGA		ESFUERZO Kg/cm2
MM	PULG	KN	Kgf	
0,00	0,00	0	0,00	0,00
0	0,000	0	0,00	0,00
0,000	0,000	35,48	3617,81	187,26

FICHA 52. Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) sub-base (60%) + material no biodegradable (40%). 56 golpes. En Caliente. Pág. 2/4.

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
 (56 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**

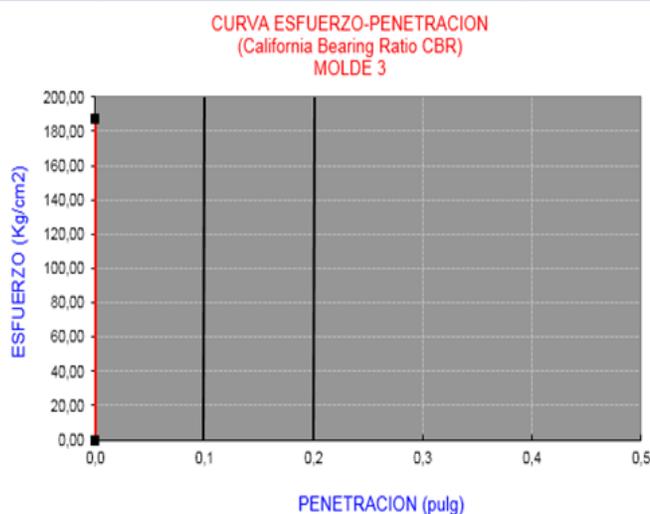


OBJETIVO:

Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").

EQUIPO:

Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Grafica. Curva Esfuerzo -Penetracion (CBR Sub-base 60% - PET 40%. 56 Golpes) En Caliente.

PENETRACION	TENSIONES NORMALIZADAS MPa	TENSIONES CORREGIDAS kg/cm2	TENSIONES CORREGIDAS Mpa
0	0	0	0,00
0	0	187,26	18,36

CBR EN 0,1"	100,00%
CBR EN 0,2"	100,00%

**RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO
 CBR SUB-BASE (60%) + MATERIAL NO BIODEGRADABLE (40%)
 (56 GOLPES) EN CALIENTE. I.N.V.E - 148 - 07**



	OBJETIVO:	Determinar un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California , que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (3/4").
	EQUIPO:	Prensa, moldes, Disco espaciador, martillo de compactacion, aparato medidor de expansion, sobrecargas metalicas, piston de penetracion, dos diales (deformímetros), horno, tamices y balanza.



Foto . Fuente Propia

CBR Sub-base (60%) + Material No Biodegradable (40%) 56 Golpes En Caliente.

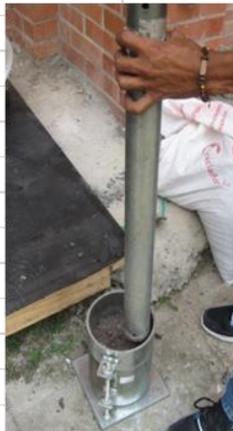


Foto . Fuente Propia

CBR Sub-base (60%) + Material No Biodegradable (40%) 56 Golpes En Caliente.

**GRANULOMETRIA SUB-BASE GRANULAR
+ MATERIAL NO BIODEGRADABLE
ART 330 -07**



OBJETIVO:	El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo, también describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 µm (No.200).		
EQUIPO:	Balanzas, tamices de malla cuadrada del N° 4 al N° 200, Horno, envases, cepillo y brocha.		
OBRA:	Planta de Agregados de Occidente		
MATERIAL:	Sub - Base Granular		
PROCEDENCIA:	Rio Mapa		
OBRA:	Mangueras Pereira		
MATERIAL:	No biodegradable		
PROCEDENCIA:	Reciclable		
MATERIAL		%	
SUB-BASE GRANULAR		80	
MATERIAL NO BIODEGRADABLE		20	
80% SUB-BASE GRANULAR 20 % M. NO BIODEGRADABLE			
TAMIZ (MM)	PASA %	NORMA 330 - BG - 1	
		INFERIOR	SUPERIOR
75,000	100,0	100	100
62,5	100,0	100	100
50,000	100,0	100	100
37,500	100,0	70	95
25,000	88,5	60	90
19,000	88,6	50	85
9,500	84,5	40	70
4,750	66,0	25	55
2,000	89,5	15	40
0,420	88,8	6	25
0,074	93.34	2	15

Ficha 53: Granulometría sub-base granular (80%) + material no biodegradable (20%) - sub-base granular (70%) + material no biodegradable (30%) - sub-base granular (60%) + material no biodegradable (40%). Pág. 1/4.

**GRANULOMETRIA SUB-BASE GRANULAR
+ MATERIAL NO BIODEGRADABLE
ART 330 -07**



OBJETIVO:	El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo, también describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 µm (No.200).
EQUIPO:	Balanzas, tamices de malla cuadrada del N° 4 al N° 200, Horno, envases, cepillo y brocha.

MATERIAL	%
SUB-BASE GRANULAR	70
MATERIAL NO BIODEGRADABLE	30

**70%SUB-BASE GRANULAR
30%M. NO BIODEGRADABLE**

TAMIZ (MM)	PASA %	NORMA 330 - BG - 1	
		INFERIOR	SUPERIOR
75,000	100,0	100	100
62,5	100,0	100	100
50,000	100,0	100	100
37,500	100,0	70	95
25,000	89,4	60	90
19,000	90,5	50	85
9,500	80,3	40	70
4,750	67,1	25	55
2,000	90,0	15	40
0,420	89,6	6	25
0,074	92,5	2	15

FICHA 53. Granulometría sub-base granular (80%) + material no biodegradable (20%) - sub-base granular (70%) + material no biodegradable (30%) - sub-base granular (60%) + material no biodegradable (40%). Pág. 2/4.

**GRANULOMETRIA SUB-BASE GRANULAR
+ MATERIAL NO BIODEGRADABLE
ART 330 -07**



OBJETIVO:	El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo, también describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 µm (No.200).
EQUIPO:	Balanzas, tamices de malla cuadrada del N° 4 al N° 200, Horno, envases, cepillo y brocha.

MATERIAL	%
SUB-BASE GRANULAR	60
MATERIAL NO BIODEGRADABLE	40

**60%SUB-BASE GRANULAR
40%M. NO BIODEGRADABLE**

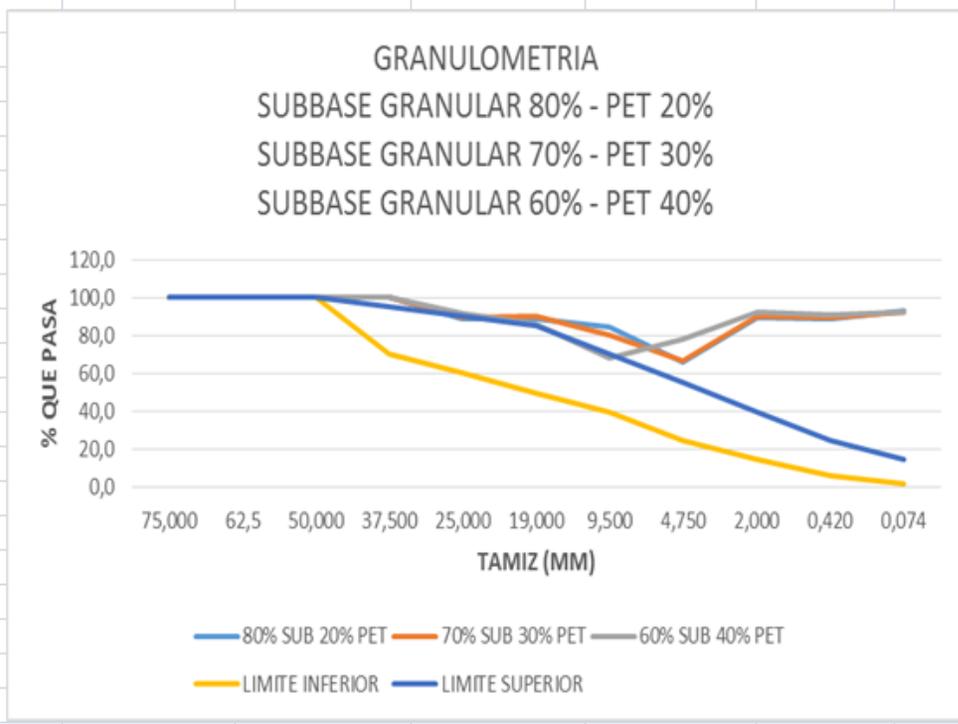
TAMIZ (MM)	PASA %	NORMA 330 - BG - 1	
		INFERIOR	SUPERIOR
75,000	100,0	100	100
62,5	100,0	100	100
50,000	100,0	100	100
37,500	100,0	70	95
25,000	91,28	60	90
19,000	86,0	50	85
9,500	68,5	40	70
4,750	78,4	25	55
2,000	92,2	15	40
0,420	90,6	6	25
0,074	92,3	2	15

FICHA 53. Granulometría sub-base granular (80%) + material no biodegradable (20%) - sub-base granular (70%) + material no biodegradable (30%) - sub-base granular (60%) + material no biodegradable (40%). Pág. 3/4.

**GRANULOMETRIA SUB-BASE GRANULAR
+ MATERIAL NO BIODEGRADABLE
ART 330 -07**



OBJETIVO:	El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo, también describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 µm (No.200).
EQUIPO:	Balanzas, tamices de malla cuadrada del N° 4 al N° 200, Horno, envases, cepillo y brocha.



Grafica. Granulometria
Sub-base Granular (80%) + Material No Biodegradable (20%)
Sub-base Granular (70%) + Material No Biodegradable (30%)
Sub-base Granular (60%) + Material No Biodegradable (40%)

FICHA 53. Granulometría sub-base granular (80%) + material no biodegradable (20%) - sub-base granular (70%) + material no biodegradable (30%) - sub-base granular (60%) + material no biodegradable (40%). Pág. 4/4.

