



# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

## UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

### CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“REUTILIZACIÓN DE HORMIGÓN ASFÁLTICO PROCEDENTE DE PROYECTOS DE RECAPEO PARA SU USO COMO BASE Y SUBBASE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES”

**TRABAJO DE TITULACIÓN O PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:** Paúl Sebastián López Mancheno – Diego Keddyn Paredes Montero

**DIRECTOR:** Ing. MSc. Paola Delgado Garzón

**CO-DIRECTOR:** Ing. MSc. Cesar Maldonado Noboa

**CUENCA - ECUADOR**

**2020**

*Yo me gradué en  
los 50 años de La Cato!  
... y sostuve la Universidad*



---

## DECLARACIÓN

Yo, **PAÚL SEBASTIÁN LÓPEZ MANCHENO**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación personal; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en el presente documento.

A handwritten signature in blue ink that reads 'Paúl López'.

---

**Paúl Sebastián López Mancheno**

**C.I: 0105501506**



Yo, **DIEGO KEDDYN PAREDES MONTERO**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación personal; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en el presente documento.

A handwritten signature in blue ink, reading "Diego Paredes M." with a stylized flourish.

---

**Diego Keddyn Paredes Montero**

**C.I: 0350208245**



---

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **PAÚL SEBASTIÁN LÓPEZ MANCHENO** y **DIEGO KEDDYN PAREDES MONTERO**, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Paola Delgado Garzón".

---

**Ing. MSc. Paola Delgado Garzón**  
**DIRECTORA**



Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **PAÚL SEBASTIÁN LÓPEZ MANCHENO** y **DIEGO KEDDYN PAREDES MONTERO**, bajo mi supervisión.



**Ing. MSc. Cesar Maldonado Noboa**  
**CO-DIRECTOR**



---

## DEDICATORIA

A mis padres Catalina y Patricio, por ayudarme a ser la persona que soy en la actualidad y por el apoyo incondicional en todas mis decisiones a lo largo de mi trayectoria universitaria, ya que sin ellos nada de esto sería posible.

A mi familia por los consejos y ayuda recibida para que todo sea posible.

A Claudia por los consejos y motivación recibida para superarme a lo largo de mi trayectoria universitaria.

A la memoria de mi abuela por haberme acompañado a lo largo de mi vida.

Por último, a todas las personas que me brindaron su apoyo durante toda mi carrera profesional.

**Paúl Sebastián**



---

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios, por haberme dado fuerzas e iluminado durante este largo trayecto académico y, sobre todo, por prestarme la vida y darme salud para culminar con éxito esta meta.

A mi abuelita Eloisa, por apoyarme, cuidarme y darme cariño durante el tiempo que pasamos juntos, y ahora, por ser el ángel que me guía desde el cielo por el camino hacia la superación.

También, a mi abuelita Rosario, por estar pendiente de mis acciones y cada de uno de mis pasos hacia el éxito.

A mis padres, Diego y Marcela, por ser mi inspiración y ayudarme alcanzar mis sueños, así como también por inculcarme buenos valores y hacer de mí una persona de bien.

A Doménica, por caminar de mi mano y apoyarme en todo momento.

A mis hermanas, Tatiana y Estefanny por sus palabras de aliento y apoyo.

A mis queridos sobrinos, Santy y Toñito, por alegrar mis días.

**Diego Keddyn**



---

## AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecemos a nuestra directora de tesis, la Ing. Paola Delgado docente de la Universidad Católica de Cuenca, por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su conocimiento profesional, así como también por habernos tenido paciencia para guiarnos durante todo el desarrollo de nuestro trabajo de titulación.

De igual manera, agradecemos al Ing. Cesar Maldonado director de la carrera de Ingeniería Civil de la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción, por guiarnos y ayudarnos como codirector a culminar con éxito el presente trabajo investigativo.

Nuestro agradecimiento también va dirigido al Departamento de Obras Públicas del GAD Municipal del Cantón Cuenca, por habernos brindado la información y el material necesario para la ejecución de este proyecto.

Finalmente, agradecemos a todos los docentes y compañeros con quienes hemos pasado nuestra carrera universitaria, por extendernos la mano en los momentos difíciles y brindarnos su apoyo incondicional.

**Paúl López – Diego Paredes**



---

## RESUMEN

El presente trabajo investigativo tiene como finalidad el análisis del hormigón asfáltico reciclado proveniente de los proyectos de mantenimiento vial en el cantón Cuenca, para determinar si este puede ser reutilizado como capa de base o subbase en la estructura de un pavimento flexible, con el propósito de reducir el consumo de los recursos naturales no renovables e impulsar la aplicación de métodos amigables con el medio ambiente en la construcción. Para el análisis del material reciclado, se realizó un muestreo probabilístico para la toma de 8 muestras entre material fresado con minicargadora y fresadora, las cuales luego de ser ensayadas en el laboratorio cumplieron como una base clase 3 en cuanto a la granulometría, sin embargo, sus condiciones mecánicas de CBR fueron muy inferiores al valor que establece la NEVI para una base granular. Ante esta situación, se realizaron estudios adicionales a fin de mejorar el CBR de este material, mediante la mezcla de hormigón asfáltico con base granular y, posteriormente, se analizó la alternativa de una mezcla de hormigón asfáltico con base granular y cemento Portland en diferentes porcentajes, llegando a la conclusión de que la primera puede ser reutilizada como una subbase y la segunda posiblemente como una base granular.

**PALABRAS CLAVE:** PAVIMENTO FLEXIBLE, HORMIGÓN ASFÁLTICO, SUBBASE, BASE, CEMENTO PORTLAND.



---

## ABSTRACT

The purpose of this research work is to analyze the recycled asphalt concrete from road maintenance projects in the Cuenca canton, to determine if it can be reused as a base layer or subbase in the structure of flexible pavement, to reduce the consumption of non-renewable natural resources and promote the application of environmentally friendly methods in construction. For the analysis of the recycled material, a probabilistic sampling was performed for the taking of 8 samples among material milled with a mini loader and milling machine, which after being tested in the laboratory fulfilled as a class 3 basis in terms of grain size, however, its mechanical CBR conditions were much lower than the value established by the NEVI for a granular base. Against this background, additional studies were conducted to improve the CBR of this material, by mixing granular-based asphalt concrete and, subsequently, the alternative of a granular-based asphalt concrete Portland cement mixture was analyzed in different percentages, concluding that the first of the aforementioned can be reused as a subbase, and the second possibly as a granular base.

**KEYWORDS:** FLEXIBLE PAVEMENT, ASPHALT CONCRETE, SUBBASE, BASE, PORTLAND CEMENT.



---

## INDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN.....</b>	<b>9</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>10</b>
<b>INDICE DE TABLAS.....</b>	<b>16</b>
<b>INDICE DE ILUSTRACIONES .....</b>	<b>21</b>
<b>CAPITULO 1 GENERALIDADES .....</b>	<b>27</b>
1.1 INTRODUCCIÓN .....	27
1.2 ANTECEDENTES.....	29
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	31
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	32
1.5 OBJETIVOS .....	33
1.5.1 General.....	33
1.5.2 Específicos.....	33
1.6 JUSTIFICACIÓN .....	34
1.7 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	34
1.8 METODOLOGÍA.....	36
<b>CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>38</b>
2.1 DEFINICIÓN DE PAVIMENTOS .....	38
2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS .....	39
2.3 PAVIMENTOS FLEXIBLES .....	40
2.4 SUBBASE .....	41
2.5 BASE .....	43




---

2.6	HORMIGÓN ASFÁLTICO.....	46
2.7	HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO.....	46
2.8	MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES .....	46
2.8.1	<i>Mantenimiento preventivo.</i> .....	47
2.8.2	<i>Mantenimiento rutinario.</i> .....	47
2.8.3	<i>Mantenimiento correctivo.</i> .....	48
2.8.4	<i>Mantenimiento periódico.</i> .....	48
2.8.5	<i>Mantenimiento de emergencia.</i> .....	49
2.9	REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES .....	49
2.10	CEMENTO PORTLAND .....	50
2.11	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON ADICIÓN DE CEMENTO.....	50
2.12	ENSAYOS DE LABORATORIO .....	51
2.12.1	<i>Granulometría.</i> .....	51
2.12.2	<i>Límites de Atterberg.</i> .....	51
2.12.3	<i>Compactación.</i> .....	52
2.12.4	<i>Ensayo CBR.</i> .....	52
2.12.5	<i>Ensayo de abrasión.</i> .....	53
2.13	ANÁLISIS DE COSTOS .....	53
<b>CAPITULO 3 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN Y MUESTREO .....</b>		<b>54</b>
3.1	PROYECTOS DE MANTENIMIENTO VIAL DEL CANTÓN CUENCA.....	54
3.1.1	<i>Características de las necesidades de conservación vial.</i> .....	54
3.1.2	<i>Determinación del tipo de falla y mantenimiento de un pavimento.</i> .....	55
3.2	SELECCIÓN DE LAS MUESTRAS.....	65

---



3.3 MUESTREO DEL HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO .....66

**CAPITULO 4 ENSAYOS DE LABORATORIO ..... 67**

4.1 HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO .....67

    4.1.1 *Granulometría.* ..... 67

    4.1.2 *Porcentaje de humedad.* ..... 70

    4.1.3 *Clasificación granulométrica del material.*..... 72

    4.1.4 *Peso específico.* ..... 77

    4.1.5 *Límites de Atterberg.* ..... 83

    4.1.6 *Compactación.*..... 88

    4.1.7 *Ensayo CBR.*..... 97

4.2 BASE GRANULAR..... 105

    4.2.1 *Granulometría.* ..... 106

    4.2.2 *Porcentaje de humedad.* ..... 107

    4.2.3 *Clasificación granulométrica del material.*..... 108

    4.2.4 *Peso específico.* ..... 108

4.3 HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO + BASE GRANULAR..... 113

    4.3.1 *Determinación de porcentajes de material de adición.*..... 113

    4.3.2 *Porcentaje de humedad.* ..... 115

    4.3.3 *Compactación.*..... 116

    4.3.4 *Ensayo CBR.*..... 120

    4.3.5 *Ensayo de abrasión.* ..... 121

4.4 HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO + BASE GRANULAR + CEMENTO PORTLAND. .... 122

    4.4.1 *Determinación de porcentajes de materiales de adición.* ..... 122




---

4.4.2	<i>Porcentaje de humedad.</i>	123
4.4.3	<i>Compactación.</i>	124
4.4.4	<i>Ensayo CBR.</i>	127
<b>CAPITULO 5 RESULTADOS</b>		<b>129</b>
5.1	HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO	129
5.1.1	<i>Clasificación granulométrica según la NEVI-12.</i>	129
5.1.2	<i>Límites de Atterberg.</i>	133
5.1.3	<i>Densidad seca máxima y humedad óptima.</i>	134
5.1.4	<i>CBR.</i>	141
5.2	BASE GRANULAR	147
5.2.1	<i>Clasificación granulométrica según la NEVI-12.</i>	147
5.3	HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO + BASE GRANULAR	148
5.3.1	<i>Densidad seca máxima y humedad óptima.</i>	149
5.3.2	<i>CBR.</i>	154
5.4	HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO + BASE + CEMENTO PORTLAND	159
5.4.1	<i>Densidad seca máxima y humedad óptima.</i>	159
5.4.2	<i>CBR.</i>	159
<b>CAPITULO 6 ANÁLISIS DE COSTOS</b>		<b>165</b>
6.1	COSTO DE MATERIALES CONVENCIONALES.	165
6.2	COSTO DE MATERIALES RECICLADOS.	165
6.3	ANÁLISIS DE COSTOS ENTRE MATERIALES RECICLADOS Y CONVENCIONALES.	177
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>179</b>

---



---

<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>182</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>184</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>189</b>



## INDICE DE TABLAS

TABLA 1. GRANULOMETRÍA DE UNA SUBBASE. ....	41
TABLA 2. GRANULOMETRÍA DE UNA BASE.....	44
TABLA 3. COMPONENTES DEL CEMENTO PORTLAND.....	50
TABLA 4. NECESIDADES DE CONSERVACIÓN VIAL (KM) SEGÚN EL CANTÓN. ....	55
TABLA 5. RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI. ....	56
TABLA 6. FORMATO DE EVALUACIÓN DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA. ....	57
TABLA 7. LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFÁLTICAS.....	58
TABLA 8. FORMATO PARA LAS ITERACIONES EN EL CÁLCULO DEL CDV.....	61
TABLA 9. INVENTARIO DE LA CONSERVACIÓN VIAL EJECUTADA EN EL AÑO 2019.....	63
TABLA 10. CONTENIDO DE AGUA.....	93
TABLA 11. PROPORCIONES PARA LA MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO (7CM) CON BASE GRANULAR (9CM).....	119
TABLA 12. PROPORCIONES PARA LA MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO (7CM) CON BASE GRANULAR (13CM).....	119
TABLA 13. PORCENTAJES DE CEMENTO PARA LA MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO (7CM) CON BASE GRANULAR (9CM) Y CEMENTO PORTLAND.....	123
TABLA 14. PORCENTAJES DE CEMENTO PARA LA MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO (7CM) CON BASE GRANULAR (13CM) Y CEMENTO PORTLAND.....	123
TABLA 15. PROPORCIONES PARA LA MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO (7CM) CON BASE GRANULAR (9CM) Y CEMENTO PORTLAND.....	125




---

TABLA 16. PROPORCIONES PARA LA MEZCLA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO (7CM) CON BASE GRANULAR (13CM) Y CEMENTO PORTLAND.....	125
TABLA 17. TABLA RESUMEN DE DENSIDADES SECAS MÁXIMAS Y HUMEDADES ÓPTIMAS DEL HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO. ....	134
TABLA 18. RESULTADOS DE COMPACTACIÓN, CALLE ROBERTO CRESPO TORAL.....	135
TABLA 19. RESULTADOS DE COMPACTACIÓN, CALLE LA TOREADORA.....	136
TABLA 20. RESULTADOS DE COMPACTACIÓN, AV. 27 DE FEBRERO Y FRANCISCO CUESTA. ...	137
TABLA 21. RESULTADOS DE COMPACTACIÓN, AV. PASEO DE LOS CAÑARIS Y YANAHURCO...	138
TABLA 22. RESULTADOS DE COMPACTACIÓN, AV. GONZÁLES SUÁREZ.....	139
TABLA 23. RESULTADOS DE COMPACTACIÓN, AV. 27 DE FEBRERO Y ARTURO VALENCIA. ....	140
TABLA 24. TABLA RESUMEN DE CBR DEL HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO.....	141
TABLA 25. RESULTADOS DE CBR, CALLE ROBERTO CRESPO TORAL. ....	142
TABLA 26. RESULTADOS DE CBR, CALLE LA TOREADORA. ....	142
TABLA 27. RESULTADOS DE CBR, AV. 27 DE FEBRERO Y FRANCISCO CUESTA.....	143
TABLA 28. RESULTADOS DE CBR, AV. PASEO DE LOS CAÑARIS Y YANAHURCO.....	144
TABLA 29. RESULTADOS DE CBR, AV. GONZÁLES SUÁREZ. ....	145
TABLA 30. RESULTADOS DE CBR, AV. 27 DE FEBRERO Y ARTURO VALENCIA.....	146
TABLA 31. RESUMEN GENERAL DE LOS ENSAYOS REALIZADOS A LAS MUESTRAS DE HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO.....	147
TABLA 32. RESUMEN GENERAL DE LOS ENSAYOS REALIZADOS A LA MUESTRA DE BASE GRANULAR. ....	148
TABLA 33. TABLA RESUMEN DE DENSIDADES SECAS MÁXIMAS Y HUMEDADES ÓPTIMAS DE HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO (7CM) CON BASE GRANULAR (9CM).....	149
TABLA 34. RESULTADOS DE COMPACTACIÓN, AV. 27 DE FEBRERO Y FRANCISCO CUESTA. ...	150

---




---

TABLA 35. RESULTADOS DE COMPACTACIÓN, AV. GONZÁLES SUÁREZ.....	151
TABLA 36. TABLA RESUMEN DE DENSIDADES SECAS MÁXIMAS Y HUMEDADES ÓPTIMAS DE HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO (7CM) CON BASE GRANULAR (13CM).....	152
TABLA 37. RESULTADOS DE COMPACTACIÓN, AV. 27 DE FEBRERO Y FRANCISCO CUESTA. ...	153
TABLA 38. RESULTADOS DE COMPACTACIÓN, AV. GONZÁLES SUÁREZ.....	153
TABLA 39. TABLA RESUMEN DE CBR DE HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO (7CM) CON BASE GRANULAR (9CM).....	154
TABLA 40. RESULTADOS DE CBR, AV. 27 DE FEBRERO Y FRANCISCO CUESTA.....	155
TABLA 41. RESULTADOS DE CBR, AV. GONZÁLES SUÁREZ. ....	155
TABLA 42. RESUMEN GENERAL DE LOS ENSAYOS REALIZADOS CON HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO (7CM) + BASE GRANULAR (9CM).....	156
TABLA 43. TABLA RESUMEN DE CBR DE HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO (7CM) CON BASE GRANULAR (13CM).....	156
TABLA 44. RESULTADOS DE CBR, AV. 27 DE FEBRERO Y FRANCISCO CUESTA.....	157
TABLA 45. RESULTADOS DE CBR, AV. GONZÁLES SUÁREZ. ....	158
TABLA 46. RESUMEN GENERAL DE LOS ENSAYOS REALIZADOS CON HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO (7CM) + BASE GRANULAR (13CM).....	159
TABLA 47. RANGOS DE PORCENTAJE DE CEMENTO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.....	160
TABLA 48. ÍNDICE DE CBR (%) DEL SUELO DE LA MINA DE CHOCARSI ESTABILIZADO CON CEMENTO.....	161
TABLA 49. BASES ESTABILIZADAS DE LAS CANTERAS DEL SECTOR LA JOSEFINA. ....	162
TABLA 50. LÍMITES DE GRADUACIÓN Y PLASTICIDAD DE LOS AGREGADOS RECOMENDADOS POR LA PCA. ....	163
TABLA 51. COSTO DE MATERIALES CONVENCIONALES EN LA ZONA DE ESTUDIO. ....	165

---




---

TABLA 52. VOLUMEN DE CADA MATERIAL PARA LAS DIFERENTES COMBINACIONES DE ESPESORES POR CADA M <sup>3</sup> DE FRESADO. ....	166
TABLA 53. CANTIDADES PARA SUBBASE RECICLADA (HORMIGÓN ASFÁLTICO 7CM + BASE GRANULAR 9CM), CON 2% DE CEMENTO. ....	166
TABLA 54. CANTIDADES PARA SUBBASE RECICLADA (HORMIGÓN ASFÁLTICO 7CM + BASE GRANULAR 9CM), CON 3% DE CEMENTO. ....	167
TABLA 55. CANTIDADES PARA BASE RECICLADA (HORMIGÓN ASFÁLTICO 7CM + BASE GRANULAR 13CM), CON 3.5% DE CEMENTO. ....	167
TABLA 56. CANTIDADES PARA BASE RECICLADA (HORMIGÓN ASFÁLTICO 7CM + BASE GRANULAR 13CM), CON 4.5% DE CEMENTO. ....	168
TABLA 57. COSTO DE SUBBASE CONVENCIONAL PUESTA EN OBRA.....	169
TABLA 58. COSTO DE BASE CONVENCIONAL PUESTA EN OBRA.....	170
TABLA 59. COSTO DE SUBBASE RECICLADA (HORMIGÓN ASFÁLTICO 7CM + BASE GRANULAR 9CM), PUESTA EN OBRA. ....	171
TABLA 60. COSTO DE SUBBASE RECICLADA (HORMIGÓN ASFÁLTICO 7CM + BASE GRANULAR 13CM), PUESTA EN OBRA. ....	172
TABLA 61. SUBBASE RECICLADA (HORMIGÓN ASFÁLTICO 7CM + BASE GRANULAR 9CM), ESTABILIZADA CON 2% DE CEMENTO Y PUESTA EN OBRA.....	173
TABLA 62. SUBBASE RECICLADA (HORMIGÓN ASFÁLTICO 7CM + BASE GRANULAR 9CM), ESTABILIZADA CON 3% DE CEMENTO Y PUESTA EN OBRA.....	174
TABLA 63. BASE RECICLADA (HORMIGÓN ASFÁLTICO 7CM + BASE GRANULAR 13CM), ESTABILIZADA CON 3.5% DE CEMENTO Y PUESTA EN OBRA.....	175
TABLA 64. BASE RECICLADA (HORMIGÓN ASFÁLTICO 7CM + BASE GRANULAR 13CM), ESTABILIZADA CON 4.5% DE CEMENTO Y PUESTA EN OBRA.....	176

---



---

TABLA 65. CUADRO COMPARATIVO DE COSTOS DE MATERIALES CONVENCIONALES Y

RECICLADOS.....178



---

## INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. ZONA DE ESTUDIO DEL PROYECTO. ....	35
ILUSTRACIÓN 2. ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO. ....	38
ILUSTRACIÓN 3. ESTRUCTURA TÍPICA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE. ....	40
ILUSTRACIÓN 4. LÍMITES DE ATTERBERG. ....	51
ILUSTRACIÓN 5. CUARTEO DE LA MUESTRA PREVIAMENTE MEZCLADA. ....	68
ILUSTRACIÓN 6. TOMA DE 8000 GR. DE MATERIAL PARA EL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA. ....	68
ILUSTRACIÓN 7. MÁQUINA DE TAMIZADO DE AGREGADOS GRUESOS. ....	69
ILUSTRACIÓN 8. LAVADO DEL MATERIAL PARA EL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS FINOS. ....	69
ILUSTRACIÓN 9. TAMIZADO DE AGREGADOS FINOS. ....	70
ILUSTRACIÓN 10. TOMA DE MUESTRAS PARA LA DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD. ....	71
ILUSTRACIÓN 11. CLASIFICACIÓN DEL HORMIGÓN ASFALTICO RECICLADO - BASE CLASE 3. ....	72
ILUSTRACIÓN 12. SUBBASE CLASE 1. ....	73
ILUSTRACIÓN 13. SUBBASE CLASE 2. ....	73
ILUSTRACIÓN 14. SUBBASE CLASE 3. ....	74
ILUSTRACIÓN 15. BASE CLASE 1 TIPO A Y B. ....	74
ILUSTRACIÓN 16. BASE CLASE 2. ....	75
ILUSTRACIÓN 17. BASE CLASE 3. ....	75
ILUSTRACIÓN 18. BASE CLASE 4. ....	76
ILUSTRACIÓN 19. AGREGADO GRUESO DE H <sup>o</sup> .A. RECICLADO EN PROCESO DE SATURACIÓN. ....	77
ILUSTRACIÓN 20. SECADO SUPERFICIALMENTE DEL AGREGADO GRUESO. ....	78




---

ILUSTRACIÓN 21. PESAJE DEL MATERIAL QUE VA SER ENSAYADO.....	78
ILUSTRACIÓN 22. ENRAZADO DEL MOLDE QUE CONTIENE MATERIAL Y AGUA, CON AYUDA DE UN VIDRIO.....	79
ILUSTRACIÓN 23. PICNÓMETRO CON EL MATERIAL A SER ENSAYADO Y AGUA. ....	80
ILUSTRACIÓN 24. BAÑO MARÍA PARA LA ELIMINACIÓN DE CONTENIDO DE AIRE. ....	81
ILUSTRACIÓN 25. PESAJE DEL MATERIAL ESCURRIDO PREVIO A LA COLOCACIÓN EN EL HORNO. .....	81
ILUSTRACIÓN 26. MATERIAL PASANTE DE LA MALLA N°40 SATURADO. ....	83
ILUSTRACIÓN 27. COLOCACIÓN DEL MATERIAL EN LA CUCHARA DE CASA GRANDE.....	84
ILUSTRACIÓN 28. SURCO EN EL CENTRO DE LA PORCIÓN DE MATERIAL PREVIO AL ENSAYO.....	84
ILUSTRACIÓN 29. CURVA DE FLUIDEZ. ....	86
ILUSTRACIÓN 30. ELABORACIÓN DE CILINDROS DE 3.2 MM DE DIÁMETRO. ....	87
ILUSTRACIÓN 31. MUESTRAS ENSAYADAS LUEGO DE SER SECADAS EN EL HORNO.....	87
ILUSTRACIÓN 32. HERRAMIENTAS PARA EL ENSAYO DE COMPACTACIÓN. ....	89
ILUSTRACIÓN 33. PESAJE DE MATERIAL Y ELABORACIÓN DE BOLSAS NECESARIAS PARA EL ENSAYO. ....	89
ILUSTRACIÓN 34. TAMIZADO DE LA MUESTRA PARA LA OBTENCIÓN DE AGREGADO FINO Y GRUESO. ....	91
ILUSTRACIÓN 35. AGREGADO FINO Y GRUESO PARA EL ENSAYO DE COMPACTACIÓN.....	91
ILUSTRACIÓN 36. MEZCLA HOMOGÉNEA DE LOS MATERIALES PREVIO AL ENSAYO. ....	94
ILUSTRACIÓN 37. COMPACTACIÓN DE CADA ESPÉCIMEN SEGÚN LO ESPECIFICADO. ....	94
ILUSTRACIÓN 38. PESAJE DEL MOLDE SIN COLLARÍN Y CON EL MATERIAL PREVIAMENTE ENRAZADO. ....	95
ILUSTRACIÓN 39. HUMEDAD ÓPTIMA.....	97

---



---

ILUSTRACIÓN 40. MOLDE SIN COLLARÍN Y CON EL MATERIAL ENRAZADO. ....	99
ILUSTRACIÓN 41. TOMA DE LECTURA DE LOS DIFERENTES MOLDES ENSAYADOS. ....	100
ILUSTRACIÓN 42. ENSAYO DE CBR Y TOMA DE LECTURAS DE CARGA. ....	101
ILUSTRACIÓN 43. RECTA TANGENTE QUE COINCIDE CON EL ORIGEN. ....	104
ILUSTRACIÓN 44. DETERMINACIÓN DEL CBR. ....	105
ILUSTRACIÓN 45. MEZCLADO Y CUARTEO DE LA BASE GRANULAR. ....	106
ILUSTRACIÓN 46. RECOLECCIÓN DE LOS 8000 GRAMOS DE MATERIAL PARA LA GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS GRUESOS. ....	106
ILUSTRACIÓN 47. RECOLECCIÓN DE 1000 GRAMOS DE MATERIAL FINO PASANTE EL TAMIZ N°4 PARA LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS FINOS. ....	107
ILUSTRACIÓN 48. SATURACIÓN DE AGREGADO GRUESO. ....	109
ILUSTRACIÓN 49. SECADO SUPERFICIALMENTE DEL AGREGADO GRUESO LUEGO DE LA SATURACIÓN. ....	109
ILUSTRACIÓN 50. ENRAZADO DEL MOLDE CON LA AYUDA DE UN VIDRIO LUEGO DE HABER SIDO COLOCADO EL MATERIAL Y LLENADO CON AGUA. ....	110
ILUSTRACIÓN 51. COLOCACIÓN DEL AGREGADO FINO Y AGUA EN EL PICNÓMETRO. ....	111
ILUSTRACIÓN 52. BAÑO MARÍA PARA LA ELIMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE. ....	111
ILUSTRACIÓN 53. MATERIAL SECO LUEGO DE SER ESCURRIDO Y PUESTO EN EL HORNO. ....	111
ILUSTRACIÓN 54. COMBINACIONES DE ESPESORES DE HORMIGÓN ASFÁLTICO + BASE GRANULAR. ....	114
ILUSTRACIÓN 55. MUESTRA SECA LUEGO DE SER COLOCADA EN EL HORNO. ....	116
ILUSTRACIÓN 56. PESAJE DE LOS 5500 GRAMOS DE HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO CON BASE GRANULAR. ....	120

---




---

ILUSTRACIÓN 57. MATERIAL MEZCLADO UNIFORMEMENTE CON UNA DETERMINADA CANTIDAD DE AGUA.....	120
ILUSTRACIÓN 58. TOMA DE LECTURAS PARA DETERMINAR EL ESPONJAMIENTO. ....	121
ILUSTRACIÓN 59. PESAJE DE LOS MATERIALES EN LAS CANTIDADES ESPECÍFICAS. ....	126
ILUSTRACIÓN 60. MEZCLA HOMOGÉNEA DE LOS MATERIALES PREVIO AL ENSAYO DE COMPACTACIÓN.....	127
ILUSTRACIÓN 61. CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA MUESTRA 1: CALLE ROBERTO CRESPO TORAL.....	130
ILUSTRACIÓN 62. CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA MUESTRA 2: CALLE LA TOREADORA.....	130
ILUSTRACIÓN 63. CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA MUESTRA 3: AV. PASEO DE LOS CAÑARIS Y ALTAR URCU. ....	131
ILUSTRACIÓN 64. CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA MUESTRA 4: CALLE SAN PABLO DEL LAGO. ....	131
ILUSTRACIÓN 65. CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA MUESTRA 5: AV. 27 DE FEBRERO Y FRANCISCO CUESTA. ....	132
ILUSTRACIÓN 66. CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA MUESTRA 6: AV. PASEO DE LOS CAÑARIS Y YANAHURCO.....	132
ILUSTRACIÓN 67. CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA MUESTRA 7: AV. GONZÁLEZ SUÁREZ.....	133
ILUSTRACIÓN 68. CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA MUESTRA 8: AV. 27 DE FEBRERO Y ARTURO VALENCIA. ....	133
ILUSTRACIÓN 69. DENSIDAD SECA MÁXIMA Y PORCENTAJE DE HUMEDAD ÓPTIMA, CALLE ROBERTO CRESPO TORAL. ....	135
ILUSTRACIÓN 70. DENSIDAD SECA MÁXIMA Y PORCENTAJE DE HUMEDAD ÓPTIMA, CALLE LA TOREADORA.....	136

---



---

ILUSTRACIÓN 71. DENSIDAD SECA MÁXIMA Y PORCENTAJE DE HUMEDAD ÓPTIMA, AV. 27 DE FEBRERO Y FRANCISCO CUESTA. ....	137
ILUSTRACIÓN 72. DENSIDAD SECA MÁXIMA Y PORCENTAJE DE HUMEDAD ÓPTIMA, AV. PASEO DE LOS CAÑARIS Y YANAHURCO. ....	138
ILUSTRACIÓN 73. DENSIDAD SECA MÁXIMA Y PORCENTAJE DE HUMEDAD ÓPTIMA, AV. GONZÁLES SUÁREZ. ....	139
ILUSTRACIÓN 74. DENSIDAD SECA MÁXIMA Y PORCENTAJE DE HUMEDAD ÓPTIMA, AV. 27 DE FEBRERO Y ARTURO VALENCIA. ....	140
ILUSTRACIÓN 75. CBR, CALLE ROBERTO CRESPO TORAL. ....	141
ILUSTRACIÓN 76. CBR, CALLE LA TOREADORA. ....	142
ILUSTRACIÓN 77. CBR, AV. 27 DE FEBRERO Y FRANCISCO CUESTA. ....	143
ILUSTRACIÓN 78. CBR, AV. PASEO DE LOS CAÑARIS Y YANAHURCO. ....	144
ILUSTRACIÓN 79. CBR, AV. GONZÁLES SUÁREZ. ....	145
ILUSTRACIÓN 80. CBR, AV. 27 DE FEBRERO Y ARTURO VALENCIA. ....	146
ILUSTRACIÓN 81. CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA BASE GRANULAR UTILIZADA COMO MATERIAL DE ADICIÓN. ....	148
ILUSTRACIÓN 82. DENSIDAD SECA MÁXIMA Y PORCENTAJE DE HUMEDAD ÓPTIMA, AV. 27 DE FEBRERO Y FRANCISCO CUESTA. ....	150
ILUSTRACIÓN 83. DENSIDAD SECA MÁXIMA Y PORCENTAJE DE HUMEDAD ÓPTIMA, AV. GONZÁLES SUÁREZ. ....	151
ILUSTRACIÓN 84. DENSIDAD SECA MÁXIMA Y PORCENTAJE DE HUMEDAD ÓPTIMA, AV. 27 DE FEBRERO Y FRANCISCO CUESTA. ....	152
ILUSTRACIÓN 85. DENSIDAD SECA MÁXIMA Y PORCENTAJE DE HUMEDAD ÓPTIMA, AV. GONZÁLES SUÁREZ. ....	153

---



---

ILUSTRACIÓN 86. CBR, AV. 27 DE FEBRERO Y FRANCISCO CUESTA.....	154
ILUSTRACIÓN 87. CBR, AV. GONZÁLES SUÁREZ.....	155
ILUSTRACIÓN 88. CBR, AV. 27 DE FEBRERO Y FRANCISCO CUESTA.....	157
ILUSTRACIÓN 89. CBR, AV. GONZÁLES SUÁREZ.....	158



---

## CAPITULO 1

### GENERALIDADES

#### 1.1 Introducción

Un pavimento consiste en una estructura vial compuesta por una o varias capas de materiales seleccionados, capaces de soportar y transmitir a la subrasante o suelo de apoyo las cargas transmitidas por el tránsito vehicular, sin que existan rotura de los materiales o deformaciones excesivas en la estructura. Las capas que integran un pavimento son: material de mejoramiento (en caso de ser necesario), subbase, base y capa de rodadura, ya sea pavimento flexible o pavimento rígido.

El número y espesor de las diferentes capas de la estructura de un pavimento se definen en función de los ensayos de CBR, tipo de suelo, importancia de la vía, número de carriles, TPDA, y también en base a datos experimentales. Además, cabe recalcar que los materiales previos a su colocación deben contar con su respectivo control de calidad, con la finalidad de comprobar si cumplen con los requisitos establecidos en la normativa.

Sin embargo, durante la construcción de redes viales suele pasar que debido a malas condiciones de suelo se requiere, ya sea la estabilización de la subrasante o, de otra de las capas de la estructura del pavimento ya sea con cal, emulsión asfáltica, cemento portland, materiales reciclados, entre otros, con el fin de conseguir adecuar sus características a las condiciones existentes.

La extracción de materiales granulares en las diferentes concesiones de nuestro entorno, provocan impactos ambientales y agotamiento de recursos naturales, por lo que de esto deriva



---

la necesidad de preservar y proteger el ambiente, a través de la reutilización de materiales reciclados provenientes de la construcción.

Las vías en el Ecuador presentan en un 75% una capa de rodadura de pavimento flexible, este pavimento es una mezcla compuesta de un 80% de agregados y el 20% de asfalto, los agregados provienen de fuentes naturales como, ríos, canteras, etc., por lo tanto lograr reducir el consumo de estos ayudaría a prevenir que en un futuro no se pueda contar con estos recursos, aplicando así el concepto de desarrollo sostenible que ha tomado importancia en los últimos tiempos por el claro deterioro de nuestro planeta principalmente los efecto irreversibles que hemos provocado en nuestro ecosistema, por lo que en este caso en particular el estudio de un método ecológico y amigable con el medio ambiente, en lo que respecta a la vialidad del país, está enfocado al uso de hormigón asfáltico reciclado proveniente de pavimentos flexibles.

Por tal motivo, el presente trabajo investigativo tiene como principal objetivo determinar si el hormigón asfáltico reciclado, procedente de proyectos de mantenimiento vial, puede ser reutilizado como base o subbase para su posterior aplicación en la construcción de estructuras de pavimentos. Para cumplir con este propósito se realizaron ensayos de laboratorio para determinar las propiedades físico-mecánicas del material reciclado en su estado natural y en adición con base convencional, analizando además la posibilidad del uso de cemento Portland como material estabilizante adicional, esto con la finalidad de mejorar las propiedades mecánicas del hormigón asfáltico reciclado.

También se realizó un análisis de costos respecto al material tradicional (base y subbase), con el hormigón asfáltico reciclado y su mezcla con base y cemento Portland. Todo ello de acuerdo a las normas AASHTO y ASTM, en las cuales se fundamenta la normativa ecuatoriana vigente.



---

## 1.2 Antecedentes

Según (Jugo, 2005), el reciclaje de un pavimento asfáltico puede ejecutarse en frío o en caliente, pudiendo hacerse en ambos casos “in situ” o en planta. El reciclado en frío consiste en fresar el espesor de pavimento flexible a mantener y reciclarla mediante la adición de emulsión asfáltica o conglomerante hidráulico (cemento), para luego reutilizar en la construcción de vías de bajo y mediano tráfico. Por otra parte, el reciclado en caliente se realiza por lo general con las capas asfálticas recuperadas mediante fresado, las mismas que procesadas a altas temperaturas con la adición de agregado, asfalto y agentes rejuvenecedores, tienen como fin originar una nueva mezcla en caliente.

El hormigón asfáltico reciclado es una alternativa para el refuerzo estructural de pavimentos deteriorados, cuya aceptación y popularidad crece cada vez más a nivel mundial. Hoy en día, el reciclado de pavimentos flexibles es una técnica muy utilizada en diferentes países, principalmente en Estados Unidos, Australia, Holanda, Francia, Alemania y España, los cuales desde los años 50's se enfocaron en su reutilización, primero para fines de mantenimiento y luego, con estudios previos, como componente básico de un nuevo pavimento (Restrepo & Stephens, 2015).

En Alemania se reciclan alrededor de 60 millones de toneladas por día de áridos, de los cuales mas de 40 millones, son reutilizados como bases y subbases en obras de mantenimiento y construcción de carreteras. Desde el año 1993, este país además demostró que el material reciclado es muy competitivo en el mercado de los materiales granulares convencionales (Tórres & Flores, 2014). Además, Alemania junto con Holanda son los países que dan mayor importancia a esta técnica de innovación, puesto que producen mezclas asfálticas nuevas con el 60% y 65% respectivamente del material recuperado.

---



---

Por otro lado, en América Latina, especialmente en Argentina, Brasil, Chile y Colombia, se desarrollan programas de mantenimiento vial donde el reciclaje, tanto en frío como en caliente, es un mecanismo importante. Por ejemplo, en Colombia el reciclado consiste en una mezcla de hormigón asfáltico recuperado con aditivo, para producir un material que puede ser utilizado como mezcla asfáltica para superficies de rodadura, o como material estabilizado para que trabaje como capa intermedia de la estructura de un pavimento (Restrepo & Stephens, 2015).

En el Ecuador, el reciclaje del hormigón asfáltico se ha ido incrementando en los últimos años, a tal punto que, en la actualidad se realizan mezclas asfálticas en caliente a partir del material recuperado de obras de mantenimiento vial, cuya innovación además se ha complementado con la adición de materiales reciclables como caucho en polvo o vidrio molido. Asimismo, el reciclado en frío ha sido un mecanismo muy utilizado, principalmente con cemento como estabilizante del material granular reciclado, con el propósito de mejorar las propiedades de un suelo o de un material granular del mismo pavimento en mantenimiento.

Con estos antecedentes, se pretende mediante la presente investigación impulsar un método de reciclaje ecológico a través de la reutilización de los escorbros procedentes de los pavimentos en mantenimiento o rehabilitación, lo cual se intenta aprovechar como uno de los materiales granulares que conforman las capas de la estructura de un pavimento, ya sea como base o subbase, con beneficios mecánicos, económicos y ambientales.



---

### 1.3 Planteamiento del problema

En la Ingeniería civil debido a la insuficiente prevención de la producción de residuos, sobre todo provenientes de las demoliciones, se ve la necesidad de intervenir con diferentes métodos de construcción con materiales reciclados, que incorporen nuevas tendencias en la gestión de residuos, conserven el medio ambiente y optimicen los recursos y materiales.

La reparación de vías de pavimento rígido, así como las de pavimento flexible, dejan residuos que están constituidos principalmente por áridos mezclados, restos de mezclas asfálticas, restos de hormigón, acero, piedras, etc. Mediante el reciclaje se pretende reutilizar, como base o subbase, el material proveniente de los residuos de pavimentos flexibles que han cumplido con su vida útil.

Frente a esta realidad, se deberá realizar ensayos del hormigón asfáltico reciclado, producto de la rehabilitación y reconstrucción de vías dentro de la provincia del Azuay, con la finalidad de obtener sus características físicas (humedad, granulometría, límites de Atterberg, pesos específicos, etc.) y mecánicas (compresión simple, CBR). Una vez realizados los ensayos se determinará si el material puede ser reutilizado como base o subbase en el diseño de pavimentos flexibles, o si este requiere de la adición de material granular para que cumpla con las características físico - mecánicas de una base o subbase. Además, se pretende estudiar la alternativa de utilizar el cemento Portland como material de adición, para constatar una aproximación de su costo y su factibilidad al mezclarse con el hormigón asfáltico reciclado.

Por último, se analizará también los costos en función de los resultados para evidenciar su factibilidad en la ejecución de proyectos viales.



---

#### 1.4 Formulación del problema

Las actividades de la construcción como reparaciones de vías, calzadas, tuberías, demoliciones, etc. generan grandes cantidades de materiales de construcción desperdiciados como el acero, concreto, ladrillos, mezclas asfálticas y muchos más. Estos materiales representan una problemática ambiental en el Ecuador y el mundo.

En nuestro país, la conservación de la red vial es en la actualidad un aspecto de gran importancia debido a los recursos que moviliza. El presupuesto necesario para el mantenimiento, así como los problemas ambientales que esta actividad genera, justifican la búsqueda de nuevas técnicas que permitan reducir costos y protejan el medio ambiente. En este contexto, el reciclado, como medio para racionalizar los recursos, se convierte en una necesidad.

Debido a las causas anteriormente mencionadas, se ha planteado en el presente trabajo de investigación el estudio de hormigón asfáltico reciclado, para determinar mediante ensayos de laboratorio su posibilidad de uso como base y subbase, o de lo contrario, establecer la cantidad de material de adición para conformar las capas granulares mencionadas, pudiendo ser este material adicional una base granular convencional que represente el espesor de una base fresada del mismo pavimento en proceso de conservación. Otra premisa fundamental de la investigación, será analizar si la utilización del hormigón asfáltico reciclado es económicamente beneficioso para su empleo en la estructura de pavimento. De esta manera, analizar también el costo que representa la mezcla del material reciclado con conglomerante hidráulico (cemento Portland), seleccionando diversos porcentajes de este para cada una de las mezclas según el CBR alcanzado.



---

## 1.5 Objetivos

### 1.5.1 General.

Determinar si el hormigón asfáltico reciclado, producto del fresado de la carpeta asfáltica, puede ser reutilizado como material de base o subbase en la estructura de un pavimento flexible, a través del análisis de sus propiedades físico-mecánicas y costos.

### 1.5.2 Específicos.

- Recolectar información y realizar un muestreo de los proyectos de recapeo asfáltico desarrollados en la ciudad de Cuenca, para la obtención del material reciclado.
- Determinar mediante ensayos de laboratorio, las características físico-mecánicas (granulometría, límites, CBR, abrasión, etc.) del material reciclado y definir si el hormigón asfáltico reciclado, requiere de materiales de adición para cumplir con las especificaciones técnicas de una base y subbase granular.
- Interpretar los resultados obtenidos en laboratorio y comparar los resultados con las especificaciones técnicas establecidas en la normativa vigente. Además, se debe analizar la diferencia de costos entre, el material conformado con hormigón asfáltico reciclado, y los materiales convencionales, para verificar si el uso del material reciclado resulta rentable.
- Analizar económicamente la alternativa del uso de cemento Portland como material de adición, con el fin de mejorar las características mecánicas del hormigón asfáltico reciclado.



---

## 1.6 Justificación

En la ciudad de Cuenca como en el resto del país, las obras que comprenden la construcción o mantenimiento de la red vial estatal, provincial y cantonal, se desarrollan constantemente. Este es uno de los puntos más importantes planteado dentro de los planes del gobierno, a fin de mejorar los índices de tránsito, producción, calidad de vida, etc., uno de los elementos más importantes dentro de estas obras es el empleo de pavimentos rígidos o flexibles.

En los últimos años durante la construcción y rehabilitación de carreteras, se ha vuelto una tendencia la sustitución del pavimento flexible por el rígido, debido a que su estructura a pesar de ser más costosa resulta más resistente. Sin embargo, en la actualidad es posible innovar métodos tradicionales de construcción de pavimentos flexibles, para lograr un desarrollo sustentable en donde no solo se obtengan beneficios constructivos sino también económicos y ambientalmente sustentables.

Tales motivos, evidencian la necesidad de crear mediante el presente trabajo investigativo, los lineamientos y recomendaciones técnicas, para la ejecución de proyectos viales a nivel de pavimentos flexibles, con el propósito de determinar si es posible la reutilización de residuos provenientes del fresado de mezclas asfálticas (como base o subbase), y comparar su costo con los materiales convencionales.

## 1.7 Ubicación del área de estudio

Se considerará como zona de estudio a la provincia del Azuay, más específicamente el cantón Cuenca, debido al constante desarrollo de proyectos viales en esta localidad, principalmente recapeos de pavimentos flexibles, de los cuales se obtendrá el hormigón

---

asfáltico recuperado de la capa de rodadura que ha perdido ya sus propiedades. En la siguiente ilustración, se muestra la localización del proyecto, es decir, la ciudad de Cuenca, y sus principales vías.



**Ilustración 1.** Zona de estudio del proyecto.

*Fuente: Los Autores, mediante el software ArcGIS.*

Cabe recalcar que, no todas las vías del cantón Cuenca (tanto urbanas como rurales), a las que hace referencia la ilustración anterior, son de pavimento flexible. De esto deriva, la necesidad de buscar información para la presente investigación, a cerca de proyectos viales a nivel del tipo de pavimento mencionado.



---

## 1.8 Metodología

Para poder cumplir con los objetivos planteados en el presente trabajo, la investigación a realizarse estará regida a la secuencia que se muestra a continuación con el fin de determinar si el hormigón asfáltico reciclado, producto del fresado de la carpeta asfáltica, puede ser reutilizado como base o subbase en la estructura de un pavimento flexible y en caso de no serlo la cantidad de material granular necesario para que cumpla con las especificaciones técnicas de la NEVI-12.

### - **Obtención de material**

El primer paso a realizar en la investigación será la obtención del material proveniente del fresado de vías a nivel de carpeta asfáltica.

### - **Ensayos de laboratorio**

Una vez realizada la obtención del material se procederá al análisis de las muestras con el objetivo de obtener los siguientes parámetros físicos-mecánicos como la granulometría, límites de Atterberg, CBR y abrasión. Vale recalcar que estos ensayos serán realizados bajo las normativas AASHTO o ASTM como se especifica en la NEVI-12 Volumen 3.

### - **Interpretación de resultados**

Una vez realizado los ensayos de laboratorio y obtenidos los resultados de los materiales se procederá a interpretar la información resultante y determinar si el hormigón asfáltico reciclado cumple con las especificaciones técnicas de una base o subbase. En el caso que no cumpla con las características de estos materiales, se procederá a agregar el material que hará que cumpla con lo impuesto en la NEVI-12 y se realizarán nuevamente los ensayos mencionados en el paso anterior.



---

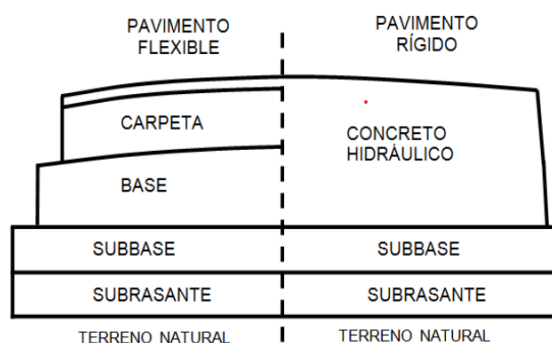
- **Análisis de costos**

Para determinar si el hormigón asfáltico reciclado puede ser usado como base o subbase y si su utilización en estructuras de pavimentos flexibles es económicamente viable, se deberá efectuar un análisis de costos entre: el material reciclado ensayado y los materiales habituales.

**CAPITULO 2**  
**MARCO TEÓRICO**

**2.1 Definición de pavimentos**

Un pavimento es una estructura conformada por capas aplicadas en forma horizontal una sobre otra, construidas con materiales granulares apropiados y adecuadamente compactados (Fonseca, 2002). Esta composición de capas de subbase, base y superficie de rodadura (carpeta asfáltica o concreto hidráulico) son puestas sobre la subrasante previamente preparada, para disipar los esfuerzos repetitivos del tránsito y repartir las cargas de manera uniforme en la estructura durante el periodo de diseño del pavimento (Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador, 2013).



**Ilustración 2.** Estructura de un pavimento.

*Fuente:* (Cornejo, 2013).

Puesto que los esfuerzos transmitidos hasta la subrasante disminuyen con la profundidad, se deben garantizar materiales de mayor capacidad de soporte (CBR) en las capas superiores. La subrasante debe estar conformada por suelos de características aceptables, los cuales en una profundidad no menor a 0.60 metros, deberán tener un  $CBR \geq 6\%$ , caso contrario corresponde estabilizar o reemplazar la capa de material inadecuado. Además, durante la etapa constructiva,



---

la subrasante deberá ser compactada al 95% de la densidad seca máxima, de tal forma que la estructura de pavimento no se vea afectada por la carga de diseño proveniente del tránsito.

El CBR de la subrasante en condiciones de servicio, junto con el tráfico y las características de los materiales que conforman la superficie de rodadura, establecen las variables básicas para el diseño de la estructura de un pavimento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

Para que un pavimento cumpla adecuadamente con sus funciones, debe tener las particularidades que se detallan a continuación (Fonseca, 2002):

- Ser resistente ante las cargas de tráfico.
- Ser resistente a la acción de los factores de intemperismo.
- Adoptar una estructura superficial regular, tanto longitudinal como transversal, que se acomode a las velocidades de circulación del tráfico.
- Presentar condiciones adecuadas de drenaje.
- Ser resistente al desgaste producido por los vehículos.
- Durable.
- Económico.
- Poser el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos, garantizando seguridad al tránsito.

## 2.2 Clasificación de los pavimentos

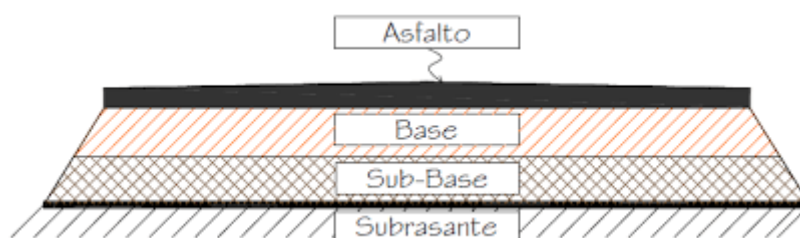
Generalmente los pavimentos se clasifican en:

- Pavimentos flexibles.
- Pavimentos semirrígidos.
- Pavimentos rígidos.
- Pavimentos articulados.

La presente investigación hace referencia únicamente a pavimentos flexibles, puesto que se plantea determinar si en la estructura de éstos se puede reutilizar el hormigón asfáltico resultante del fresado de la superficie de rodadura, ya sea como capa granular de base o subbase.

### 2.3 Pavimentos flexibles

Estos pavimentos están compuestos principalmente por una capa bituminosa que descansa por lo general sobre dos capas granulares no rígidas, base y subbase, sobre las que se transfieren las cargas a la subrasante, disipando las tensiones estructurales, las cuales disminuyen con la profundidad.



**Ilustración 3.** Estructura típica de un pavimento flexible.

*Fuente:* (Armijos, 2009).



## 2.4 Subbase

La subbase es una de las capas granulares que componen la estructura de un pavimento; su función es resistir, transmitir y distribuir uniformemente las cargas vehiculares que se aplican en calzada hacia la subrasante. Esta capa compuesta por materiales granulares puede ser de tres clases. Su utilización ayuda a mejorar la capacidad de soporte del suelo y la disminución del espesor de la capa de rodadura (Moreno, 2017).

Para que un material granular sea considerado como una Subbase debe cumplir con determinadas propiedades físico-mecánicas las cuales están expuestas en la Normativa Ecuatoriana (Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador, 2013) y se muestran a continuación:

- Granulometría: Para que un material granular sea considerado como cualquiera de las tres clases de subbase debe encontrarse dentro de los siguientes rangos:

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices malla cuadrada		
	Clase 1	Clase 2	Clase 3
3" (76.2 mm)			100
2" (50.4 mm)		100	-----
1 1/2 (38.1 mm)	100	70-100	-----
Nº 4 ( 4.75 mm)	30-70	30-70	30-70
Nº 40 ( 0.425mm)	oct-35	15-40	-----
Nº 200 (0.075 mm)	0-15	0-20	0-20

**Tabla 1.** Granulometría de una Subbase.

*Fuente:* (Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador, 2013).

- Límite Líquido < 25.
- Índice de plasticidad < 6.
- CBR > 30 %.



- Abrasión (Desgaste)  $\leq 50$  %.

La Normativa Ecuatoriana (NEVI-12) establece tres clases de Subbases las cuales son:

- Subbase clase 1: Esta subbase se obtiene con agregados producto de la trituración de roca o gravas y por lo menos el 30 % del agregado debe ser obtenido por trituración (Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador, 2013). Su granulometría se detalla en la Tabla 1. Su utilización se recomienda para vehículos con una cantidad de ejes equivalentes de 80 kN mayor a 5 (INVIAS, 2012).
- Subbase clase 2: Este tipo de subbase es construida con agregados que se obtienen mediante la trituración o cribado en yacimientos de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas (Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador, 2013). Su granulometría se detalla en la Tabla 1. Su utilización se recomienda para vehículos con un numero de ejes equivalentes de 80 kN entre 0.5 y 5 (INVIAS, 2012).
- Subbase clase 3: Este tipo de subbase se construye con agregados naturales y procesados (Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador, 2013), además deben cumplir con la granulometría que se detalla en la Tabla 1. Su utilización se recomienda para vehículos con una cantidad de ejes equivalentes de 80 kN igual o menor a 0.5 (INVIAS, 2012).

La NEVI-12 reconoce también los siguientes tipos de estabilizaciones de Subbases:

- Subbase estabilizada con Cal: La cal se utiliza con el fin de secar y modificar el suelo (LIME, 2004), y según la NEVI-12 se debe especificar los sitios donde se va a usar el material.



- Subbase estabilizada con compuesto multienzimáticos orgánicos: Estos compuestos multienzimáticos actúan sobre el suelo liberando agua del suelo facilitando así la compactación y aumentando la densidad del suelo, su uso es recomendado principalmente en suelos arcillosos (ROADCORP, 2019).

Para la construcción de la capa de Subbase en obra es necesario contar con maquinaria para el esparcimiento, mezclado y conformación, tanqueros para la hidratación y para la compactación rodillos lisos de tres ruedas o rodillos vibratorios. La compactación en obra se la debe hacer en capas de hasta 15 cm y debe alcanzar el 100 % de su densidad seca máxima (Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador, 2013).

## 2.5 Base

La Base es aquella capa de la estructura de pavimento la cual distribuye y transmite las cargas vehiculares a la subbase, la cual a su vez transmite a la subrasante, la capa de rodadura es colocada sobre este material (Iturbide, 2002). La Base está compuesta por material petreo cribado o triturado en su totalidad o de forma parcial, estabilizado con material fino que procede de suelos finos y puede ser de cuatro tipos (Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador, 2013).

Para que un material granular sea considerado como una Base debe cumplir con determinadas propiedades físico-mecánicas las cuales están expuestas en la Normativa Ecuatoriana ( NEVI-12 Vol.3) y se muestran a continuación:

- Granulometría: Para que un material granular sea considerado como cualquiera de las cuatro clases de Base debe encontrarse dentro de los siguientes rangos:



Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices malla cuadrada				
	Clase 1 A	Clase 1 B	Clase 2	Clase 3	Clase 4
2" (50.4 mm)	100	100	100	100	100
1 1/2 (38.1 mm)	70-100	70-100	70-100	70-100	-----
1" ( 25 mm)	55-85	60-90	55-85	60-90	60-90
3/4 " (19 mm)	50-80	45-75	45-75	40-75	-----
3/8 " ( 9.5 mm)	35-60	30-60	35-65	30-60	-----
Nº 4 ( 4.75 mm)	25-50	20-50	25-55	15-45	20-50
Nº 10 (2mm)	20-40	oct-25	15-45	oct-30	-----
Nº 40 ( 0.425mm)	oct-25	2-dic	may-25	0-15	-----
Nº 200 (0.075 mm)	2-dic	-----	0-10	-----	0-15

**Tabla 2.** Granulometría de una Base.

*Fuente:* (Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador, 2013).

- Límite Líquido < 25.
- Índice de plasticidad < 6.
- CBR > 80 %.
- Abrasión (Desgaste) ≤ 40 %.

La Normativa Ecuatoriana (NEVI-12) establece cuatro clases Bases las cuales son:

- Base clase 1: Este tipo de material es utilizado para aeropuertos, y carreteras de altos niveles de transito de 8 a 12 carriles y con un tránsito promedio diario mayor a los 50000 vehículos diarios (Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador, 2013).
- Base clase 2: Es principalmente usada para vías de 2 a 6 carriles con ancho no menor de 3.65 metros, además se incluye una franja central desde 2 a 4 m. Se emplea para carreteras con un tránsito promedio diario de 8000 a 50000 (Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador, 2013).



- 
- Base clase 3: Utilizada para vías internas de urbanizaciones de 2 a 4 carriles con un bajo nivel de tránsito promedio diario de 1000 a 8000 vehículos diarios (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2013).
  - Base clase 4: Empleada para caminos vecinales de 2 carriles con un tránsito promedio diario menor a 1000 vehículos diarios (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2013).

La NEVI-12 reconoce también los siguientes tipos de estabilizaciones de Bases:

- Bases de agregados estabilizados con Cemento Hidráulico: Este tipo de estabilización es utilizada cuando es necesario cambiar las propiedades físico- mecánicas del material, mejorando la impermeabilidad, disminución de los límites de consistencia y aumento del CBR. Una de las principales dificultades de estabilizar el material con cemento es la aparición de grietas (Iturbide, 2002). Según la norma AASHTO M 85-63 el peso de cemento debe ser como mínimo 3% y máximo 8% respecto al peso del material a estabilizar.
- Bases de hormigón Asfáltico mezcladas en sitio o planta: La estabilización del material con la mezcla asfáltica ayuda a mejorar la estabilidad y humedad del material, dando como resultado una mejor distribución de las cargas vehiculares. La cantidad de mezcla asfáltica a adicionar puede variar entre el 4% y 8% respecto al peso seco del material (Iturbide, 2002).

La conformación de una base granular en obra requiere de maquinaria para el esparcimiento, mezclado y conformación, tanqueros para la hidratación y para la compactación rodillos lisos de tres ruedas o rodillos vibratorios. La compactación en obra se la debe hacer en



---

capas de hasta 15 cm y debe alcanzar mínimo el 100 % de su densidad seca máxima (Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador, 2013).

## **2.6 Hormigón asfáltico**

Es una mezcla en planta de cemento asfáltico con agregados pétreos (áridos y finos), utilizados principalmente en el campo vial, en donde se extienden en capas y se compacta (MOP-001-F, 2002).

## **2.7 Hormigón asfáltico reciclado**

Este termino se le da al material proveniente del fresado de pavimentos flexibles cuya capa de rodadura ha cumplido con su vida util y que contiene asfalto y agregados. Este material es recuperado cuando los pavimentos asfálticos son removidos para reconstrucción o rehabilitación. Cuando el hormigón asfáltico reciclado se tritura y tamiza adecuadamente, consiste en agregados de alta calidad, bien distribuidos recubiertos por asfalto, que pueden ser empleados como material de refuerzo en la misma via o en alguna capa de una calzada nueva (LanammeUCR, s.f.).

## **2.8 Mantenimiento de pavimentos flexibles**

Las actividades de mantenimiento en pavimentos flexibles se realizan en función de la magnitud, frecuencia y grado de deterioro que presenta un pavimento, quedando definidas de la siguiente manera:



---

### **2.8.1 Mantenimiento preventivo.**

Este tipo de mantenimiento es apto para superficies que se mantengan en óptimas condiciones, cuyo objetivo es garantizar y prolongar la vida útil de la vía y su cumplimiento se realizará como si se tratara de un mantenimiento rutinario, es decir, con labores básicas como bacheo menor, mantenimiento de sistemas de drenaje, retiro de malesas y barrido de derrumbes (Peñaloza & Calle, 2017).

### **2.8.2 Mantenimiento rutinario.**

Son las actividades diarias que se ejecutan constantemente en los diferentes tramos de una vía, conservando las propiedades que tenía luego de su construcción o rehabilitación (Miranda, 1996).

Este tipo de mantenimiento contempla las siguientes actividades (Jugo, 2005):

- Bacheos
  - o Superficiales
  - o De carpeta
  - o Profundos
- Sellado de grietas.
- Mantenimiento de los drenajes.
- Control de vegetación.
- Reparaciones para conservar los diferentes elementos de un pavimento.
- Fresado y/o texturizado localizado.



---

### **2.8.3 Mantenimiento correctivo.**

Este mantenimiento es utilizado para remediar las fallas o debilitamiento estructural de una vía, que disminuyen el nivel de servicio y significan una amenaza para los usuarios (Jugo, 2005). Mediante este mecanismo, las labores que se recomienda para pavimentos flexibles son principalmente: sello asfáltico de grietas, mantenimiento superficial y reemplazo del espesor deteriorado de la calzada, mientras que pavimentos rígidos, se realizan trabajos como: sello de grietas y corrección de juntas, perfilado de la superficie e instalación de desagües, este último con el fin de proteger las capas inferiores del pavimento (Peñaloza & Calle, 2017).

### **2.8.4 Mantenimiento periódico.**

Consiste en actividades realizadas en periodos mayores de un año, en las cuales se incluyen operaciones correctivas, con la finalidad de corregir las deficiencias que se presentan en la estructura del pavimento después que ha ocurrido un deterioro. Entre estas actividades están (Instituto del Asfalto de Guatemala, 2014):

- Tratamientos superficiales
- Recapeos
- Aplicación de señalización.
- Sello asfáltico localizado.
- Remoción por fresado.
- Capas asfálticas.
- Reciclado en frío o en caliente.



---

### **2.8.5 Mantenimiento de emergencia.**

Estas actividades son del tipo correctivas, en las cuales se efectúan todo tipo de reparaciones en una carretera, tras fuerzas mayores, un mal diseño o construcciones deficientes. Este tipo de mantenimiento considera las siguientes operaciones (Instituto del Asfalto de Guatemala, 2014):

- Remoción de derrumbes.
- Reparación de daños producidos por socavación de la carretera o por sismos.
- Reparación de puentes destruidos por crecidas.
- Actividades urgentes para garantizar la seguridad y servicio de la vía.

### **2.9 Rehabilitación de pavimentos flexibles**

La rehabilitación de pavimentos flexibles comprende procesos que conducen a un mejoramiento en la condición del pavimento, recuperando las condiciones iniciales de la vía, con la finalidad de adecuar su capacidad estructural para que resista los esfuerzos transmitidos por el tránsito, sin que existan modificaciones geométricas en la sección transversal. Entre las acciones de rehabilitación están (Garcés, 2017):

- Modificación de materiales.
- Estabilización de la calzada o de alguna de las capas granulares.
- Reconstrucción.



## 2.10 Cemento portland

El cemento Portland es un conglomerante utilizado principalmente para la elaboración de hormigón. Está compuesto por fosfato, calcio y silicio (Goma, 1979).

Se obtiene de una mezcla sometida a una temperatura aproximada de 1300 °C, de minerales finamente molidos, compuestos por arcilla y piedra caliza. El compuesto resultante denominado “clinker” se tritura finamente adicionándole de un 2% a 3% de yeso para evitar que fragüe instantáneamente.

NOMBRE	FÓRMULA	FÓRMULA DE ÓXIDOS	PORCIENTO
Silicato dicálcico	$\text{Ca}_2\text{SiO}_4$	$\text{SiO}_2 \cdot 2\text{CaO}$	32%
Silicato tricálcico	$\text{Ca}_3\text{SiO}_5$	$\text{SiO}_2 \cdot 3\text{CaO}$	40%
Aluminato tricálcico	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO}$	10%
Ferroaluminato tetra cálcico	$\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_{10}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{CaO}$	9%
Sulfato de calcio <sup>1</sup>	$\text{CaSO}_4$		2-3%

**Tabla 3.** Componentes del cemento Portland.

*Fuente:* (UNNE, 2012).

## 2.11 Estabilización de suelos con adición de cemento

La estabilización de suelos utilizando cemento es una técnica cuya finalidad es aprovechar el material proveniente de las vías, su carpeta asfáltica o las capas granulares, las cuales se mezclan con el cemento alcanzando su homogeneidad. Esto posteriormente es perfilado y compactado para el proceso de hidratación del conglomerante hidráulico, mismo que va adquiriendo resistencia y consolidación, para convertirse en un material de alta calidad para la construcción de los futuros pavimentos (García, 2019).



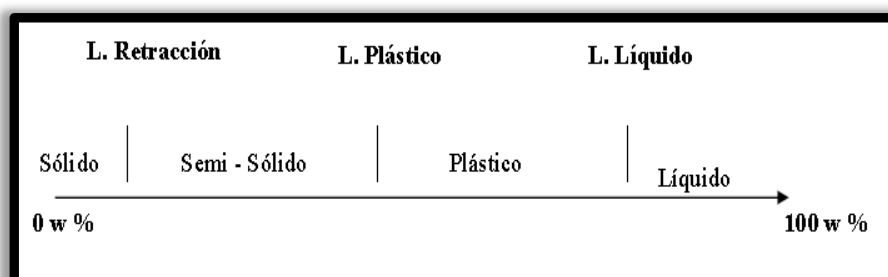
## 2.12 Ensayos de laboratorio

### 2.12.1 Granulometría.

La granulometría de un suelo está definida como la distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo y se expresa en manera de porcentaje respecto al peso total de la muestra seca (Sanchez, 2006).

### 2.12.2 Límites de Atterberg.

Son los límites del contenido de humedad que representa los cuatro estados de consistencia de un suelo fino. Los cuales son sólido, semisólido, estado plástico y estado líquido (Braja M.Das).



**Ilustración 4.** Límites de Atterberg.

*Fuente:* (Braja M.Das).

#### 2.12.2.1 Límite líquido.

Este límite se determina con la cuchara de casa grande, en la cual se coloca una porción del suelo y se usa el acanalador, para luego elevar la cuchara con la manivela y dejarla caer a una altura de 10 mm. El contenido de humedad se determina cuando la separación realizada con el acanalador desaparezca en un determinado número de golpes (Braja M.Das). En el caso



---

de las bases y subbases el límite líquido es  $< 25$  (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2013).

#### **2.12.2.2 Límite plástico.**

El límite plástico está definido como el contenido de humedad en manera de porcentaje, se determina mediante enrollar el suelo en hilos con un diámetro de 3.2 mm hasta que este se desmorona (Braja M.Das).

#### **2.12.2.3 Índice de plasticidad.**

Atterberg definió al índice de plasticidad para poder describir el rango de contenido de humedad natural sobre el cual el suelo se comporta de manera plástica. Para una base y subbase este índice debe ser menor que 6 (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2013).

#### **2.12.3 Compactación.**

La compactación es la consolidación de un suelo es un proceso en el cual se da la eliminación del aire y requiere energía mecánica, el grado de la compactación se mide en función de su peso unitario seco (Braja M.Das).

#### **2.12.4 Ensayo CBR.**

El ensayo CBR o capacidad cortante del suelo, es un ensayo que se puede realizar con suelos alterados, inalterados, compactados, saturados y no saturados con el objetivo de obtener su valor de soporte de california y en el caso de la base este valor no deberá ser menor que el 80% y de la subbase que el 30% (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2013).



---

### **2.12.5 Ensayo de abrasión.**

La abrasión es un método el cual nos ayuda a determinar el porcentaje de desgaste de los agregados de tamaños inferiores a 1 ½” y agregados gruesos mayores de ¾”. Este ensayo se lo realiza con la máquina de los ángeles (Galindo, 2015), en el caso de las bases este valor tiene que ser máximo el 40 % y en las subbases máximo el 50% (Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador, 2013).

### **2.13 Análisis de costos**

El análisis de costos es un proceso el cual nos permite identificar los recursos necesarios para llevar acabo la labor de un producto o proyecto y determina la calidad y cantidad de recursos necesarios (Oliveras).



---

## CAPITULO 3

### RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN Y MUESTREO

#### 3.1 Proyectos de mantenimiento vial del cantón Cuenca

Según información proporcionada por el GAD Municipal del cantón Cuenca, se desarrollan constantemente proyectos viales del tipo preventivo con ejecución de mantenimientos rutinarios, y correctivo con mantenimientos periódicos, así como también actividades de mejoramiento, reconstrucción y rehabilitación. Esto con la finalidad de adoptar el sistema de conservación de la red vial que ha cumplido con su vida útil, y ejercer su liderazgo y compromiso para garantizar el flujo permanente del tránsito vehicular, su seguridad y comodidad en la circulación vial, realizando con efectividad el mantenimiento de las calzadas en estado crítico, atendiendo oportunamente las necesidades prioritarias de las comunidades y utilizando eficientemente los recursos existentes.

Además, en el marco de promover el desarrollo de la infraestructura vial, el propósito de estos proyectos es resguardar las inversiones efectuadas en la construcción, mediante el mejoramiento, la rehabilitación, y el mantenimiento de las vías existentes de la red vial que se encuentran bajo la competencia del GAD Municipal del cantón Cuenca, para promover la conectividad entre las zonas de influencia de las vías renovadas.

##### 3.1.1 Características de las necesidades de conservación vial.

Según el análisis de la información recolectada por el Gobierno Provincial del Azuay para su plan de infraestructura vial del año 2017, se evidencia que hasta ese momento existían 384 puntos críticos en el sistema vial rural de la provincia, siendo el cantón Cuenca aquel con



mayores puntos críticos, 170 en total, de los cuales 101 (59.41%) son por falta de mantenimiento.

Ante ello, se determinó la longitud y el tipo de actividades que se debían realizar a fin de evitar el deterioro físico de las vías de cada cantón, resultando nuevamente el cantón Cuenca aquel con mayor necesidad de conservación vial, principalmente con la intervención de actividades de mantenimiento rutinario en 1414.63 km de vía, seguido de 174.04 km de rehabilitación, mejoramiento en 31.62 km y 0.78 km de reconstrucción (GPA, 2017).

CANTÓN	NECESIDAD DE CONSERVACIÓN VIAL				
	Mantenimiento periódico	Mantenimiento rutinario	Mejoramiento	Reconstrucción	Rehabilitación
Camilo Ponce E.		87.21			2.24
Chordeleg		93.18			17.32
<b>Cuenca</b>		<b>1,414.63</b>	<b>31.62</b>	<b>0.78</b>	<b>174.04</b>
El Pan		66.87			10.55
Girón	19.5	155.19	7.69		35.18
Guachapala		50.94			
Gualaceo		357.3			45.25
Nabón		437.85			54.41
Oña		117.26			16.18
Paute		355.05			73.7
Pucará		283.33			1.02
San Fernando		87.85			57.14
Santa Isabel	10.74	395.66	2.57		39.46
Sevilla de Oro		45.26			7.39
Sigsig		383.77			117.36
<b>TOTAL</b>	<b>30.25</b>	<b>4,331.35</b>	<b>41.88</b>	<b>0.78</b>	<b>651.24</b>

**Tabla 4.** Necesidades de conservación vial (Km) según el cantón.

*Fuente:* (CONGOPE, 2017).

### 3.1.2 Determinación del tipo de falla y mantenimiento de un pavimento.

Para determinar el tipo de falla que presenta un pavimento y su posterior intervención, el GAD Municipal de Cuenca realiza sus labores mediante simple inspección visual, basándose en el procedimiento PCI (Índice de Condición del Pavimento) como herramienta para decidir el tipo de mantenimiento a realizar en los pavimentos flexibles.



### 3.1.2.1 Metodología PCI (*Pavement Condition Index*).

El PCI es el sistema más completo y ampliamente utilizado para la evaluación de pavimentos rígidos y flexibles, debido a su fácil implementación ya que no requiere de dispositivos especializados.

Este método introduce “valores deducidos”, con el objetivo de revelar el grado de afectación de un pavimento, producido por las cargas del tráfico o el clima de acuerdo a un inventario visual en donde se especifica la clase, severidad y cantidad de cada daño. Esta metodología se implementó para adquirir un índice de las condiciones estructurales y operacionales de la superficie de un pavimento.

El PCI es una calificación numérica que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en excelentes condiciones (Vásquez, 2002).

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

**Tabla 5.** Rangos de calificación del PCI.

*Fuente:* (Vásquez, 2002).

La evaluación del estado del pavimento mediante la técnica PCI, comprende los siguientes puntos (Vásquez, 2002):

**a) Equipo.**

- Odómetro o cinta métrica para medir las magnitudes de daños mayores.



- Flexómetro para medir las longitudes de las fallas menores.
- Regla metálica para determinar las profundidades de las depresiones.
- Formatos de evaluación de condición del pavimento.
- Cámara fotográfica para guardar un registro visual de las secciones en estudio.

**b) Procedimiento.**

**Trabajo de campo:** Se identifican y registran en los formatos adecuados los daños de acuerdo a la clase, severidad y cantidad de estos.

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO			ESQUEMA			
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m <sup>2</sup> )				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
INSPECCIONADA POR	FECHA	<input type="text"/>				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
No.	Daño	No.	Daño			
1	Piel de cocodrilo.	11	Parqueo.			
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.			
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.			
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.			
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.			
6	Depresión.	16	Desplazamiento.			
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)			
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.			
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.			
10	Grietas long y transversal.					
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido

**Tabla 6.** Formato de evaluación de condición del pavimento con superficie asfáltica.

*Fuente:* (Vásquez, 2002).

**Unidades de muestreo:** Se divide la vía en secciones, cuyas dimensiones varían según el tipo de vía y la capa de rodadura. Para vías con superficie de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m, el área de la sección o unidad de muestreo debe estar entre 230 ± 93 m<sup>2</sup>.



Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

**Tabla 7.** Longitudes de unidades de muestreo asfálticas.

*Fuente:* (Vásquez, 2002).

**Determinación de las unidades de muestreo para la evaluación:** En la evaluación de un proyecto es necesario inspeccionar todas las unidades de muestreo, caso contrario, se evaluará el número mínimo de unidades de muestreo mediante la siguiente ecuación (Ec.1), que da como resultado un  $PCI \pm 5$  del promedio real con un 95% de confiabilidad:

$$n = \frac{N x \sigma^2}{\frac{e^2}{4} x (N - 1) + \sigma^2} \qquad \text{Ec. 1 (Vásquez, 2002)}$$

Donde:

*n*: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

*N*: Total de unidades de muestreo en la sección de la vía.

*e*: Error admisible en el resultado del PCI ( $e=5\%$ ).

*σ*: Desviación estándar del PCI.

Para pavimentos flexibles se debe asumir una desviación estándar de 10 durante la inspección inicial. Además, cuando  $n < 5$  se deberán considerar todas las unidades de muestreo.

**Selección de las unidades de muestreo para la inspección:** Las unidades de muestreo deben ser elegidas de tal manera que se encuentren igualmente distanciadas en toda la longitud



de la vía, en donde la primera debe ser elegida al azar. La ecuación que se muestra a continuación expresa el intervalo de muestreo:

$$i = \frac{N}{n} \quad \text{Ec. 2 (Vásquez, 2002)}$$

Donde:

*i*: Intervalo de muestreo, redondeado a su entero inferior.

*N*: Total de unidades de muestreo disponible.

*n*: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

La unidad de muestreo inicial tomada al azar, debe estar dentro del intervalo de muestreo y, las unidades de muestreo que se evaluarán se deben identificar como (S), (S+1), (S+2), etc.

**Selección de unidades de muestreo adicionales:** Se debe incluir en la inspección toda unidad de muestreo inusual, como por ejemplo una sección en muy mal estado, con la finalidad de evitar la extrapolación de las condiciones inusuales en la sección evaluada durante el cálculo del PCI.

### c) Cálculo del PCI de las unidades de muestreo.

El cálculo puede ser manual o computarizado, basado en los “valores deducidos” según la severidad y cantidad de cada daño.

**Etapas 1:** Cálculo de los valores deducidos:

- Totalice el tipo y nivel de severidad de cada daño. Este puede expresarse en área, longitud o por número según el tipo.



- Determine la densidad del daño en porcentaje, dividiendo la cantidad de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, para el área total de la sección en estudio.
- Determine el valor deducido para cada daño y su grado de severidad utilizando las gráficas del “valor deducido del daño”, adjuntadas en el Manual de Daños (Vásquez, 2002).

**Etapa 2:** Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos ( $m$ ).

- Si ninguno o al menos uno de los “valores deducidos” es mayor que 2, se opta por el “valor deducido total” en lugar del mayor “valor deducido corregido” (CDV), caso contrario, se deben seguir los dos siguientes pasos.
- Liste de mayor a menor los valores deducidos individuales.
- Determine el “Número máximo admisible de valores deducidos” ( $m$ ), mediante la siguiente ecuación:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i) \quad \text{Ec. 3 (Vásquez, 2002)}$$

Donde:

$m_i$ : Número máximo admisible de valores deducidos, para la unidad de muestreo  $i$ .

$HDV_i$ : Máximo valor deducido individual para la unidad de muestreo  $i$ .

- Los valores individuales deducidos se reducen a  $m$ . En caso de disponer de menos valores deducidos que  $m$ , se usan todos los que se posean.

**Etapa 3:** Cálculo del “máximo valor deducido corregido” (CDV).



- Determine la cantidad de valores deducidos  $q$ , mayores que 2.
- Determine el “valor deducido total” sumando todos los valores deducidos individuales.
- Determine el CDV con  $q$  y el “valor deducido total” en la curva de corrección correspondiente al tipo de pavimento flexible.
- Reduzca a 2 el menor de los valores deducidos individuales mayor que 2 y realice un proceso iterativo con los tres primeros pasos hasta que  $q$  sea igual a 1.
- El máximo CDV es el mayor obtenido en el proceso anterior.

No.	Valores Deducidos										Total	$q$	CDV
1													
2													
3													

**Tabla 8.** Formato para las iteraciones en el cálculo del CDV.

*Fuente:* (Vásquez, 2002).

**Etapa 4:** Cálculo del PCI

- Calcule el PCI restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa anterior.

**d) Cálculo del PCI de una sección de pavimento.**

Una sección de un pavimento está conformada por diversas unidades de muestreo. Si todas estas son clasificadas, el PCI de la sección en estudio deberá ser el promedio de los PCI determinados en las unidades de muestreo.

Si la elección de todas las unidades de muestreo para la evaluación se realizó mediante la técnica aleatoria sistemática o basándose en la representatividad de la sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo evaluadas. Pero, en caso de haberse usado



unidades de muestreo adicionales, el PCI se determina a través de un promedio ponderado con la siguiente ecuación:

$$PCI_S = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N} \quad \text{Ec. 4 (Vásquez, 2002)}$$

Donde:

**PCIS:** PCI de la sección del pavimento.

**PCI<sub>R</sub>:** Promedio de los PCI de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

**PCI<sub>A</sub>:** Promedio de los PCI de las unidades de muestreo adicionales.

**N:** Total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

**A:** Número adicional de unidades de muestreo evaluadas.

### 3.1.2.2 *Lineamientos del GAD Municipal de Cuenca.*

Según el reglamento del GAD Municipal del cantón Cuenca en el marco de los proyectos viales, cuando la afectación de un pavimento es menor al 40% se realiza un bacheo menor o mayor de acuerdo a la clase de daño, ya sea: piel de cocodrilo, ahuellamientos, depresiones, baches, u otros. Mientras que, cuando la falla es mayor al 40% del área total del pavimento, se realiza un recapeo asfáltico de toda la vía.

Asimismo, de acuerdo a la longitud de pavimentos flexibles en la zona urbana del cantón Cuenca, que aproximadamente es 250 km, esta institución tiene una meta anual de  $\pm 60$  km y 45000 m<sup>2</sup> de conservación vial mediante diversos tipos de mantenimiento.



CONSERVACIÓN VIAL 2019				
Mes	Avance Parcial		Avance Acumulado	
	km	m2	km	m2
Enero	5,025	5389,73	5,025	5389,73
Febrero	1,93	4916,05	6,955	10305,78
Marzo	2,605	1572,60	9,56	11878,38
Abril	0,82	927,29	10,38	12805,67
Mayo	0,735	1674,94	11,115	14480,61
Junio	6,00	2260,16	17,115	16740,77
Julio	3,31	2218,50	20,425	18959,27
Agosto	4,96	5730,65	25,385	24689,92
Septiembre	1,87	6363,21	27,255	31053,13
Octubre	3,19	6438,86	30,445	37491,99
Noviembre	5,05	6153,99	35,495	43645,98
Diciembre	3,26	6139,75	38,755	49785,73
<b>META</b>			60,00	45000,00

**Tabla 9.** Inventario de la conservación vial ejecutada en el año 2019.

*Fuente: Propia del autor, con información de: (GAD Municipal Cuenca, s.f.).*

En función de los datos expuestos, el GAD Municipal del cantón Cuenca realiza regularmente la conservación vial mediante actividades de mantenimiento rutinario, lo que contempla tratamientos superficiales como bacheo y recapeo a nivel de pavimentos flexibles. Dependiendo de la magnitud y frecuencia de deterioro físico de los pavimentos, estos trabajos de sustento son efectuados con minicargadora o fresadora, los cuales son mecanismos que se encargan de la remoción por fresado de la carpeta asfáltica afectada, de donde se obtiene el hormigón asfáltico reciclado que se plantea analizar en la presente investigación.

### 3.1.2.3 *Fresado de carpeta asfáltica con minicargadora.*

Este trabajo consiste en la extracción de una porción de pavimento por medio del fresado en frío, en función de los alineamientos y dimensiones especificadas en los pliegos del proyecto y las especificaciones del personal de residencia o fiscalización.



El equipo para el desarrollo de esta labor tendrá que ser una máquina minicargadora equipada con el aditamento para fresar con un estado, potencia y capacidad adecuada que garantice la adecuada ejecución del plan de trabajo.

El fresado se deberá realizar en el área que indique el residente o fiscalizador, a una temperatura ambiente y sin la utilización de solventes u otros productos que funcionen como ablandadores, los cuales pueden perjudicar a la granulometría de los agregados y las propiedades del asfalto adyacente. El fresado se podrá efectuar en varias capas, hasta que se alcance el espesor especificado en los documentos, obteniendo como resultado una superficie nivelada y sin fracturas (GAD Municipal Cuenca, s.f.).

#### ***3.1.2.4 Fresado de carpeta asfáltica con fresadora.***

El objetivo de esta tarea es obtener un nuevo perfil longitudinal y transversal de un pavimento flexible, a través del fresado en frío según las especificaciones y dimensiones definidas para el proyecto.

El equipo requerido para el desarrollo de esta labor será una máquina fresadora, la cual con su estado, potencia y capacidad garantice la adecuada realización del plan de trabajo.

Antes de que se realicen las operaciones de fresado, la superficie de pavimento debe estar limpia, por lo cual, el constructor debe realizar el barrido y/o soplado que se necesiten para cumplir con esta tarea.

De igual manera, el fresado se realizará sobre el área que apruebe el personal de residencia o fiscalización, a una temperatura ambiente y sin adicionar solventes u otros productos los cuales puedan afectar la granulometría de los agregados o las propiedades del asfalto adyacente.



El material que se extraiga debe transportarse y acopiarse en los lugares establecidos en las especificaciones del proyecto o donde establezca el residente o fiscalizador.

Cuando se manipule el material del fresado, se deberá evitar la contaminación con suelos u otros materiales desconocidos (GAD Municipal Cuenca, s.f.).

### **3.1.2.5 Consideraciones en el fresado de carpeta asfáltica.**

En los lugares inaccesibles donde el equipo de fresado no pueda ingresar, el pavimento tendrá que removerse utilizando otros métodos que permitan obtener una superficie adecuada.

Si por alguna razón durante una jornada de trabajo no se logra terminar con el fresado en toda la sección de la calzada, los bordes verticales, en sentido longitudinal, que tengan una altura superior a los cinco centímetros, deberán ser suavizados de tal forma que no represente una amenaza para el tránsito vehicular. Esto también debe considerarse en los bordes transversales que quedan al final de cada jornada.

Cualquier método que utilice el Constructor, las actividades de fresado no deberán provocar daños en estructuras, plantas y objetos, cercanos a la zona de trabajo de los equipos y, por lo tanto, se deberán tomar las precauciones necesarias, siendo responsabilidad de este todos los daños y perjuicios que se ocasionen en estos elementos durante la ejecución del proyecto (GAD Municipal Cuenca, s.f.).

## **3.2 Selección de las muestras**

Las muestras seleccionadas para la investigación derivan de los proyectos de mantenimiento vial realizados en el cantón Cuenca, más específicamente de las actividades de bacheo y recapeo de pavimentos flexibles, las cuales para su ejecución requieren el fresado de



la superficie o capa de rodadura asfáltica existente. Estas actividades al desarrollarse mediante diferentes mecanismos de fresado con minicargadora y fresadora, se ha optado por tomar cinco y tres muestras respectivamente.

### 3.3 Muestreo del hormigón asfáltico reciclado

Debido a la gran expansión territorial del cantón Cuenca, se ha realizado un muestreo probabilístico para la obtención del hormigón asfáltico reciclado, puesto que todas las obras de mantenimiento vial dentro de la localidad tienen la misma posibilidad de ser elegidas para formar parte de la muestra. Este método de muestreo asegura la representatividad de la muestra extraída, siendo el más recomendable.

Ante esta situación, el muestreo de los 5 y 3 ejemplares con minicargadora y fresadora respectivamente, se realizó según lo establecido en los cronogramas de actividades en los que se guían los departamentos encargados del mantenimiento vial del GAD Municipal de Cuenca, quedando definido de la siguiente manera el tipo de muestra y la ubicación de la obra:

- **Muestra 1:** Fresado con minicargadora – Calle Roberto Crespo Toral.
- **Muestra 2:** Fresado con minicargadora – Calle La Toreadora.
- **Muestra 3:** Fresado con minicargadora – Av. Paseo de los Cañaris y Altar Urcu.
- **Muestra 4:** Fresado con minicargadora – Calle San Pablo del Lago.
- **Muestra 5:** Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.
- **Muestra 6:** Fresado con fresadora – Av. Paseo de los Cañaris y Yanahurco.
- **Muestra 7:** Fresado con fresadora – Av. González Suárez.
- **Muestra 8:** Fresado con fresadora – Av. 27 de Febrero y Arturo Valencia.



---

## CAPITULO 4

### ENSAYOS DE LABORATORIO

#### 4.1 Hormigón asfáltico reciclado

##### 4.1.1 Granulometría.

Para encontrar la distribución del tamaño de las partículas de un agregado, en este caso del hormigón asfáltico procedente de proyectos de recapeo, es necesario seguir el procedimiento que indica la normativa ASTM C 702, mediante un análisis de tamices, los cuales cuentan con una abertura predeterminada y nos permite conocer el peso retenido del material en cada uno de estos. En la presente investigación se realizaron un total de 5 granulometrías de hormigón asfáltico reciclado procedente del fresado con minicargadora y 3 con fresadora. A continuación, se presenta el procedimiento de los ensayos de granulometría que se realizaron en laboratorio.

- Colocar el material a ser ensayado en una bandeja metálica grande.
- Mediante la utilización de una pala se procede a mezclar bien el material, después se aplica el método del cuarteo, el cual consiste en dividir en cuatro partes la muestra obteniendo como resultado cuatro rectángulos de los cuales se eliminan los dos opuestos, este proceso es iterativo hasta tener una muestra de 8000 gramos.



**Ilustración 5.** Cuarteo de la muestra previamente mezclada.

*Fuente: Los Autores.*



**Ilustración 6.** Toma de 8000 gr. de material para el ensayo de granulometría.

*Fuente: Los Autores.*

- Una vez obtenida la muestra de 8000 gramos, primero se realiza la granulometría de los agregados gruesos y se procede a colocar el material durante un periodo de cinco minutos en la tamizadora, la cual debe tener los tamices en el siguiente orden 3'', 2½'', 2'', 1½'', 1'', ¾'', ½'', 3/8'', N° 4 y fondo.
- Finalizados los 5 minutos del material en la tamizadora se procede a pesar el agregado retenido en cada uno de los tamices mencionados anteriormente.



**Ilustración 7.** Máquina de tamizado de agregados gruesos.

*Fuente: Los Autores.*

- Para realizar la granulometría de los finos se toma 1000 gramos del fondo, y se pesan dos muestras para determinar la humedad.
- Obtenido los 1000 gramos se lava el material hasta que el agua utilizada para el lavado quede totalmente clara.



**Ilustración 8.** Lavado del material para el ensayo de granulometría de agregados finos.

*Fuente: Los Autores.*

- El material lavado y las dos muestras deben ser colocadas en el horno durante un periodo mínimo de 24 horas.

- Una vez secas las muestras y el material lavado se procede a pesar, se coloca el material lavado y seco en la tamizadora para agregados finos durante un periodo de 5 minutos. Los tamices deben encontrarse en el siguiente orden 10, 40, 200 y fondo.



**Ilustración 9.** Tamizado de agregados finos.

*Fuente: Los Autores.*

- Finalizado el periodo de tiempo se procede a pesar el material retenido en cada uno de los tamices.
- Por último, con ayuda de los formatos suministrados por el laboratorista, se procede a realizar los cálculos para determinar el porcentaje de humedad, peso retenido acumulado, porcentaje retenido, el porcentaje que pasa (para el porcentaje que pasa de la parte fina es necesario realizar el método de la liga) y la gráfica de la distribución granulométrica del agregado.

#### **4.1.2 Porcentaje de humedad.**

El porcentaje de humedad no es más que la relación del peso del agua contenida en una muestra de suelo en estado normal y el peso de la misma muestra secada al horno durante un periodo de 24 horas, a una temperatura que fluctúa entre los 105° -110°C. Para la elaboración de este ensayo se debe seguir con el proceso descrito en la normativa ASTM D 2216. El

porcentaje de humedad es uno de los parámetros más importantes a determinar en un suelo debido a que nos permite conocer la cohesión, cambios de volumen, etc. (Lucio, 2010). Para el cálculo del porcentaje de humedad se utiliza la siguiente formula:

$$\%W = \frac{Phr - Psr}{Psr - r} * 100$$

Donde:

***Phr***: Peso del hormigón asfáltico reciclado húmedo + recipiente.

***Psr***: Peso del hormigón asfáltico reciclado seco + recipiente.

***r***: Peso del recipiente.

Para ello se utilizan dos recipientes, en los cuales se toman dos muestras del material pasante el tamiz N° 4 y posteriormente se dejan secar en el horno durante el tiempo establecido. Una vez realizados los cálculos con cada recipiente, el promedio de los dos datos obtenidos resulta el porcentaje de humedad final.

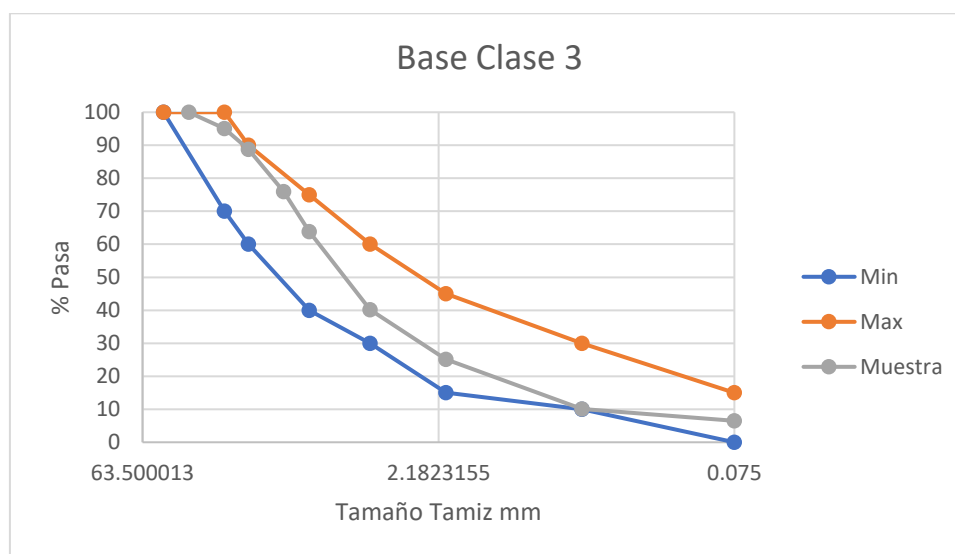


**Ilustración 10.** Toma de muestras para la determinación del porcentaje de humedad.

*Fuente: Los Autores.*

### 4.1.3 Clasificación granulométrica del material.

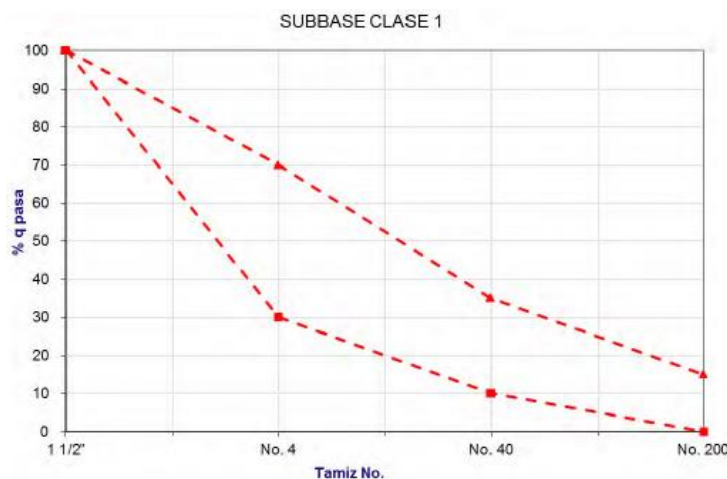
Para clasificar el hormigón asfáltico reciclado, como una base o subbase es necesario realizar su faja granulométrica. Esta faja granulométrica debe estar dentro de una de las fajas de base o subbase que son expuestas por la NEVI-12. Para graficar dichas fajas se hace uso de los datos resultantes del ensayo de granulometría, junto a lo cual es necesario utilizar una hoja semilogarítmica, donde en las ordenadas deben estar el porcentaje de material pasante y en las abscisas el tamaño de los tamices en escala logarítmica (Anexo 2). En la siguiente ilustración se muestra un ejemplo de clasificación del hormigón asfáltico reciclado mediante las fajas granulométricas, lo que muestra que este material se encuentra dentro de los límites de una base clase 3.



**Ilustración 11.** Clasificación del hormigón asfáltico reciclado - Base clase 3.

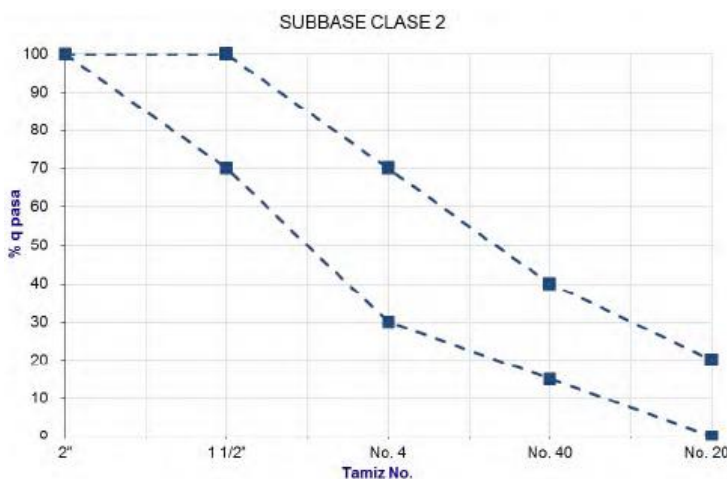
*Fuente: Los Autores.*

A continuación, se muestran las fajas granulométricas expuestas en la NEVI-12, las cuales también pueden ser graficadas con las granulometrías expuestas en la misma norma que son las que se muestran en los numerales 2.4 y 2.5.



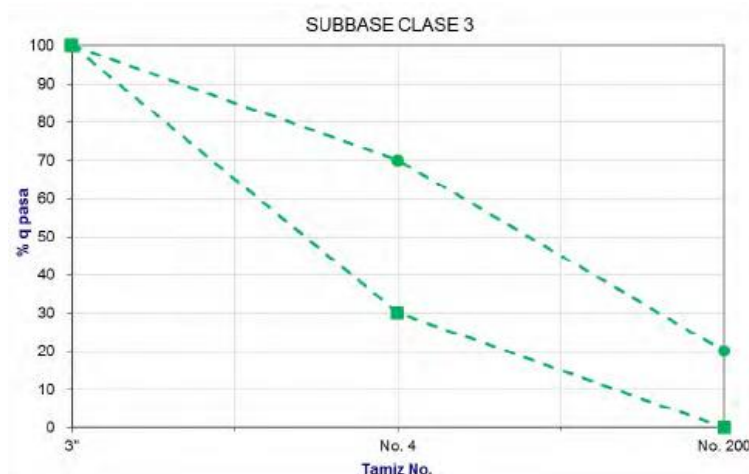
**Ilustración 12.** Subbase Clase 1.

*Fuente:* (Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador, 2013).



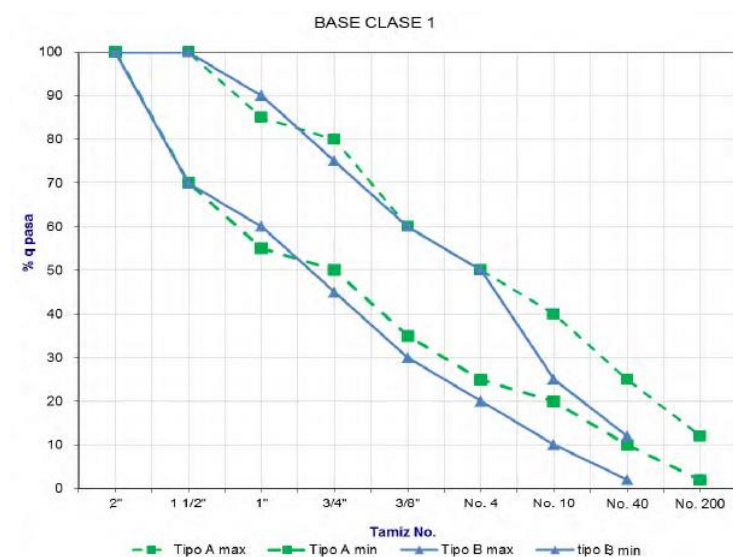
**Ilustración 13.** Subbase Clase 2.

*Fuente:* (Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador, 2013).



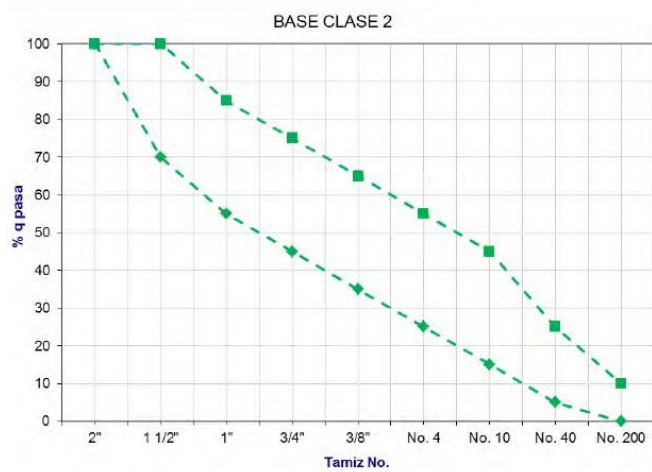
**Ilustración 14.** Subbase Clase 3.

*Fuente:* (Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador, 2013).



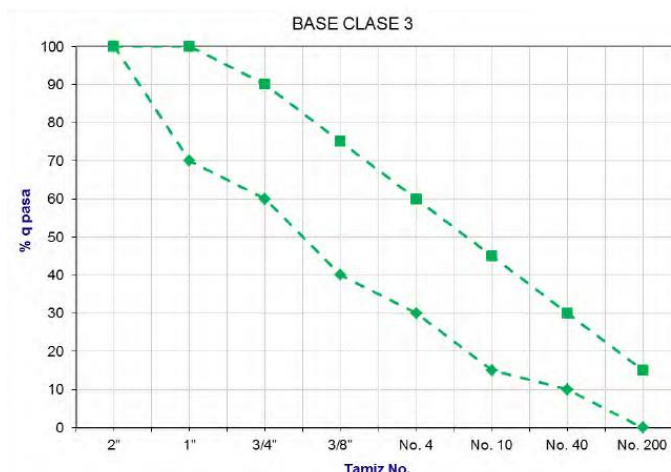
**Ilustración 15.** Base clase 1 tipo A y B.

*Fuente:* (Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador, 2013).



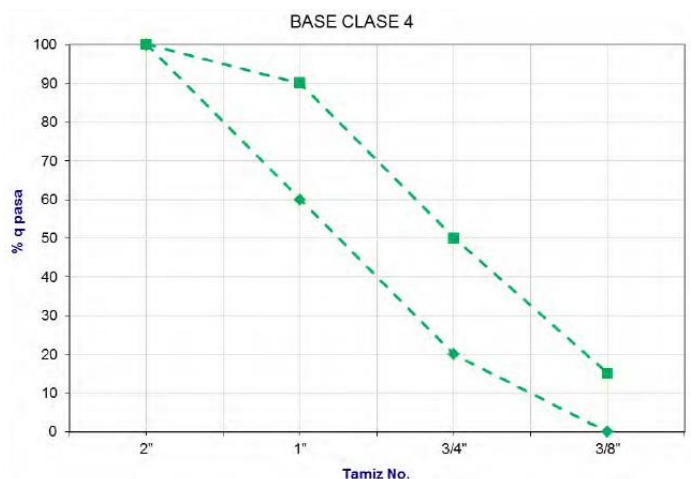
**Ilustración 16.** Base clase 2.

*Fuente:* (Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador, 2013).



**Ilustración 17.** Base clase 3.

*Fuente:* (Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador, 2013).



**Ilustración 18.** Base clase 4.

*Fuente:* (Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador, 2013).

Debido a que la clasificación granulométrica de las 8 muestras recolectadas de hormigón asfáltico reciclado corresponde al mismo tipo y clase de material, se han seleccionado 6 de ellas para los ensayos de compactación y CBR, cuyos procedimientos se describen más adelante. Las muestras elegidas son las siguientes:

- **Muestra 1:** Fresado con minicargadora – Calle Roberto Crespo Toral.
- **Muestra 2:** Fresado con minicargadora – Calle La Toreadora.
- **Muestra 3:** Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.
- **Muestra 4:** Fresado con fresadora – Av. Paseo de los Cañaris y Yanahurco.
- **Muestra 5:** Fresado con fresadora – Av. González Suárez.
- **Muestra 6:** Fresado con fresadora – Av. 27 de Febrero y Arturo Valencia.

#### 4.1.4 Peso específico.

El peso específico del hormigón asfáltico reciclado se determinó tanto para los agregados gruesos como para los finos, utilizando los procesos descritos en las normativas INV E-222 e INV E -223 que se detallan a continuación:

##### 4.1.4.1 *Peso específico del agregado grueso.*

- Los materiales necesarios para este ensayo son: picnómetro, horno, pipeta, balanza, tamices  $\frac{3}{4}$ " y N°4, y agua.
- El primer paso a realizar para este ensayo es tamizar la muestra por los tamices definidos, todo el material que pase el tamiz  $\frac{3}{4}$ " y quede retenido en el N°4 será el agregado grueso a utilizar.
- El material grueso debe ser lavado y sumergido en agua para que se sature durante un periodo aproximado de 24 horas.



**Ilustración 19.** Agregado grueso de H°.A. reciclado en proceso de saturación.

*Fuente: Los Autores.*

- Cuando ya se haya cumplido el tiempo se retira el agregado grueso del agua y con una toalla húmeda se procede a secarlos superficialmente.



**Ilustración 20.** Secado superficialmente del agregado grueso.

*Fuente: Los Autores.*

- Posteriormente, antes de comenzar el ensayo, se debe pesar el picnómetro vacío.
- Después, se coloca el material grueso limpio y secado superficialmente en el picnómetro hasta que ocupe 1/3 de su capacidad, luego esto se deberá pesar.



**Ilustración 21.** Pesaje del material que va ser ensayado.

*Fuente: Los Autores.*

- Cuando ya se tenga el picnómetro con el material, este se lo llenará de agua y se dejará que el chorro proveniente del grifo este golpeando el recipiente lleno de líquido durante un periodo de 5 minutos para eliminar las burbujas o espacios vacíos.

- Cumplido este lapso de tiempo se cierra la llave y con un vidrio se procede a enrazar la superficie del molde sin dejar ninguna burbuja, para lo cual es necesario utilizar la pipeta e ir llenando las burbujas de aire con agua.



**Ilustración 22.** Enraizado del molde que contiene material y agua, con ayuda de un vidrio.

*Fuente: Los Autores.*

- Una vez que se haya puesto el vidrio sobre el picnómetro y no quede ninguna burbuja se procede a pesar.
- Culminada esta labor se realiza el mismo proceso para obtener el peso únicamente del picnómetro y el agua, es decir, sin material adentro.
- Finalmente, para calcular el peso específico del agregado grueso del hormigón asfáltico reciclado, se utiliza la siguiente formula:

$$\gamma_{gruesos} = \frac{A}{A - (B - C)}$$

Donde:

$\gamma_{gruesos}$ : Peso específico superficialmente seco del agregado grueso del hormigón asfáltico reciclado.

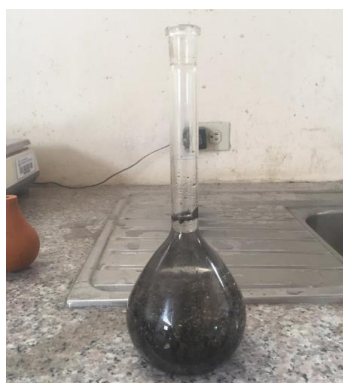
**A:** Peso del agregado grueso del hormigón asfáltico reciclado, superficialmente seco y saturado.

**B:** Peso del picnómetro + agua + agregado grueso del hormigón asfáltico reciclado.

**C:** Peso del picnómetro + agua.

#### **4.1.4.2** *Peso específico del agregado fino.*

- Los materiales necesarios para este ensayo son: picnómetro, horno, pipeta, balanza, embudo, cocineta, olla, tamiz N°4 y agua.
- El primer paso a realizar para este ensayo es tamizar la muestra por el tamiz N° 4, todo el material que pasa este tamiz será el agregado fino a utilizar.
- Una vez que se haya obtenido el material fino se pesa el picnómetro, y se coloca el material con la ayuda de un embudo dentro del picnómetro hasta ocupar la mitad de la parte esférica. Después se procede a llenarlo de agua hasta antes de la marca que tiene en el cuello el picnómetro.



**Ilustración 23.** Picnómetro con el material a ser ensayado y agua.

*Fuente: Los Autores.*

- Cuando ya esté listo el picnómetro con el agua, se procede en una cocineta y con una olla llena de agua a realiza una especie de baño maría, proceso que debe durar unos 15

minutos aproximadamente hasta eliminar las burbujas girando el picnómetro para un solo lado dentro de la olla con agua. Una vez que se haya cumplido el tiempo, se vierte el agua de la olla dentro del picnómetro hasta que sobrepase la marca en el cuello de este instrumento.



**Ilustración 24.** Baño maría para la eliminación de contenido de aire.

*Fuente: Los Autores.*

- Una vez colocada el agua se lo deja reposar durante un periodo de 24 horas, después se debe agregar la cantidad de agua hasta la marca del picnómetro y se procede a pesar.
- Luego, todo el contenido dentro del picnómetro se vierte en una bandeja y se lo deja a secar en el horno durante un periodo de 24 horas y se pesa.



**Ilustración 25.** Pesaje del material escurrido previo a la colocación en el horno.

*Fuente: Los Autores.*



- Finalmente, para calcular el peso específico del agregado fino se emplea la siguiente formula:

$$\gamma_{finos} = \frac{D}{D - (B - C)}$$

Donde:

$\gamma_{finos}$ : Peso específico aparente del agregado fino del hormigón asfáltico reciclado.

$D$ : Peso seco del agregado fino del hormigón asfáltico reciclado.

$B$ : Peso del picnómetro + agua + agregado fino del hormigón asfáltico reciclado.

$C$ : Peso del picnómetro + agua.

#### **4.1.4.3 *Peso específico del hormigón asfáltico reciclado.***

Por recomendación del personal encargado del laboratorio de suelos, el peso específico general del hormigón asfáltico reciclado se ha determinado mediante el promedio entre el peso específico del agregado grueso y el peso específico del agregado fino, para lo cual se usa la siguiente expresión:

$$\gamma_{H^{\circ}A} = \frac{\gamma_{gruesos} + \gamma_{finos}}{2}$$

Donde:

$\gamma_{H^{\circ}A}$ : Peso específico del hormigón asfáltico reciclado.

$\gamma_{gruesos}$ : Peso específico superficialmente seco del agregado grueso del hormigón asfáltico reciclado.

*γ<sub>finos</sub>*: Peso específico aparente del agregado fino del hormigón asfáltico reciclado.

#### **4.1.5 Límites de Atterberg.**

Para obtener el rango de humedad en el cual un suelo se comporta de manera plástica, es decir el índice de plasticidad, es necesario encontrar el límite líquido y límite plástico. A continuación, se detalla el proceso que se utiliza en el laboratorio para encontrar estos límites en base a la normativa ASTM D 4318.

##### **4.1.5.1 Límite líquido.**

- El primer paso para realizar este ensayo es utilizar únicamente el material que pasa por la malla N° 40 (ASTM D4318, 2005).
- Una vez tamizado el material se lo coloca en un recipiente en el cual se agrega agua y se mezcla hasta obtener una pasta fluida con una humedad superior al límite líquido, se debe dejar al material en estado de saturación durante un periodo de 24 horas.



**Ilustración 26.** Material pasante de la malla N°40 saturado.

*Fuente: Los Autores.*

- Cuando se haya culminado el periodo de tiempo establecido se procede a mezclar el material y se coloca una porción de este en la cuchara de casa grande, en donde con una

espátula se esparce el material hasta obtener una superficie completamente lisa de 10 mm de altura en el punto de mayor espesor (BARRETO, 2017).



**Ilustración 27.** Colocación del material en la cuchara de casa grande.

*Fuente: Los Autores.*

- Mediante la utilización de un acanalador se procede a realizar un surco en el centro de la cuchara grande de la muestra ya esparcida dividiéndola a esta en dos.



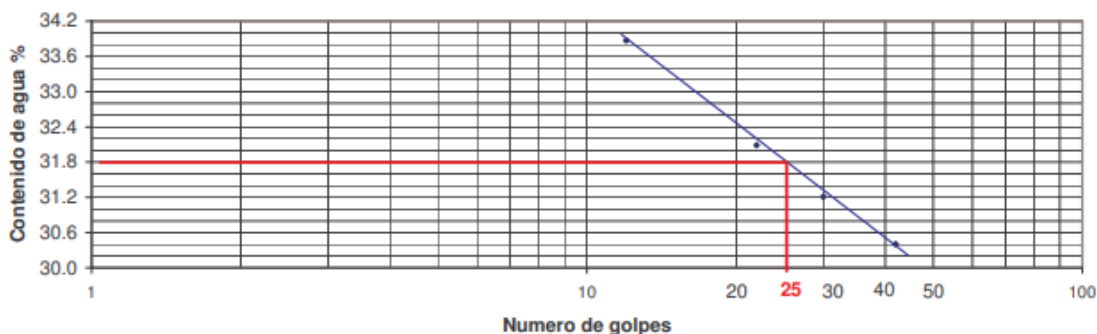
**Ilustración 28.** Surco en el centro de la porción de material previo al ensayo.

*Fuente: Los Autores.*

- Cuando se haya dividido ya la muestra se procede a utilizar la cuchara de casa grande, la cual girando la palanca deja caer la cuchara de bronce sobre la base a una altura de 10 mm, el número de golpes debe ser de 2 por segundo aproximadamente (BARRETO, 2017), este proceso se realiza hasta que el surco se cierre entre 32-40, 25-32, 20-25, 15-20 y 8-12 golpes.



- 
- Una vez el surco se haya cerrado entre los rangos anteriormente mencionados, con la espátula se procede a dividir la muestra en la parte que se cerró el surco y se coloca en un recipiente, después se deja en el horno durante un periodo de 24 horas para obtener el porcentaje de humedad del material.
  - Una vez realizado todo este proceso ya es posible realizar los cálculos correspondientes. Como recomendación es importante saber que a mayor contenido de agua que se agregue a la muestra el surco se cerrara en un menor número de golpes.
  - Para poder realizar la curva de fluidez es necesario encontrar el porcentaje de humedad del suelo de las 5 muestras, en los números de golpes indicados anteriormente. Para ello se utilizará la formula indicada en el numeral 4.1.2.
  - Para elaborar la curva de fluidez es necesario utilizar un gráfico semilogarítmico, en el cual se exprese la relación entre el porcentaje de humedad como ordenada en una escala normal y el número de golpes como abscisa en una escala logarítmica. Posterior a dibujar los puntos se traza una recta que atraviese como mínimo 3 puntos o más de la gráfica.
  - Finalmente, para determinar el límite liquido se debe tomar el porcentaje de humedad que interseque la curva de flujo con la ordenada de 25 golpes. Vale recalcar que el límite liquido se debe expresar en números enteros. A continuación, se muestra una gráfica del proceso de la curva de fluidez (ASTM D4318, 2005).



**Ilustración 29.** Curva de fluidez.

*Fuente:* (Nuñera, 2017)

#### 4.1.5.2 *Limite plástico.*

- Para la elaboración de este ensayo, también es necesario utilizar el material pasante del tamiz N° 40 (ASTM D4318, 2005).
- Una vez obtenido el material se adiciona agua y se mezcla, hasta obtener una especie pasta moldeable. Cabe recalcar que este material puede ser el mismo que se deja saturar para el ensayo del límite líquido, al cual solo se debe agregar una porción de material seco hasta alcanzar un estado trabajable.
- El proceso de este ensayo consiste en hacer con el suelo cilindros de 3.2 mm de diámetro aproximadamente hasta que el contenido de agua se reduzca y empiecen aparecer grietas. Para la elaboración de estos cilindros es necesario hacer rodar con la palma de la mano el suelo sobre una superficie lisa (ASTM D4318, 2005).



**Ilustración 30.** Elaboración de cilindros de 3.2 mm de diámetro.

*Fuente: Los Autores.*

- Para la obtención del límite líquido se necesita realizar 4 cilindros, los cuales una vez ya agrietados deben ser pesados y dejados en el horno durante un periodo de 24 horas para encontrar el porcentaje de humedad.



**Ilustración 31.** Muestras ensayadas luego de ser secadas en el horno.

*Fuente: Los Autores.*

- Una vez ya conocido el porcentaje de humedad de cada uno de los cilindros, se debe encontrar un promedio de estos, el cual expresado en número entero viene a ser el límite plástico. Cada uno de los cilindros tiene un rango aceptable de diferencia entre dos resultados de 2.6% de humedad, superior a esta variación se debe repetir el ensayo (ASTM D4318, 2005).



#### 4.1.5.3 *Índice de plasticidad.*

Una vez realizado los ensayos y conocidos los límites, ya se puede determinar el índice de plasticidad del material que no es más que la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico (ASTM D4318, 2005).

$$IP = LL - LP$$

Donde:

**IP:** Índice de plasticidad.

**LL:** Limite líquido.

**LP:** Limite plástico.

#### 4.1.6 **Compactación.**

El objetivo de este ensayo es obtener el contenido de humedad óptimo en el cual el suelo presenta su densidad seca máxima. Existen 2 métodos para encontrar la densidad seca máxima del suelo, los cuales son el Proctor estándar y el Proctor estándar modificado, mismos que varían en la cantidad de golpes y número de capas que son 25 y 56 golpes, y, 5 y 3 capas respectivamente.

En la presente investigación se encontró la densidad seca máxima mediante el ensayo Proctor estándar modificado debido a que esta permite encontrar una mayor densidad seca. Los pasos para la elaboración de este ensayo están basados en la normativa ASTM D 1557 y son los siguientes:

- Reunir las herramientas necesarias para la elaboración de este ensayo, que son: un molde cilíndrico con collarín para el ensayo Proctor, apisonador metálico y un tamiz N° 4.



**Ilustración 32.** Herramientas para el ensayo de compactación.

*Fuente: Los Autores.*

- Antes de empezar con el ensayo es necesario preparar un total de 5 bolsas cada una con un peso de 5500 gramos (ASTM D1557).



**Ilustración 33.** Pesaje de material y elaboración de bolsas necesarias para el ensayo.

*Fuente: Los Autores.*

- Para preparar las bolsas es necesario determinar lo siguiente:
  - o Si el % retenido  $\frac{3}{4}$ '' > 30%, el grueso es igual al material pasante  $1\frac{1}{2}$ '' y retenido N°4. Por lo tanto, el Peso retenido grueso es igual a:



$$\text{Peso retenido grueso} = 1'' + 3/4'' + 1/2'' + 3/8'' + N^{\circ}4$$

- La fracción fina en cambio, está representada por el material pasante del tamiz N°4.

$$\text{Fino} = \text{Peso del material pasante del tamiz } N^{\circ}4$$

- Una vez definidos los agregados gruesos y finos, el peso total se determina con la siguiente ecuación:

$$\text{Peso Total} = \text{Peso retenido grueso} + \text{Fino}$$

- Posterior a ello, mediante una regla de tres se determina el porcentaje que representa cada parte, gruesa y fina, respecto al peso total:

$$\% \text{ Peso retenido grueso} = \frac{\text{Peso retenido grueso} * 100}{\text{Peso Total}}$$

$$\% \text{ Fino} = \frac{\text{Fino} * 100}{\text{Peso total}}$$

- Por último, para encontrar la cantidad en peso de finos y gruesos a utilizar para las fundas de 5500 gramos, se utilizan las siguientes expresiones:

$$\text{Peso material grueso} = 5500 * \% \text{ Peso retenido grueso}$$

$$\text{Peso material Fino} = 5500 * \% \text{ Fino}$$

- En el caso de que el % retenido  $\frac{3}{4}$ "  $< 30\%$ , el proceso es igual al anterior lo único que cambia es que el grueso es igual al material pasante el  $\frac{3}{4}$ " y retenido en el N°4, por lo tanto, el material grueso es igual a:

$$\text{Peso retenido grueso} = 1/2'' + 3/8'' + N^{\circ}4$$

- Para preparar las bolsas será necesario tamizar el suelo por los tamices  $\frac{3}{4}$ " y N°4, el material que pase el tamiz  $\frac{3}{4}$ " y quede retenido en el tamiz N°4 será usado como la parte gruesa y lo que pase el tamiz N°4 será usado como la parte fina en las cantidades que hayan sido determinadas.



**Ilustración 34.** Tamizado de la muestra para la obtención de agregado fino y grueso.

*Fuente: Los Autores.*



**Ilustración 35.** Agregado fino y grueso para el ensayo de compactación.

*Fuente: Los Autores.*



- Una vez ya preparadas las bolsas, se procede a determinar la cantidad de agua que se deberá adicionar al material, para ello es necesario tomar de una de las 5 bolsas el porcentaje de humedad al cual se encuentra el suelo.
- Ya conocido el porcentaje de humedad del suelo se procede a encontrar el peso del agua  $W_w$ , para lo cual se utiliza la siguiente formula:

$$W_w = \frac{(\% Humedad - \% Humedad + 3) * W_s}{100}$$

Donde:

$W_w$ : Peso del agua.

$$W_s = \frac{\text{Peso de material fino}}{1 + \left(\frac{\% Humedad}{100}\right)}$$

Donde:

$W_s$ : Peso de los sólidos.

- Una vez obtenido el peso del agua ya es posible realizar una tabla en la cual se determinen los valores de la cantidad de agua a añadir en CC, tal como la que se muestra a continuación.



Agua en C.C.	Porcentaje de humedad (%)
0	4.38
60	7.38
120	10.38
180	13.38
240	16.38
300	19.38
360	22.38
420	25.38

**Tabla 10.** Contenido de agua.

*Fuente: Los Autores.*

- En la anterior tabla se muestran 2 columnas que parten de datos ya conocidos, la segunda de estas contiene el porcentaje de humedad que tiene la muestra al ser agregado 0 CC. de agua, lo cual posteriormente se va incrementando en un 3 % para cada contenido de agua en CC. En cambio, la primera columna que hace referencia al contenido de agua partiendo del Ww calculado, debe ser redondeado en múltiplos de 5 y posteriormente multiplicado por 2,3,4,5...n+1 hasta encontrar la cantidad de agua para cada porcentaje de humedad.
- Una vez ya realizada la tabla, se parte de un porcentaje de humedad y una cantidad de agua a agregar.
- Para realizar el proceso de compactación es necesario pesar y encontrar el volumen de un cilindro sin collarín.
- Una vez escogida la cantidad de agua a agregar, se vierte los 5500 gramos de una bolsa en un recipiente y posterior a ello se procede a agregar el agua de una manera uniforme sobre la muestra, por último, se mezcla bien y de la parte fina se sacan dos muestras

para determinar el porcentaje de humedad. Este proceso se debe realizar para los 5 puntos que se deben realizar.



**Ilustración 36.** Mezcla homogénea de los materiales previo al ensayo.

*Fuente: Los Autores.*

- Preparada ya la muestra se procede a compactar con el pistón 5 capas de 56 golpes cada una.



**Ilustración 37.** Compactación de cada espécimen según lo especificado.

*Fuente: Los Autores.*

- Culminada esta labor, se saca el collarín del molde y se procede a enrazar la muestra, por último, se lleva a la balanza a determinar el peso de la muestra compactada.



**Ilustración 38.** Pesaje del molde sin collarín y con el material previamente enraizado.

*Fuente: Los Autores.*

- El proceso mencionado en los puntos anteriores se debe repetir para las 5 bolsas de 5500 gramos.

Una sugerencia importante es que se debe tratar de conseguir puntos de subida y de bajada para realizar la curva, para ello hay que escoger la cantidad de agua que haga que el material tenga un menor o mayor peso dependiendo del caso. Para poder realizar la gráfica es necesario seguir los siguientes puntos:

- Encontrar los porcentajes de humedad promedio de cada una de las 5 muestras.
- Encontrar la densidad húmeda, que no es más que el peso de la muestra húmeda para el volumen del molde. Esta densidad debe ser encontrada para las 5 muestras realizadas.

$$D1 = \frac{P3}{V}$$

$$P3 = P1 - P2$$



Donde:

***D1***: Densidad húmeda en (kg/m<sup>3</sup>).

***P3***: Peso suelo húmedo.

***V***: Volumen del molde sin collarín.

***P1***: Peso del molde cilíndrico + suelo húmedo.

***P2***: Peso del molde cilíndrico sin collarín.

- Cuando ya se haya determinado el porcentaje de humedad promedio y la densidad humedad de cada una de las muestras, ya es posible encontrar la densidad seca en kg/m<sup>3</sup>. Para ello se utiliza la siguiente ecuación:

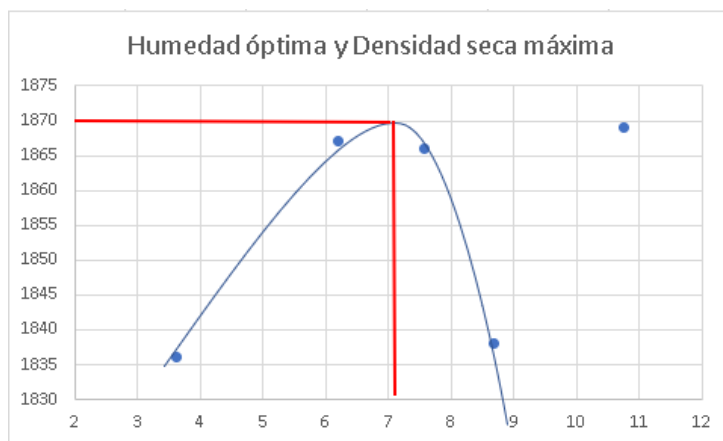
$$Densida\ seca = \frac{D1}{1 + \left(\frac{\%humedad\ promedio}{100}\right)}$$

Donde:

***D1***: Densidad húmeda en (kg/m<sup>3</sup>).

***% humedad promedio***: Promedio del porcentaje de humedad de las 2 muestras secadas en el horno.

- Una vez determinadas las densidades secas y los porcentajes de humedad promedio de las 5 muestras, ya es posible realizar la gráfica para encontrar la humedad óptima y la densidad seca máxima. Para esto, se representa en el eje de las ordenas las densidades secas y en el eje de las abscisas los porcentajes de humedad promedio, tal como se muestra en la siguiente imagen.



**Ilustración 39.** Humedad óptima.

*Fuente: Los Autores.*

- Para realizar la campana que se muestra en la anterior imagen se necesita como mínimo 4 puntos. Desde el pico más alto de la campana se traza una recta vertical y una horizontal hacia cada eje, para con ello obtener la humedad óptima a la cual se alcanza la densidad seca máxima del suelo (ASTM D1557).

#### 4.1.7 Ensayo CBR.

Como ya se mencionó anteriormente el ensayo CBR (California Bearing Ratio) o capacidad cortante del suelo, se realiza con el objetivo de obtener su valor de soporte de california, este valor se define como un índice de resistencia al corte el cual puede variar de un rango 0-100%. Este ensayo es el más común para el diseño de pavimentos, ya que somete al suelo a una condición de humedad y densidad controladas (Terán, 2016). El procedimiento que se siguió para la elaboración del ensayo está en base de la normativa ASTM D 1883. La ecuación que rige este valor es la siguiente:

$$CBR = 100 * \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria patron}}$$



---

Los materiales necesarios para este ensayo son los siguientes:

- 3 fundas de 5500 gramos las cuales son las mismas que se preparan para la compactación y siguen el procedimiento del numeral 4.4.
- 3 moldes CBR con collarín y espaciador (pesa).
- Pisón Proctor Modificado
- Probeta
- Bandeja
- Placa perforada con vástago y sobrecargas
- Papel Filtro
- Deformímetro con trípode.
- Balanza
- Deformímetro
- Maquina ensayo CBR

**Procedimiento:**

- Una vez preparadas las 3 fundas de 5500 gramos y conocida la humedad óptima obtenida de la curva de compactación, se procede a encontrar el porcentaje de humedad del material para ver qué cantidad de agua agregar. Vale recalcar que la misma cantidad de agua determinada se debe usar para las 3 muestras.
- Luego de determinar la cantidad de agua a agregar, se procede a verter la funda en la bandeja y con una probeta se esparce uniformemente el agua alrededor del suelo, en

este caso del asfalto reciclado, por último, se debe mezclar bien la muestra. Este proceso se repite para las 3 muestras que se deben ensayar.

- Se procede a tamizar el material por el tamiz N° 4 y de esto se toman 2 muestras para dejarlas al horno y obtener el porcentaje de humedad. Este proceso se debe repetir durante el ensayo de las 3 muestras.
- Ya mezclado el material y tomadas las muestras para encontrar el porcentaje de humedad, se procede a preparar el molde. Este debe estar compuesto de 3 partes: collarín, molde y base, del cual se debe anotar el peso del molde sin collarín. Una vez preparado el molde se coloca el espaciador (pesa), junto con el cual se engrasa el molde. Este proceso se debe realizar para los 3 ensayos.
- Por último, se procede a compactar y para ello el primer ensayo se debe compactar 5 capas de 12 golpes, el segundo 5 capas de 25 golpes y el tercero 5 capas de 56 golpes. Una vez ya compactadas las muestras se retira el collarín y se engrasa el material.



**Ilustración 40.** Molde sin collarín y con el material engrazado.

*Fuente: Los Autores.*

- Luego de enrazado el material, se da la vuelta al molde, se retira la pesa de la base, se pesa el molde con el material enrasado y por último se coloca la placa perforada con el vástago y las sobrecargas.
- El deformímetro se debe colocar en el centro del vástago, para posteriormente proceder a encerar girando el vástago a la izquierda o derecha según sea el caso. Cuando ya se hayan encerado los 3 moldes se los coloca en una piscina con agua hasta que esta cubra la mitad del collarín.
- Los moldes se deben dejar en agua un periodo total de 4 días y cada día con la ayuda del deformímetro se debe medir su cambio de volumen.



**Ilustración 41.** Toma de lectura de los diferentes moldes ensayados.

*Fuente: Los Autores.*

- Tomada la última medición con el deformímetro, ya se puede sacar del agua los moldes, dejándolos escurrir durante aproximadamente 15 minutos. Posterior a ello se pesa cada uno de estos.
- Cada molde debe ser colocado en la máquina de CBR y se debe ir tomando las lecturas de carga cuando el deformímetro llegue a 25, 50, 75, 100, 150, 200, 250 300, 400 y 500 estos valores representan la penetración sobre la muestra.



**Ilustración 42.** Ensayo de CBR y toma de lecturas de carga.

*Fuente: Los Autores.*

- Finalmente, se procede a tomar del centro de cada molde 2 muestras para encontrar el porcentaje de humedad después del remojo (ASTM D-1883 , 2016).

**Cálculos:**

Debido a que el hormigón asfáltico reciclado es un material que granulométricamente se lo define como una base, no tiene esponjamiento. Es por esto que, para el proceso del cálculo de CBR de este material ya no se deben hacer ningunas correcciones de cambio de volumen, puesto que el material no presento ningún hinchamiento o cambio de volumen durante los 4 días de lectura.

Con estas aclaraciones, el proceso de cálculo de este material es el que se detalla a continuación:

- Primero se debe encontrar las densidades húmedas y secas del material antes del remojo de 4 días. Para lo cual las fórmulas a utilizar son las siguientes:

$$D1 = \frac{P3}{V}$$

$$P3 = P1 - P2$$



Donde:

***D1***: Densidad húmeda en (kg/m<sup>3</sup>).

***P3***: Peso suelo húmedo.

***V***: Volumen del molde sin collarín.

***P1***: Peso del molde cilíndrico + suelo húmedo.

***P2***: Peso del molde cilíndrico sin collarín

$$Densida\ seca = \frac{D1}{1 + \left(\frac{\%humedad\ promedio}{100}\right)}$$

Donde:

***D1***: Densidad Húmeda

***% humedad promedio***: Promedio del porcentaje de humedad de las 2 muestras secadas en el horno.

- Una vez se hayan determinado las densidades húmedas y secas de cada uno de los 3 ensayos, se procede a transformar las lecturas de carga en unidades de libras con la utilización de la ecuación del anillo, en este caso la fórmula es la siguiente:

$$Y = 5.7069 * X + 20.29$$



Donde:

**Y:** Carga en libras.

**X:** Lecturas de cargas.

- Después de haber transformado todas las lecturas de carga, se debe encontrar para cada una de estas las presiones, las cuales se determinan con la siguiente ecuación:

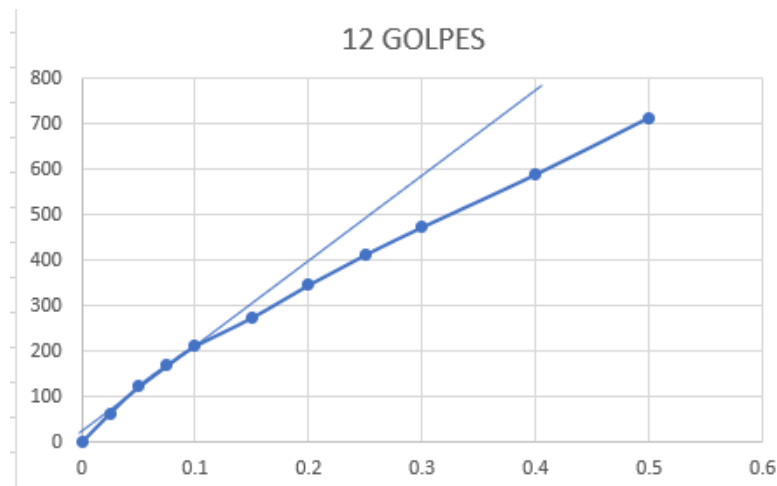
$$PRESIÓN = \frac{Y}{A} \quad (Lbs/pulg^2)$$

Donde:

**Y:** Carga en libras

**A:** Área del pistón (3.1 pulg<sup>2</sup>)

- Para verificar que las presiones no deben ser corregidas, se debe realizar un gráfico con las presiones en las ordenadas y las penetraciones de carga en las abscisas, en donde en el punto de mayor pendiente de la gráfica se debe trazar una tangente, la cual debe coincidir con el origen caso contrario se deberán corregir las presiones. A continuación, se muestra un gráfico de la recta tangente que coincide con el origen.



**Ilustración 43.** Recta tangente que coincide con el origen.

*Fuente: Los Autores.*

- Cuando ya se hayan encontrado todas las presiones y graficado, se deben tomar las presiones a corregir respecto a las presiones estándar. Las presiones a corregir siempre serán las presiones de las lecturas de 100, 200 y 300, cuyas presiones estándar son 1000, 1500 y 1900 respectivamente.
- Para determinar los valores de CBR, es necesario realizar una regla de 3 respecto a las presiones estándar que vienen a ser el 100%, esto mediante las siguientes expresiones:

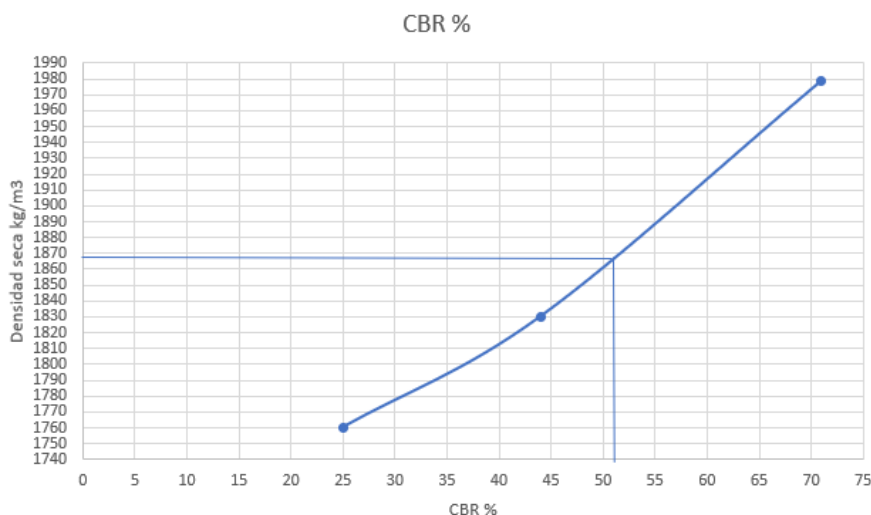
$$CBR = \frac{\text{Presion de lectura de penetracion de carga } 100 * 100}{1000} = \%$$

$$CBR = \frac{\text{Presion de lectura de penetracion de carga } 200 * 100}{1500} = \%$$

$$CBR = \frac{\text{Presion de lectura de penetracion de carga } 300 * 100}{1900} = \%$$



- Una vez encontrados los CBR de los 3 ensayos, 12, 25 y 56 golpes, se debe tomar el valor de CBR correspondiente a la lectura de penetración de 200 en cada uno de ellos. Tomados estos valores ya es posible graficar los 3 puntos, para lo cual las densidades secas antes del remojo deben ir en las ordenadas y los CBR en las abscisas, tal como se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 44.** Determinación del CBR.

*Fuente: Los Autores.*

- Por último, para determinar el CBR del material, se obtiene el 95% de la mayor de las 3 densidades secas antes del remojo, y de la misma manera como en el gráfico anterior, se traza una línea horizontal hasta que intercepte con la curva y desde ahí una línea vertical para encontrar el valor del CBR en el eje de las abscisas.

## 4.2 Base granular

Con el fin de mejorar las propiedades mecánicas del hormigón asfáltico reciclado, puesto que este no cumplió principalmente con el CBR para el tipo de material resultante, se tomó la

iniciativa de mezclar este material con base granular, como ingrediente de adición, el cual también fue ensayado para determinar su tipo y estado físico para los ensayos posteriores.

#### 4.2.1 Granulometría.

Para el material de base se realizó una sola granulometría de acuerdo a la normativa ASTM C 702, puesto que esta presentaba las mismas características respecto a la cantidad utilizada para la mezcla con el hormigón asfáltico reciclado. El ensayo para este material se llevó a cabo siguiendo el mismo procedimiento que se utilizó para el hormigón asfáltico, tanto para los agregados gruesos como para los finos.



**Ilustración 45.** Mezclado y cuarteo de la base granular.

*Fuente: Los Autores.*



**Ilustración 46.** Recolección de los 8000 gramos de material para la granulometría de agregados gruesos.

*Fuente: Los Autores.*

- Recolección de 1000 gramos de material fino pasante el tamiz N°4 para la granulometría de los agregados finos.



**Ilustración 47.** Recolección de 1000 gramos de material fino pasante el tamiz N°4 para la granulometría de los agregados finos.

*Fuente: Los Autores.*

Cabe mencionar que el ensayo de granulometría sirve para la determinación de agregados gruesos y finos de este material, siguiendo el procedimiento del numeral 4.1.6, lo cual resuelta de suma importancia para ensayos posteriores.

#### **4.2.2 Porcentaje de humedad.**

De igual manera, para determinar el porcentaje de humedad de la base granular se aplicó el mismo mecanismo que en el material anterior siguiendo lo descrito en la normativa ASTM D 2216, esto es mediante el uso de pequeños recipientes para la toma de muestras del material pasante el tamiz N°4, luego de la granulometría de las partículas gruesas. Vale recalcar que estas muestras deben ser pesadas y luego colocadas en el horno durante al menos 24 horas.

Al día siguiente, las muestras se sacan del horno y se pesan, para finalmente determinar el contenido de agua en porcentaje mediante la siguiente expresión:



$$\% \text{Porcentaje de humedad} = \frac{P_{hr} - P_{sr}}{P_{sr} - r} * 100$$

Donde:

***P<sub>hr</sub>***: Peso de la base granular húmeda + recipiente

***P<sub>sr</sub>***: Peso de la base granular seca + recipiente

***r***: Peso del recipiente

#### **4.2.3 Clasificación granulométrica del material.**

Con el propósito de verificar las características granulométricas de la base granular requeridas para cada uno de los ensayos en el presente proyecto de investigación, esta se clasificó de acuerdo a las fajas granulométricas que se establecen en la NEVI-12. Estas fajas son gráficas efectuadas con los datos expuestos en los apartados 2.4 y 2.5, dentro de las cuales debe estar limitada la curva granulométrica dibujada con los datos del ensayo de granulometría, siendo la que mejor se ajusta aquella que define la clasificación del material.

Las fajas granulométricas que se establecen en la NEVI-12 para la clasificación de cualquier material, se muestran en el apartado 4.1.3. en la clasificación granulométrica del hormigón asfáltico reciclado.

#### **4.2.4 Peso específico.**

Esta característica de la base granular, fue de gran importancia para determinar las proporciones en peso para la adición, por lo que se siguió la misma secuencia de actividades utilizada para determinar el peso específico del hormigón asfáltico reciclado, mediante las

fórmulas empleadas para agregados gruesos, finos y peso específico general, siguiendo los procesos descritos en las normativas INV E-222 e INV E -223.

#### **4.2.4.1** *Peso específico del agregado grueso.*

El procedimiento de este ensayo corresponde al descrito en el numeral 4.1.4.1, sin embargo, a continuación, se evidencia lo realizado para determinar el peso específico del agregado grueso de la base granular.



**Ilustración 48.** Saturación de agregado grueso.

*Fuente: Los Autores.*



**Ilustración 49.** Secado superficialmente del agregado grueso luego de la saturación.

*Fuente: Los Autores.*



**Ilustración 50.** Enrazado del molde con la ayuda de un vidrio luego de haber sido colocado el material y llenado con agua.

*Fuente: Los Autores.*

- Para calcular el peso específico del agregado grueso de la base granular, se utiliza la siguiente formula:

$$\gamma_{gruesos} = \frac{A}{A - (B - C)}$$

Donde:

*$\gamma_{gruesos}$* : Peso específico superficialmente seco del agregado grueso de la base granular.

*A*: Peso del agregado grueso de la base granular, superficialmente seco y saturado.

*B*: Peso del picnómetro + agua + agregado grueso de la base granular.

*C*: Peso del picnómetro + agua.

#### **4.2.4.2** *Peso específico del agregado fino.*

De igual manera, el procedimiento de este ensayo corresponde al descrito en el numeral 4.1.4.2, cuyo desarrollo para este material se evidencia a continuación.



**Ilustración 51.** Colocación del agregado fino y agua en el picnómetro.

*Fuente: Los Autores.*



**Ilustración 52.** Baño maría para la eliminación del contenido de aire.

*Fuente: Los Autores.*



**Ilustración 53.** Material seco luego de ser escurrido y puesto en el horno.

*Fuente: Los Autores.*

- Para calcular el peso específico del agregado fino de la base granular se emplea la siguiente formula:



$$\gamma_{finos} = \frac{D}{D - (B - C)}$$

Donde:

$\gamma_{finos}$ : Peso específico aparente del agregado fino de la base granular.

$D$ : Peso seco del agregado fino de la base granular.

$B$ : Peso del picnómetro + agua + agregado fino de la base granular.

$C$ : Peso del picnómetro + agua.

#### 4.2.4.3 *Peso específico de la base granular.*

Tomando en consideración la recomendación aportada por el laboratorista del área de mecánica de suelos, el peso específico general de la base granular se ha determinado mediante el promedio entre el peso específico del agregado grueso y el peso específico del agregado fino, empleando la siguiente expresión:

$$\gamma_{Base} = \frac{\gamma_{gruesos} + \gamma_{finos}}{2}$$

Donde:

$\gamma_{Base}$ : Peso específico de la base granular.

$\gamma_{gruesos}$ : Peso específico superficialmente seco del agregado grueso de la base granular.

$\gamma_{finos}$ : Peso específico aparente del agregado fino de la base granular.



---

### 4.3 Hormigón asfáltico reciclado + Base granular.

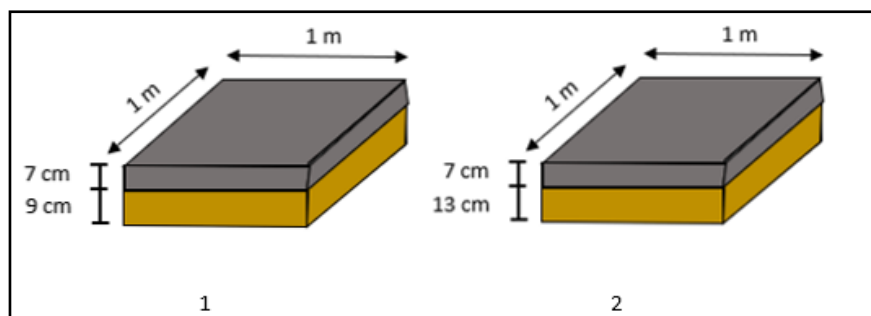
Debido a que el CBR de las 6 muestras escogidas fueron bajos y similares, se tomaron 2 muestras para verificar la variación del CBR en cuanto a la mezcla de hormigón asfáltico reciclado con base granular para diferentes combinaciones de espesores de cada material.

Las muestras seleccionadas para realizar los ensayos con dicha mezcla, en base a la similitud de sus resultados, fueron las siguientes:

- **Muestra 1:** Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.
- **Muestra 2:** Fresado con fresadora – Av. González Suárez.

#### 4.3.1 Determinación de porcentajes de material de adición.

Para determinar los porcentajes de base y hormigón asfáltico reciclado en peso, se han planteado las siguientes combinaciones de espesores, la primera se trata de una capa de asfalto de 7cm y 9 cm de base, y la segunda capa, un espesor de 7cm de asfalto y 13 cm de base. Vale recalcar que, para reciclar directamente estos espesores de asfalto y base, es posible calibrar la fresadora en el espesor requerido durante el mantenimiento de una vía. Además, cabe mencionar que el espesor de hormigón asfáltico reciclado (7cm) utilizado para esta investigación, está definido según datos promedio de fresado dentro de los proyectos de mantenimiento vial del GAD Municipal de Cuenca, mientras que, los espesores utilizados para la base (9 y 13 cm) están definidos dentro de los límites más comunes de fresado de esta capa en estructuras de pavimentos flexibles.



**Ilustración 54.** Combinaciones de espesores de hormigón asfáltico + base granular.

*Fuente: Los Autores.*

A continuación, se muestra la fórmula utilizada para encontrar el peso que representan los materiales en función del área y los espesores propuestos:

$$\text{Peso del Material} = \text{Area} * \text{Espesor} * \text{Peso específico}$$

Donde:

**Peso del Material:** Peso del hormigón asfáltico reciclado o base granular en (kg).

**Área:** El cálculo se realiza para una superficie de 1m\*1m (1m<sup>2</sup>).

**Espesor:** Espesor de la capa de hormigón asfáltico reciclado o base granular en (m).

**Peso específico:** Peso específico de hormigón asfáltico reciclado o base granular en (kg/m<sup>3</sup>).

Luego, para encontrar los porcentajes que representa cada una de las capas se utilizan las siguientes expresiones:

$$\% H^{\circ}.Asfáltico = \frac{\text{Peso } H^{\circ}.Asfáltico * 100}{\text{Peso Total}}$$



Donde:

**%H<sup>•</sup>.Asfáltico:** Porcentaje de hormigón asfáltico reciclado respecto al área y espesores propuestos.

**Peso H<sup>•</sup>. Asfáltico:** Peso del hormigón asfáltico reciclado en (kg).

**Peso Total:** Peso del hormigón asfáltico reciclado + base granular respecto al área y espesores propuestos.

$$\%Base = \frac{Peso\ Base * 100}{Peso\ Total}$$

Donde:

**%Base:** Porcentaje de base granular respecto al área y espesores propuestos.

**Peso Base:** Peso de la base granular en (kg).

**Peso Total:** Peso del hormigón asfáltico reciclado + base granular respecto al área y espesores propuestos.

Una vez obtenidos los porcentajes de cada material para los diferentes espesores, se hace uso de estos para definir la cantidad de hormigón asfáltico reciclado y base, que deben contener los ejemplares de 5500 gramos para los ensayos de compactación y CBR.

#### **4.3.2 Porcentaje de humedad.**

Para determinar el porcentaje de humedad del hormigón asfáltico reciclado mezclado con la base granular, se aplicó el mismo mecanismo que se detalla en el numeral 4.1.2 en función de la normativa ASTM D 2216, teniendo en cuenta que para las muestras se debe tomar el

material pasante por el tamiz N° 4 de los materiales ya mezclados, lo cual posteriormente se deja en el horno durante un periodo aproximado de 24 horas.



**Ilustración 55.** Muestra seca luego de ser colocada en el horno.

*Fuente: Los Autores.*

Al día siguiente, las muestras se sacan del horno y se pesan, para finalmente determinar el contenido de agua en porcentaje mediante la siguiente expresión:

$$\%W = \frac{Phr - Psr}{Psr - r} * 100$$

*Donde:*

**Phr:** Peso húmedo de la mezcla (hormigón asfáltico + base granular) + recipiente.

**Psr:** Peso seco de la mezcla (hormigón asfáltico + base granular) + recipiente.

**r:** Peso del recipiente.

### **4.3.3 Compactación.**

El ensayo de compactación sigue el mismo proceso que se detalla en el numeral 4.1.6 de acuerdo con la normativa ASTM D 1557, a diferencia que, para la preparación de los 5 especímenes de 5500 gramos se utilizaron las cantidades específicas de hormigón asfáltico



reciclado y base granular, según los porcentajes definidos para cada combinación de espesores en la sección 4.3.1.

Las cantidades específicas de hormigón asfáltico reciclado y base granular para cada combinación de espesores, mismas que sumadas resultan 5500 gramos, se definen mediante las siguientes expresiones:

$$\text{Peso del H}^\circ\text{A. reciclado} = \frac{\% H^\circ. \text{Asfáltico} * 5500}{100} = \text{gramos}$$

$$\text{Peso Base} = \frac{\% \text{Base} * 5500}{100} = \text{gramos}$$

$$\text{Peso Total (H}^\circ\text{A. + Base)} = \text{Peso del H}^\circ\text{A. reciclado} + \text{Peso Base}$$

Donde:

**%H<sup>o</sup>.Asfáltico:** Porcentaje de hormigón asfáltico reciclado respecto al área y espesores propuestos.

**%Base:** Porcentaje de base granular respecto al área y espesores propuestos.

**Peso Total (H<sup>o</sup>A. + Base):** Peso de cada muestra de 5500 gramos de Hormigón Asfáltico mezclado con base.

Una vez encontrados los pesos que representan el hormigón asfáltico y la base respecto a los 5500 gramos, ya se puede encontrar la cantidad de agregados gruesos y finos que se requiere por cada material, para lo cual se deberá utilizar los mismos porcentajes de gruesos y



finos de las muestras seleccionadas, que ya fueron encontrados anteriormente en función de la granulometría como se detalla en el numeral 4.1.6.

Los porcentajes de agregados gruesos y finos que fueron encontrados con anterioridad, tanto del hormigón asfáltico como de la base, serán utilizados en las siguientes expresiones para conformar los especímenes de cada muestra seleccionada, lo cuales sumados deben resultar 5500 gramos:

$$\text{Peso del material grueso } H^{\circ}A = \text{Peso del } H^{\circ}A \text{ reciclado} * \frac{\%Grueso H^{\circ}A}{100} = g$$

$$\text{Peso del material fino } H^{\circ}A = \text{Peso del } H^{\circ}A \text{ reciclado} * \frac{\%Fino H^{\circ}A}{100} = g$$

$$\text{Peso del material grueso Base} = \text{Peso Base} * \frac{\%Grueso Base}{100} = g$$

$$\text{Peso del material fino Base} = \text{Peso Base} * \frac{\%Fino Base}{100} = g$$

Este cálculo se debe realizar para las dos muestras seleccionadas y sus respectivas combinaciones de espesores detallados en el numeral 4.3.1. Las cantidades utilizadas para la mezcla, respecto a cada espécimen de 5500 gramos para los ensayos de compactación y CBR, se muestran a continuación:



PROPORCIONES PARA EL ENSAYO HORMIGÓN ASFÁLTICO (7 cm) + BASE GRANULAR (9 cm)				
<b>Muestra 1: Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.</b>				
Hormigón asfáltico reciclado	Grueso (%) =	23,11	EN Kg =	1271,27
	Fino (%) =	19,20	EN Kg =	1055,78
Base granular	Grueso (%) =	39,30	EN Kg =	2161,41
	Fino (%) =	18,39	EN Kg =	1011,54
<b>TOTAL=</b>	Grueso + Fino (%) =	100	EN Kg =	<b>5500</b>
<b>Muestra 2: Fresado con fresadora – Av. González Suárez.</b>				
Hormigón asfáltico reciclado	Grueso (%) =	24,47	EN Kg =	1345,73
	Fino (%) =	17,84	EN Kg =	981,32
Base granular	Grueso (%) =	39,30	EN Kg =	2161,41
	Fino (%) =	18,39	EN Kg =	1011,54
<b>TOTAL=</b>	Grueso + Fino (%) =	100	EN Kg =	<b>5500</b>

**Tabla 11.** Proporciones para la mezcla de hormigón asfáltico (7cm) con base granular (9cm).

*Fuente: Los Autores.*

PROPORCIONES PARA EL ENSAYO HORMIGÓN ASFÁLTICO (7 cm) + BASE GRANULAR (13 cm)				
<b>Muestra 1: Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.</b>				
Hormigón asfáltico reciclado	Grueso (%) =	18,40	EN Kg =	1011,97
	Fino (%) =	15,28	EN Kg =	840,43
Base granular	Grueso (%) =	45,18	EN Kg =	2484,75
	Fino (%) =	21,14	EN Kg =	1162,85
<b>TOTAL=</b>	Grueso + Fino (%) =	100	EN Kg =	<b>5500</b>
<b>Muestra 2: Fresado con fresadora – Av. González Suárez.</b>				
Hormigón asfáltico reciclado	Grueso (%) =	19,48	EN Kg =	1071,24
	Fino (%) =	14,20	EN Kg =	781,16
Base granular	Grueso (%) =	45,18	EN Kg =	2484,75
	Fino (%) =	21,14	EN Kg =	1162,85
<b>TOTAL=</b>	Grueso + Fino (%) =	100	EN Kg =	<b>5500</b>

**Tabla 12.** Proporciones para la mezcla de hormigón asfáltico (7cm) con base granular (13cm).

*Fuente: Los Autores.*

Una vez realizadas las 5 fundas de 5500 gramos para cada muestra seleccionada, se seguirá el proceso detallado en el numeral 4.1.6 para el ensayo y el cálculo de la humedad óptima y densidad seca máxima.



**Ilustración 56.** Pesaje de los 5500 gramos de hormigón asfáltico reciclado con base granular.

*Fuente: Los Autores.*



**Ilustración 57.** Material mezclado uniformemente con una determinada cantidad de agua.

*Fuente: Los Autores.*

#### 4.3.4 Ensayo CBR.

Para realizar los ensayos de CBR, se preparan 3 fundas en función de las cantidades determinadas en el numeral 4.3.3 y según la normativa ASTM D 1883, el proceso del ensayo y cálculos para el hormigón asfáltico reciclado mezclado con base es el mismo que se muestra en el numeral 4.1.7. Además, vale recalcar que los materiales granulares como base o subbase

no presentan ningún esponjamiento ni variación en cuanto a su volumen, sin embargo, se los debe dejar en el agua y tomar lectura del esponjamiento durante un periodo de 4 días.



**Ilustración 58.** Toma de lecturas para determinar el esponjamiento.

*Fuente: Los Autores.*

#### 4.3.5 Ensayo de abrasión.

Este ensayo no fue realizado durante el estudio del hormigón asfáltico reciclado, puesto que, tanto este material en su estado natural después del fresado, así como durante la mezcla con el material de adición (en este caso base granular), no son aptos para determinar su porcentaje de desgaste a pesar de tener agregados entre 1½” y ¾”, lo cual se establece para poder llevar a cabo este ensayo.

Esto se debe a que la parte gruesa del hormigón asfáltico reciclado no son partículas totalmente sólidas, sino que están compuestas principalmente por partículas pequeñas envueltas por una película de emulsión asfáltica, la cual una vez enfriada a cohesionado dichos elementos formando un solo cuerpo. Entonces, esto hace que, durante el proceso cíclico de la máquina de los ángeles, las partículas conglomeradas se desintegren al estar en contacto con las esferas de acero que se colocan junto con el material y, por ende, dificulte el procedimiento de la práctica.



---

#### **4.4 Hormigón asfáltico reciclado + Base granular + Cemento Portland.**

Con el propósito de mejorar aún más las características mecánicas del hormigón asfáltico reciclado mezclado con base granular, se puede utilizar como principal alternativa el cemento Portland, ya que este al estar conformado por diversos agentes químicos, puede mejorar significativamente las propiedades de un suelo.

##### **4.4.1 Determinación de porcentajes de materiales de adición.**

Para la mezcla de cemento Portland con hormigón asfáltico reciclado y base granular, previamente se debe definir los porcentajes de adición del cemento, cuyos porcentajes para la estabilización de bases no deberán variar en más del 5% de la cantidad especificada del material granular, según la NEVI-12 VOL 3 (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2013). Cabe mencionar que para este caso las cantidades de hormigón asfáltico reciclado y base granular, deben ser las mismas determinadas en el numeral 4.3.3, caso contrario, estas deben ser utilizadas para establecer una relación según el caso lo requiera.

Al realizar esta mezcla para los ensayos de compactación y CBR, el porcentaje de cemento para cada muestra de los diferentes espesores debe ser propuesto de acuerdo al CBR obtenido de los ensayos precedentes de hormigón asfáltico reciclado + base granular. Estos porcentajes de cemento, por recomendación, pueden tener una variación de 0.5 % o 1 % en cada muestra cuando se requiera determinar la cantidad óptima de adición para un material específico.

Por ejemplo, para este caso en particular se plantean los porcentajes que se muestran a continuación, de acuerdo a los resultados obtenidos con los espesores de hormigón asfáltico



reciclado y base granular propuestos anteriormente, teniendo en cuenta además, el alto costo económico que significa estabilizar un suelo con cemento Portland como material de adición.

PORCENTAJES DE CEMENTO PARA EL ENSAYO HÓRMIGON ASFÁLTICO (7 cm) + BASE GRANULAR (9 cm) + CEMENTO			
Muestra	Calle	CBR (%)	Cemento (%)
1	Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta + Base granular.	39,8	2
2	Fresado con fresadora – Av. González Suárez + Base granular.	39	3

**Tabla 13.** Porcentajes de cemento para la mezcla de hormigón asfáltico (7cm) con base granular (9cm) y cemento Portland.

*Fuente: Los Autores.*

PORCENTAJES DE CEMENTO PARA EL ENSAYO HÓRMIGON ASFÁLTICO (7 cm) + BASE GRANULAR (13 cm) + CEMENTO			
Muestra	Calle	CBR (%)	Cemento (%)
1	Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta + Base granular.	53	3,5
2	Fresado con fresadora – Av. González Suárez + Base granular.	48	4,5

**Tabla 14.** Porcentajes de cemento para la mezcla de hormigón asfáltico (7cm) con base granular (13cm) y cemento Portland.

*Fuente: Los Autores.*

#### 4.4.2 Porcentaje de humedad.

Esta característica física de la mezcla se debe verificar obligatoriamente según la normativa correspondiente previo a la ejecución de los ensayos de compactación y CBR, puesto que el contenido de humedad varía por el contenido de cemento y el cambio de temperatura, más aún si el ensayo no es realizado inmediatamente.



Luego de la toma de muestras y posteriormente dejadas en el horno durante aproximadamente 24 horas, el porcentaje de humedad se obtiene mediante la siguiente formula:

$$\% \text{Porcentaje de humedad} = \frac{P_{hr} - P_{sr}}{P_{sr} - r} * 100$$

Donde:

***P<sub>hr</sub>***: Peso húmedo de la mezcla (hormigón asfáltico + base granular + cemento Portland) + recipiente.

***P<sub>sr</sub>***: Peso seco de la mezcla (hormigón asfáltico + base granular + cemento Portland) + recipiente.

***r***: Peso del recipiente.

#### **4.4.3 Compactación.**

El ensayo de compactación para esta mezcla asimismo requiere de 5 especímenes de 5500 gramos cada uno, con cantidades específicas de hormigón asfáltico reciclado, base granular y cemento Portland, en donde los dos primeros deben definirse según el peso específico de cada uno para diferentes combinaciones de espesores, mientras que, sus porcentajes de cemento deben establecerse en base a los rangos expuestos por la NEVI-12 VOL 3.

Con los porcentajes de cemento sugeridos en el ejemplo anterior para este caso, se presentan a continuación las muestras utilizadas y sus cantidades específicas de cada material respecto a cada mezcla:



PROPORCIONES PARA EL ENSAYO HORMIGÓN ASFÁLTICO (7 cm) + BASE GRANULAR (9 cm)				
<b>Muestra 1:</b> Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.				
Hormigón asfáltico reciclado	Grueso (%) =	22,61	EN Kg =	1243,77
	Fino (%) =	18,70	EN Kg =	1028,28
Base granular	Grueso (%) =	38,80	EN Kg =	2133,91
	Fino (%) =	17,89	EN Kg =	984,04
Cemento Portland	(%)	2	EN Kg =	110
<b>TOTAL=</b>	Grueso + Fino (%) =	100	EN Kg =	<b>5500</b>
<b>Muestra 2:</b> Fresado con fresadora – Av. González Suárez.				
Hormigón asfáltico reciclado	Grueso (%) =	23,72	EN Kg =	1304,48
	Fino (%) =	17,09	EN Kg =	940,07
Base granular	Grueso (%) =	38,55	EN Kg =	2120,16
	Fino (%) =	17,64	EN Kg =	970,29
Cemento Portland	(%)	3	EN Kg =	165
<b>TOTAL=</b>	Grueso + Fino (%) =	100	EN Kg =	<b>5500</b>

**Tabla 15.** Proporciones para la mezcla de hormigón asfáltico (7cm) con base granular (9cm) y cemento Portland.

*Fuente: Los Autores.*

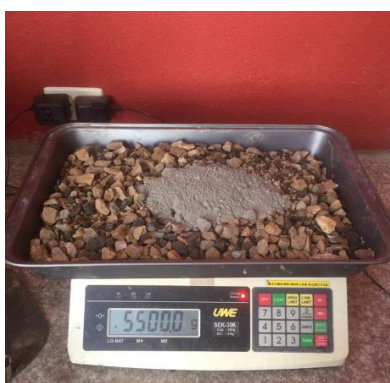
PROPORCIONES PARA EL ENSAYO HORMIGÓN ASFÁLTICO (7 cm) + BASE GRANULAR (13 cm)				
<b>Muestra 1:</b> Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.				
Hormigón asfáltico reciclado	Grueso (%) =	22,24	EN Kg =	1223,15
	Fino (%) =	18,32	EN Kg =	1007,66
Base granular	Grueso (%) =	38,42	EN Kg =	2113,29
	Fino (%) =	17,52	EN Kg =	963,42
Cemento Portland	(%)	3,5	EN Kg =	192,5
<b>TOTAL=</b>	Grueso + Fino (%) =	100	EN Kg =	<b>5500</b>
<b>Muestra 2:</b> Fresado con fresadora – Av. González Suárez.				
Hormigón asfáltico reciclado	Grueso (%) =	23,34	EN Kg =	1283,855
	Fino (%) =	16,72	EN Kg =	919,445
Base granular	Grueso (%) =	38,17	EN Kg =	2099,535
	Fino (%) =	17,27	EN Kg =	949,665
Cemento Portland	(%)	4,5	EN Kg =	247,5
<b>TOTAL=</b>	Grueso + Fino (%) =	100	EN Kg =	<b>5500</b>

**Tabla 16.** Proporciones para la mezcla de hormigón asfáltico (7cm) con base granular (13cm) y cemento Portland.

*Fuente: Los Autores.*

En cuanto al procedimiento del ensayo, se debe emplear el mismo que para el hormigón asfáltico reciclado, descrito en la sección 4.1.6. Sin embargo, durante el cumplimiento del ensayo también es necesario tomar en consideración lo expuesto en el numeral 4.3.3, principalmente para ejecutar el ensayo con las mismas cantidades de hormigón asfáltico y base, teniendo en cuenta además los siguientes puntos:

- Mezclar uniformemente los 5500 gramos de hormigón asfáltico reciclado + base, antes de adicionar el cemento.
- Una vez realizado el primer punto, sustraer la cantidad adecuada de material a ser reemplazada por el cemento.
- Colocar en una sola bandeja los 5500 gramos de material con las cantidades específicas de hormigón asfáltico reciclado, base granular y cemento Portland.



**Ilustración 59.** Pesaje de los materiales en las cantidades específicas.

*Fuente: Los Autores.*

- Mezclar de forma homogénea el hormigón asfáltico reciclado con la base granular y el cemento Portland, de tal manera que no existan variaciones durante la ejecución del ensayo.



**Ilustración 60.** Mezcla homogénea de los materiales previo al ensayo de compactación.

*Fuente: Los Autores.*

- Una vez homogenizada la mezcla, colocar de manera uniforme la cantidad específica de agua para cada espécimen y mezclar de tal forma que toda la muestra presente el mismo contenido de humedad previo a la compactación.
- En los moldes adecuados y con la ayuda de un pisón, compactar el material en 5 capas de 56 golpes cada una, tratando de poner la misma cantidad de material en cada capa a compactar.
- Finalmente, enrazar y pesar el material con el molde sin perder las partículas finas, con la finalidad de evitar la pérdida de cemento contenido en la muestra.

El proceso descrito en la sección 4.1.6, junto con lo especificado en el numeral 4.3.3 y considerando los puntos anteriores, debe ser repetido para los 5 especímenes de cada muestra, teniendo en cuenta las cantidades adicionadas de cada material.

#### **4.4.4 Ensayo CBR.**

Para realizar los ensayos de CBR, se preparan 3 fundas de acuerdo a las cantidades determinadas en el numeral 4.4.3 y a la normativa correspondiente para el caso de la presente investigación, o de acuerdo a las cantidades establecidas según sea el caso. El proceso del



---

ensayo y los cálculos para la mezcla de hormigón asfáltico reciclado + base granular + cemento Portland es el mismo que se muestra en el numeral 4.1.7, teniendo en cuenta que, aunque no presentan ningún esponjamiento ni variación en cuanto a su volumen, se los debe dejar en el agua y tomar lectura del esponjamiento durante un periodo de 4 días.



---

## **CAPITULO 5**

### **RESULTADOS**

Como objetivo principal del proyecto se tenía previsto el análisis del hormigón asfáltico reciclado, el cual posteriormente en función de sus resultados debía ser ensayado mediante la mezcla con cemento Portland para determinar el aumento de sus características mecánicas, y con ello, establecer si este material se puede reutilizar como base o subbase en la estructura de los pavimentos flexibles. Sin embargo, durante el análisis del material recuperado de la carpeta asfáltica, sorpresivamente los resultados no fueron los esperados, por lo que se procedió a realizar el análisis del hormigón asfáltico con la adición de base granular previo a la adición de cemento para verificar la mejora de sus propiedades.

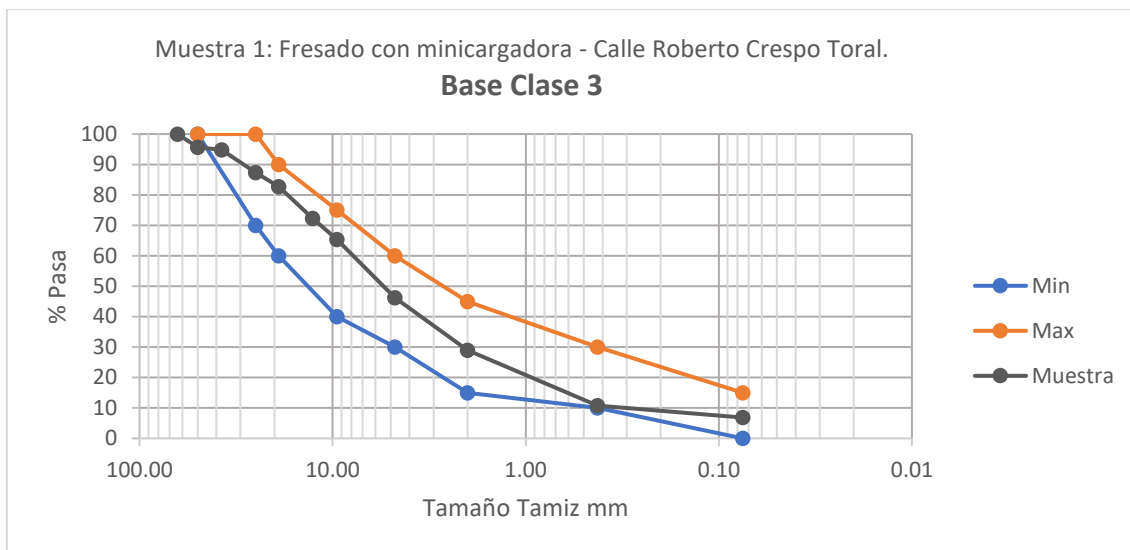
De este modo, los resultados que se muestran a continuación, fueron obtenidos en base a cada uno de los resultados de los ensayos precedentes.

#### **5.1 Hormigón asfáltico reciclado**

##### **5.1.1 Clasificación granulométrica según la NEVI-12.**

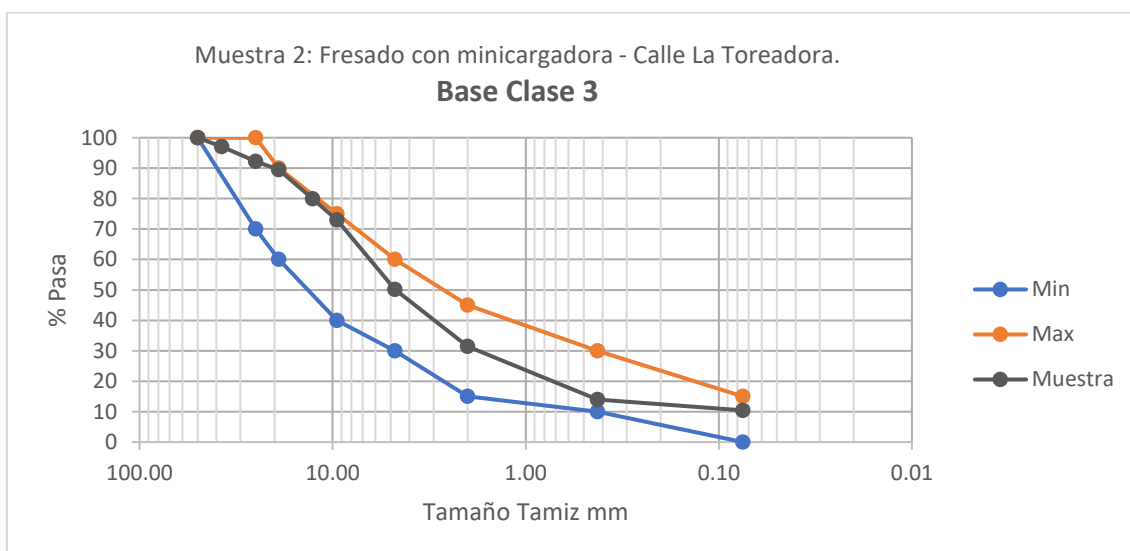
Utilizando como herramienta principal las fajas granulométricas de base y subbase que presenta la NEVI-12, se obtuvo como resultado general que el material proveniente del fresado de la carpeta asfáltica, ya sea con minicargadora o fresadora, resulta una Base Clase 3 mediante el análisis de granulometría sin ningún tipo de trituración previo a los ensayos, es decir, utilizando el material en su estado natural luego del fresado.

Las fajas granulométricas de las 8 muestras recolectadas para la investigación dentro del cantón Cuenca, que justifican la igualdad de los resultados, son expuestas a continuación:



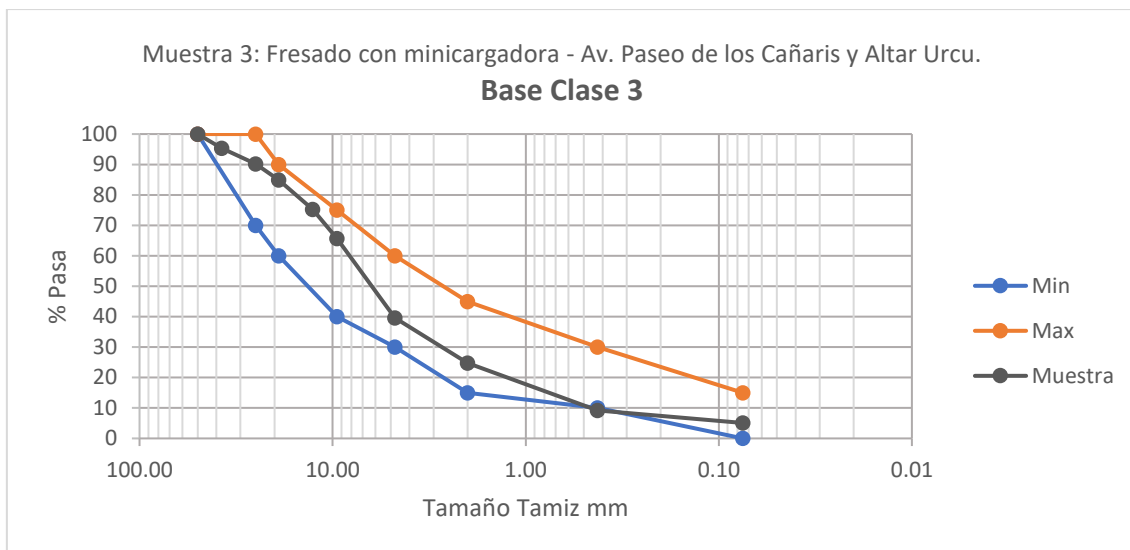
**Ilustración 61.** Curva granulométrica de la muestra 1: Calle Roberto Crespo Toral.

*Fuente: Los Autores.*



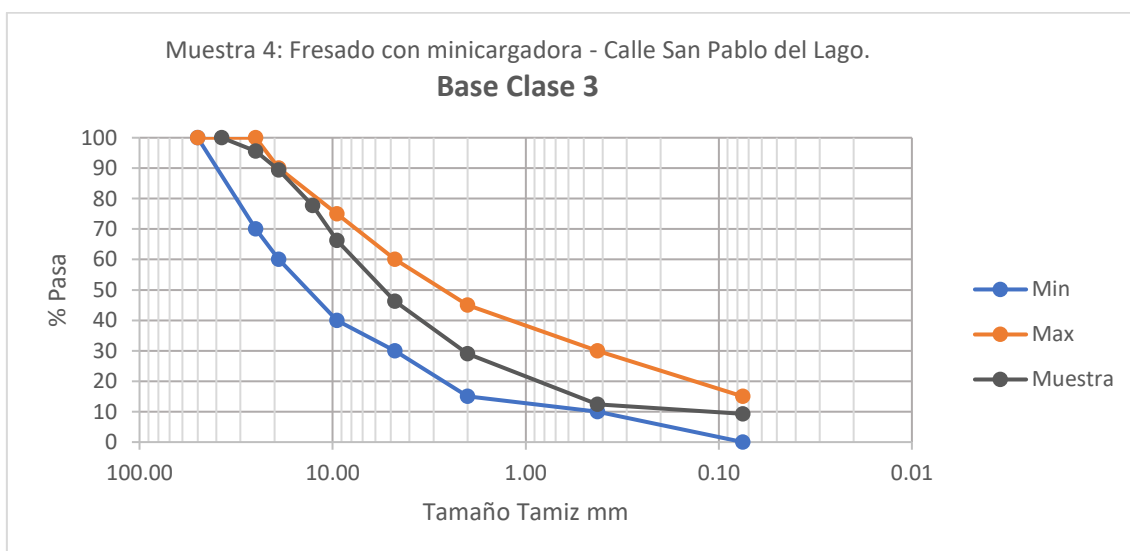
**Ilustración 62.** Curva granulométrica de la muestra 2: Calle La Toreadora.

*Fuente: Los Autores.*



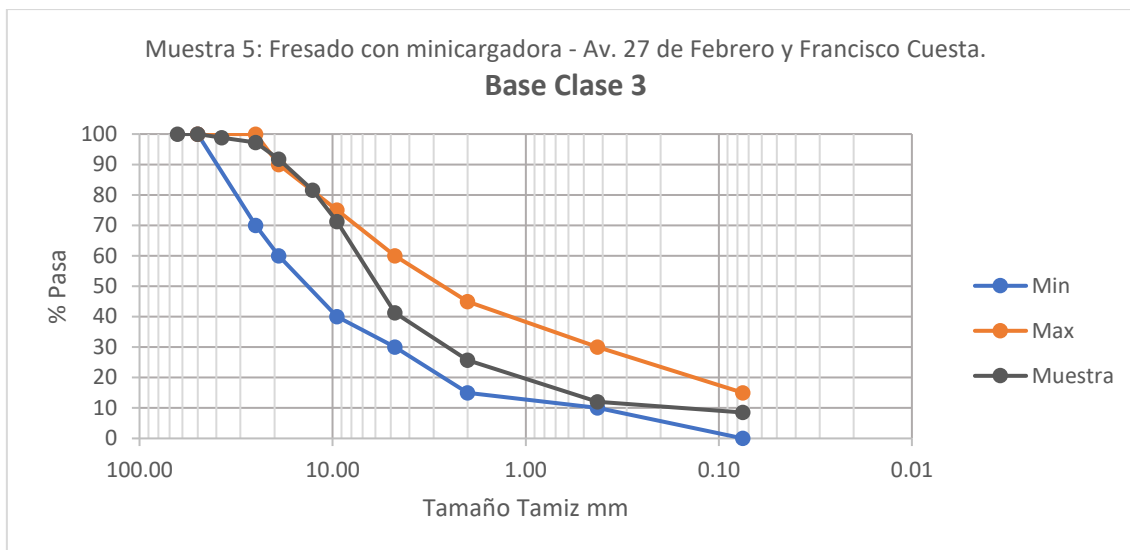
**Ilustración 63.** Curva granulométrica de la muestra 3: Av. Paseo de los Cañaris y Altar Urcu.

*Fuente: Los Autores.*



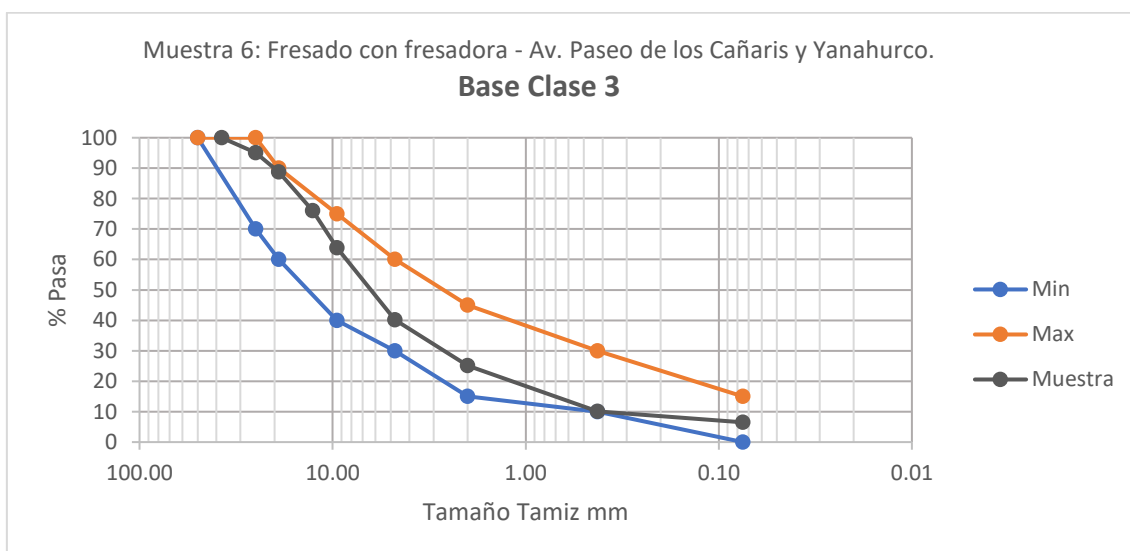
**Ilustración 64.** Curva granulométrica de la muestra 4: Calle San Pablo del Lago.

*Fuente: Los Autores.*



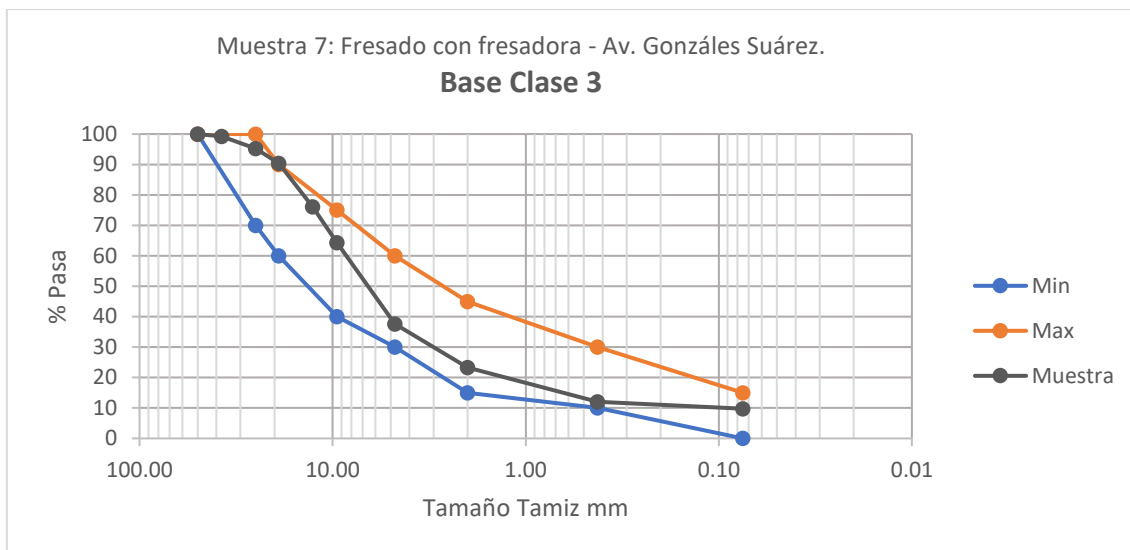
**Ilustración 65.** Curva granulométrica de la muestra 5: Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.

*Fuente: Los Autores.*



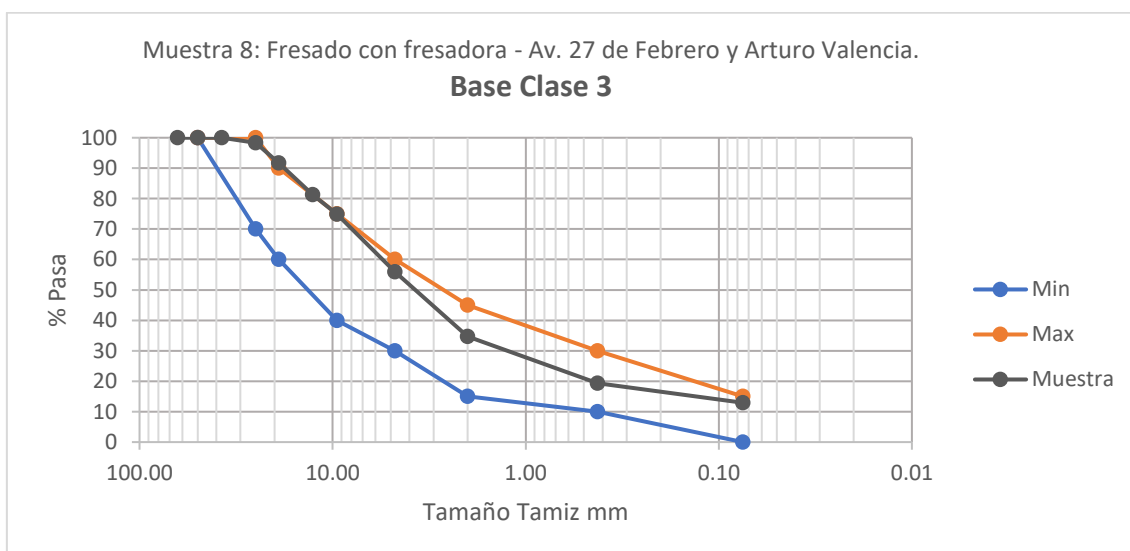
**Ilustración 66.** Curva granulométrica de la muestra 6: Av. Paseo de los Cañaris y Yanahurco.

*Fuente: Los Autores.*



**Ilustración 67.** Curva granulométrica de la muestra 7: Av. González Suárez.

*Fuente: Los Autores.*



**Ilustración 68.** Curva granulométrica de la muestra 8: Av. 27 de Febrero y Arturo Valencia.

*Fuente: Los Autores.*

### 5.1.2 Límites de Atterberg.

Durante la ejecución de los ensayos de límite líquido y límite plástico, se determinó que el agregado fino del hormigón asfáltico reciclado no tiene cohesión, debido a que este no es capaz de ser moldeado durante la mezcla con agua, por lo que se le ha definido como un



material con plasticidad nula o No Plástico (NP). Estos resultados encajan con lo establecido por la NEVI-12 para bases y subbases, en donde se dice que el índice de plasticidad de estos materiales no debe superar el 6%.

### 5.1.3 Densidad seca máxima y humedad óptima.

Como resultados del ensayo de compactación realizado para las 6 muestras seleccionadas, 3 de fresado con minicargadora y 3 con fresadora, se obtuvo que la densidad seca máxima del hormigón asfáltico reciclado oscila entre 1800 y 2000 kg/m<sup>3</sup>, dando como dato promedio 1874 kg/m<sup>3</sup> para las muestras analizadas, mientras que, el porcentaje de humedad óptima se encuentra alrededor del 9%, cuyos datos generales y de cada muestra en particular se muestran a continuación.

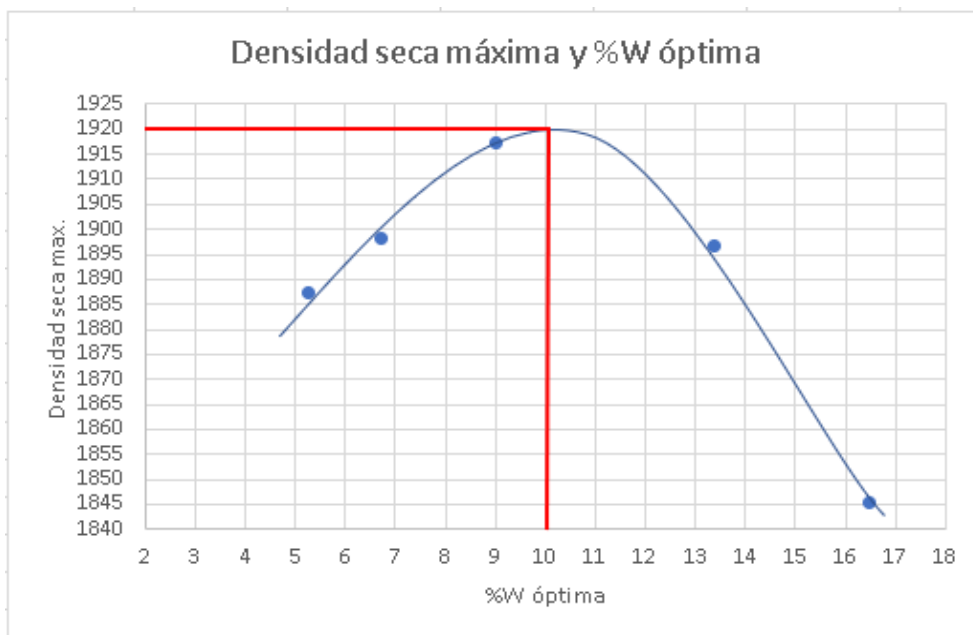
TABLA RESUMEN					
DENSIDAD SECA MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA					
HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO					
Muestra	Calle	Densidad seca max. (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad seca max. promedio (kg/m <sup>3</sup> )	%W óptima	%W óptima promedio
1	Fresado con minicargadora – Calle Roberto Crespo Toral.	1920	1874	10	9
2	Fresado con minicargadora – Calle La Toreadora.	1818		6,2	
3	Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.	1870		7,1	
4	Fresado con fresadora – Av. Paseo de los Cañaris y Yanahurco.	1884		13,5	
5	Fresado con fresadora – Av. González Suárez.	1863		7,5	
6	Fresado con fresadora – Av. 27 de Febrero. Y Arturo Valencia.	1891		8,8	

**Tabla 17.** Tabla resumen de densidades secas máximas y humedades óptimas del hormigón asfáltico reciclado.

*Fuente: Los Autores.*



- **Muestra 1:** Fresado con minicargadora – Calle Roberto Crespo Toral.



**Ilustración 69.** Densidad seca máxima y porcentaje de humedad óptima, Calle Roberto Crespo Toral.

*Fuente: Los Autores.*

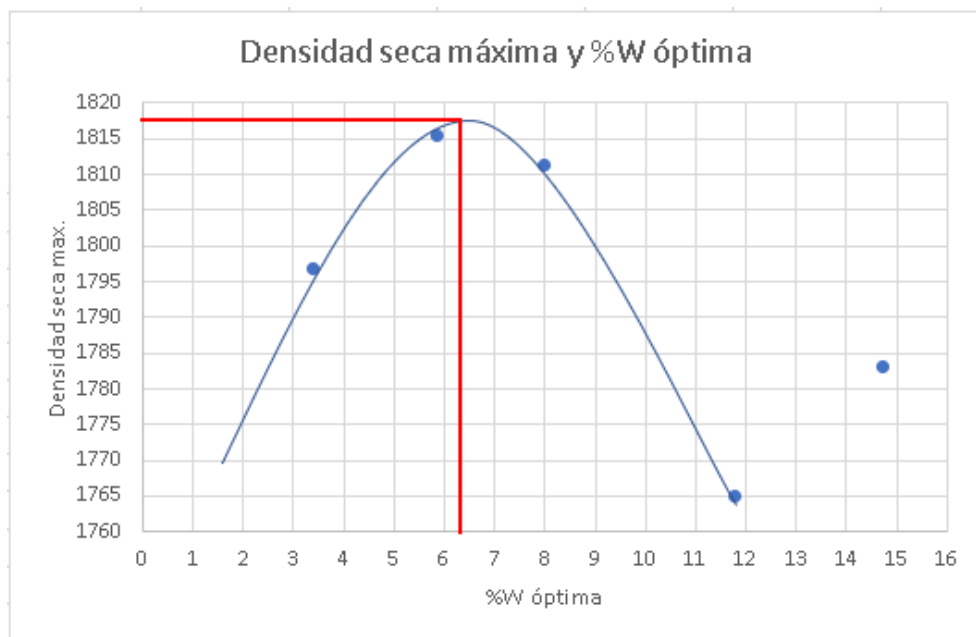
RESULTADOS DE COMPACTACIÓN (PROCTOR ESTÁNDAR MODIFICADO)		
Densidad seca max.	1920	kg/m3
Humedad óptima	10	%

**Tabla 18.** Resultados de compactación, Calle Roberto Crespo Toral.

*Fuente: Los Autores.*



- **Muestra 2:** Fresado con minicargadora – Calle La Toreadora.



**Ilustración 70.** Densidad seca máxima y porcentaje de humedad óptima, Calle La Toreadora.

*Fuente: Los Autores.*

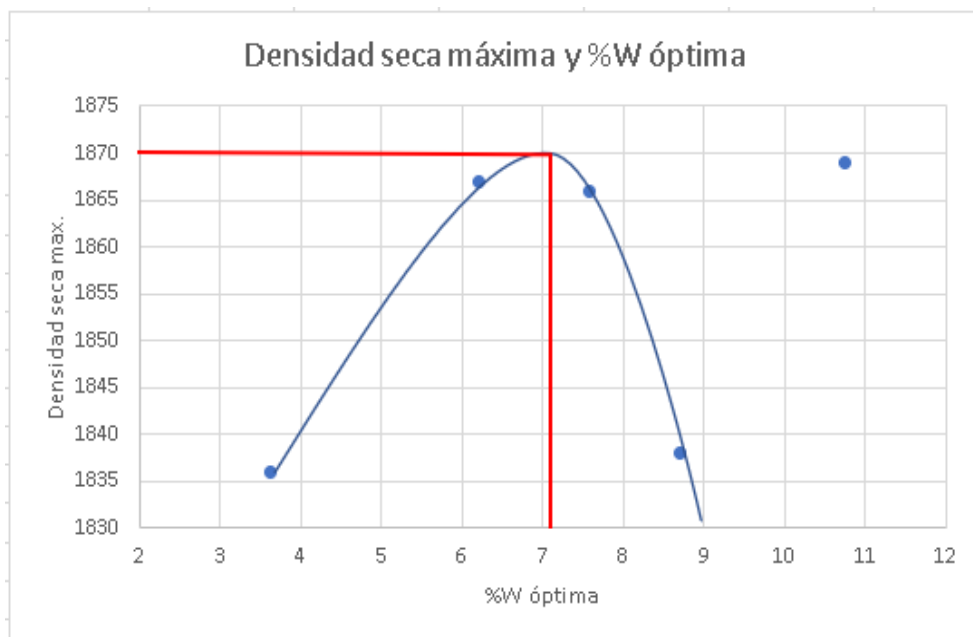
RESULTADOS DE COMPACTACIÓN (PROCTOR ESTÁNDAR MODIFICADO)		
Densidad seca max.	1818	kg/m3
Humedad óptima	6,2	%

**Tabla 19.** Resultados de compactación, Calle La Toreadora.

*Fuente: Los Autores.*



- **Muestra 3:** Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.



**Ilustración 71.** Densidad seca máxima y porcentaje de humedad óptima, Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.

*Fuente: Los Autores.*

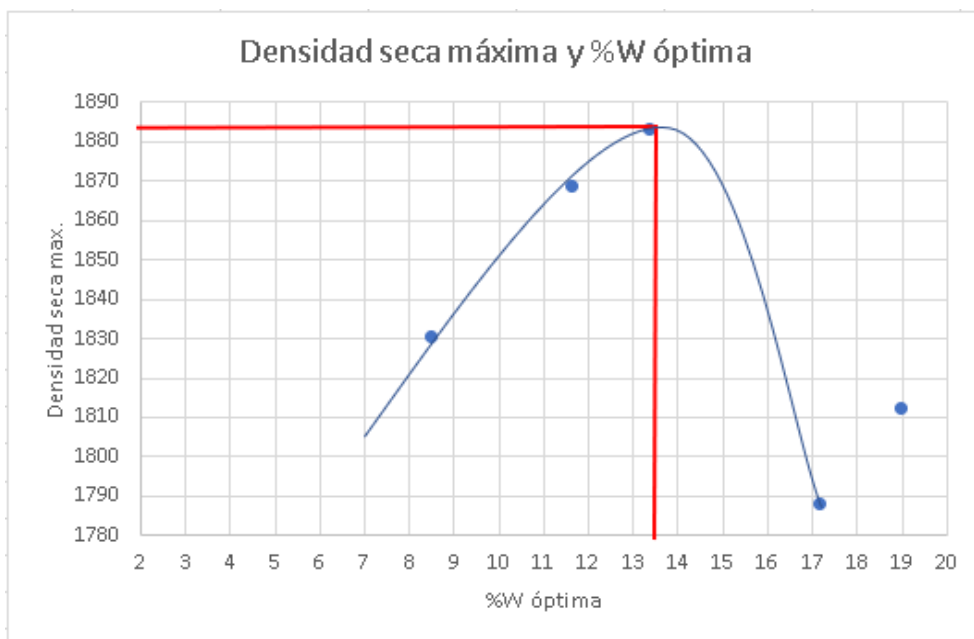
RESULTADOS DE COMPACTACIÓN (PROCTOR ESTÁNDAR MODIFICADO)		
Densidad seca max.	1870	kg/m3
Humedad óptima	7,1	%

**Tabla 20.** Resultados de compactación, Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.

*Fuente: Los Autores.*



- **Muestra 4:** Fresado con fresadora – Av. Paseo de los Cañaris y Yanahurco.



**Ilustración 72.** Densidad seca máxima y porcentaje de humedad óptima, Av. Paseo de los Cañaris y Yanahurco.

*Fuente: Los Autores.*

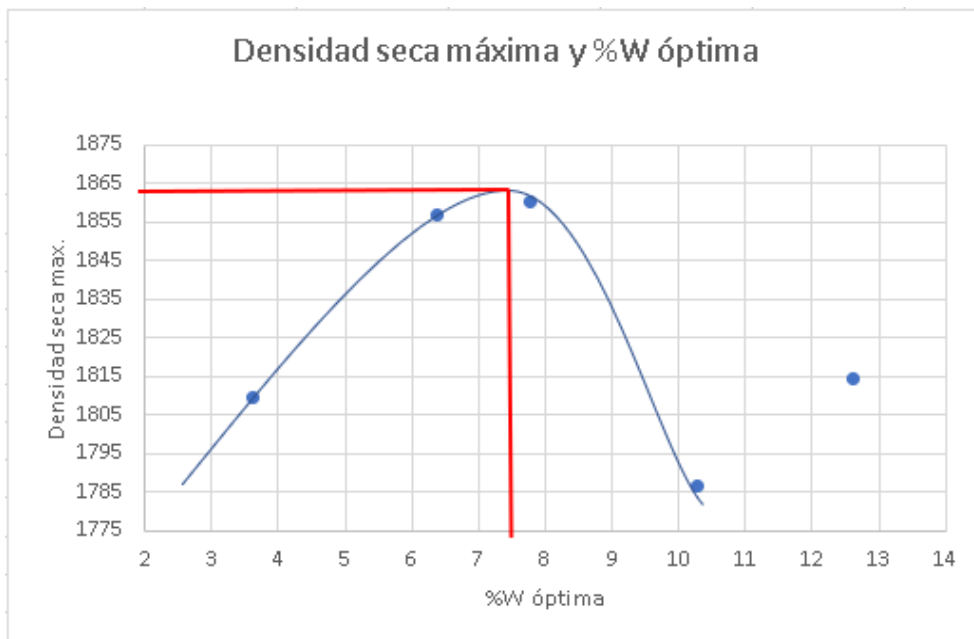
RESULTADOS DE COMPACTACIÓN (PROCTOR ESTÁNDAR MODIFICADO)		
Densidad seca max.	1884	kg/m <sup>3</sup>
Humedad óptima	13,5	%

**Tabla 21.** Resultados de compactación, Av. Paseo de los Cañaris y Yanahurco.

*Fuente: Los Autores.*



- **Muestra 5:** Fresado con fresadora – Av. González Suárez.



**Ilustración 73.** Densidad seca máxima y porcentaje de humedad óptima, Av. Gonzáles Suárez.

*Fuente: Los Autores.*

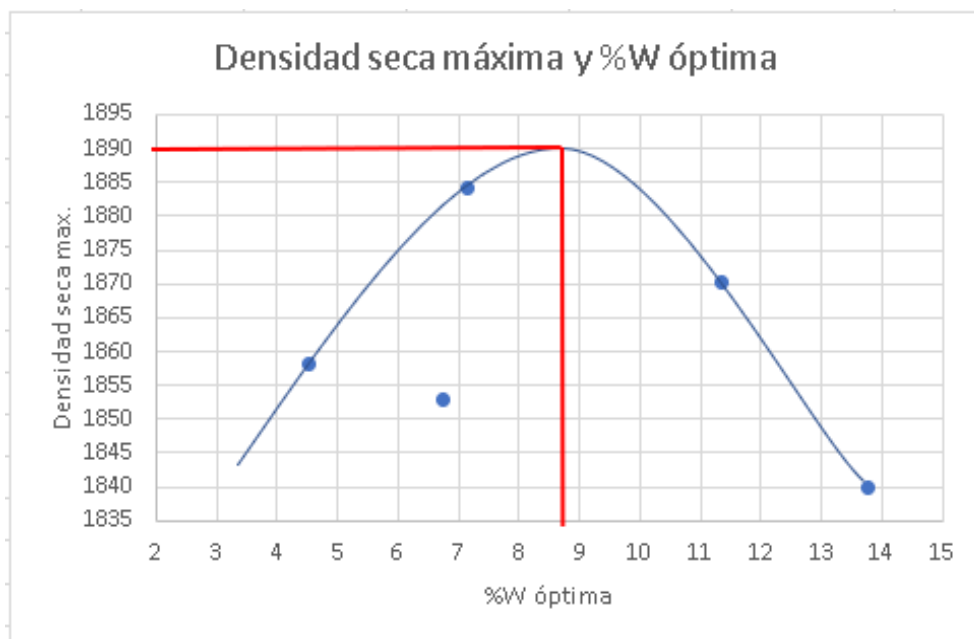
RESULTADOS DE COMPACTACIÓN (PROCTOR ESTÁNDAR MODIFICADO)		
Densidad seca max.	1863	kg/m3
Humedad óptima	7,5	%

**Tabla 22.** Resultados de compactación, Av. Gonzáles Suárez.

*Fuente: Los Autores.*



- **Muestra 6:** Fresado con fresadora – Av. 27 de Febrero y Arturo Valencia.



**Ilustración 74.** Densidad seca máxima y porcentaje de humedad óptima, Av. 27 de Febrero y Arturo Valencia.

*Fuente: Los Autores.*

RESULTADOS DE COMPACTACIÓN (PROCTOR ESTÁNDAR MODIFICADO)		
Densidad seca max.	1891	kg/m <sup>3</sup>
Humedad óptima	8,8	%

**Tabla 23.** Resultados de compactación, Av. 27 de Febrero y Arturo Valencia.

*Fuente: Los Autores.*



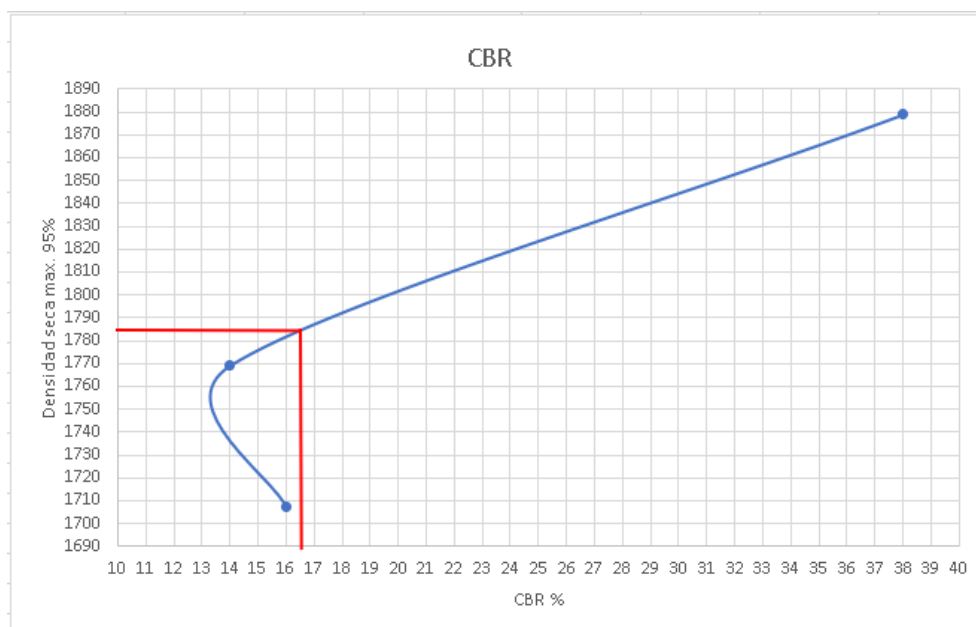
5.1.4 CBR.

TABLA RESUMEN		
CBR		
HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO		
Muestra	Calle	CBR (%)
1	Fresado con minicargadora – Calle Roberto Crespo Toral.	16,5
2	Fresado con minicargadora – Calle La Toreadora.	13,2
3	Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.	12,9
4	Fresado con fresadora – Av. Paseo de los Cañaris y Yanahurco.	12
5	Fresado con fresadora – Av. González Suárez.	16
6	Fresado con fresadora – Av. 27 de Febrero. Y Arturo Valencia.	20,8

**Tabla 24.** Tabla resumen de CBR del hormigón asfáltico reciclado.

*Fuente: Los Autores.*

- **Muestra 1:** Fresado con minicargadora – Calle Roberto Crespo Toral.



**Ilustración 75.** CBR, Calle Roberto Crespo Toral.

*Fuente: Los Autores.*

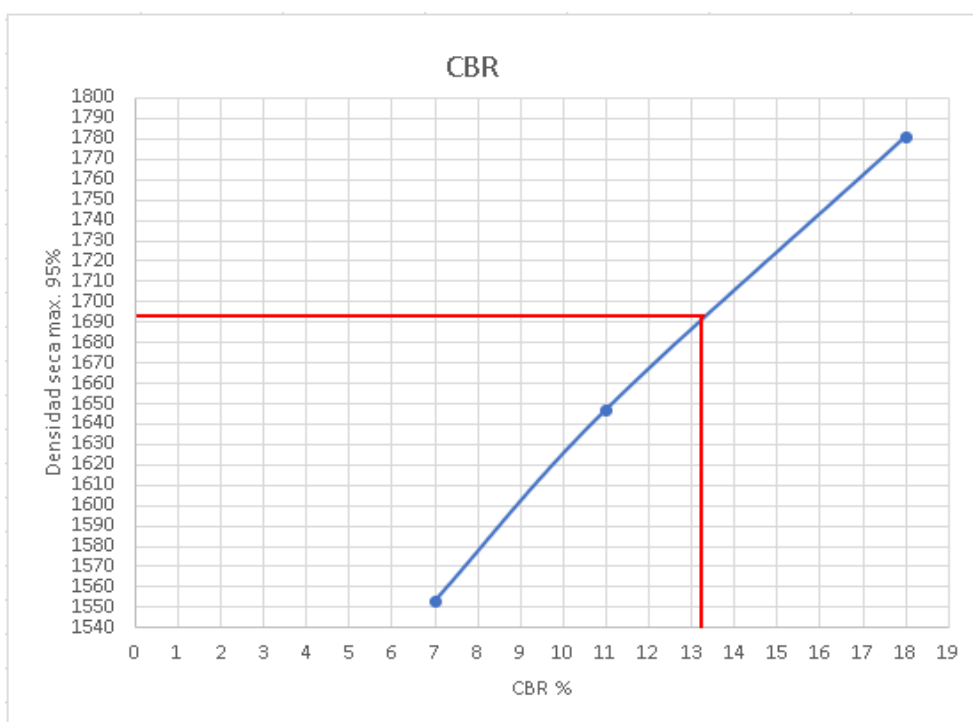


RESULTADOS DE CBR		
Densidad seca max.	1879	kg/m <sup>3</sup>
Densidad seca max. 95%	1785	kg/m <sup>3</sup>
CBR	16,5	%

**Tabla 25.** Resultados de CBR, Calle Roberto Crespo Toral.

*Fuente: Los Autores.*

- **Muestra 2:** Fresado con minicargadora – Calle La Toreadora.



**Ilustración 76.** CBR, Calle La Toreadora.

*Fuente: Los Autores.*

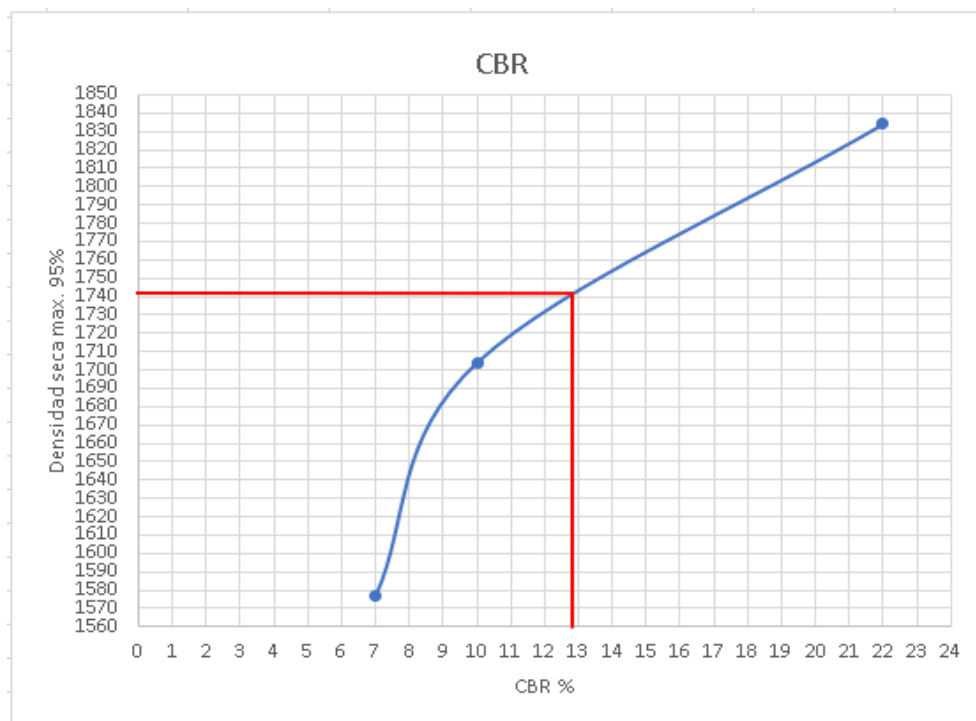
RESULTADOS DE CBR		
Densidad seca max.	1781	kg/m <sup>3</sup>
Densidad seca max. 95%	1692	kg/m <sup>3</sup>
CBR	13,2	%

**Tabla 26.** Resultados de CBR, Calle La Toreadora.

*Fuente: Los Autores.*



- **Muestra 3:** Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.



**Ilustración 77.** CBR, Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.

*Fuente: Los Autores.*

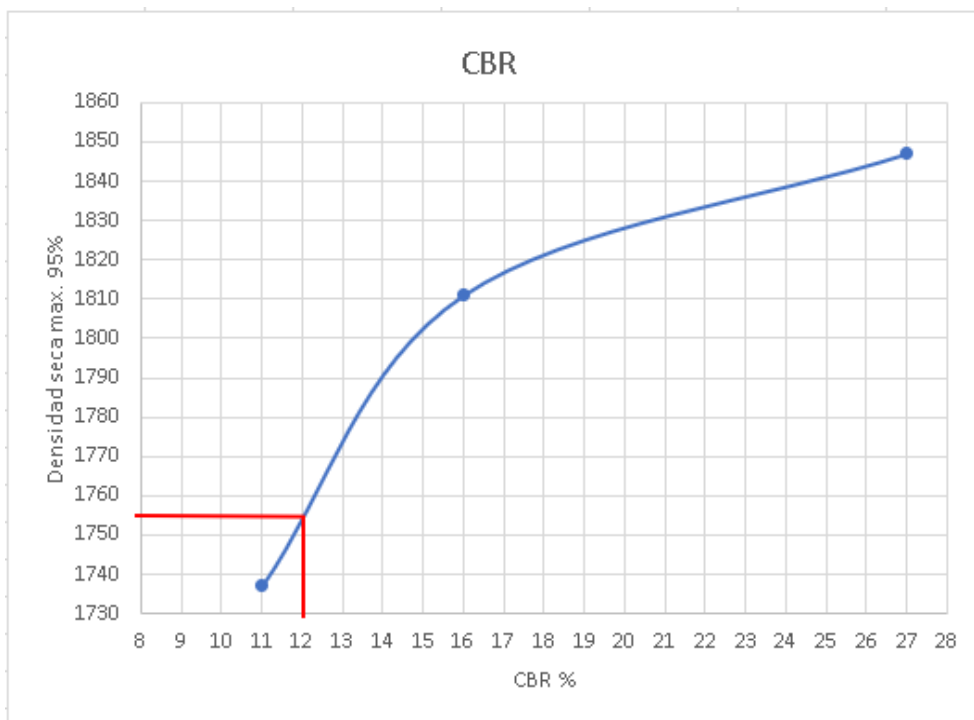
RESULTADOS DE CBR		
Densidad seca max.	1834	kg/m <sup>3</sup>
Densidad seca max. 95%	1742	kg/m <sup>3</sup>
CBR	12,9	%

**Tabla 27.** Resultados de CBR, Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.

*Fuente: Los Autores.*



- **Muestra 4:** Fresado con fresadora – Av. Paseo de los Cañaris y Yanahurco.



**Ilustración 78.** CBR, Av. Paseo de los Cañaris y Yanahurco.

*Fuente: Los Autores.*

RESULTADOS DE CBR		
Densidad seca max.	1847	kg/m <sup>3</sup>
Densidad seca max. 95%	1755	kg/m <sup>3</sup>
CBR	12	%

**Tabla 28.** Resultados de CBR, Av. Paseo de los Cañaris y Yanahurco.

*Fuente: Los Autores.*



- **Muestra 5:** Fresado con fresadora – Av. González Suárez.



**Ilustración 79.** CBR, Av. Gonzáles Suárez.

*Fuente: Los Autores.*

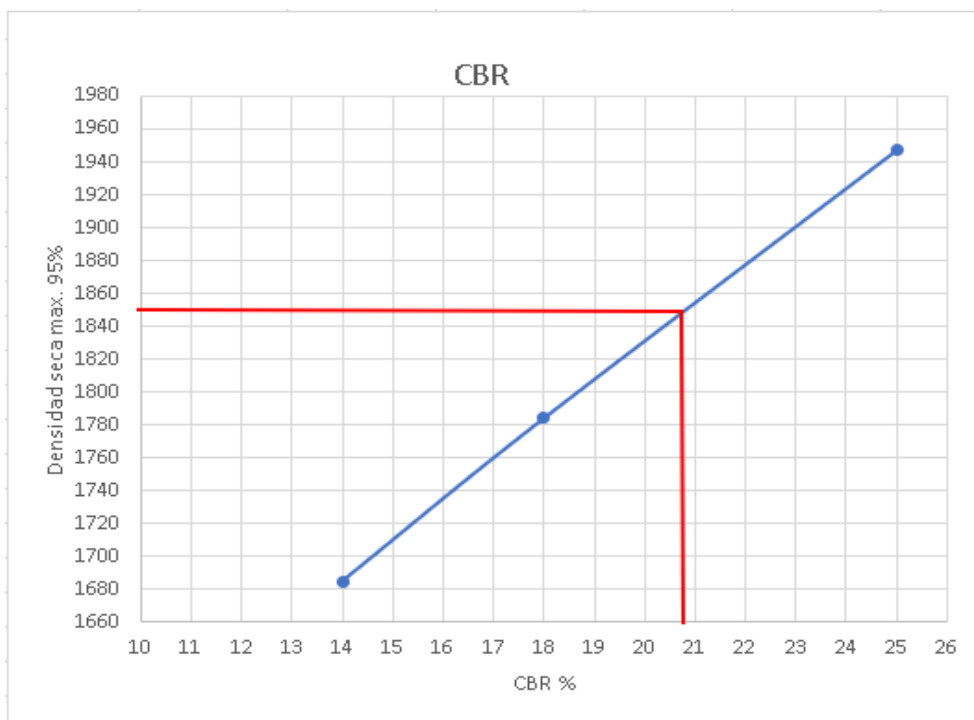
RESULTADOS DE CBR		
Densidad seca max.	1845	kg/m <sup>3</sup>
Densidad seca max. 95%	1753	kg/m <sup>3</sup>
CBR	16	%

**Tabla 29.** Resultados de CBR, Av. Gonzáles Suárez.

*Fuente: Los Autores.*



- **Muestra 6:** Fresado con fresadora – Av. 27 de Febrero y Arturo Valencia.



**Ilustración 80.** CBR, Av. 27 de Febrero y Arturo Valencia.

*Fuente: Los Autores.*

RESULTADOS DE CBR		
Densidad seca max.	1947	kg/m3
Densidad seca max. 95%	1850	kg/m3
CBR	20,8	%

**Tabla 30.** Resultados de CBR, Av. 27 de Febrero y Arturo Valencia.

*Fuente: Los Autores.*



TABLA RESUMEN GENERAL							
HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO							
Muestra	Calle	Clasificación	%Finos	%Gruesos	Densidad seca max. (kg/m <sup>3</sup> )	%W óptima	CBR (%)
1	Fresado con minicargadora – Calle Roberto Crespo Toral.	Base clase 3	56,12	43,88	1920	10	16,5
2	Fresado con minicargadora – Calle La Toreadora.	Base clase 3	56,45	43,55	1818	6,2	13,2
3	Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.	Base clase 3	45,37	54,63	1870	7,1	12,9
4	Fresado con fresadora – Av. Paseo de los Cañaris y Yanahurco.	Base clase 3	45,48	54,52	1884	13,5	12
5	Fresado con fresadora – Av. González Suárez.	Base clase 3	42,17	57,83	1863	7,5	16
6	Fresado con fresadora – Av. 27 de Febrero. Y Arturo Valencia.	Base clase 3	61,72	38,28	1891	8,8	20,8

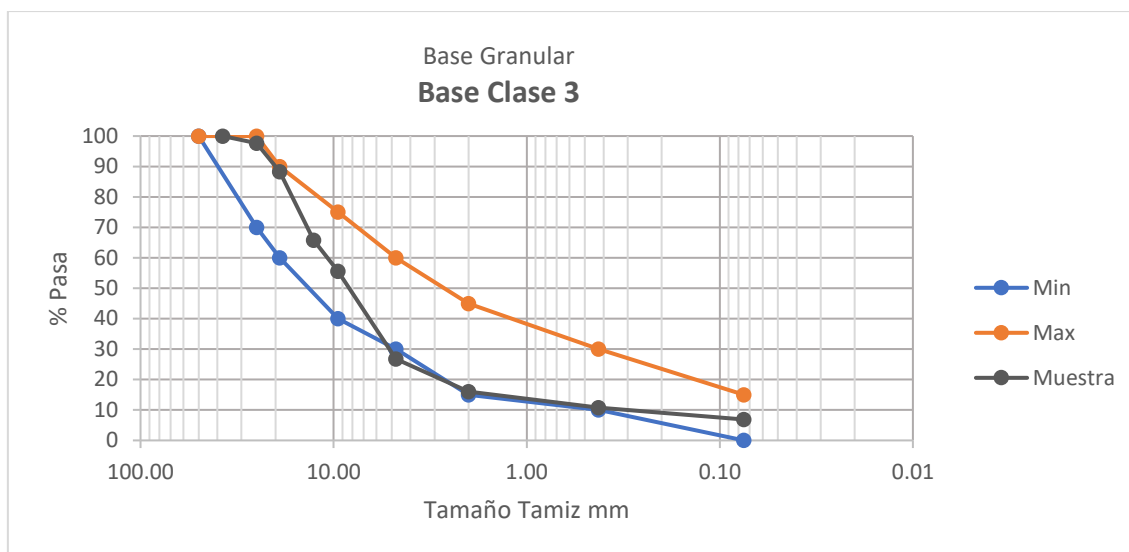
**Tabla 31.** Resumen general de los ensayos realizados a las muestras de hormigón asfáltico reciclado.

*Fuente: Los Autores.*

## 5.2 Base granular.

### 5.2.1 Clasificación granulométrica según la NEVI-12.

La base granular obtenida de una de las concesiones mineras del cantón Cuenca, y utilizada como material de adición, también dio como resultado una Base Clase 3 luego de haber sido ensayada y colocada dentro de las fajas que se establecen para la clasificación granulométricas de bases, según la NEVI-12.



**Ilustración 81.** Curva granulométrica de la base granular utilizada como material de adición.

*Fuente: Los Autores.*

TABLA RESUMEN GENERAL							
BASE GRANULAR							
Muestra	Material	Clasificación	%Finos	%Gruesos	Densidad seca max. (kg/m3)	%W óptima	CBR (%)
1	Base granular	Base clase 3	31,88	68,12	-	-	-

**Tabla 32.** Resumen general de los ensayos realizados a la muestra de base granular.

*Fuente: Los Autores.*

### 5.3 Hormigón asfáltico reciclado + Base granular.

Al mezclar el hormigón asfáltico reciclado con base granular, se tenía proyectado que el CBR de las muestras alcancen por lo menos el 80 % como mínimo establecido en la normativa ecuatoriana NEVI-12 para un material base, considerando que el hormigón asfáltico reciclado está definido como una Base Clase 3.

Para tratar de cumplir con este objetivo se analizaron 2 estructuras con diferentes espesores de capas, como se mencionó en el capítulo anterior. La primera combinación de espesores consistía en 7 cm de hormigón asfáltico reciclado y 9 cm de base granular, cuyo caso



no cumplió con lo establecido en la NEVI-12 para considerar el material como una base, aunque si existió una mejoría poco relevante en las densidades y el CBR. La segunda combinación de espesores en cambio, consistía en 7cm de hormigón asfáltico reciclado y 13 cm de base granular, y aunque con estos espesores tampoco se logró cumplir con las exigencias de una base, el material logró presentar una mejoría bastante notable en las densidades y el CBR de las dos muestras analizadas.

Cabe recalcar que, en estas condiciones, la mezcla de hormigón asfáltico con base granular cumple con los parámetros de CBR que se establecen en la NEVI-12 para una subbase, cuyos rangos están definidos entre 30% y 80%.

A continuación, se presentan las tablas resumen de densidades secas, porcentajes de humedad óptima y CBR, posterior a las cuales se presenta además los resultados de cada una de las muestras ensayadas dentro de su respectiva combinación de espesores.

### 5.3.1 Densidad seca máxima y humedad óptima.

#### 5.3.1.1 Hormigón asfáltico reciclado (7cm) + base granular (9cm).

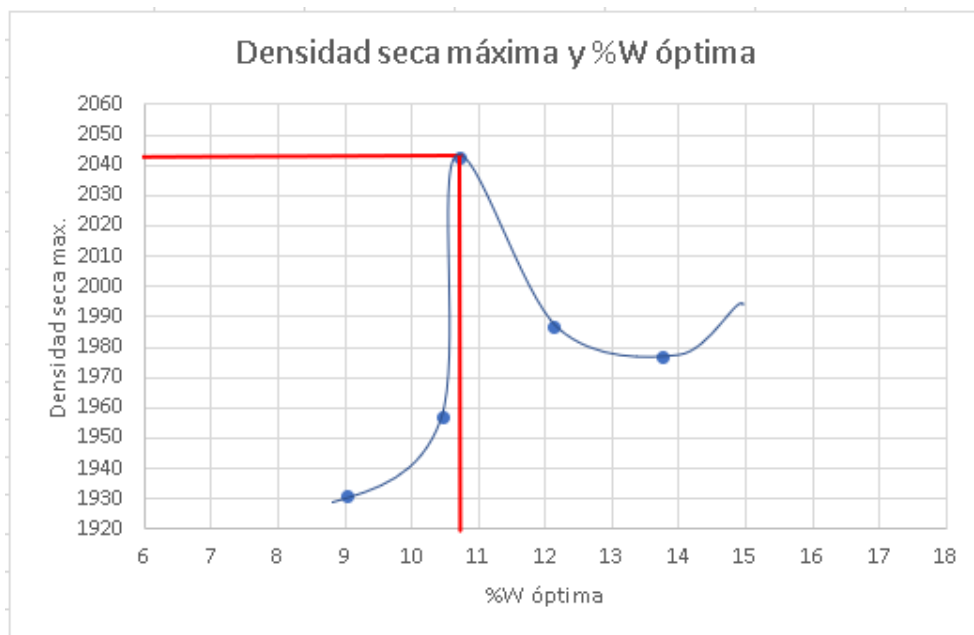
TABLA RESUMEN					
DENSIDAD SECA MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA					
HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO (7cm) + BASE GRANULAR (9cm)					
Muestra	Calle	Densidad seca max. (kg/m3)	Densidad seca max. promedio (kg/m3)	%W óptima	%W óptima promedio
1	Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.	2042	2011	10,7	10
2	Fresado con fresadora – Av. González Suárez.	1980		9,7	

**Tabla 33.** Tabla resumen de densidades secas máximas y humedades óptimas de hormigón asfáltico reciclado (7cm) con base granular (9cm).

*Fuente: Los Autores.*



- **Muestra 1:** Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.



**Ilustración 82.** Densidad seca máxima y porcentaje de humedad óptima, Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.

*Fuente: Los Autores.*

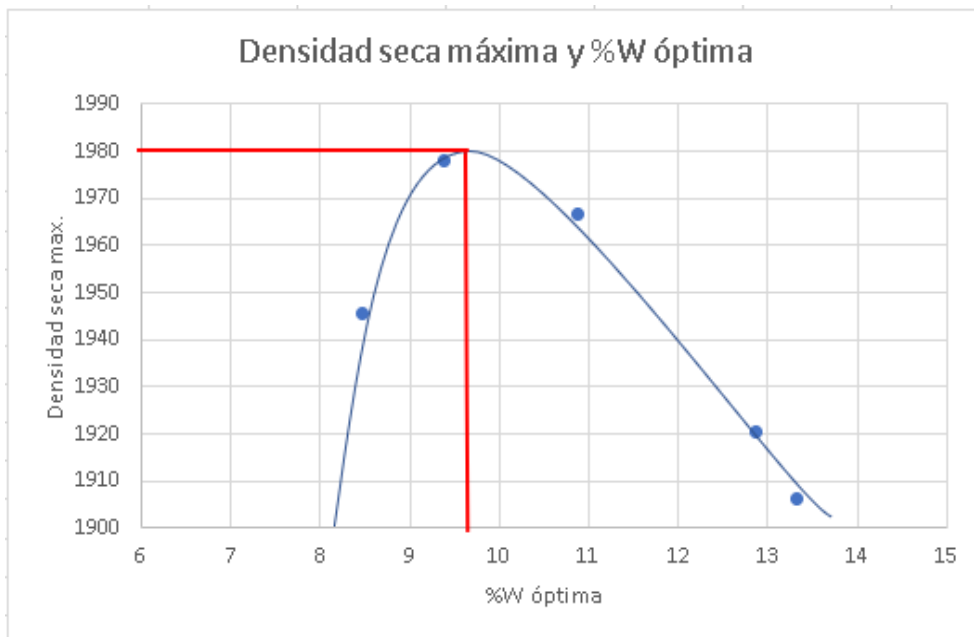
RESULTADOS DE COMPACTACIÓN (PROCTOR ESTÁNDAR MODIFICADO)		
Densidad seca max.	2042	kg/m3
Humedad óptima	10,7	%

**Tabla 34.** Resultados de compactación, Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.

*Fuente: Los Autores.*



- **Muestra 2:** Fresado con fresadora – Av. González Suárez.



**Ilustración 83.** Densidad seca máxima y porcentaje de humedad óptima, Av. Gonzáles Suárez.

*Fuente: Los Autores.*

RESULTADOS DE COMPACTACIÓN (PROCTOR ESTÁNDAR MODIFICADO)		
Densidad seca max.	1980	kg/m3
Humedad óptima	9,7	%

**Tabla 35.** Resultados de compactación, Av. Gonzáles Suárez.

*Fuente: Los Autores.*



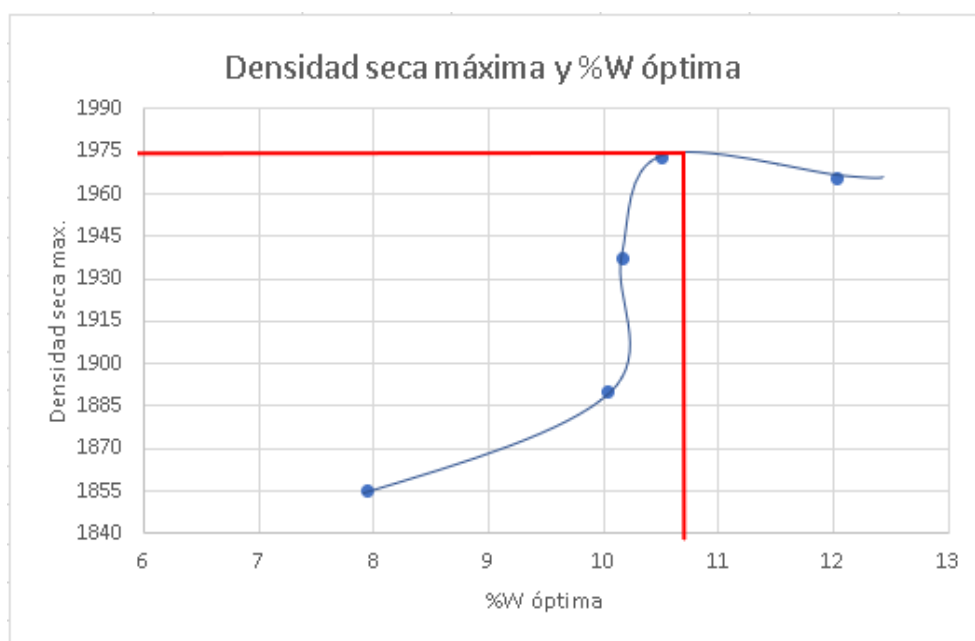
5.3.1.2 Hormigón asfáltico reciclado (7cm) + base granular (13cm).

TABLA RESUMEN					
DENSIDAD SECA MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA					
HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO (7cm) + BASE GRANULAR (13cm)					
Muestra	Calle	Densidad seca max. (kg/m3)	Densidad seca max. promedio (kg/m3)	%W óptima	%W óptima promedio
1	Fresado con fresadora – Av. Paseo de los Cañaris y Yanahurco.	1975	1971	10,7	11
2	Fresado con fresadora – Av. González Suárez.	1967		10,3	

**Tabla 36.** Tabla resumen de densidades secas máximas y humedades óptimas de hormigón asfáltico reciclado (7cm) con base granular (13cm).

Fuente: Los Autores.

- **Muestra 1:** Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.



**Ilustración 84.** Densidad seca máxima y porcentaje de humedad óptima, Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.

Fuente: Los Autores.



RESULTADOS DE COMPACTACIÓN (PROCTOR ESTÁNDAR MODIFICADO)		
Densidad seca max.	1975	kg/m3
Humedad óptima	10,7	%

**Tabla 37.** Resultados de compactación, Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.

*Fuente: Los Autores.*

- **Muestra 2:** Fresado con fresadora – Av. González Suárez.



**Ilustración 85.** Densidad seca máxima y porcentaje de humedad óptima, Av. Gonzáles Suárez.

*Fuente: Los Autores.*

RESULTADOS DE COMPACTACIÓN (PROCTOR ESTÁNDAR MODIFICADO)		
Densidad seca max.	1967	kg/m3
Humedad óptima	10,3	%

**Tabla 38.** Resultados de compactación, Av. Gonzáles Suárez.

*Fuente: Los Autores.*



5.3.2 CBR.

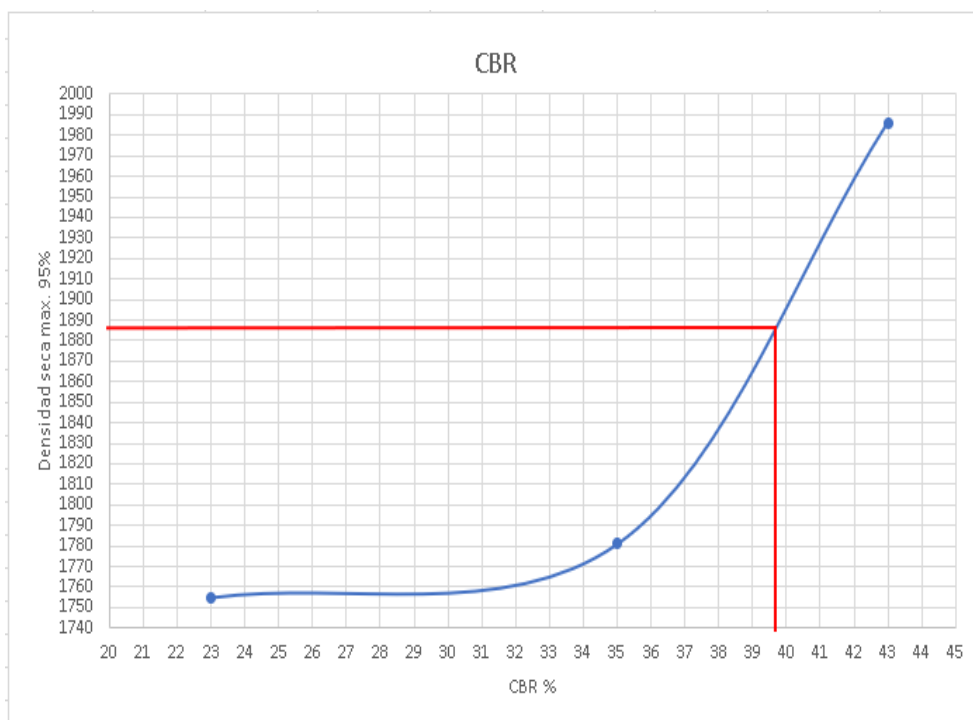
5.3.2.1 Hormigón asfáltico reciclado (7cm) + base granular (9cm).

TABLA RESUMEN		
CBR		
HORMIGÓN ASÁLTICO RECICLADO (7cm) + BASE GRANULAR (9cm)		
Muestra	Calle	CBR (%)
1	Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.	39,8
2	Fresado con fresadora – Av. González Suárez.	39

**Tabla 39.** Tabla resumen de CBR de hormigón asfáltico reciclado (7cm) con base granular (9cm).

*Fuente: Los Autores.*

- **Muestra 1:** Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.



**Ilustración 86.** CBR, Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.

*Fuente: Los Autores.*

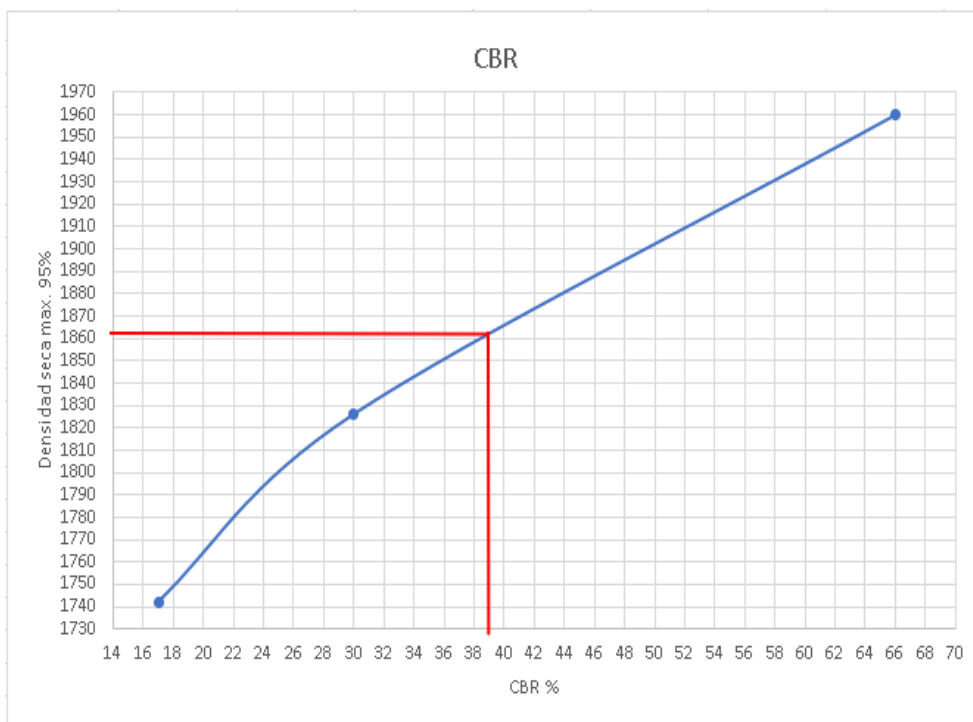


RESULTADOS DE CBR		
Densidad seca max.	1986	kg/m3
Densidad seca max. 95%	1887	kg/m3
CBR	39,8	%

**Tabla 40.** Resultados de CBR, Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.

*Fuente: Los Autores.*

- **Muestra 2:** Fresado con fresadora – Av. González Suárez.



**Ilustración 87.** CBR, Av. Gonzáles Suárez.

*Fuente: Los Autores.*

RESULTADOS DE CBR		
Densidad seca max.	1960	kg/m3
Densidad seca max. 95%	1862	kg/m3
CBR	39	%

**Tabla 41.** Resultados de CBR, Av. Gonzáles Suárez.

*Fuente: Los Autores.*



TABLA RESUMEN GENERAL							
HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO (7cm) + BASE GRANULAR (9cm)							
Muestra	Calle	Clasificación	%Finos	%Gruesos	Densidad seca max. (kg/m <sup>3</sup> )	%W óptima	CBR (%)
1	Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.	Base clase 3	37,59	62,41	2042	10,7	39,8
2	Fresado con fresadora – Av. González Suárez.	Base clase 3	36,23	63,77	1980	9,7	39

**Tabla 42.** Resumen general de los ensayos realizados con hormigón asfáltico reciclado (7cm) + base granular (9cm).

*Fuente: Los Autores.*

### 5.3.2.2 Hormigón asfáltico reciclado (7cm) + base granular (13cm).

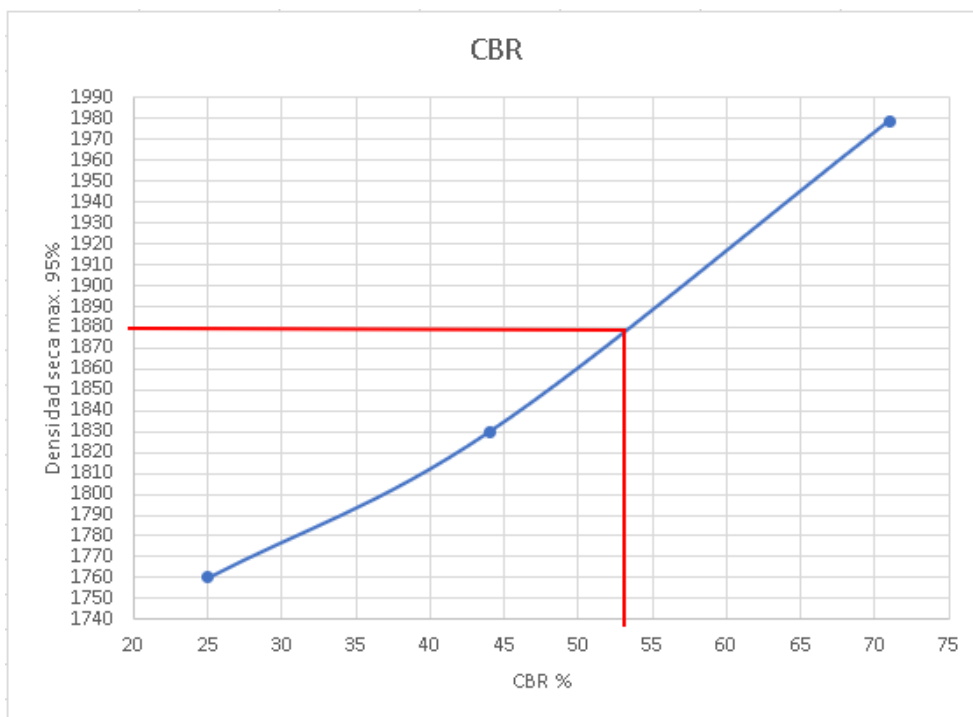
TABLA RESUMEN		
CBR		
HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO (7cm) + BASE GRANULAR (13cm)		
Muestra	Calle	CBR (%)
1	Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.	53
2	Fresado con fresadora – Av. González Suárez.	48

**Tabla 43.** Tabla resumen de CBR de hormigón asfáltico reciclado (7cm) con base granular (13cm).

*Fuente: Los Autores.*



- **Muestra 1:** Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.



**Ilustración 88.** CBR, Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.

*Fuente: Los Autores.*

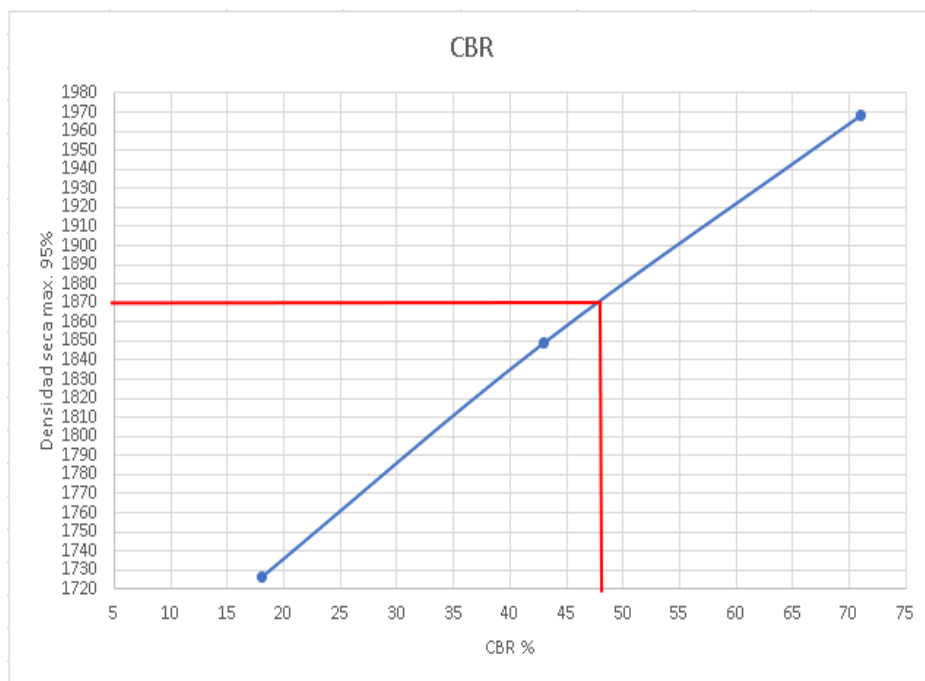
RESULTADOS DE CBR		
Densidad seca max.	1979	kg/m3
Densidad seca max. 95%	1880	kg/m3
CBR	53	%

**Tabla 44.** Resultados de CBR, Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.

*Fuente: Los Autores.*



- **Muestra 2:** Fresado con fresadora – Av. González Suárez.



**Ilustración 89.** CBR, Av. Gonzáles Suárez.

*Fuente: Los Autores.*

RESULTADOS DE CBR		
Densidad seca max.	1968	kg/m <sup>3</sup>
Densidad seca max. 95%	1870	kg/m <sup>3</sup>
CBR	48	%

**Tabla 45.** Resultados de CBR, Av. Gonzáles Suárez.

*Fuente: Los Autores.*



TABLA RESUMEN GENERAL							
HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO (7cm) + BASE GRANULAR (13cm)							
Muestra	Calle	Clasificación	%Finos	%Gruesos	Densidad seca max. (kg/m <sup>3</sup> )	%W óptima	CBR (%)
1	Fresado con fresadora – Av. Paseo de los Cañaris y Yanahurco.	Base clase 3	36,42	63,58	1975	10,7	53
2	Fresado con fresadora – Av. González Suárez.	Base clase 3	35,35	64,65	1967	10,3	48

**Tabla 46.** Resumen general de los ensayos realizados con hormigón asfáltico reciclado (7cm) + base granular (13cm).

*Fuente: Los Autores.*

#### 5.4 Hormigón asfáltico reciclado + Base + Cemento Portland

Debido a que la mezcla de hormigón asfáltico reciclado con base granular no fue suficiente para alcanzar el CBR mínimo del 80% establecido en la normativa ecuatoriana NEVI-12 para bases granulares, la presente investigación se complementó con la alternativa de una adición de cemento Portland a las mezclas analizadas para tratar de alcanzar los límites de CBR, ya sea de una subbase de mayor calidad o de una base, puesto que este material actúa como un material estabilizante que mejora las propiedades físico-mecánicas de los suelos.

##### 5.4.1 Densidad seca máxima y humedad óptima.

Teniendo en consideración que esta mezcla tiene como ingrediente adicional al cemento, los resultados de la densidad seca máxima y la humedad óptima deberán ser superiores en comparación con la mezcla hormigón asfáltico reciclado + base granular, con lo cual además se deben garantizar mejores resultados de CBR.

##### 5.4.2 CBR.

Haciendo énfasis en el ejemplo de la sección 4.4.1, se puede destacar que con los porcentajes de cemento asignados a la combinación de 7 cm de hormigón asfáltico reciclado



más 9 cm de base granular, se podría lograr una subbase de mayor calidad a la obtenida con los materiales reciclados. Mientras que, con los porcentajes establecidos para la combinación de 7 cm de hormigón asfáltico reciclado más 13 cm de base granular, es posible que se obtenga una base granular de CBR 80% o superior.

La estabilización con cemento es reconocida en la NEVI-12, en la cual se establece que el porcentaje de cemento no debe exceder el 5 %, pero no dice que porcentaje de cemento es ideal en función de nuestro material. Sin embargo, existen diversas fuentes en donde se define el rango de porcentaje de cemento requerido para estabilizar un suelo en función de su clasificación por el método AASHTO, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Clasificación de suelos AASHTO	Rango usual de cemento requerido. Porcentaje del peso de los suelos
A-1-a	3 - 5
A-1-b	5 - 8
A-2	5 - 9
A-4	7 - 11
A-5	7 - 12
A-6	8 - 13
A-7	9 - 15

**Tabla 47.** Rangos de porcentaje de cemento para la estabilización de suelos.

*Fuente:* (Moscoso, 2019)

Además, existen varias investigaciones en las cuales se afirma que la utilización de cemento mejora notablemente el CBR de los suelos estudiados. Por ejemplo, en una de ellas se dice que con porcentajes de 3% y 5% de cemento se ha logrado estabilizar el suelo de una mina ubicada en Chocarsi, comunidad rural del cantón Cuenca, analizando el índice CBR que alcanza este suelo estabilizado dejando las muestras 4 días sumergidas en el agua, 4 días al aire



libre y penetrando las muestras inmediatamente sin sumergirlas, presentando así un incremento bastante notable en cada uno de los ensayos realizados como se muestran en la siguiente tabla:

Muestras ensayadas	Índice de CBR (%)		
	Suelo natural	3% de cemento	5% de cemento
Después de 4 Días sumergidos en agua	45	163	220
Después de 4 días al aire libre	66	109	190
Sin sumergir y penetradas inmediatamente	66	77	103

**Tabla 48.** Índice de CBR (%) del suelo de la mina de Chocarsi estabilizado con cemento.

*Fuente:* (Moscoso, 2019).

Como se puede observar la condición más favorable para el incremento del CBR es dejar la muestra sumergida en agua durante un periodo de 4 días. Al estabilizar el suelo de las minas de Chocarsi con 3% y 5% de cemento, se demuestra que con cualquiera de estos porcentajes el material puede ser utilizado posteriormente como una base granular para pavimentos (Moscoso, 2019).

Asimismo, en un estudio realizado en el cantón Cuenca, en las canteras situadas en el sector de la Josefina (El Descanso), se demostró que al estabilizar bases granulares con el 7% de cemento el incremento del índice de CBR puede variar entre el 159% hasta el 400 %, teniendo una mejoría promedio del 206% en todas las muestras analizadas (Murillo, 2010), lo cual se evidencia con los resultados que se muestran a continuación obtenidos en las muestras analizadas de las canteras:



Muestras Analizadas de las canteras del sector la Josefina				
Muestra	Clasificación AASHTO	CBR Material natural	CBR con el 7% de cemento	% Incremento de CBR
1	A-1	49	175	257
2	A-1	40	200	400
3	A-1	47	175	272
4	A-2	54	140	159
5	A-1	52	138	165
6	A-1	59	160	171
7	A-1	45	140	211

**Tabla 49.** Bases estabilizadas de las canteras del sector la Josefina.

*Fuente:* (Murillo, 2010).

En esta tabla se puede apreciar que en estado natural ninguna de las bases de las canteras cumple con el CBR mínimo de 80 % que obliga la NEVI-12, pero al ser estabilizadas con el 7% de cemento estas ya cumplen con los requisitos para ser utilizadas como una base granular en la estructura de un pavimento.

Por otra parte, en una investigación realizada en suelos arcillosos de alta plasticidad en Lima Perú se demostró que la estabilización con cemento portland permite alcanzar valores muy altos de CBR mejorando el índice de 10% y 20% a 91.9% y 129.3% respectivamente. En esta investigación se recalca lo ya mencionado anteriormente, es decir, que la estabilización con cemento alcanza valores mayores al dejar las muestras sumergidas durante un periodo de 4 días, además muestra otro de los beneficios del cemento que hace que se disminuya la expansión de los suelos, lo cual en suelos arcillosos de alta plasticidad permite reducir los hinchamientos y asentamientos (Castro, 2019).

En este contexto, para que la estabilización de un suelo sea adecuada y económica existen varias recomendaciones como la que realiza la PCA (Portland Cement Association), la cual



recomienda los siguientes límites de graduación y plasticidad de los agregados para su estabilización con cemento:

Portland Cement Association PCA	
Límites de graduación y plasticidad de los agregados	
Tamaño del tamiz	% pasante en peso
50 mm (2")	100
4.75mm (N°4)	55-90
2.00mm (N°10)	37-67
0.75mm (N°200)	0-30
Fondo	10 máximo

**Tabla 50.** Límites de graduación y plasticidad de los agregados recomendados por la PCA.

*Fuente:* (Villacreses, 2014).

Vale recalcar que también se puede utilizar una granulometría más fina pero la cantidad de cemento a adicionar sería mucho mayor, también es importante saber que el incremento de material grueso disminuye la cantidad de cemento a utilizar, aunque también el exceso de este material dificulta la compactación (Villacreses, 2014).

Para la estabilización del hormigón asfáltico reciclado con base y cemento, es importante saber qué clase de materiales se están utilizando ya que de esto dependerá también la cantidad de cemento a agregar. Según (Sánchez, 2014), para la estabilización de un suelo con cemento se recomienda usar porcentajes mayores al 2%, para garantizar una distribución uniforme de este agente estabilizador en toda la mezcla. También, la PCA (Portland Cement Association) define que el cemento que se utilice para la estabilización puede ser cualquier tipo de cemento portland con tal que cumpla con las pruebas y requisitos de las especificaciones ASTM C 150, C 595, C 1157 O C91 (Villacreses, 2014). Para la realización del ensayo de CBR se deberá



---

seguir el mismo procedimiento establecido en el numeral 4.4.4, dejando las muestras estabilizadas con cemento ya compactadas sumergidas en el agua durante un periodo de 4 días.

Ya mostradas varias investigaciones se puede decir que la estabilización con cemento mejora notablemente el CBR y otras propiedades de los suelos, por lo cual se espera que, al mejorar el hormigón asfáltico reciclado con base y cemento, se obtengan buenos resultados que puedan ser funcionales para su aplicación como capas granulares en estructuras de pavimentos, mismas que debido a la estabilización con este conglomerante hidráulico pueden ser de menor espesor lo cual representa también un beneficio económico.

En general, como resultado de la utilización de cemento Portland en proporciones óptimas como estabilizante de un material granular convencional o de una mezcla como la estudiada en esta investigación, se deben garantizar resultados superiores principalmente de esta característica mecánica, teniendo en consideración diversos factores como el costo.



**CAPITULO 6**  
**ANÁLISIS DE COSTOS**

**6.1 Costo de materiales convencionales.**

El precio de los materiales convencionales que se presentan a continuación, son aquellos que se encuentran alrededor del costo real por metro cúbico dentro de la provincia del Azuay, más específicamente, en el cantón Cuenca.

MATERIALES CONVENCIONALES			
Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario (\$)
Subbase granular	m3	1	13,50
Base granular	m3	1	15,50

**Tabla 51.** Costo de materiales convencionales en la zona de estudio.

*Fuente: Los Autores.*

**6.2 Costo de materiales reciclados.**

El costo de los materiales reciclados, tanto del hormigón asfáltico reciclado en su estado natural como de la mezcla con base granular y cemento Portland, fueron analizados partiendo de un análisis de precios unitarios con rubros que serían los que influyen al poner estos materiales en obra. Para ello, se han determinado las cantidades específicas de cada material en volumen, según las cantidades y porcentajes utilizados en la presente investigación.

Además, es de gran importancia resaltar que el costo de las mezclas de hormigón asfáltico reciclado + base granular + cemento Portland se ha desarrollado en base a las suposiciones



anteriores, es decir, partiendo de la posibilidad de obtener subbases de mayor calidad y posibles bases granulares con los porcentajes de cemento propuestos.

VOLUMEN DE LOS MATERIALES POR CADA METRO CÚBICO DE FRESADO						
Material	Espesor de la capa (m)	Area de fresado (m <sup>2</sup> )	Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	Peso (kg)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Total (m <sup>3</sup> )
<b>HORMIGÓN ASFÁLTICO (7 cm) + BASE GRANULAR (9 cm)</b>						
H°.A. reciclado	0,07	6,25	2379,05	1040,83	0,44	1,00
Base granular reciclada	0,09		2522,44	1418,87	0,56	
<b>HORMIGÓN ASFÁLTICO (7 cm) + BASE GRANULAR (13 cm)</b>						
H°.A. reciclado	0,07	5	2379,05	832,67	0,35	1,00
Base granular reciclada	0,13		2522,44	1639,59	0,65	

**Tabla 52.** Volumen de cada material para las diferentes combinaciones de espesores por cada m<sup>3</sup> de fresado.

*Fuente: Los Autores.*

CANTIDADES PARA SUBBASE REICLADA CON 2 % DE CEMENTO				
Material	Unidad	Cantidad	Subtotal (m <sup>3</sup> )	Total (m <sup>3</sup> )
<b>HORMIGÓN ASFÁLTICO (7 cm) + BASE GRANULAR (9 cm)</b>				
H°.A. reciclado	m <sup>3</sup>	0,42	0,42	1,00
Base granular reciclada	m <sup>3</sup>	0,54	0,54	
Cemento	saco	0,98	0,04	

cemento (kg)	peso esp (kg/m <sup>3</sup> )	cemento (m <sup>3</sup> )
49	1200	0,04

**Tabla 53.** Cantidades para subbase reciclada (hormigón asfáltico 7cm + base granular 9cm), con 2% de cemento.

*Fuente: Los Autores.*



CANTIDADES PARA SUBBASE RECICLADA CON 3 % DE CEMENTO				
Material	Unidad	Cantidad	Subtotal (m3)	Total (m3)
<b>HORMIGÓN ASFÁLTICO (7 cm) + BASE GRANULAR (9 cm)</b>				
H°.A. reciclado	m3	0,41	0,41	1,00
Base granular reciclada	m3	0,53	0,53	
Cemento	saco	1,48	0,06	

cemento (kg)	peso esp (kg/m3)	cemento (m3)
74	1200	0,06

**Tabla 54.** Cantidades para subbase reciclada (hormigón asfáltico 7cm + base granular 9cm), con 3% de cemento.

*Fuente: Los Autores.*

CANTIDADES PARA BASE RECICLADA CON 3.5 % DE CEMENTO				
Material	Unidad	Cantidad	Subtotal (m3)	Total (m3)
<b>HORMIGÓN ASFÁLTICO (7 cm) + BASE GRANULAR (13 cm)</b>				
H°.A. reciclado	m3	0,405	0,41	1,00
Base granular reciclada	m3	0,525	0,53	
Cemento	saco	1,72	0,07	

cemento (kg)	peso esp (kg/m3)	cemento (m3)
86	1200	0,07

**Tabla 55.** Cantidades para base reciclada (hormigón asfáltico 7cm + base granular 13cm), con 3.5% de cemento.

*Fuente: Los Autores.*



CANTIDADES PARA BASE RECICLADA CON 4.5 % DE CEMENTO				
Material	Unidad	Cantidad	Subtotal (m3)	Total (m3)
<b>HORMIGÓN ASFÁLTICO (7 cm) + BASE GRANULAR (13 cm)</b>				
H°.A. reciclado	m3	0,395	0,40	1,00
Base granular reciclada	m3	0,515	0,52	
Cemento	saco	2,21	0,09	

cemento (kg)	peso esp (kg/m3)	cemento (m3)
110,5	1200	0,09

**Tabla 56.** Cantidades para base reciclada (hormigón asfáltico 7cm + base granular 13cm), con 4.5% de cemento.

*Fuente: Los Autores.*



<b>Subbase granular, conformación y compactación (incluye transporte)</b>				<b>UNIDAD:</b>	<b>m3</b>
<b>EL RUBRO SE REALIZARA DE ACUERDO A LA ESPECIFICACION TÉCNICA DETALLE:</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
Herramienta Menor		5 % mano de obra			0,006
Motoniveladora	1	Hora	40	0,01	0,400
Rodillo liso vibratorio	1	Hora	35	0,01	0,350
Tanquero	1	Hora	20	0,01	0,200
			<b>Subtotal de Equipo:</b>		<b>0,956</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>		<b>Total</b>
Subbase granular (incluye transporte)	1	m3	18,00		18,000
			<b>Subtotal de Materiales:</b>		<b>18,000</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
					0,000
			<b>Subtotal de Transporte:</b>		<b>0,000</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
Peón	1	Hora	3,60	0,01	0,036
Maestro mayor	1	Hora	4,04	0,001	0,004
Operador de motoniveladora	1	Hora	4,04	0,01	0,0404
Operador de rodillo	1	Hora	3,85	0,01	0,039
Chofer profesional de tanquero	1	Hora	5,29	0,01	0,053
			<b>Subtotal de Mano de Obra:</b>		<b>0,119</b>
			<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>		<b>19,07</b>
			<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20.00%</b>		<b>3,81</b>
			<b>OTROS INDIRECTOS</b>		
			<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		<b>22,89</b>

**Tabla 57.** Costo de subbase convencional puesta en obra.

*Fuente: Los Autores.*



<b>Base granular, conformación y compactación (incluye transporte)</b>				<b>UNIDAD:</b>	<b>m3</b>
<b>EL RUBRO SE REALIZARA DE ACUERDO A LA ESPECIFICACION TÉCNICA DETALLE:</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
Herramienta Menor		5 % mano de obra			0,006
Motoniveladora	1	Hora	40	0,01	0,400
Rodillo liso vibratorio	1	Hora	35	0,01	0,350
Tanquero	1	Hora	20	0,01	0,200
			<b>Subtotal de Equipo:</b>		<b>0,956</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>		<b>Total</b>
Base granular (incluye transporte)	1	m3	20,00		20,000
			<b>Subtotal de Materiales:</b>		<b>20,000</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
					0,000
			<b>Subtotal de Transporte:</b>		<b>0,000</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
Peón	1	Hora	3,60	0,01	0,036
Maestro mayor	1	Hora	4,04	0,001	0,004
Operador de motoniveladora	1	Hora	4,04	0,01	0,0404
Operador de rodillo	1	Hora	3,85	0,01	0,039
Chofer profesional de tanquero	1	Hora	5,29	0,01	0,053
			<b>Subtotal de Mano de Obra:</b>		<b>0,119</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					<b>21,07</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20.00%</b>					<b>4,21</b>
<b>OTROS INDIRECTOS</b>					
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>25,29</b>

**Tabla 58.** Costo de base convencional puesta en obra.

*Fuente: Los Autores.*



<b>Subbase reciclada (H° Asfáltico 7 cm y Base granular 9 cm), conformación y compactación (incluye transporte)</b>				<b>UNIDAD:</b>	<b>m3</b>
<b>EL RUBRO SE REALIZARA DE ACUERDO A LA ESPECIFICACION TÉCNICA DETALLE:</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
Herramienta Menor		5 % mano de obra			0,007
Motoniveladora	1	Hora	40	0,0125	0,500
Rodillo liso vibratorio	1	Hora	35	0,0125	0,438
Tanquero	1	Hora	20	0,0125	0,250
			<b>Subtotal de Equipo:</b>		<b>1,195</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>		<b>Total</b>
Hormigón asfáltico reciclado (7 cm)	0,44	m3	0,00		0,000
Base granular (9 cm) (incluye transporte)	0,56	m3	20,00		11,200
			<b>Subtotal de Materiales:</b>		<b>11,200</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Distancia</b>	<b>Total</b>
Transporte de agregados pétreos	1,3	m3-km	0,30	20,00	7,800
			<b>Subtotal de Transporte:</b>		<b>7,800</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
Peón	1	Hora	3,60	0,0125	0,045
Maestro mayor	1	Hora	4,04	0,001	0,004
Operador de motoniveladora	1	Hora	4,04	0,0125	0,0505
Operador de rodillo	1	Hora	3,85	0,0125	0,048
Chofer profesional de tanquero	1	Hora	5,29	0,0125	0,066
			<b>Subtotal de Mano de Obra:</b>		<b>0,148</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					<b>20,34</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20.00%</b>					<b>4,07</b>
<b>OTROS INDIRECTOS</b>					
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>24,41</b>

**Tabla 59.** Costo de subbase reciclada (hormigón asfáltico 7cm + base granular 9cm), puesta en obra.

*Fuente: Los Autores.*



<b>Subbase reciclada (H° Asfáltico 7 cm y Base granular 13 cm), conformación y compactación (incluye transporte)</b>				<b>UNIDAD:</b>	<b>m3</b>
<b>EL RUBRO SE REALIZARA DE ACUERDO A LA ESPECIFICACION TÉCNICA DETALLE:</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
Herramienta Menor		5 % mano de obra			0,007
Motoniveladora	1	Hora	40	0,0125	0,500
Rodillo liso vibratorio	1	Hora	35	0,0125	0,438
Tanquero	1	Hora	20	0,0125	0,250
			<b>Subtotal de Equipo:</b>		<b>1,195</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>		<b>Total</b>
Hormigón asfáltico reciclado (7 cm)	0,35	m3	0,00		0,000
Base granular (13 cm) (incluye transporte)	0,65	m3	20,00		13,000
			<b>Subtotal de Materiales:</b>		<b>13,000</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Distancia</b>	<b>Total</b>
Transporte de agregados pétreos	1,3	m3-km	0,30	20,00	7,800
			<b>Subtotal de Transporte:</b>		<b>7,800</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
Peón	1	Hora	3,60	0,0125	0,045
Maestro mayor	1	Hora	4,04	0,001	0,004
Operador de motoniveladora	1	Hora	4,04	0,0125	0,0505
Operador de rodillo	1	Hora	3,85	0,0125	0,048
Chofer profesional de tanquero	1	Hora	5,29	0,0125	0,066
			<b>Subtotal de Mano de Obra:</b>		<b>0,148</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					<b>22,14</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20.00%</b>					<b>4,43</b>
<b>OTROS INDIRECTOS</b>					
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>26,57</b>

**Tabla 60.** Costo de subbase reciclada (hormigón asfáltico 7cm + base granular 13cm), puesta en obra.

*Fuente: Los Autores.*



<b>Subbase reciclada estabilizada con cemento (2%) , conformación y compactación (incluye transporte)</b>			<b>UNIDAD:</b>	<b>m3</b>	
<b>EL RUBRO SE REALIZARA DE ACUERDO A LA ESPECIFICACION TÉCNICA DETALLE:</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
Herramienta Menor		5 % mano de obra			0,010
Motoniveladora	1	Hora	40	0,0167	0,668
Rodillo liso vibratorio	1	Hora	35	0,0167	0,585
Tanquero	1	Hora	20	0,0167	0,334
			<b>Subtotal de Equipo:</b>		<b>1,596</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>		<b>Total</b>
Hormigón asfáltico reciclado (7 cm)	0,42	m3	0,00		0,000
Base granular (9 cm) (incluye transporte)	0,54	m3	20,00		10,800
Cemento Portland	0,98	saco	7,50		7,350
			<b>Subtotal de Materiales:</b>		<b>18,150</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Distancia</b>	<b>Total</b>
Transporte de agregados pétreos	1,3	m3-km	0,30	20,00	7,800
			<b>Subtotal de Transporte:</b>		<b>7,800</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
Peón	1	Hora	3,60	0,0167	0,060
Maestro mayor	1	Hora	4,04	0,001	0,004
Operador de motoniveladora	1	Hora	4,04	0,0167	0,067468
Operador de rodillo	1	Hora	3,85	0,0167	0,064
Chofer profesional de tanquero	1	Hora	5,29	0,0167	0,088
			<b>Subtotal de Mano de Obra:</b>		<b>0,196</b>
			<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>		<b>27,74</b>
			<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20.00%</b>		<b>5,55</b>
			<b>OTROS INDIRECTOS</b>		
			<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		<b>33,29</b>

**Tabla 61.** Subbase reciclada (hormigón asfáltico 7cm + base granular 9cm), estabilizada con 2% de cemento y puesta en obra.

*Fuente: Los Autores.*



<b>Subbase reciclada estabilizada con cemento (3%) , conformación y compactación (incluye transporte)</b>			<b>UNIDAD:</b>	<b>m3</b>		
<b>EL RUBRO SE REALIZARA DE ACUERDO A LA ESPECIFICACION TÉCNICA DETALLE:</b>						
<b>EQUIPOS</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>	
Herramienta Menor	5 % mano de obra				0,010	
Motoniveladora	1	Hora	40	0,0167	0,668	
Rodillo liso vibratorio	1	Hora	35	0,0167	0,585	
Tanquero	1	Hora	20	0,0167	0,334	
<b>Subtotal de Equipo:</b>					<b>1,596</b>	
<b>MATERIALES</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>		<b>Total</b>	
Hormigón asfáltico reciclado (7 cm)	0,41	m3	0,00		0,000	
Base granular (9 cm) (incluye transporte)	0,53	m3	20,00		10,600	
Cemento Portland	1,48	saco	7,50		11,100	
<b>Subtotal de Materiales:</b>					<b>21,700</b>	
<b>TRANSPORTE</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Distancia</b>	<b>Total</b>	
Transporte de agregados pétreos	1,3	m3-km	0,30	20,00	7,800	
<b>Subtotal de Transporte:</b>					<b>7,800</b>	
<b>MANO DE OBRA</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>	
Peón	1	Hora	3,60	0,0167	0,060	
Maestro mayor	1	Hora	4,04	0,001	0,004	
Operador de motoniveladora	1	Hora	4,04	0,0167	0,067468	
Operador de rodillo	1	Hora	3,85	0,0167	0,064	
Chofer profesional de tanquero	1	Hora	5,29	0,0167	0,088	
<b>Subtotal de Mano de Obra:</b>					<b>0,196</b>	
					<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>31,29</b>
					<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20.00%</b>	<b>6,26</b>
					<b>OTROS INDIRECTOS</b>	
					<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>37,55</b>

**Tabla 62.** Subbase reciclada (hormigón asfáltico 7cm + base granular 9cm), estabilizada con 3% de cemento y puesta en obra.

*Fuente: Los Autores.*



Base reciclada estabilizada con cemento (3.5%) , conformación y compactación (incluye transporte)			UNIDAD:	m3	
EL RUBRO SE REALIZARA DE ACUERDO A LA ESPECIFICACION TÉCNICA DETALLE:					
<b>EQUIPOS</b>					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Rendim.	Total
Herramienta Menor		5 % mano de obra			0,010
Motoniveladora	1	Hora	40	0,0167	0,668
Rodillo liso vibratorio	1	Hora	35	0,0167	0,585
Tanquero	1	Hora	20	0,0167	0,334
			<b>Subtotal de Equipo:</b>		<b>1,596</b>
<b>MATERIALES</b>					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo		Total
Hormigón asfáltico reciclado (7 cm)	0,405	m3	0,00		0,000
Base granular (13 cm) (incluye transporte)	0,525	m3	20,00		10,500
Cemento Portland	1,72	saco	7,50		12,900
			<b>Subtotal de Materiales:</b>		<b>23,400</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Distancia	Total
Transporte de material para base - cemento	1,3	m3-km	0,30	20,00	7,800
			<b>Subtotal de Transporte:</b>		<b>7,800</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Rendim.	Total
Peón	1	Hora	3,60	0,0167	0,060
Maestro mayor	1	Hora	4,04	0,001	0,004
Operador de motoniveladora	1	Hora	4,04	0,0167	0,067468
Operador de rodillo	1	Hora	3,85	0,0167	0,064
Chofer profesional de tanquero	1	Hora	5,29	0,0167	0,088
			<b>Subtotal de Mano de Obra:</b>		<b>0,196</b>
			<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>		<b>32,99</b>
			<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20.00%</b>		<b>6,60</b>
			<b>OTROS INDIRECTOS</b>		
			<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		<b>39,59</b>

**Tabla 63.** Base reciclada (hormigón asfáltico 7cm + base granular 13cm), estabilizada con 3.5% de cemento y puesta en obra.

*Fuente: Los Autores.*



<b>Base reciclada estabilizada con cemento (4.5%) , conformación y compactación (incluye transporte)</b>			<b>UNIDAD:</b>	<b>m3</b>	
<b>EL RUBRO SE REALIZARA DE ACUERDO A LA ESPECIFICACION TÉCNICA DETALLE:</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
Herramienta Menor		5 % mano de obra			0,010
Motoniveladora	1	Hora	40	0,0167	0,668
Rodillo liso vibratorio	1	Hora	35	0,0167	0,585
Tanquero	1	Hora	20	0,0167	0,334
			<b>Subtotal de Equipo:</b>		<b>1,596</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>		<b>Total</b>
Hormigón asfáltico reciclado (7 cm)	0,395	m3	0,00		0,000
Base granular (13 cm) (incluye transporte)	0,515		20,00		10,300
Cemento Portland	2,21	saco	7,50		16,575
			<b>Subtotal de Materiales:</b>		<b>26,875</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Distancia</b>	<b>Total</b>
Transporte de material para base - cemento	1,3	m3-km	0,30	20,00	7,800
			<b>Subtotal de Transporte:</b>		<b>7,800</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
Peón	1	Hora	3,60	0,0167	0,060
Maestro mayor	1	Hora	4,04	0,001	0,004
Operador de motoniveladora	1	Hora	4,04	0,0167	0,067468
Operador de rodillo	1	Hora	3,85	0,0167	0,064
Chofer profesional de tanquero	1	Hora	5,29	0,0167	0,088
			<b>Subtotal de Mano de Obra:</b>		<b>0,196</b>
			<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>		<b>36,47</b>
			<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20.00%</b>		<b>7,29</b>
			<b>OTROS INDIRECTOS</b>		
			<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		<b>43,76</b>

**Tabla 64.** Base reciclada (hormigón asfáltico 7cm + base granular 13cm), estabilizada con 4.5% de cemento y puesta en obra.

*Fuente: Los Autores.*



---

### 6.3 Análisis de costos entre materiales reciclados y convencionales.

Con los costos definidos para cada caso, ya se puede realizar un análisis de costos entre los materiales reciclados y los convencionales, para determinar cuáles resultan más factibles para su utilización en la construcción de pavimentos flexibles respecto a su calidad y economía.

El material reciclado, cuya reutilización sería la más favorable es la subbase reciclada, es decir, el material resultante de las mezclas de hormigón asfáltico reciclado (7 cm) con base granular (9 cm) y, hormigón asfáltico reciclado (7 cm) con base granular (13 cm). Además, vale mencionar que para la construcción de caminos vecinales o vías de tercer orden en donde no se requiere una base granular de alta calidad, esta se puede reemplazar por una subbase reciclada conformada por hormigón asfáltico reciclado más base granular, con lo cual se podría reducir costos.

Asimismo, sin quitarle valor al hormigón asfáltico recuperado solo de la carpeta asfáltica de un pavimento flexible, es decir sin la adición de ningún otro material, este se podría reutilizar como un material de mejoramiento, puesto que cumple con las características que se especifican en la NEVI – 12 VOL 3 para este agregado y, además, no requiere de un costo adicional.

También, vale aclarar que si el material reciclado es reutilizado en el mismo sitio del mantenimiento vial los costos serían menores a los establecidos resultando más factible, puesto que se ahorraría el costo de transporte del material, lo cual para este caso se ha tomado una distancia promedio de 20 km.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo de los costos resultantes para los materiales analizados con respecto al precio de los agregados convencionales.



CUADRO COMPARATIVO			
COSTO DE MATERIALES GRANULARES PUESTOS EN OBRA			
Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario (\$)
<b>SUBBASES</b>			
Subbase convencional puesta en obra	m3	1,00	22,89
Subbase reciclada y puesta en obra - H°A. reciclado (7cm) y base granular (9cm)	m3	1,00	24,41
Subbase reciclada y puesta en obra - H°A. reciclado (7cm) y base granular (13cm)	m3	1,00	26,57
Subbase reciclada, estabilizada con cemento (2 %) y puesta en obra	m3	1,00	33,29
Subbase reciclada, estabilizada con cemento (3 %) y puesta en obra	m3	1,00	37,55
<b>BASES</b>			
Base convencional puesta en obra	m3	1,00	25,29
Base reciclada, estabilizada con cemento (3.5 %) y puesta en obra	m3	1,00	39,59
Base reciclada, estabilizada con cemento (4.5 %) y puesta en obra	m3	1,00	43,76

**Tabla 65.** Cuadro comparativo de costos de materiales convencionales y reciclados.

*Fuente: Los Autores.*



---

## CONCLUSIONES

- Una vez culminada la investigación, se observó que aunque el hormigón asfáltico reciclado cumpla con la faja granulométrica de una Base clase 3, no llega a cumplir con el CBR mínimo del 80% establecido en la normativa para este material granular, esto se debe a que las partículas gruesas que quedan retenidas en el tamiz N°4, no todas pueden ser consideradas como tales puesto que en el proceso de fresado del hormigón asfáltico existen varias partículas finas que quedan adheridas con la emulsión asfáltica. Debido a esto, al aplicarse la carga con el pisón en los ensayos de compactación y CBR se produce una separación de los agregados, transformando estos agregados “gruesos” en finos, a causa de lo cual se obtuvo un CBR máximo del 20.8% que no cumple con los requisitos mínimos de una Base granular. Por esta misma razón, cabe mencionar que el hormigón asfáltico reciclado no puede ser sometido al ensayo de abrasión, ya que la porción “gruesa” de este material se disgregaría al contacto con las esferas durante la rotación de la máquina de los ángeles.
- Según las propiedades mecánicas obtenidas del hormigón asfáltico, cuyo CBR mínimo es del 12%, este también puede ser reutilizado como un material de mejoramiento, debido a que supera el CBR mínimo del 5% establecido en la NEVI-12 VOL 3 y, además, puede ser una alternativa económicamente viable para su utilización en estructuras de pavimentos.
- Como resultado, se obtuvo también que el hormigón asfáltico reciclado procedente del mantenimiento de pavimentos flexibles, realizados con minicargadora o fresadora, dan como resultado un material con las mismas propiedades físico-mecánicas, aunque estos dos utilicen procedimientos diferentes en la ruptura de la carpeta asfáltica. Sin embargo,



---

se debe tener en consideración que, por la jerarquía y tipo de vías existentes, no todas tienen el mismo desgaste, estado físico o estructural al momento de su rehabilitación, por lo que los resultados en cuanto a sus características mecánicas (principalmente CBR) pueden variar.

- Es importante mencionar que, durante los ensayos de laboratorio, también se determinó que el hormigón asfáltico reciclado es un material no plástico (NP), y que además no presenta hinchamiento al contacto con el agua, lo que quiere decir que es apto para ser empleado como una capa interna en la estructura de un pavimento, puesto que no causaría deformaciones en la calzada siempre y cuando esté debidamente conformado y compactado. Como resultado de las muestras ensayadas, se obtuvo también que la densidad seca máxima de este material ronda entre los 1800 y 2000 kg/m<sup>3</sup>, con una humedad óptima promedio del 9%.
- En cuanto a las mezclas ensayadas, se determinó que el fresado de 7cm de carpeta asfáltica, ya sea con minicargadora o fresadora, en conjunto con las combinaciones de 9cm y 13cm de base granular, puede ser reutilizado como una subbase granular en pavimentos flexibles, puesto que los valores de CBR máximos obtenidos de 39.8% y 53% respectivamente, cumplen con lo establecido en la normativa para este material. Además, se comprobó que mientras mayor sean los espesores de la base granular, utilizados para la relación de la mezcla, mejores serán las propiedades físico-mecánicas del material resultante.
- Asimismo, de acuerdo a los resultados de la mezcla de hormigón asfáltico reciclado con base granular convencional, se puede concluir que en caso de fresar la carpeta asfáltica en conjunto con la base granular del mismo pavimento en mantenimiento, este



---

material puede presentar características inferiores a las obtenidas en la presente investigación, puesto que la base granular reciclada ya no tendría sus propiedades originales por el desgaste, contaminación y contenido de restos orgánicos.

- Con el análisis de costos entre materiales reciclados y convencionales, se obtuvo que los primeros son económicamente viables para ser utilizados hasta cierto punto como subbases, es decir, al realizar la mezcla de hormigón asfáltico reciclado y base granular. Sin embargo, con la adición de cemento posiblemente se pueda reutilizar como una base granular que económicamente compita con una base convencional. Además, si el material reciclado es reutilizado en situ, se generaría un ahorro más grande, puesto que solo influiría el costo del material de adición y su colocación.
- En fin, con la presente investigación se ha evidenciado que el hormigón asfáltico reciclado procedente de los proyectos de mantenimiento vial que se ejecutan en la ciudad de Cuenca, es un material aprovechable con muchos beneficios en el campo de la ingeniería civil, sobre todo en el ámbito vial, ya que puede representar un ahorro significativo económico y sobre todo ambiental en cuanto al consumo de recursos no renovables, los cuales son producto de la explotación de minas y canteras para su uso como materiales granulares en la construcción de obras civiles.



---

## RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones se recomienda analizar el hormigón asfáltico reciclado en función del TPDA de cada vía, ya que si este se analiza para vías con TPDA similares se puede obtener propiedades físico- mecánicas análogas entre sí.
- En caso de reutilizar el hormigón asfáltico reciclado mezclado con base recuperada del mismo pavimento en mantenimiento, se recomienda previamente realizar los ensayos correspondientes, debido a que una base reciclada no posee las mismas características que una base recién adquirida de una cantera.
- Previo a la reutilización del hormigón asfáltico reciclado en su estado natural o con un material de adición, se debe garantizar una mezcla homogénea de este, puesto que durante su acarreo o transporte se produce una desigualdad entre los diversos tamaños de partículas, quedando por lo general el agregado grueso en la parte superior.
- En caso de optar por la estabilización de un suelo con cemento, se debe además tener en cuenta el costo de maquinaria que implica la aplicación de esta técnica en situ, es decir, a parte de la maquinaria utilizada para el fresado, aquella que ejecuta la mezcla y el perfilado.
- Es recomendable definir adecuadamente los porcentajes de cemento en función del tipo de material, sin perder de vista el costo que esto implica a medida que las cantidades de adición aumentan, ya que este puede ser una variable que envés de resultar favorable, puede ser perjudicial en algunos casos.
- Con el propósito de conservar los recursos naturales, y con el objetivo de promover el uso de técnicas de reciclaje de materiales que han cumplido con su vida útil en la



---

estructura de un pavimento, se recomienda aprovechar el hormigón asfáltico reciclado en su estado natural mínimo como material de mejoramiento para la construcción de pavimentos flexibles en vías de bajo TPD.

- Finalmente, como sugerencia, se podría analizar la alternativa de reutilizar el hormigón asfáltico proveniente de proyectos de mantenimiento vial, como material fino para la elaboración de elementos de hormigón u otras actividades dentro de la construcción.



---

## BIBLIOGRAFIA

- Armijos, C. (2009). Evaluación superficial de algunas calles de la ciudad de Loja. . *Tesis para optar por el título de ingeniería civil*. . Loja: Universidad Técnica Particular de.
- ASTM C-702. (2003). Historical Standard: Práctica normativa para Reducir las muestras de agregados a tamaño de prueba.
- ASTM D1557. (s.f.). *Ensayo Proctor Modificado* . ASTM INTERNATIONAL .
- ASTM D-1883 . (2016). *Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils*.
- ASTM D-2216. (1998). ASTM D-2216 – 98 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE SUELOS Y ROCAS POR MASA.
- ASTM D4318. (2005). *Los metodos estandar de ensayo para Limite liquido, Limite plastico y el indice de plasticidad de los suelos* . ASRM INTERNATIONAL .
- BARRETO, J. L. (2017). *DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO PARA UN SUELO CAOLÍN AMARILLO USANDO EL PENETRÓMETRO DE CONO DE CAÍDA CON DIFERENTES MODELOS DE CONO*. Bogota : Universidad Catolica de Colombia.
- Braja M.Das. (s.f.). *Fundamentos de Ingenieria geotecnica*. Sacramento California.
- Castro, M. A. (2019). Analisis de mejora de suelos arcillosos de alta plasticidad a nivel de subrasante mediante adiccion de cemento portland para disminuir el cambio volumetrico. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas*, 26.



---

CONGOPE. (2017). Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Azuay.

Cornejo, V. A. (Agosto de 2013). Catálogo de secciones estructurales para pavimentos de la República Mexicana. Mexico: Asociación Mexicana del Asfalto A.C.

Fonseca, A. M. (2002). INGENIERÍA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS. Segunda Edición. Bogota D.C., Colombia: Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones.

GAD Municipal Cuenca. (s.f.). ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EL RECAPEO DE VARIAS VIAS . Cuenca, Ecuador.

Galindo, W. J. (2015). Peso específico del agregado grueso y agregado fino . *Universidad Católica de Santa María* .

Garcés, D. P. (2017). EVALUACIÓN VIAL Y PLAN DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA VÍA AZOGUES- COJITAMBO- DELEG- LA RAYA. Cuenca, Ecuador.

García, J. R. (2019). Estudio de la técnica de suelo-cemento para la estabilización de vías terciarias en Colombia que posean un alto contenido de caolín. . Bogotá, Colombia.

Goma, F. (1979). *El cemento portland y otros aglomerantes* . Barcelona : Editores técnicos Asociados S.A.

GPA, G. P. (2017). PLAN DE INFRAESTRUCTURA VIAL PROVINCIAL - PROVINCIA DEL AZUAY. Ecuador.

I.N.V.E - 222. (2007). GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS.



---

I.N.V.E - 223. (2007). GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS.

Instituto del Asfalto de Guatemala. (2014). Mantenimiento de los pavimentos asfálticos.

INVIAS. (2012). *Normas y Especificaciones* . Bogota: INVIAS.

Iturbide, J. C. (2002). *Manual Centroamericano para diseño de pavimentos* . Steca.

Jugo, A. (2005). MANUAL DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES. Caracas, Venezuela.

LanammeUCR. (s.f.). Pavimento Asfáltico Reciclado, Ficha técnica #3. Costa Rica: UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.

LIME. (2004). *MANUAL DE ESTABILIZACIÓN DE SUELO TRATADO CON CAL* . LIME.

Lucio, X. F. (2010). *MANUAL DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS PARA EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO*. Riobamba : Universidad Nacional de Chimborazo .

Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador. (2013). *Nevi-12 Vol 3*. Quito.

Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador. (2013). *Nevi-12 volumen 2*. Quito .

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). Manual de Cerreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" - Sección: Suelos y Pavimentos. Perú.

Miranda, O. P. (1996). Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos con asfaltos. Mexico. .

MOP-001-F. (2002). ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION PARA LA CONSTRUCCION DE CAMINOS Y PUENTES. Quito.



---

Moreno, F. K. (2017). *Estudio de los agregados del río Cumbuza para la construcción de capas de subbase de pavimentos flexibles en la ciudad de Tarapoto*. Tarapoto : Universidad Nacional de San Martín.

Moscoso, E. F. (2019). *Estudio de la capacidad portante mediante el CBR, del suelo de la mina Chocarsi estabilizada con cemento tipo MH*. Cuenca: Universidad del Azuay.

Murillo, I. E. (2010). “*ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS BASES DE PAVIMENTOS RÍGIDOS EN LA CIUDAD DE CUENCA Y SU INFLUENCIA EN EL DISEÑO*”. CUENCA: Universidad de Cuenca.

Nuñera, J. F. (2017). “*INFLUENCIA DEL ESTABILIZANTE DE CEMENTO Y TIPOS DE SUELOS SOBRE LA RESISTENCIA Y DURABILIDAD DE UN ADOBE CONSTRUCTIVO, TRUJILLO*”. Perú.

Oliveras, E. F. (s.f.). *Análisis de costes de empresa* .

Peñaloza, S. X., & Calle, G. M. (Abril de 2017). “*SISTEMA DE GESTIÓN SOSTENIBLE DE PAVIMENTOS APLICADO A LAS VÍAS Y PARQUEADEROS DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA*”. Cuenca, Ecuador.

Portland Cement Association. (s.f.). USA.

Restrepo, H. A., & Stephens, S. A. (2015). *ESTUDIO DE LAS VENTAJAS ECONÓMICAS DEL RECICLAJE EN FRÍO IN SITU DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS*. Medellín: UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN.

ROADCORP. (16 de 12 de 2019). *ROADCORP*. Obtenido de ROADCORP: <http://roadcorp.com.co/earth-zyme.html>



---

SALAS, F. F. (2014). *DISEÑO DE BASE GRANULAR ESTABILIZADA CON CEMENTO HIDRÁULICO COMO SOLUCIÓN PARA PAVIMENTOS* . GUAYAQUIL: UNIVERSIDAD LAICA ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL .

Sánchez, M. A. (2014). ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS CON CAL Y CEMENTO EN EL SECTOR CALCICAL DEL CANTÓN TOSAGUA PROVINCIA DE MANABÍ. Quito, Ecuador.

Sanchez, N. L. (2006). *Granulometria de suelos* . Asociacion Española de normalizacion y certificacion .

Terán, K. E. (2016). *Capacidad Portante (CBR) De Un Suelo Arcilloso, Con la Incorporacion Del Estabilizador Maxxseal 100*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.

Tórres, R., & Flores, P. (2014). Mezclas asfálticas con materiales reciclados de construcción y demolición para la reparación de pavimentos. Bolivia: Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Facultad de Ciencias Agrarias.

UNNE, U. N. (2012). Cemento Portland.

Vásquez, L. R. (2002). PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) . Manizales, Colombia.

Villacreses, F. F. (2014). *DISEÑO DE BASE GRANULAR ESTABILIZADA CON CEMENTO HIDRÁULICO COMO SOLUCIÓN PARA PAVIMENTOS*. GUAYAQUIL: UNIVERSIDAD LAICA ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL.

---

## ANEXOS

### ANEXO 1: TOMA DE MUESTRAS

- **Muestra 1:** Fresado con minicargadora – Calle Roberto Crespo Toral.



- **Muestra 2:** Fresado con minicargadora – Calle La Toreadora.



- **Muestra 3:** Fresado con minicargadora – Av. Paseo de los Cañaris y Altar Urcu.



- **Muestra 4:** Fresado con minicargadora – Calle San Pablo del Lago.



- **Muestra 5:** Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.



- **Muestra 6:** Fresado con fresadora – Av. Paseo de los Cañaris y Yanahurco.





- **Muestra 7:** Fresado con fresadora – Av. González Suárez.





- **Muestra 8:** Fresado con fresadora – Av. 27 de Febrero y Arturo Valencia.





**ANEXO 2: ENSAYOS DE LABORATORIO**

**HORMIGÓN ASFÁLTICO**

- **Granulometría y Clasificación**

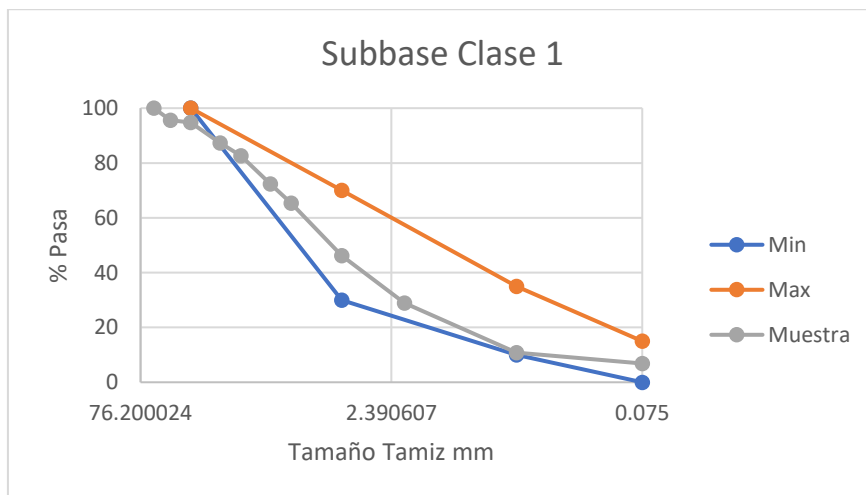
- **Muestra 1:** Fresado con minicargadora – Calle Roberto Crespo Toral.

<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA</b>						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
<b>ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO</b>						
PROYECTO	Av. 27 de Febrero y Roberto Crespo Bob cat					
MUESTRA	_____					
LOLICITADO POR :	_____					
FECHA	_____					
	ABERTURA	PESO RET.	RET. ACUM.	%	%	%
<b>TAMIZ Nº</b>	MM.	GM.	GM.	RETENIDO	PASA	ESPECIF.
3"	76.2					
2 1/2"	63.5	0	0	0.00	100	
2"	50.8	350	350	4.38	95.63	
1 1/2"	38.1	62	412	5.19	94.81	
1"	25.4	595	1007	12.69	87.31	
3/4"	19.1	367.5	1374.5	17.32	82.68	
1/2"	12.7	821	2195.5	27.66	72.34	
3/8"	9.52	554	2749.5	34.64	65.36	
Nº4	4.76	1521.5	4271	53.81	46.19	
PASA Nº4		3704	3666.6			
10	2	420	420	37.37	62.62	28.93
40	0.42	389	809	76.67	23.33	10.77
200	0.074	84	893	85.16	14.84	6.85
FONDO		1				
<b>TOTAL</b>		<b>7975</b>	<b>7937.6</b>			

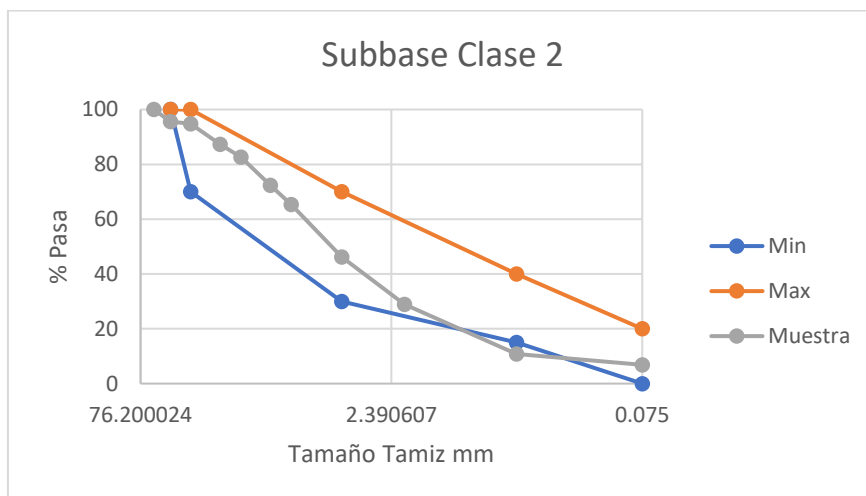
PESO ANTES DEL ENSAYO	8000	PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO	=	1000
PESO DESPUES DEL ENSAYO	7937.6	PESO SECO ANTES DEL LAVADO	=	_____
% DE HUMEDD	1.02	PESO SECO DESPUES DEL LAVADO	=	989.9



Subbase class 1				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2			
2" (50.4 mm)	50,4			95,63
1 1/2 (38.1 mm)	38,1	100	100	94,81
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	46,19
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	35	10,7748513
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	6,85507744

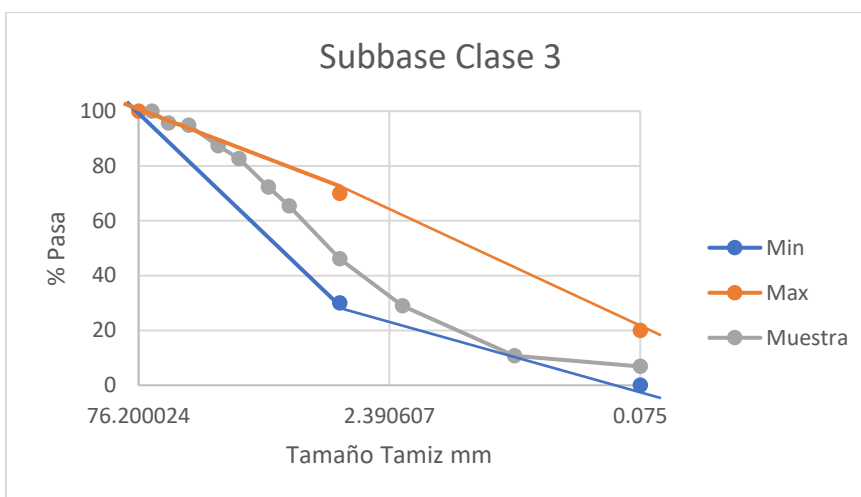


Subbase class 2				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2			
2" (50.4 mm)	50,4	100	100	95,63
1 1/2 (38.1 mm)	38,1	70	100	94,81
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	46,19
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	15	40	10,7748513
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	20	6,85507744

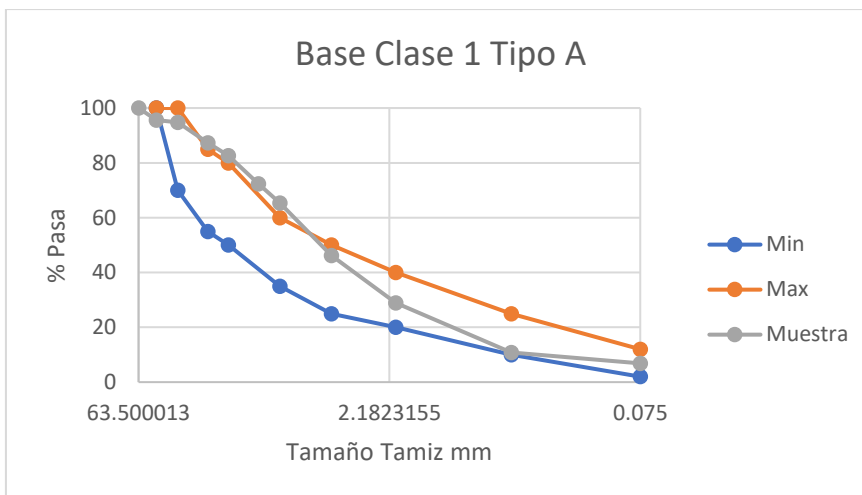




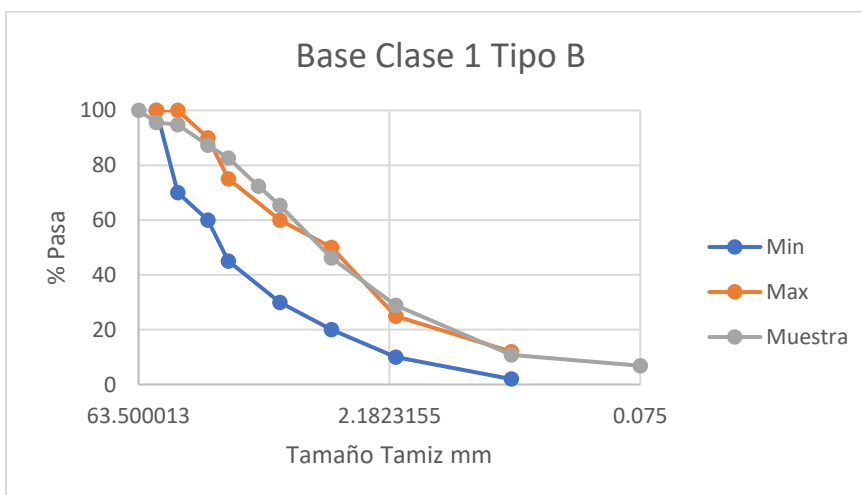
Subbase clase 3				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2		100	
2" (50.4 mm)	50,4			95,63
1 1/2 (38.1 mm)	38,1			94,81
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	46,19
N° 40 ( 0.425mm)	0,425			10,7748513
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	20	6,85507744



Base Clase 1 Tipo A				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	95,63
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	94,81
1" ( 25 mm)	25	55	85	87,31
3/4 " (19 mm)	19	50	80	82,68
3/8 " ( 9.5 mm)	9,5	35	60	65,36
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	25	50	46,19
N° 10 (2mm)	2	20	40	28,9271377
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	25	10,7748513
N° 200 (0.075 mm)	0,075	2	12	6,85507744

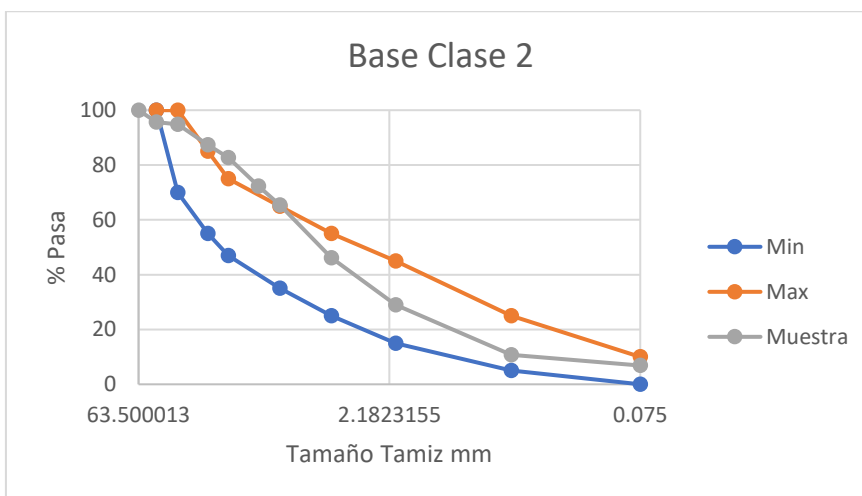


Base Clase 1 Tipo B				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	95,63
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	94,81
1" (25 mm)	25	60	90	87,31
3/4" (19 mm)	19	45	75	82,68
3/8" (9.5 mm)	9,5	30	60	65,36
N° 4 (4.75 mm)	4,75	20	50	46,19
N° 10 (2mm)	2	10	25	28,9271377
N° 40 (0.425mm)	0,425	2	12	10,7748513
N° 200 (0.075 mm)	0,075			6,85507744

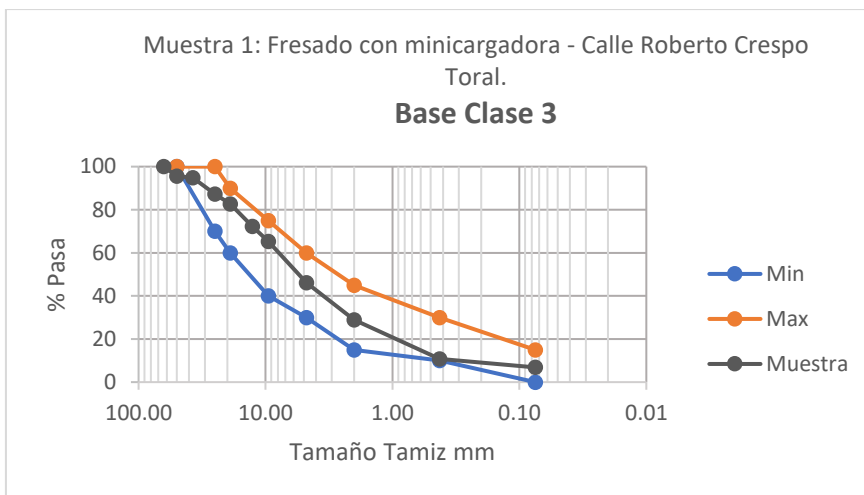




Base Clase 2				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	95,63
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	94,81
1" (25 mm)	25	55	85	87,31
3/4 " (19 mm)	19	47	75	82,68
3/8 " (9.5 mm)	9,5	35	65	65,36
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	25	55	46,19
N° 10 (2mm)	2	15	45	28,9271377
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	5	25	10,7748513
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	10	6,85507744



Base Clase 3				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	95,63
1" (25 mm)	25	70	100	87,31
3/4 " (19 mm)	19	60	90	82,68
3/8 " (9.5 mm)	9,5	40	75	65,36
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	60	46,19
N° 10 (2mm)	2	15	45	28,9271377
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	30	10,7748513
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	6,85507744





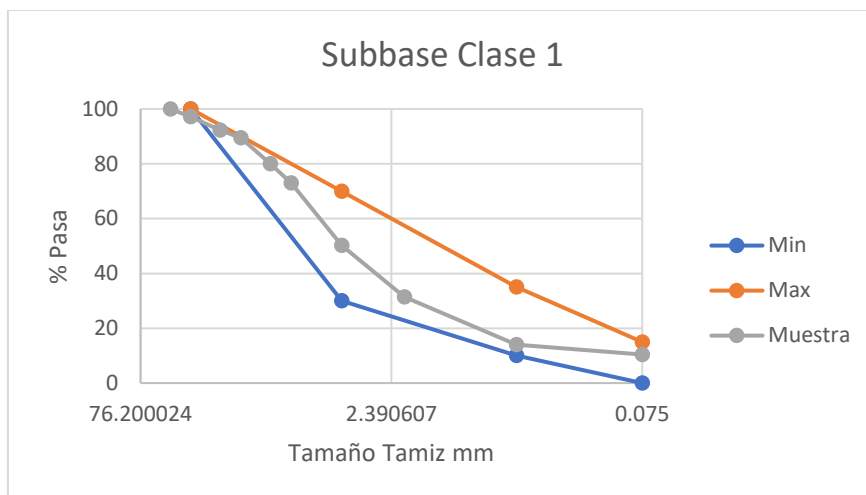
- **Muestra 2:** Fresado con minicargadora – Calle La Toreadora.

<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA</b>						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
<b>ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO</b>						
PROYECTO	Calle Quinta Chica y la Toreadora					
MUESTRA	_____					
LOLICITADO POR :	_____					
FECHA	_____					
	ABERTURA	PESO RET.	RET. ACUM.	%	%	%
TAMIZ Nº	MM.	GM.	GM.	RETENIDO	PASA	ESPECIF.
3"	76.2					
2 1/2"	63.5		0	0.00	100	
2"	50.8		0	0.00	100	
1 1/2"	38.1	229	229	2.89	97.11	
1"	25.4	389	618	7.79	92.21	
3/4"	19.1	219	837	10.55	89.45	
1/2"	12.7	754	1591	20.05	79.95	
3/8"	9.52	554	2145	27.03	72.97	
Nº4	4.76	1806	3951	49.79	50.21	
PASA No4		4036	3984.99			
10	2	526.5	526.5	37.4736	62.53	31.397
40	0.42	342.5	869	72.162	27.84	13.978
200	0.074	70	939	79.2516	20.75	10.42
FONDO		5.5				
<b>TOTAL</b>		<b>7987</b>	<b>7935.99</b>			

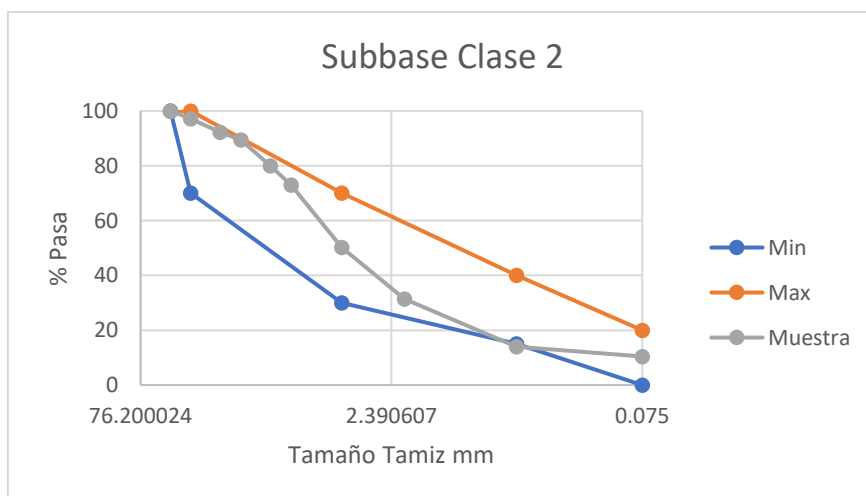
PESO ANTES DEL ENSAYO	8000	PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO	=	1000
PESO DESPUES DEL ENSAYO	7935.99	PESO SECO ANTES DEL LAVADO	=	_____
% DE HUMEDD	1.28	PESO SECO DESPUES DEL LAVADO	=	987.36



Subbase clase 1				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2			
2" (50.4 mm)	50,4			100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1	100	100	97,11
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	50,21
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	35	13,978619
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	10,4186356

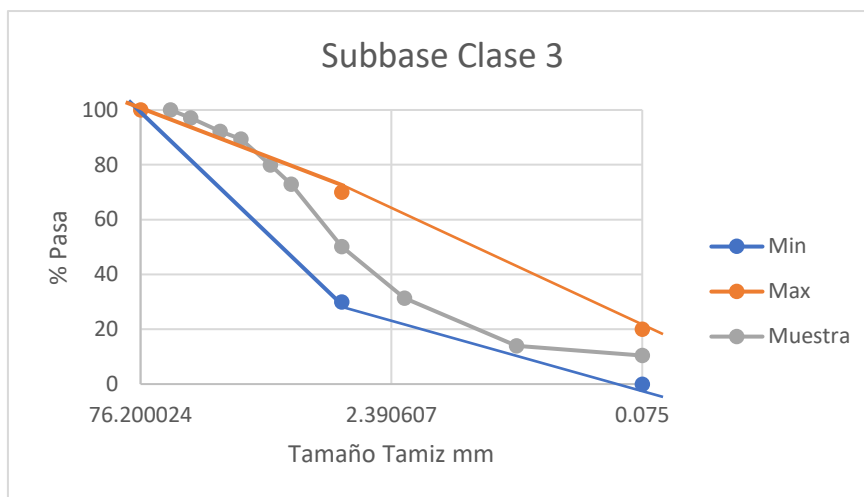


Subbase clase 2				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2			
2" (50.4 mm)	50,4	100	100	100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1	70	100	97,11
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	50,21
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	15	40	13,978619
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	20	10,4186356

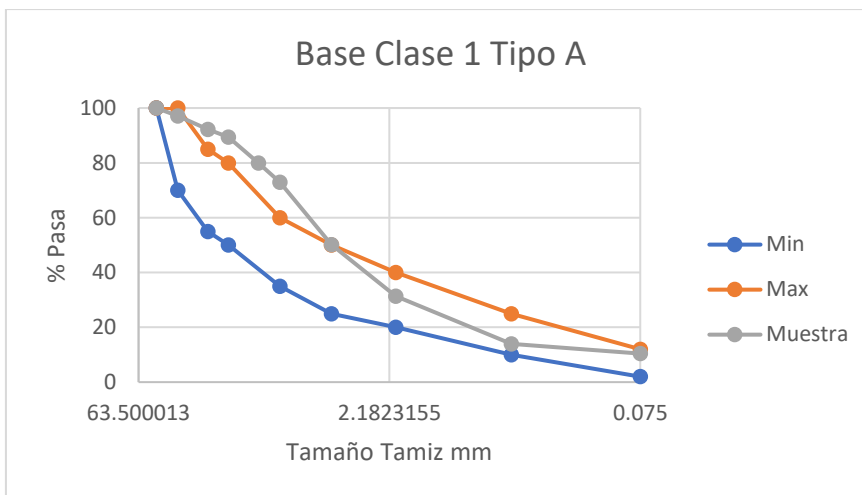




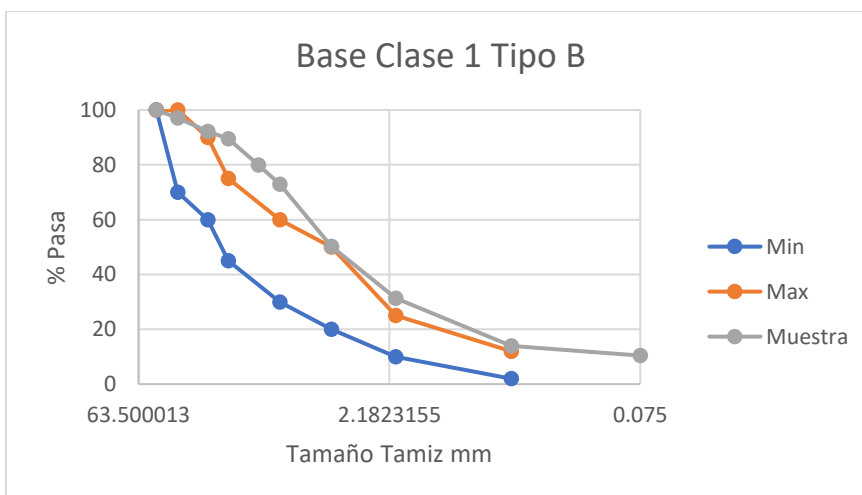
Subbase clase 3				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2		100	
2" (50.4 mm)	50,4			100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1			97,11
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	50,21
N° 40 ( 0.425mm)	0,425			13,978619
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	20	10,4186356



Base Clase 1 Tipo A				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	97,11
1" ( 25 mm)	25	55	85	92,21
3/4 " (19 mm)	19	50	80	89,45
3/8 " ( 9.5 mm)	9,5	35	60	72,97
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	25	50	50,21
N° 10 (2mm)	2	20	40	31,3971091
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	25	13,978619
N° 200 (0.075 mm)	0,075	2	12	10,4186356

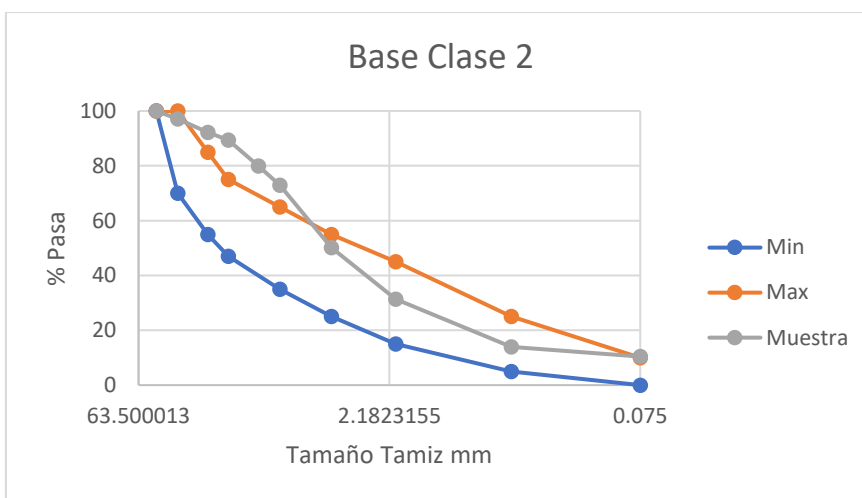


Base Clase 1 Tipo B				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	97,11
1" (25 mm)	25	60	90	92,21
3/4 " (19 mm)	19	45	75	89,45
3/8 " (9.5 mm)	9,5	30	60	72,97
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	20	50	50,21
N° 10 (2mm)	2	10	25	31,3971091
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	2	12	13,978619
N° 200 (0.075 mm)	0,075			10,4186356

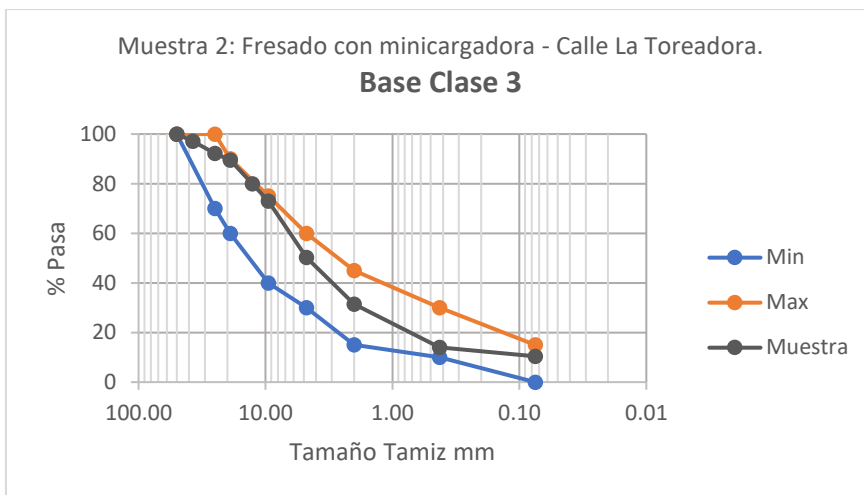




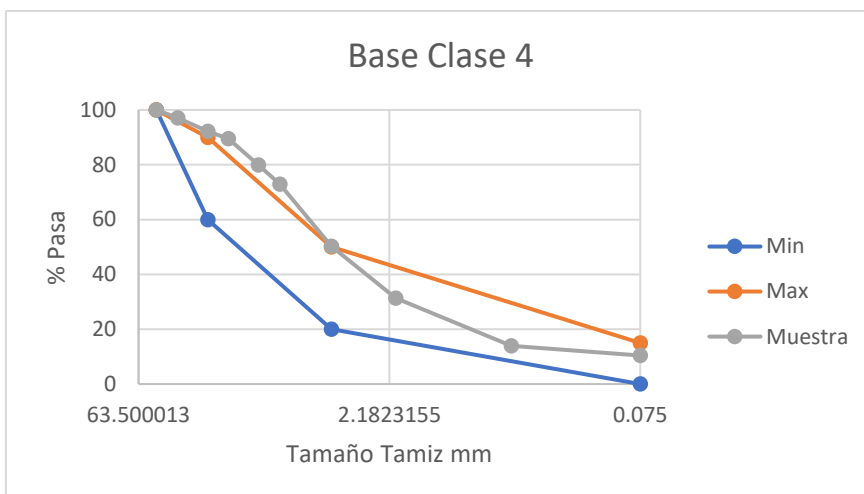
Base Clase 2				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	97,11
1" (25 mm)	25	55	85	92,21
3/4 " (19 mm)	19	47	75	89,45
3/8 " (9.5 mm)	9,5	35	65	72,97
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	25	55	50,21
N° 10 (2mm)	2	15	45	31,3971091
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	5	25	13,978619
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	10	10,4186356



Base Clase 3				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1" (25 mm)	25	70	100	92,21
3/4 " (19 mm)	19	60	90	89,45
3/8 " (9.5 mm)	9,5	40	75	72,97
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	60	50,21
N° 10 (2mm)	2	15	45	31,3971091
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	30	13,978619
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	10,4186356



Base Clase 4				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50mm)	50	100	100	100,00
1" ( 25 mm)	25	60	90	92,21
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	20	50	50,21
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	10,4186356





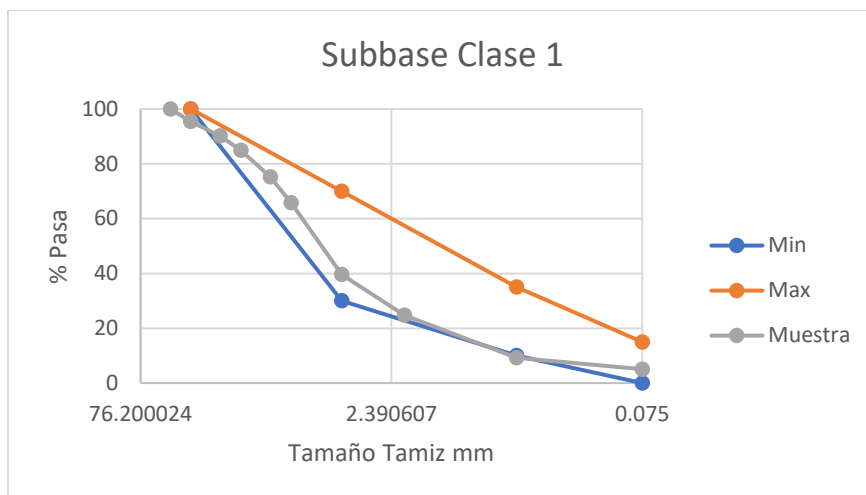
- **Muestra 3:** Fresado con minicargadora – Av. Paseo de los Cañaris y Altar Urcu.

<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA</b>						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
<b>ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO</b>						
PROYECTO	Av. Paseo de los cañaris Bob Cat					
MUESTRA	_____					
LOLICITADO POR :	_____					
FECHA	_____					
	ABERTURA	PESO RET.	RET. ACUM.	%	%	%
<b>TAMIZ Nº</b>	MM.	GM.	GM.	RETENIDO	PASA	ESPECIF.
3"	<b>76.2</b>					
2 1/2"	<b>63.5</b>		0	0.00	100	
2"	<b>50.8</b>		0	0.00	100	
1 1/2"	<b>38.1</b>	367	367	4.63	95.37	
1"	<b>25.4</b>	412.5	779.5	9.83	90.17	
3/4"	<b>19.1</b>	416	1195.5	15.07	84.93	
1/2"	<b>12.7</b>	771.5	1967	24.79	75.21	
3/8"	<b>9.52</b>	754	2721	34.30	65.7	
Nº4	<b>4.76</b>	2071.5	4792.5	60.41	39.59	
PASA Nº4		3173	4792.5			
10	<b>2</b>	384.5	384.5	37.37	62.63	24.796
40	<b>0.42</b>	389	773.5	76.67	23.33	9.238
200	<b>0.074</b>	104	877.5	87.17	12.83	5.079
FONDO		3.5				
<b>TOTAL</b>		<b>7965.5</b>	<b>7933.77314</b>			

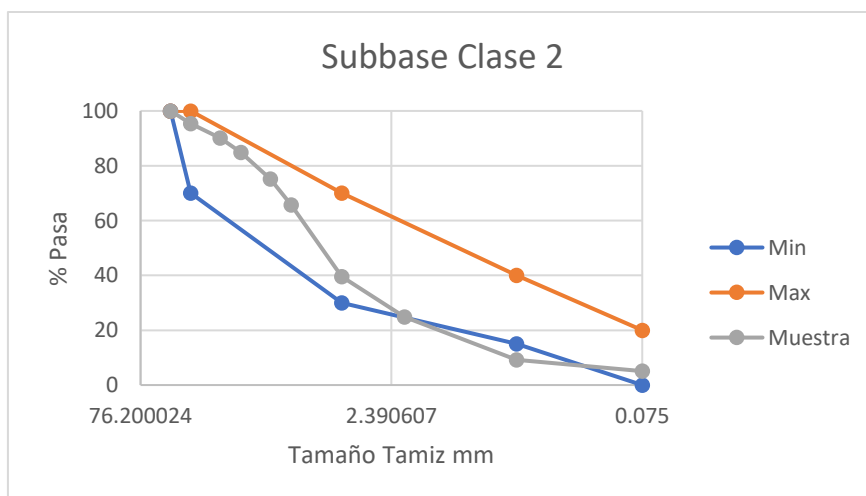
PESO ANTES DEL ENSAYO	8000	PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO	=	1000
PESO DESPUES DEL ENSAYO	7933.77	PESO SECO ANTES DEL LAVADO	=	_____
% DE HUMEDD	1.01	PESO SECO DESPUES DEL LAVADO	=	990



Subbase class 1				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2			
2" (50.4 mm)	50,4			100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1	100	100	95,37
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	39,59
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	35	9,23855684
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	5,0792244

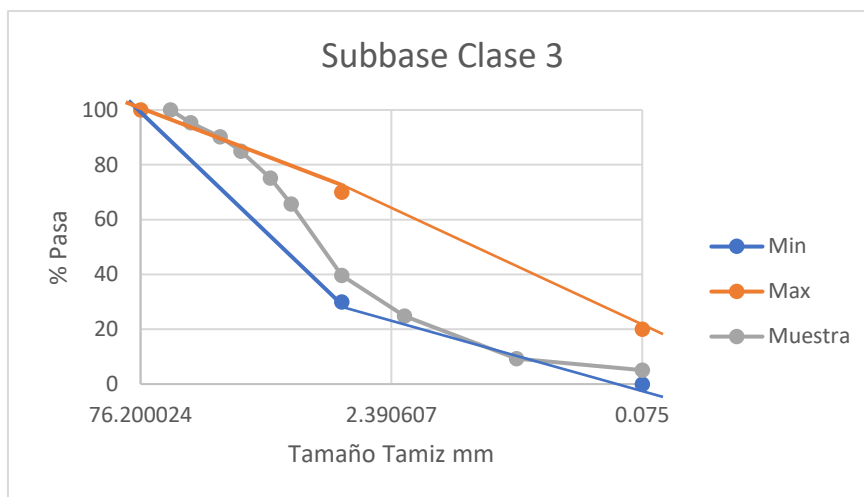


Subbase class 2				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2			
2" (50.4 mm)	50,4	100	100	100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1	70	100	95,37
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	39,59
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	15	40	9,23855684
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	20	5,0792244

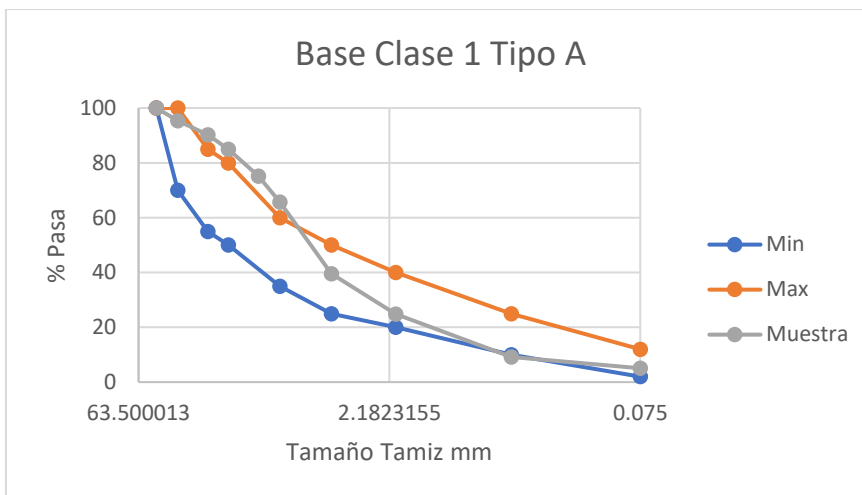




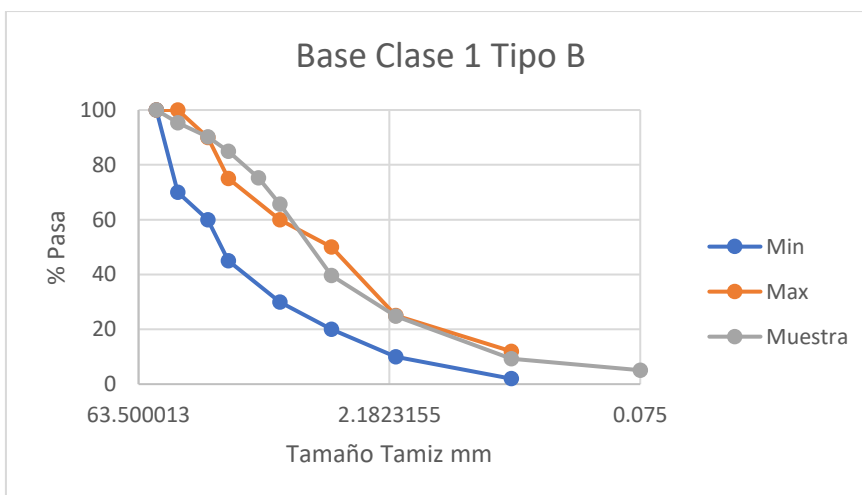
Subbase clase 3				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2		100	
2" (50.4 mm)	50,4			100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1			95,37
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	39,59
N° 40 ( 0.425mm)	0,425			9,23855684
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	20	5,0792244



Base Clase 1 Tipo A				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	95,37
1" ( 25 mm)	25	55	85	90,17
3/4 " (19 mm)	19	50	80	84,93
3/8 " ( 9.5 mm)	9,5	35	60	65,70
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	25	50	39,59
N° 10 (2mm)	2	20	40	24,7960599
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	25	9,23855684
N° 200 (0.075 mm)	0,075	2	12	5,0792244

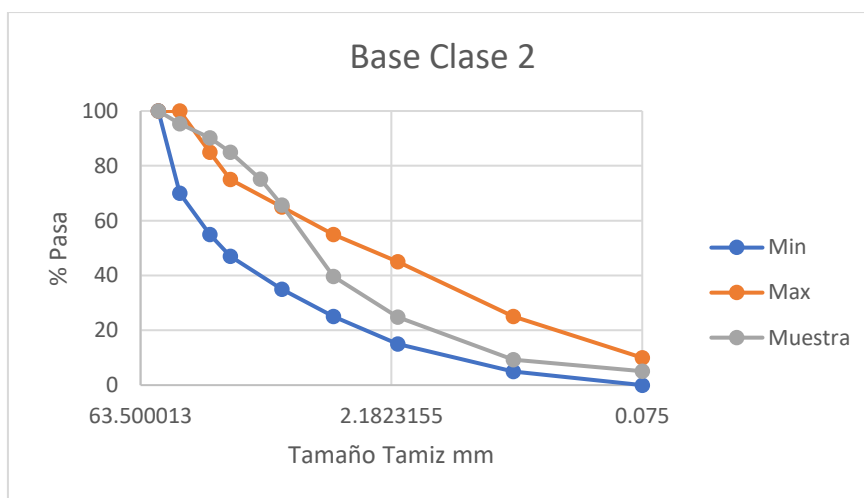


Base Clase 1 Tipo B				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	95,37
1" (25 mm)	25	60	90	90,17
3/4 " (19 mm)	19	45	75	84,93
3/8 " (9.5 mm)	9,5	30	60	65,70
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	20	50	39,59
N° 10 (2mm)	2	10	25	24,7960599
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	2	12	9,23855684
N° 200 (0.075 mm)	0,075			5,0792244

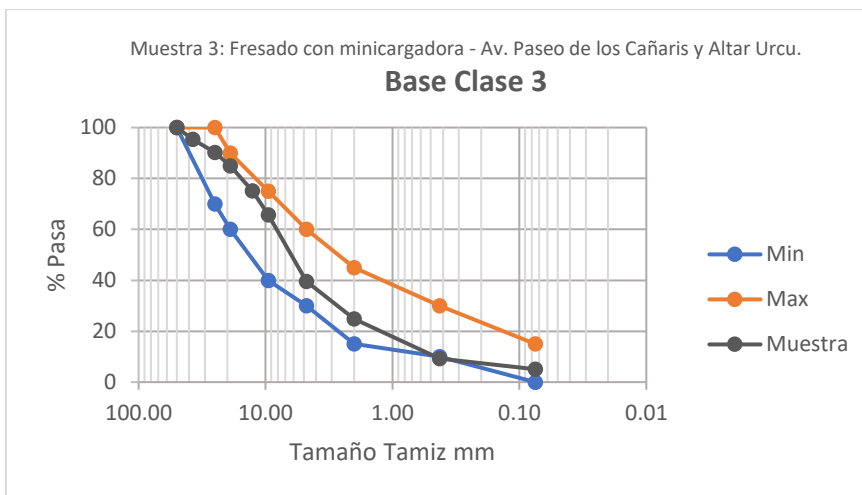




Base Clase 2				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	95,37
1" (25 mm)	25	55	85	90,17
3/4 " (19 mm)	19	47	75	84,93
3/8 " (9.5 mm)	9,5	35	65	65,70
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	25	55	39,59
N° 10 (2mm)	2	15	45	24,7960599
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	5	25	9,23855684
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	10	5,0792244

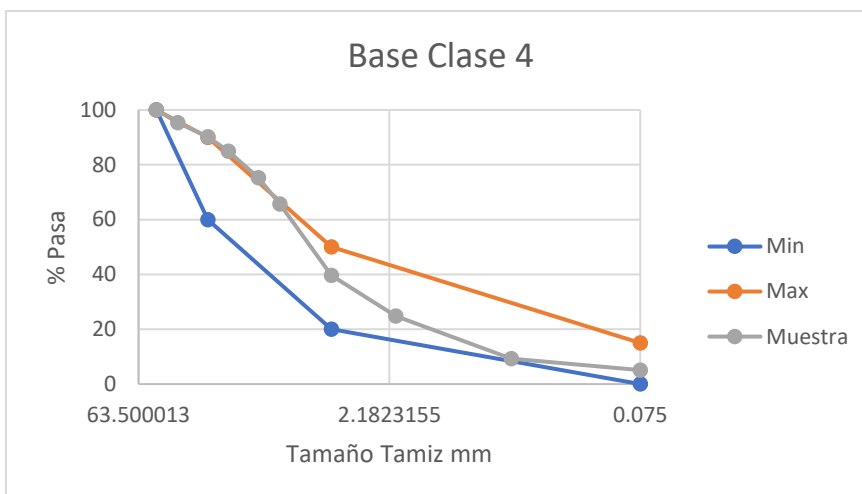


Base Clase 3				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1" (25 mm)	25	70	100	90,17
3/4 " (19 mm)	19	60	90	84,93
3/8 " (9.5 mm)	9,5	40	75	65,70
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	60	39,59
N° 10 (2mm)	2	15	45	24,7960599
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	30	9,23855684
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	5,0792244



### Base Clase 4

	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50mm)	50	100	100	100,00
1" (25 mm)	25	60	90	90,17
N° 4 (4.75 mm)	4,75	20	50	39,59
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	5,0792244





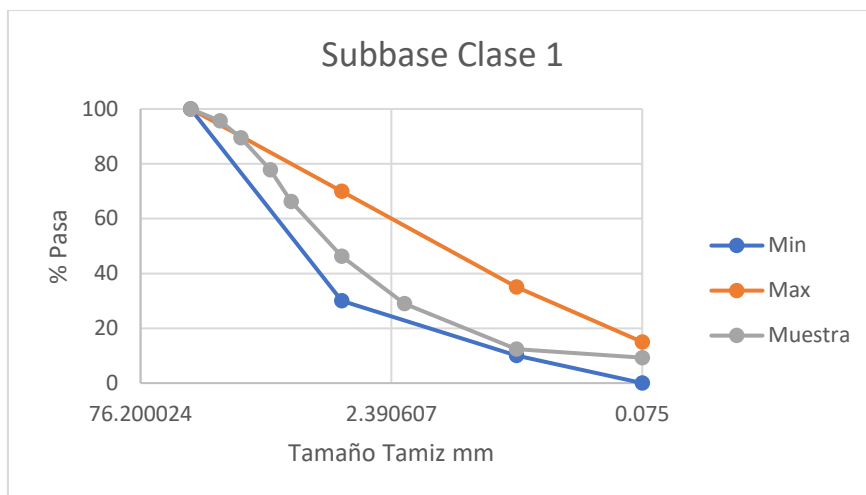
- **Muestra 4:** Fresado con minicargadora – Calle San Pablo del Lago.

<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA</b>						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
<b>ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO</b>						
PROYECTO	Calle San pablo de Lago Bob cat					
MUESTRA	_____					
LOLICITADO POR :	_____					
FECHA	_____					
	ABERTURA	PESO RET.	RET. ACUM.	%	%	%
<b>TAMIZ Nº</b>	<b>MM.</b>	<b>GM.</b>	<b>GM.</b>	<b>RETENIDO</b>	<b>PASA</b>	<b>ESPECIF.</b>
3"	76.2					
2 1/2"	63.5		0	0.00	100	
2"	50.8		0	0.00	100	
1 1/2"	38.1		0	0.00	100	
1"	25.4	350	350	4.41	95.59	
3/4"	19.1	490.5	840.5	10.59	89.41	
1/2"	12.7	926	1766.5	22.25	77.75	
3/8"	9.52	914	2680.5	33.77	66.23	
Nº4	4.76	1583.5	4264	53.72	46.28	
<b>PASA No4</b>		3711	3673.889			
10	2	506.5	506.5	37.37	62.63	28.99
40	0.42	355	861.5	73.23	26.77	12.39
200	0.074	66.5	928	79.95	20.05	9.28
<b>FONDO</b>		2.5				
<b>TOTAL</b>		<b>7975</b>	<b>7937.89</b>			

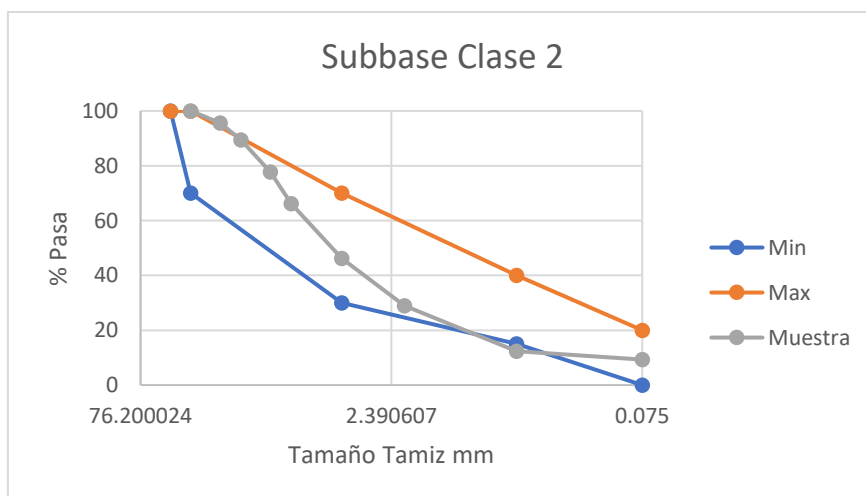
PESO ANTES DEL ENSAYO	8000	PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO	=	1000
PESO DESPUES DEL ENSAYO	7937.89	PESO SECO ANTES DEL LAVADO	=	_____
% DE HUMEDD	1.01	PESO SECO DESPUES DEL LAVADO	=	930.5



Subbase class 1				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2			
2" (50.4 mm)	50,4			100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1	100	100	100,00
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	46,28
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	35	12,3889122
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	9,28000807

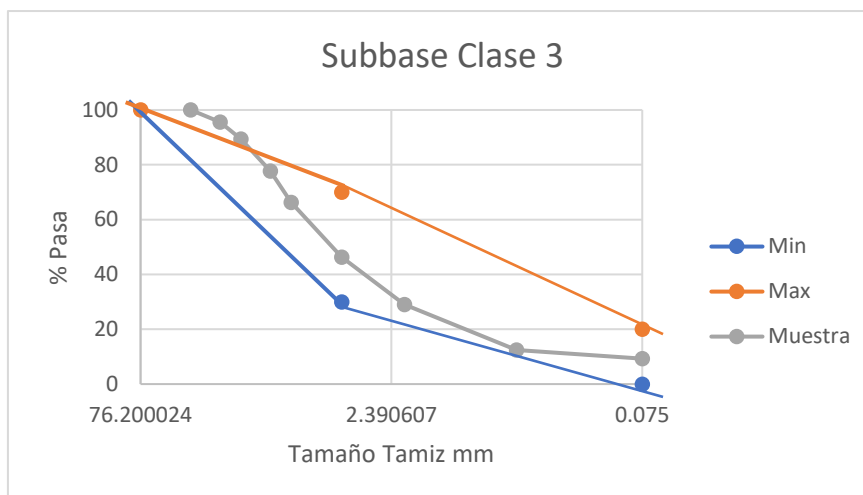


Subbase class 2				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2			
2" (50.4 mm)	50,4	100	100	100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1	70	100	100,00
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	46,28
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	15	40	12,3889122
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	20	9,28000807

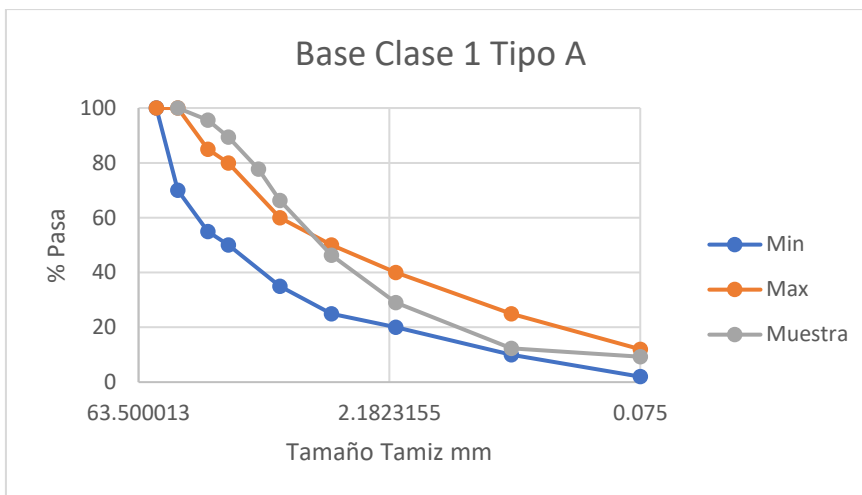




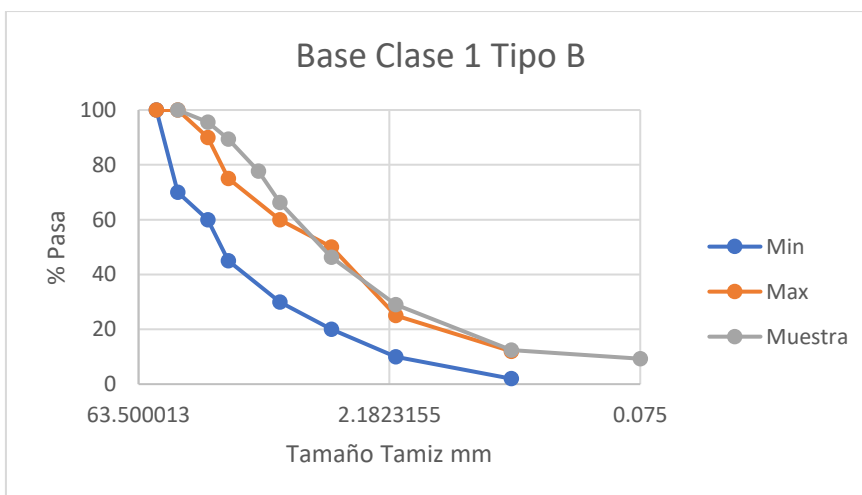
Subbase clase 3				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2		100	
2" (50.4 mm)	50,4			100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1			100,00
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	46,28
N° 40 ( 0.425mm)	0,425			12,3889122
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	20	9,28000807



Base Clase 1 Tipo A				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	100,00
1" ( 25 mm)	25	55	85	95,59
3/4 " (19 mm)	19	50	80	89,41
3/8 " ( 9.5 mm)	9,5	35	60	66,23
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	25	50	46,28
N° 10 (2mm)	2	20	40	28,9853174
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	25	12,3889122
N° 200 (0.075 mm)	0,075	2	12	9,28000807

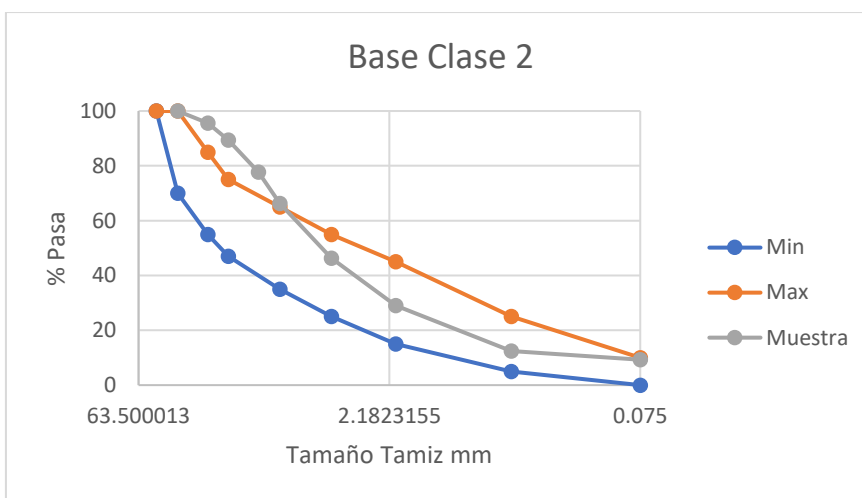


Base Clase 1 Tipo B				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	100,00
1" (25 mm)	25	60	90	95,59
3/4 " (19 mm)	19	45	75	89,41
3/8 " (9.5 mm)	9,5	30	60	66,23
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	20	50	46,28
N° 10 (2mm)	2	10	25	28,9853174
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	2	12	12,3889122
N° 200 (0.075 mm)	0,075			9,28000807

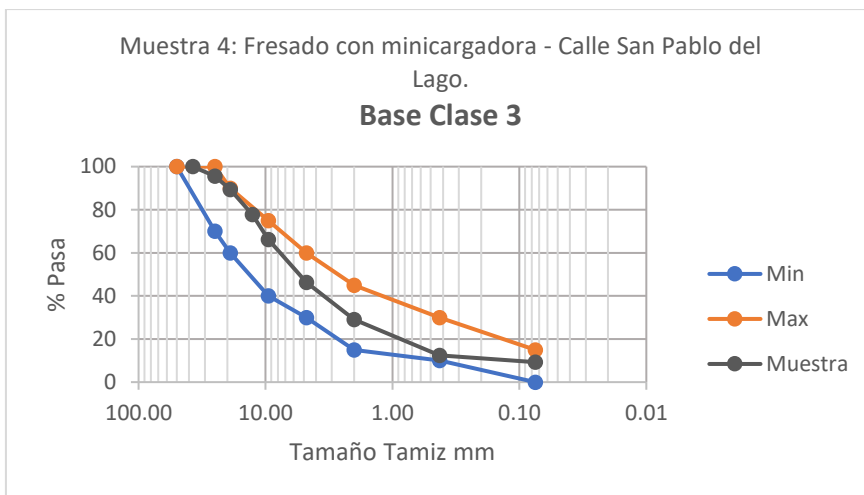




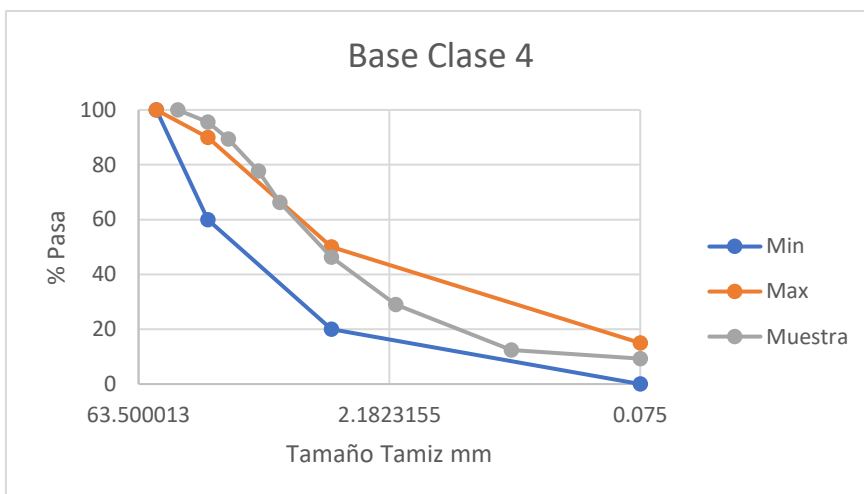
Base Clase 2				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	100,00
1" (25 mm)	25	55	85	95,59
3/4 " (19 mm)	19	47	75	89,41
3/8 " (9.5 mm)	9,5	35	65	66,23
N° 4 (4.75 mm)	4,75	25	55	46,28
N° 10 (2mm)	2	15	45	28,9853174
N° 40 (0.425mm)	0,425	5	25	12,3889122
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	10	9,28000807



Base Clase 3				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1" (25 mm)	25	70	100	95,59
3/4 " (19 mm)	19	60	90	89,41
3/8 " (9.5 mm)	9,5	40	75	66,23
N° 4 (4.75 mm)	4,75	30	60	46,28
N° 10 (2mm)	2	15	45	28,9853174
N° 40 (0.425mm)	0,425	10	30	12,3889122
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	9,28000807



Base Clase 4				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50mm)	50	100	100	100,00
1" (25 mm)	25	60	90	95,59
N° 4 (4.75 mm)	4,75	20	50	46,28
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	9,28000807





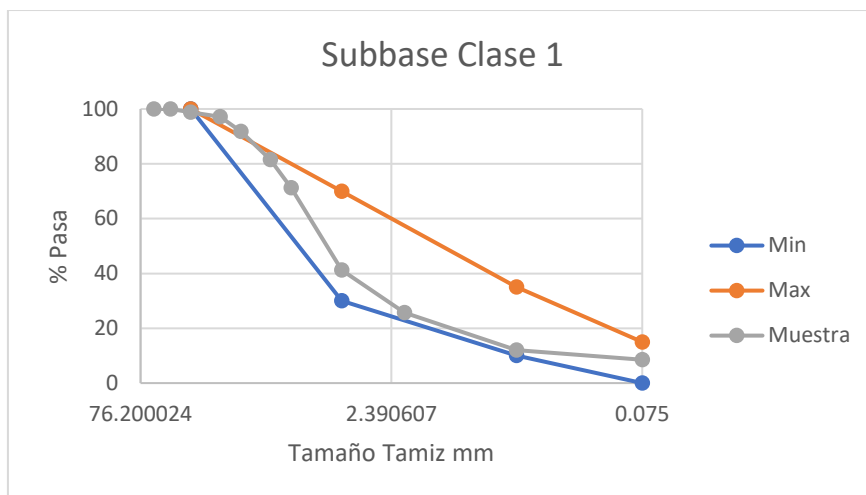
- **Muestra 5:** Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.

<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA</b>						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
<b>ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO</b>						
PROYECTO	Av. 27 de febrero Bob Cat					
MUESTRA	_____					
LOLICITADO POR :	_____					
FECHA	_____					
	ABERTURA	PESO RET.	RET. ACUM.	%	%	%
<b>TAMIZ Nº</b>	MM.	GM.	GM.	RETENIDO	PASA	ESPECIF.
3"	76.2					
2 1/2"	63.5	0	0	0.00	100	
2"	50.8	0	0	0.00	100	
1 1/2"	38.1	91	91	1.15	95.85	
1"	25.4	132	223	2.82	97.18	
3/4"	19.1	430.5	653.5	8.26	91.74	
1/2"	12.7	807	1460.5	18.45	81.55	
3/8"	9.52	817	2277.5	28.77	71.23	
Nº4	4.76	2374	4651.5	58.76	41.24	
PASA No4		3320	3264.18248			
10	2	497	497	37.63	62.37	25.72
40	0.42	326	823	70.79	29.1	12.04
200	0.074	84	907	79.33	20.67	8.52
FONDO		6.5				
<b>TOTAL</b>		<b>7971.5</b>	<b>7915.68248</b>			

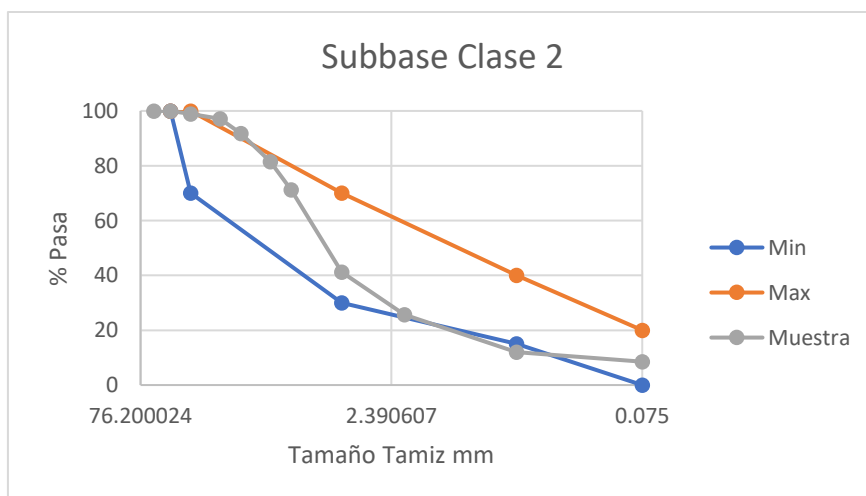
PESO ANTES DEL ENSAYO	<u>8000</u>	PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO	=	<u>1000</u>
PESO DESPUES DEL ENSAYO	<u>7915.68</u>	PESO SECO ANTES DEL LAVADO	=	<u>          </u>
% DE HUMEDD	<u>1.71</u>	PESO SECO DESPUES DEL LAVADO	=	<u>914.5</u>



Subbase clase 1				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2			
2" (50.4 mm)	50,4			100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1	100	100	98,85
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	41,24
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	35	12,045234
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	8,5221013

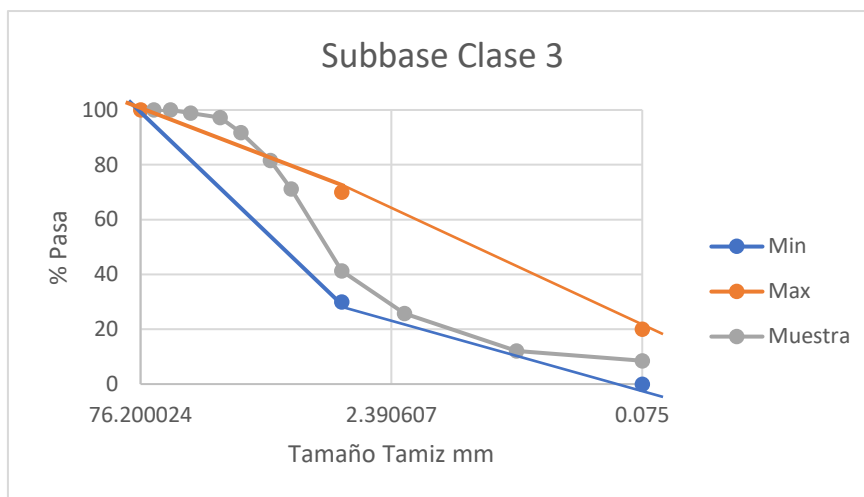


Subbase clase 2				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2			
2" (50.4 mm)	50,4	100	100	100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1	70	100	98,85
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	41,24
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	15	40	12,045234
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	20	8,5221013

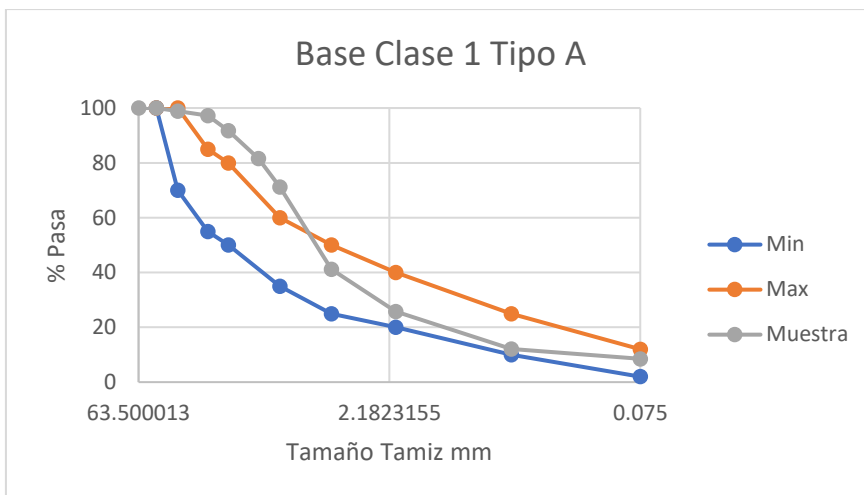




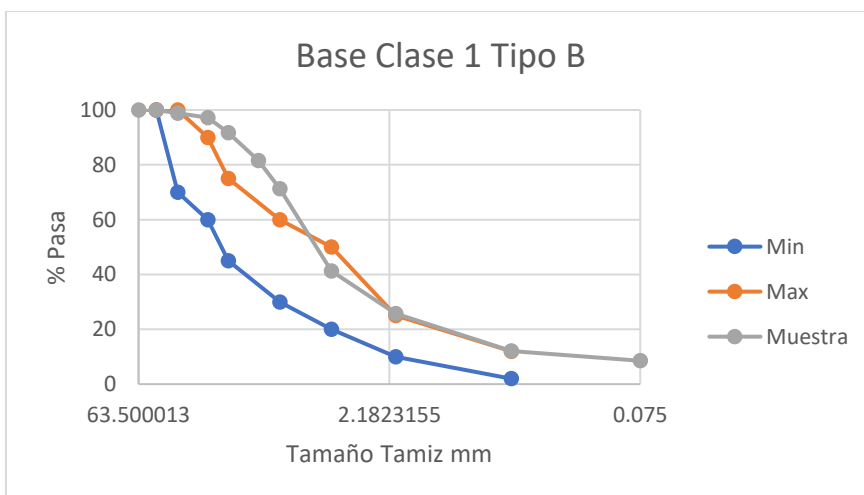
Subbase clase 3				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2		100	
2" (50.4 mm)	50,4			100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1			98,85
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	41,24
N° 40 ( 0.425mm)	0,425			12,045234
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	20	8,5221013



Base Clase 1 Tipo A				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	98,85
1" ( 25 mm)	25	55	85	97,18
3/4 " (19 mm)	19	50	80	91,74
3/8 " ( 9.5 mm)	9,5	35	60	71,23
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	25	50	41,24
N° 10 (2mm)	2	20	40	25,7183444
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	25	12,045234
N° 200 (0.075 mm)	0,075	2	12	8,5221013

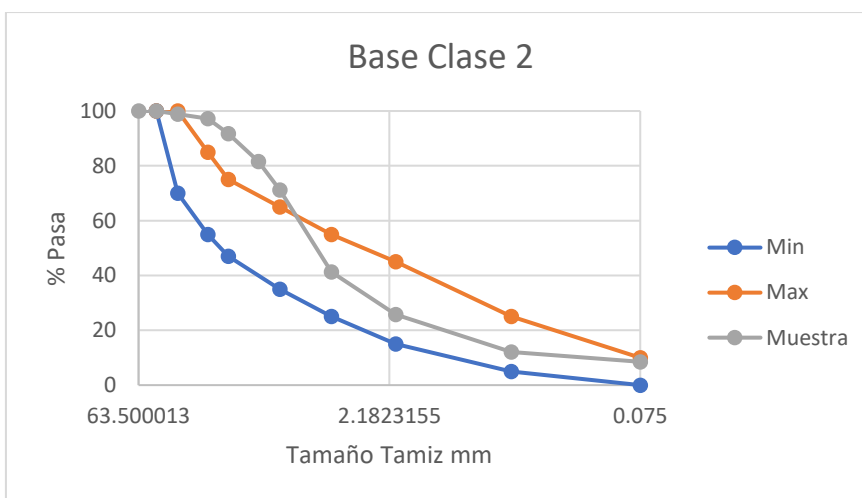


Base Clase 1 Tipo B				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	98,85
1" (25 mm)	25	60	90	97,18
3/4 " (19 mm)	19	45	75	91,74
3/8 " (9.5 mm)	9,5	30	60	71,23
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	20	50	41,24
N° 10 (2mm)	2	10	25	25,7183444
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	2	12	12,045234
N° 200 (0.075 mm)	0,075			8,5221013

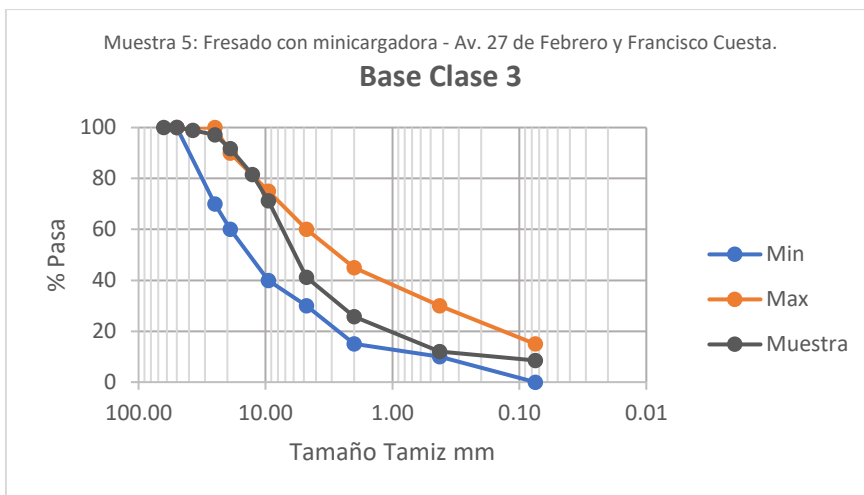




Base Clase 2				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	98,85
1" (25 mm)	25	55	85	97,18
3/4 " (19 mm)	19	47	75	91,74
3/8 " (9.5 mm)	9,5	35	65	71,23
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	25	55	41,24
N° 10 (2mm)	2	15	45	25,7183444
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	5	25	12,045234
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	10	8,5221013

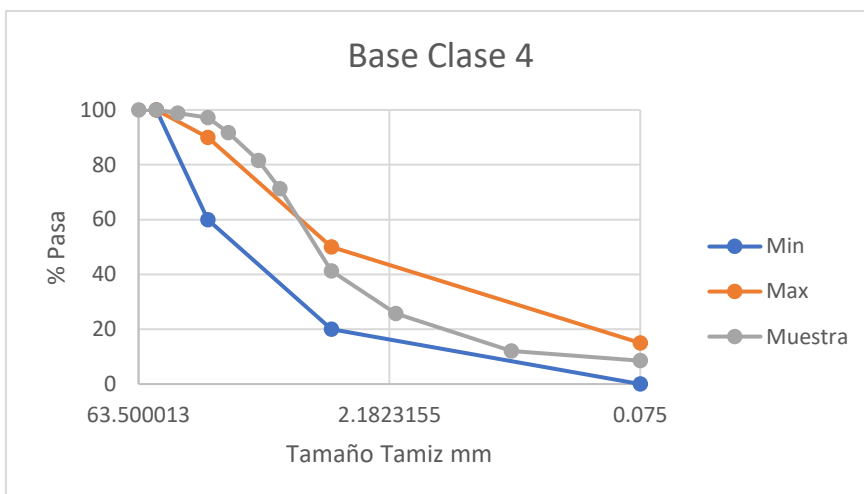


Base Clase 3				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1" (25 mm)	25	70	100	97,18
3/4 " (19 mm)	19	60	90	91,74
3/8 " (9.5 mm)	9,5	40	75	71,23
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	60	41,24
N° 10 (2mm)	2	15	45	25,7183444
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	30	12,045234
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	8,5221013



### Base Clase 4

	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50mm)	50	100	100	100,00
1" (25 mm)	25	60	90	97,18
N° 4 (4.75 mm)	4,75	20	50	41,24
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	8,5221013





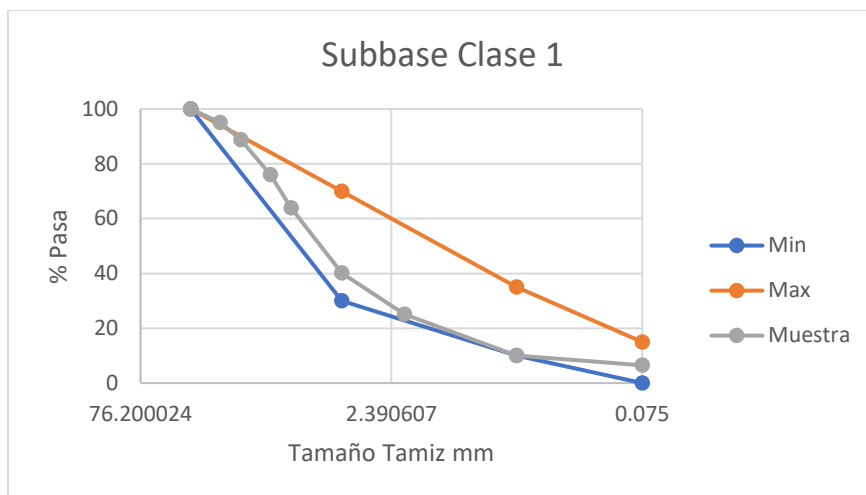
- **Muestra 6:** Fresado con fresadora – Av. Paseo de los Cañaris y Yanahurco.

<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA</b>						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
<b>ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO</b>						
PROYECTO	Av. Paseo de los Cañaris Fresadora					
MUESTRA	_____					
LOLICITADO POR :	_____					
FECHA	_____					
	ABERTURA	PESO RET.	RET. ACUM.	%	%	%
<b>TAMIZ Nº</b>	MM.	GM.	GM.	RETENIDO	PASA	ESPECIF.
3"	76.2					
2 1/2"	63.5		0	0.00	100	
2"	50.8		0	0.00	100	
1 1/2"	38.1		0	0.00	100	
1"	25.4	394	394	4.96	95.04	
3/4"	19.1	497	891	11.21	88.79	
1/2"	12.7	1018	1909	24.02	75.98	
3/8"	9.52	963.5	2872.5	36.14	63.86	
Nº4	4.76	1885	4757.5	59.85	40.15	
<b>PASA No4</b>		3225	3191.55			
10	2	439.5	439.5	37.38	62.61	25.14
40	0.42	372	742	74.98	25.02	10.05
200	0.074	87.5	829.5	83.82	16.18	6.49
<b>FONDO</b>		2				
<b>TOTAL</b>		<b>7982.5</b>				

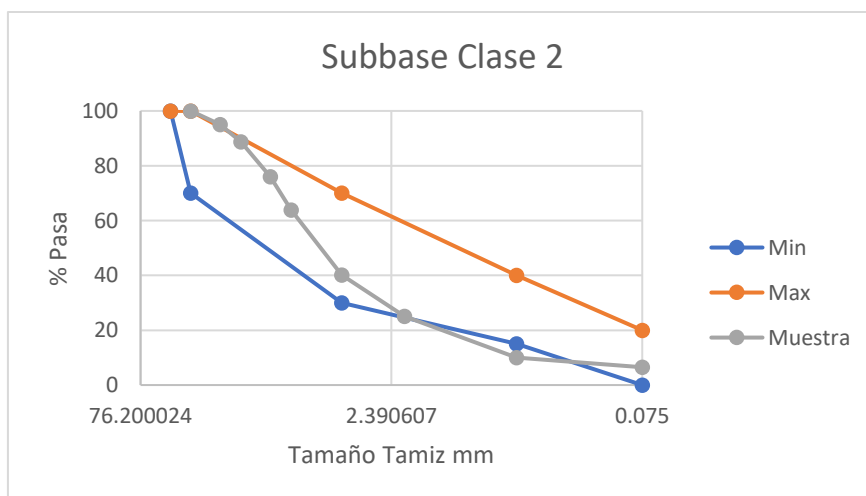
PESO ANTES DEL ENSAYO	8000	PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO	=	1000
PESO DESPUES DEL ENSAYO	7949	PESO SECO ANTES DEL LAVADO	=	_____
% DE HUMEDD	1.048	PESO SECO DESPUES DEL LAVADO	=	901



Subbase clase 1				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2			
2" (50.4 mm)	50,4			100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1	100	100	100,00
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	40,15
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	35	10,0465122
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	6,49656079

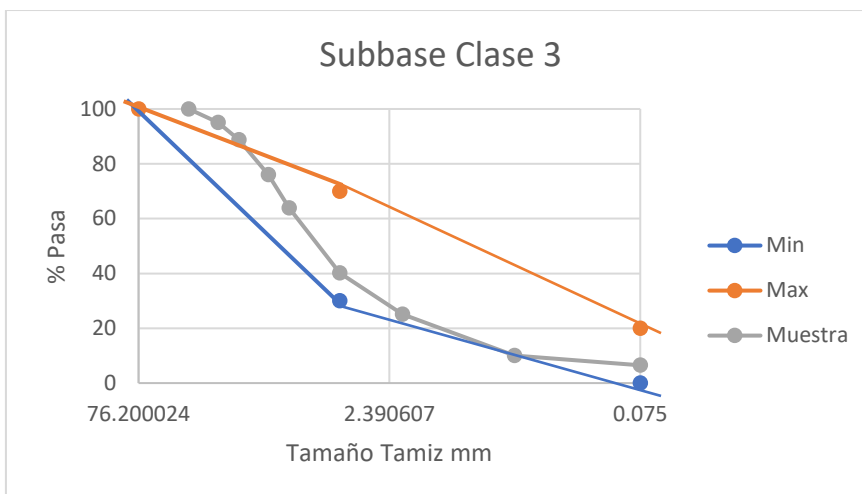


Subbase clase 2				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2			
2" (50.4 mm)	50,4	100	100	100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1	70	100	100,00
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	40,15
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	15	40	10,0465122
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	20	6,49656079

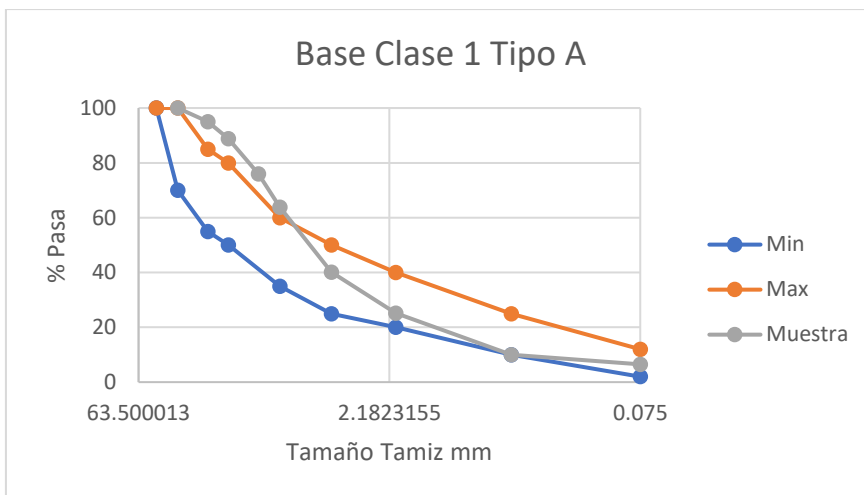




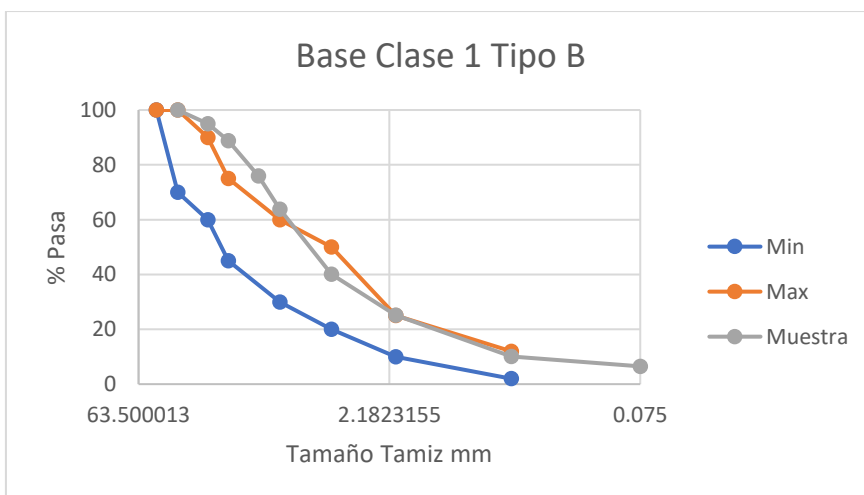
Subbase clase 3				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2		100	
2" (50.4 mm)	50,4			100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1			100,00
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	40,15
N° 40 ( 0.425mm)	0,425			10,0465122
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	20	6,49656079



Base Clase 1 Tipo A				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	100,00
1" ( 25 mm)	25	55	85	95,04
3/4 " (19 mm)	19	50	80	88,79
3/8 " ( 9.5 mm)	9,5	35	60	63,86
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	25	50	40,15
N° 10 (2mm)	2	20	40	25,1388769
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	25	10,0465122
N° 200 (0.075 mm)	0,075	2	12	6,49656079

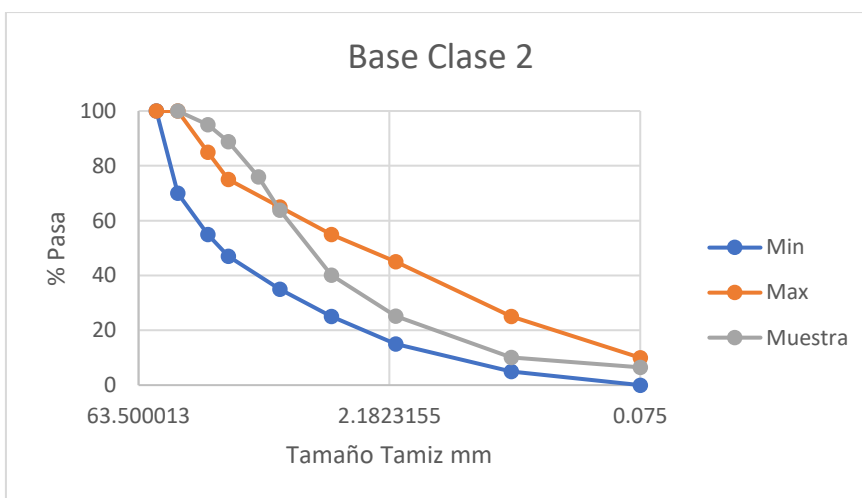


Base Clase 1 Tipo B				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	100,00
1" (25 mm)	25	60	90	95,04
3/4 " (19 mm)	19	45	75	88,79
3/8 " (9.5 mm)	9,5	30	60	63,86
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	20	50	40,15
N° 10 (2mm)	2	10	25	25,1388769
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	2	12	10,0465122
N° 200 (0.075 mm)	0,075			6,49656079

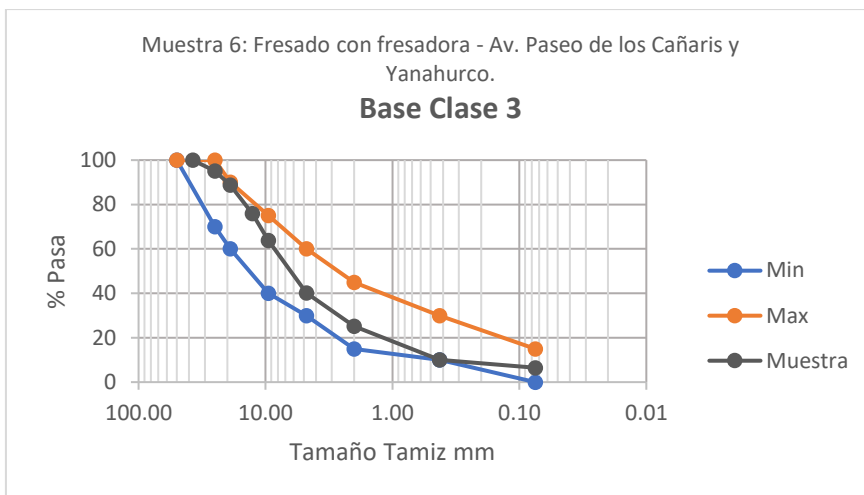




Base Clase 2				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	100,00
1" (25 mm)	25	55	85	95,04
3/4 " (19 mm)	19	47	75	88,79
3/8 " (9.5 mm)	9,5	35	65	63,86
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	25	55	40,15
N° 10 (2mm)	2	15	45	25,1388769
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	5	25	10,0465122
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	10	6,49656079

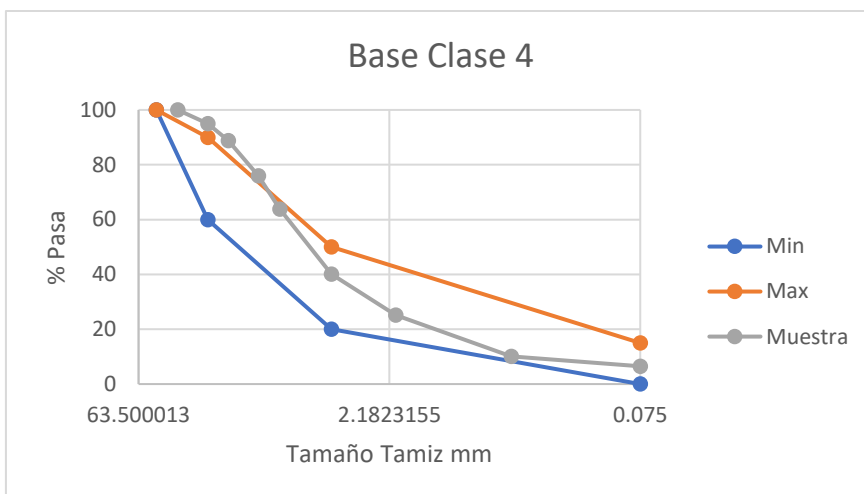


Base Clase 3				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1" (25 mm)	25	70	100	95,04
3/4 " (19 mm)	19	60	90	88,79
3/8 " (9.5 mm)	9,5	40	75	63,86
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	60	40,15
N° 10 (2mm)	2	15	45	25,1388769
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	30	10,0465122
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	6,49656079



**Base Clase 4**

	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50mm)	50	100	100	100,00
1" ( 25 mm)	25	60	90	95,04
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	20	50	40,15
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	6,49656079





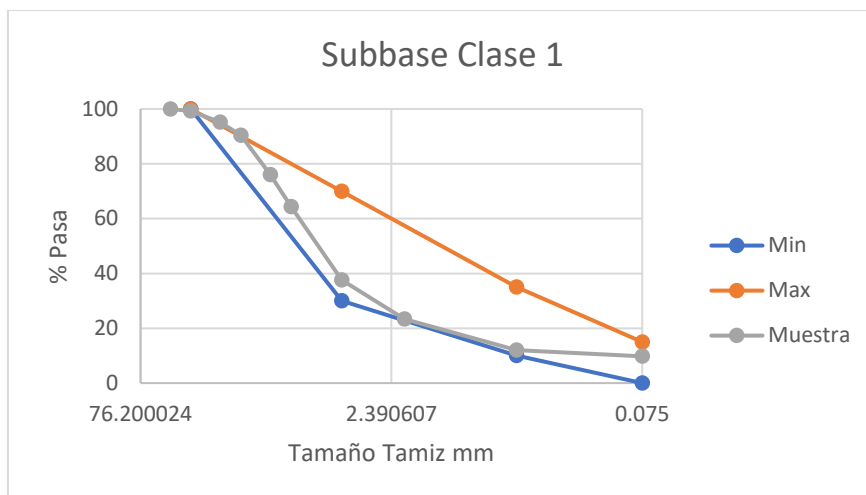
- **Muestra 7:** Fresado con fresadora – Av. González Suárez.

<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA</b>						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
<b>ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO</b>						
PROYECTO	Av. Gonzales Suares Fresadora					
MUESTRA	_____					
LOLICITADO POR :	_____					
FECHA	_____					
TAMIZ Nº	ABERTURA MM.	PESO RET. GM.	RET. ACUM. GM.	% RETENIDO	% PASA	% ESPECIF.
3"	76.2					
2 1/2"	63.5		0	0.00	100	
2"	50.8		0	0.00	100	
1 1/2"	38.1	58	58	0.73	99.27	
1"	25.4	320.5	378.5	4.79	95.21	
3/4"	19.1	382	760.5	9.62	90.38	
1/2"	12.7	1132	1892.5	23.93	76.07	
3/8"	9.52	926	2818.5	35.64	64.36	
Nº4	4.76	2119	4937.5	62.43	37.57	
PASA No4		3046	2971.7			
10	2	555.5	555.5	37.93	62.08	23.32
40	0.42	292	662	67.85	32.15	12.07
200	0.074	60	722	74	26	9.77
FONDO		3.5				
<b>TOTAL</b>		<b>7983.5</b>	<b>7909.21</b>			

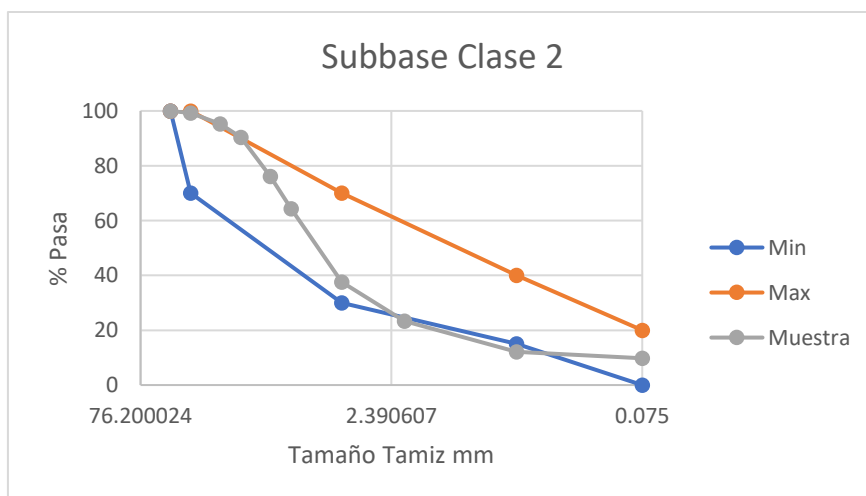
PESO ANTES DEL ENSAYO	8000	PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO	=	1000
PESO DESPUES DEL ENSAYO	7909.2	PESO SECO ANTES DEL LAVADO	=	_____
% DE HUMEDD	2.5	PESO SECO DESPUES DEL LAVADO	=	910.5



Subbase class 1				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2			
2" (50.4 mm)	50,4			100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1	100	100	99,27
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	37,57
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	35	12,077763
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	9,76703842

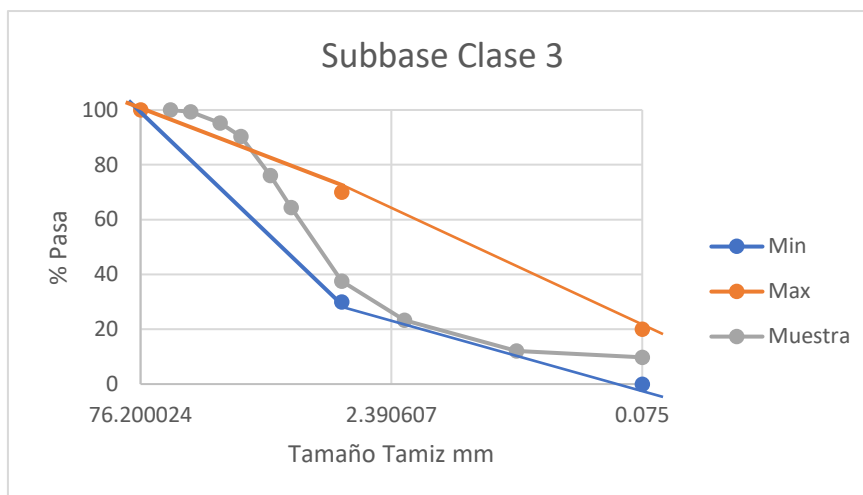


Subbase class 2				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2			
2" (50.4 mm)	50,4	100	100	100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1	70	100	99,27
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	37,57
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	15	40	12,077763
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	20	9,76703842

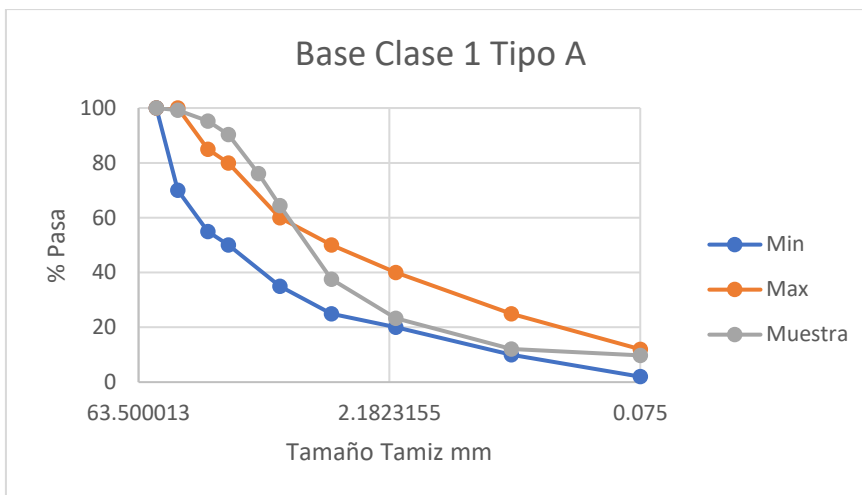




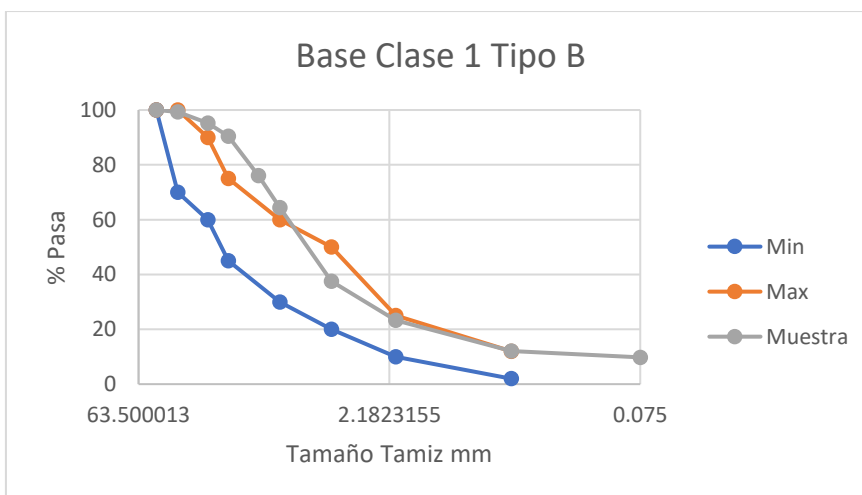
Subbase clase 3				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2		100	
2" (50.4 mm)	50,4			100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1			99,27
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	37,57
N° 40 ( 0.425mm)	0,425			12,077763
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	20	9,76703842



Base Clase 1 Tipo A				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	99,27
1" ( 25 mm)	25	55	85	95,21
3/4 " (19 mm)	19	50	80	90,38
3/8 " ( 9.5 mm)	9,5	35	60	64,36
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	25	50	37,57
N° 10 (2mm)	2	20	40	23,3232895
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	25	12,077763
N° 200 (0.075 mm)	0,075	2	12	9,76703842

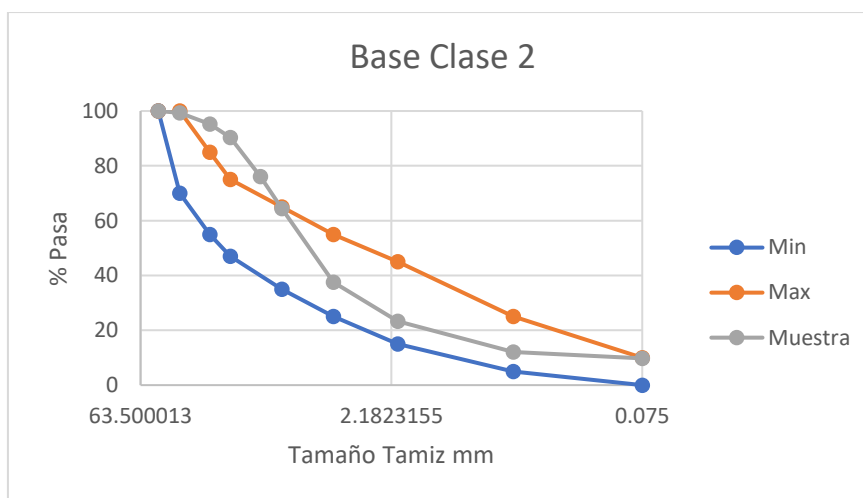


Base Clase 1 Tipo B				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	99,27
1" (25 mm)	25	60	90	95,21
3/4 " (19 mm)	19	45	75	90,38
3/8 " (9.5 mm)	9,5	30	60	64,36
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	20	50	37,57
N° 10 (2mm)	2	10	25	23,3232895
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	2	12	12,077763
N° 200 (0.075 mm)	0,075			9,76703842

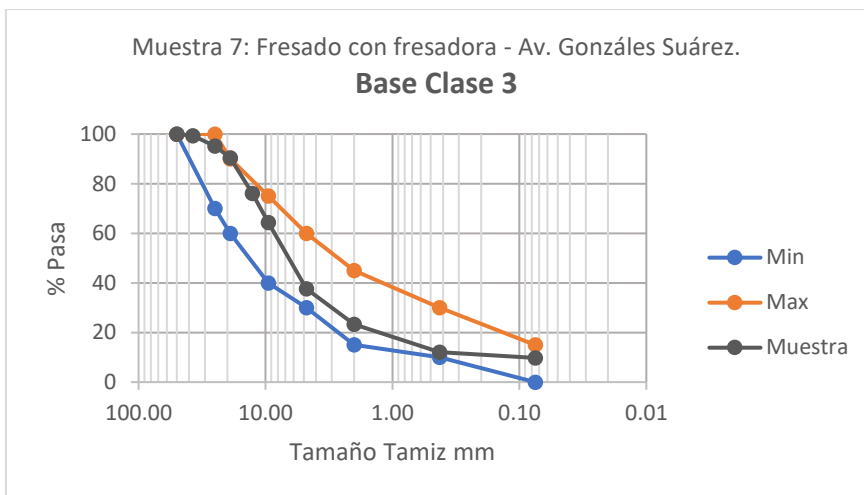




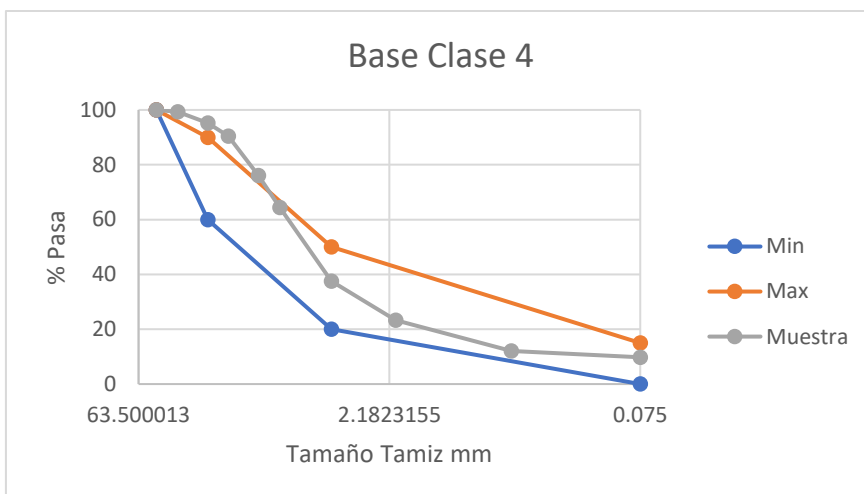
Base Clase 2				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	99,27
1" (25 mm)	25	55	85	95,21
3/4 " (19 mm)	19	47	75	90,38
3/8 " (9.5 mm)	9,5	35	65	64,36
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	25	55	37,57
N° 10 (2mm)	2	15	45	23,3232895
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	5	25	12,077763
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	10	9,76703842



Base Clase 3				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1" (25 mm)	25	70	100	95,21
3/4 " (19 mm)	19	60	90	90,38
3/8 " (9.5 mm)	9,5	40	75	64,36
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	60	37,57
N° 10 (2mm)	2	15	45	23,3232895
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	30	12,077763
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	9,76703842



Base Clase 4				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50mm)	50	100	100	100,00
1" ( 25 mm)	25	60	90	95,21
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	20	50	37,57
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	9,76703842





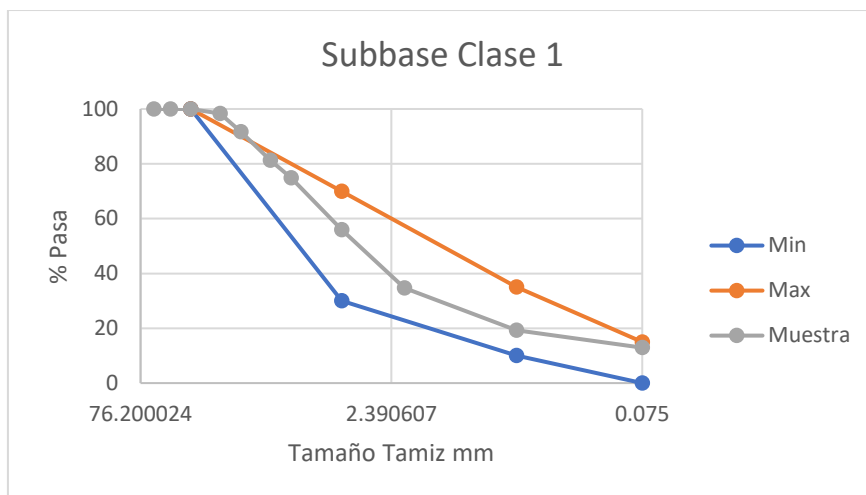
- **Muestra 8:** Fresado con fresadora – Av. 27 de Febrero y Arturo Valencia.

<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA</b>						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
<b>ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO</b>						
PROYECTO	Av. 27 de Febrero Fresadora					
MUESTRA	_____					
LOLICITADO POR :	_____					
FECHA	_____					
	ABERTURA	PESO RET.	RET. ACUM.	%	%	%
TAMIZ Nº	MM.	GM.	GM.	RETENIDO	PASA	ESPECIF.
3"	76.2					
2 1/2"	63.5	0	0	0.00	100	
2"	50.8	0	0	0.00	100	
1 1/2"	38.1	0	0	0.00	100	
1"	25.4	134	134	1.71	98.29	
3/4"	19.1	516.5	650.5	8.28	91.72	
1/2"	12.7	820	1470.5	18.73	81.27	
3/8"	9.52	502.5	1973	25.13	74.87	
Nº4	4.76	1483.5	3456.5	44.02	55.98	
PASA Nº4		4525	4395.33			
10	2	443	443	38.09	61.91	34.66
40	0.42	266	709	65.476	34.52	19.33
200	0.074	111	820	76.9	23.1	12.93
FONDO		8				
<b>TOTAL</b>		<b>7981.5</b>	<b>7851.8</b>			

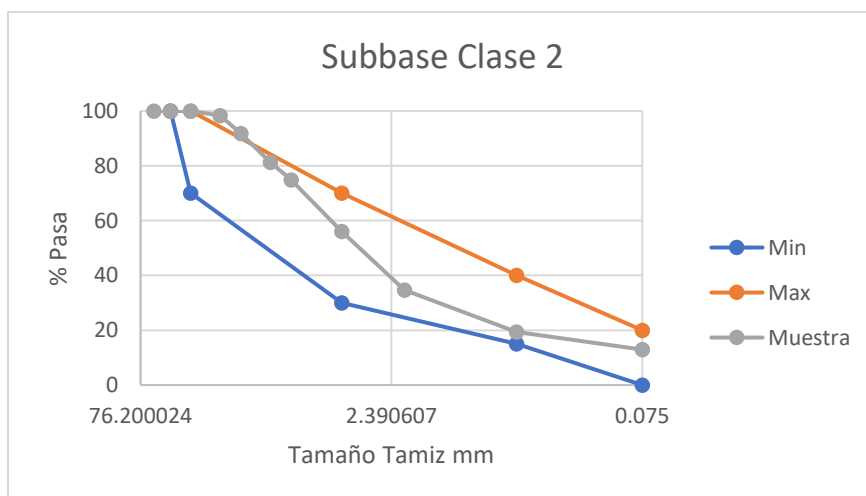
PESO ANTES DEL ENSAYO	8000	PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO	=	1000
PESO DESPUES DEL ENSAYO	7851.84	PESO SECO ANTES DEL LAVADO	=	
% DE HUMEDD	2.95	PESO SECO DESPUES DEL LAVADO	=	971.35



Subbase class 1				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2			
2" (50.4 mm)	50,4			100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1	100	100	100,00
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	55,98
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	35	19,3258907
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	12,9289805

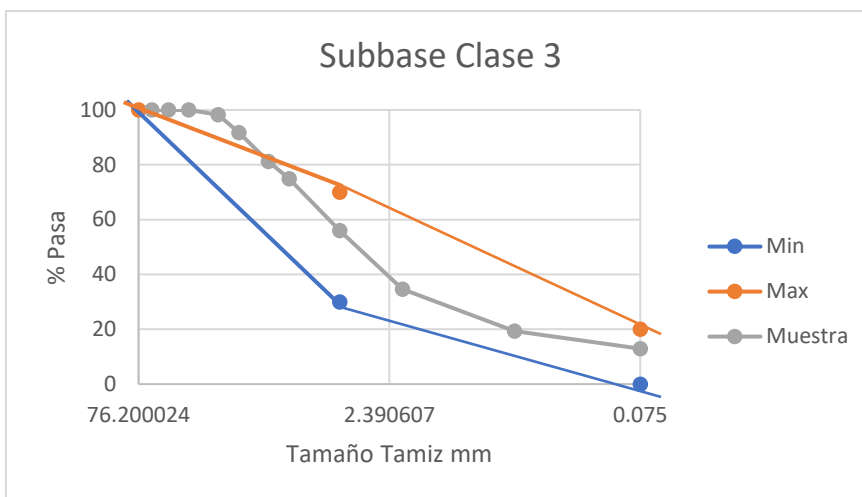


Subbase class 2				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2			
2" (50.4 mm)	50,4	100	100	100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1	70	100	100,00
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	55,98
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	15	40	19,3258907
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	20	12,9289805

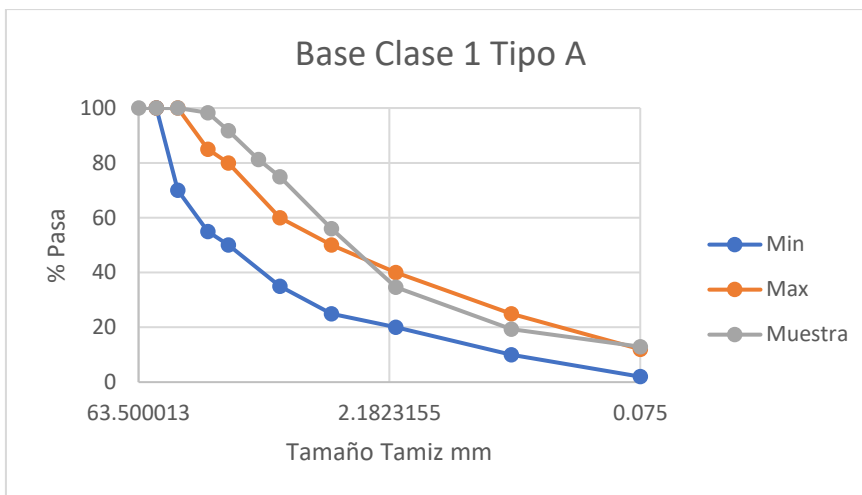




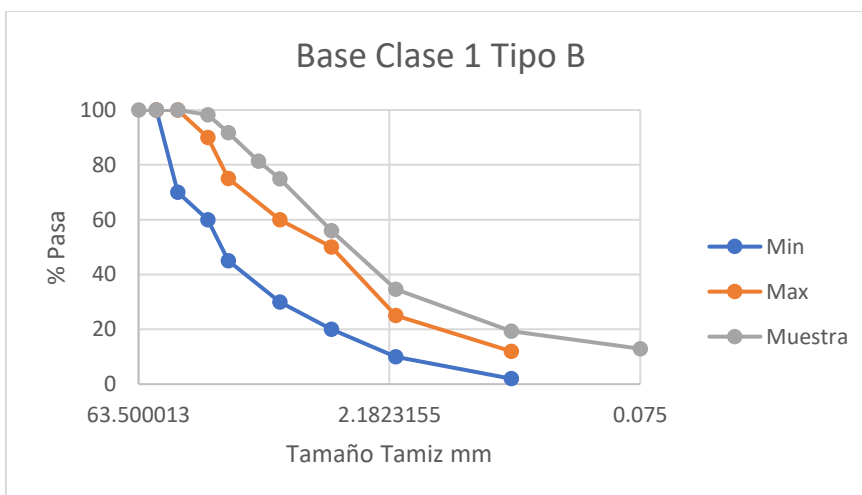
Subbase clase 3				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2		100	
2" (50.4 mm)	50,4			100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1			100,00
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	55,98
N° 40 ( 0.425mm)	0,425			19,3258907
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	20	12,9289805



Base Clase 1 Tipo A				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	100,00
1" ( 25 mm)	25	55	85	98,29
3/4 " (19 mm)	19	50	80	91,72
3/8 " ( 9.5 mm)	9,5	35	60	74,87
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	25	50	55,98
N° 10 (2mm)	2	20	40	34,6554234
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	25	19,3258907
N° 200 (0.075 mm)	0,075	2	12	12,9289805

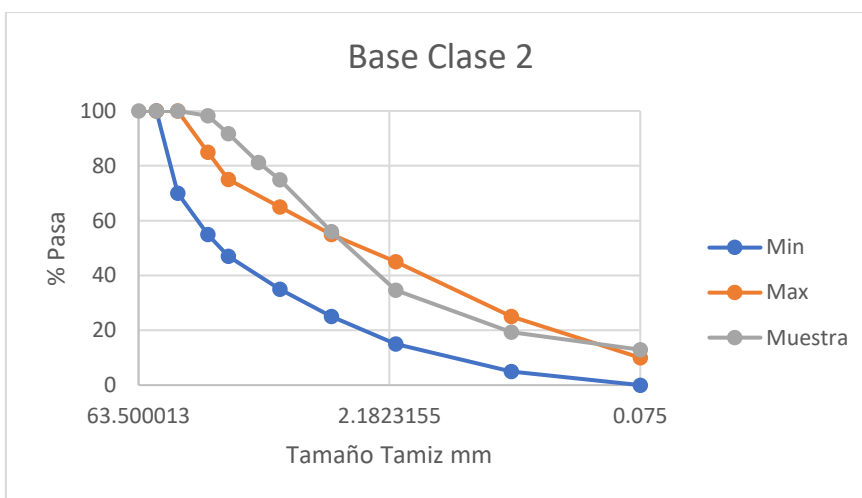


Base Clase 1 Tipo B				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	100,00
1" (25 mm)	25	60	90	98,29
3/4 " (19 mm)	19	45	75	91,72
3/8 " (9.5 mm)	9,5	30	60	74,87
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	20	50	55,98
N° 10 (2mm)	2	10	25	34,6554234
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	2	12	19,3258907
N° 200 (0.075 mm)	0,075			12,9289805

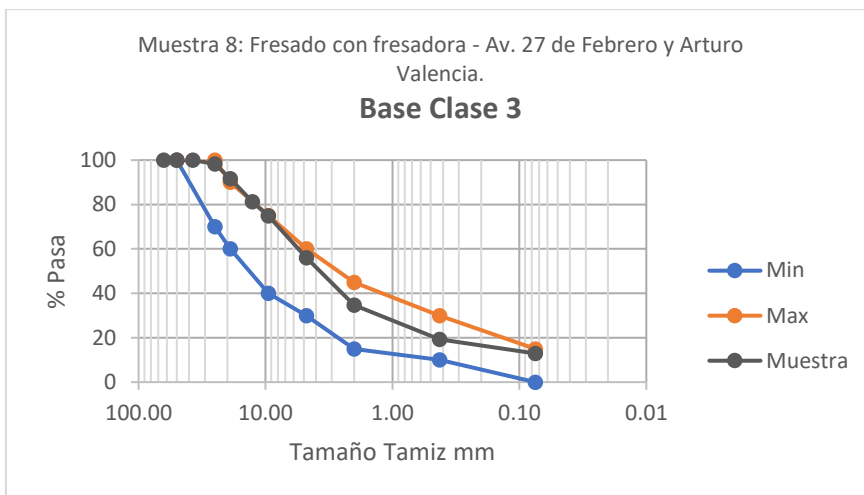




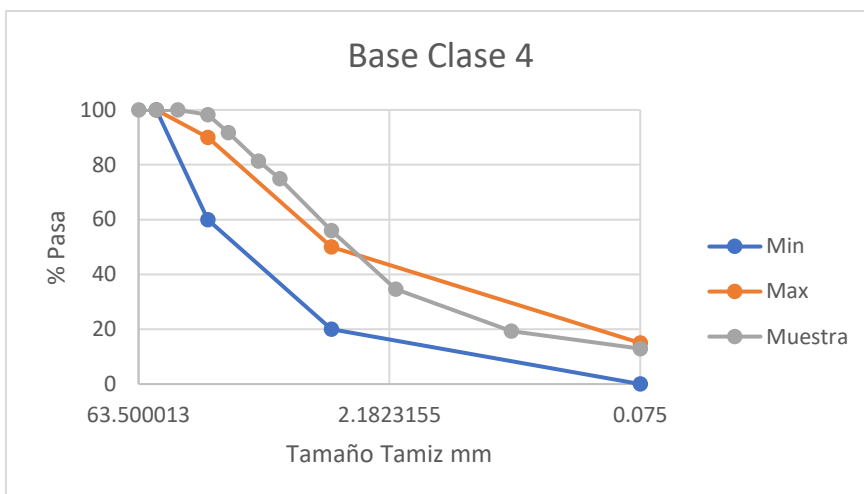
Base Clase 2				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	100,00
1" (25 mm)	25	55	85	98,29
3/4 " (19 mm)	19	47	75	91,72
3/8 " (9.5 mm)	9,5	35	65	74,87
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	25	55	55,98
N° 10 (2mm)	2	15	45	34,6554234
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	5	25	19,3258907
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	10	12,9289805



Base Clase 3				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1" (25 mm)	25	70	100	98,29
3/4 " (19 mm)	19	60	90	91,72
3/8 " (9.5 mm)	9,5	40	75	74,87
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	60	55,98
N° 10 (2mm)	2	15	45	34,6554234
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	30	19,3258907
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	12,9289805



Base Clase 4				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50mm)	50	100	100	100,00
1" (25 mm)	25	60	90	98,29
N° 4 (4.75 mm)	4,75	20	50	55,98
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	12,9289805





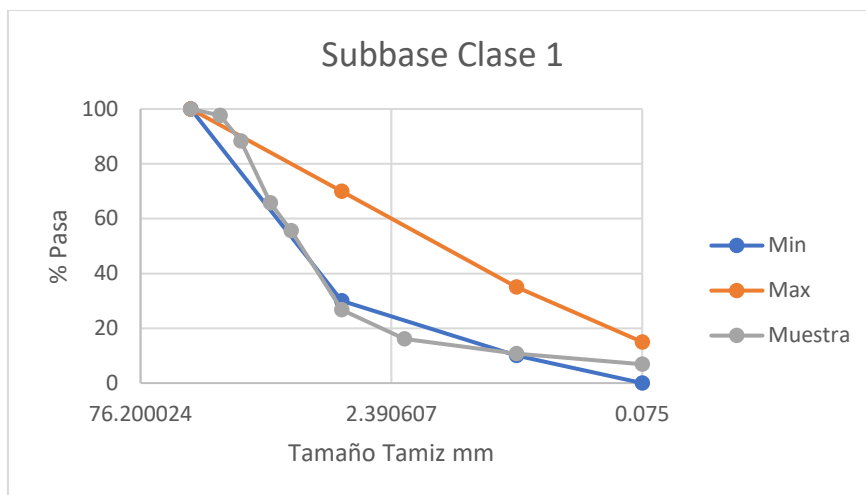
- Base granular.

<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA</b>						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
<b>ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO</b>						
PROYECTO	Material Base					
MUESTRA	_____					
LOLICITADO POR :	_____					
FECHA	_____					
	ABERTURA	PESO RET.	RET. ACUM.	%	%	%
TAMIZ Nº	MM.	GM.	GM.	RETENIDO	PASA	ESPECIF.
3"	76.2					
2 1/2"	63.5		0	0.00	100	
2"	50.8		0	0.00	100	
1 1/2"	38.1		0	0.00	100	
1"	25.4	183	183	2.34	97.66	
3/4"	19.1	729.5	912.5	11.67	88.33	
1/2"	12.7	1760.5	2673	34.20	65.8	
3/8"	9.52	796	3469	44.38	55.62	
Nº4	4.76	2257	5726	73.25	26.75	
PASA No4		2253	2090.56			
10	2	430.5	430.5	39.87	60.13	16.08
40	0.42	185.5	555.5	59.866	40.13	10.73
200	0.074	134	689.5	74.31	25.69	6.87
FONDO		2.5				
TOTAL		7979	7816.56			

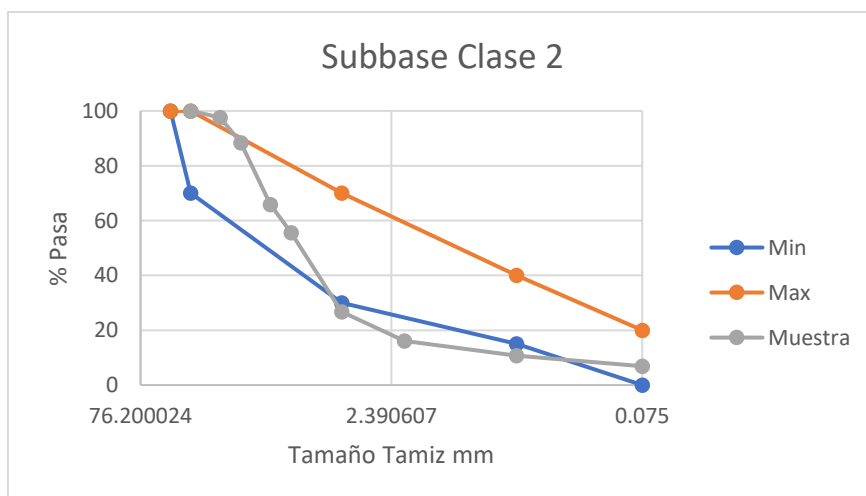
PESO ANTES DEL ENSAYO	8000	PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO	=	1000
PESO DESPUES DEL ENSAYO	7816.56	PESO SECO ANTES DEL LAVADO	=	_____
% DE HUMEDD	7.77	PESO SECO DESPUES DEL LAVADO	=	927.9



Subbase clase 1				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2			
2" (50.4 mm)	50,4			100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1	100	100	100,00
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	26,75
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	35	10,7338956
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	6,87155877

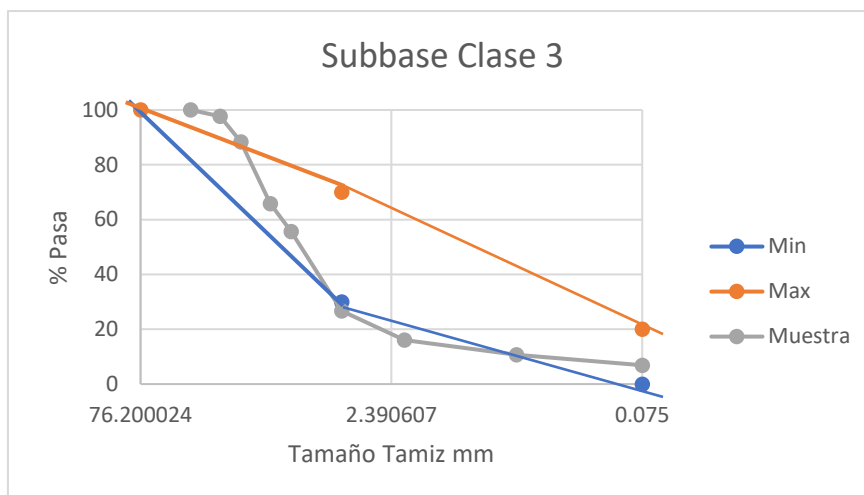


Subbase clase 2				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2			
2" (50.4 mm)	50,4	100	100	100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1	70	100	100,00
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	26,75
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	15	40	10,7338956
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	20	6,87155877

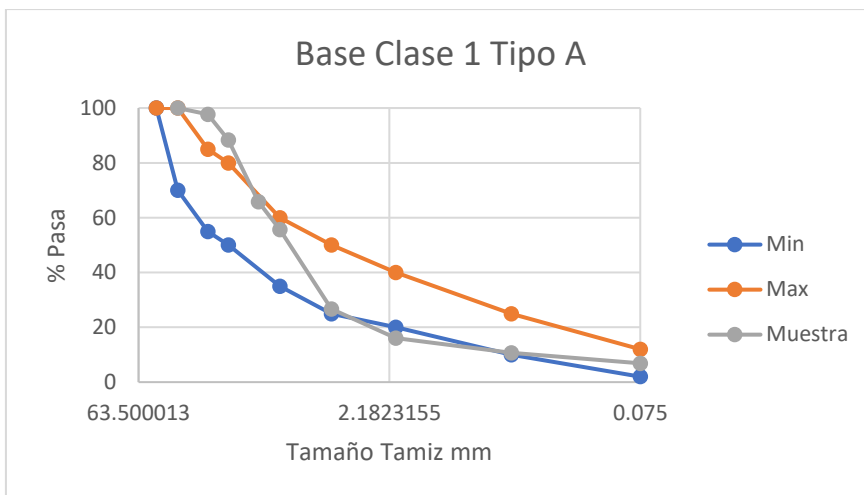




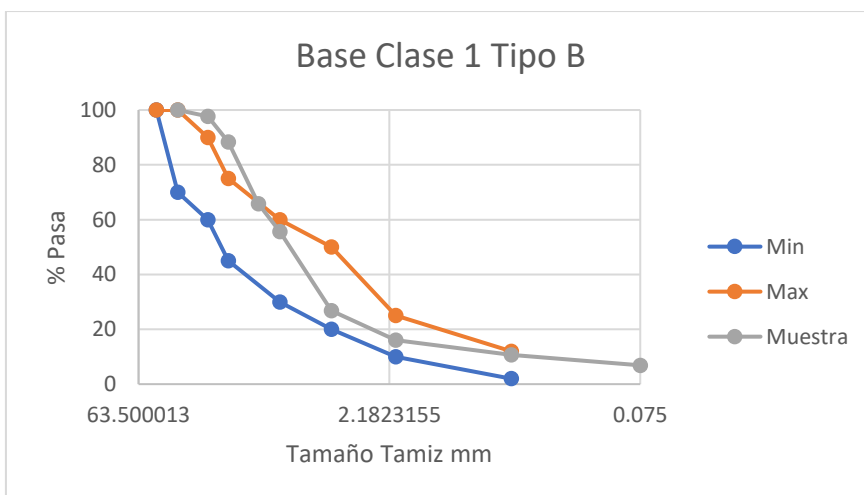
Subbase clase 3				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
3" (76.2 mm)	76,2		100	
2" (50.4 mm)	50,4			100,00
1 1/2 (38.1 mm)	38,1			100,00
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	70	26,75
N° 40 ( 0.425mm)	0,425			10,7338956
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	20	6,87155877



Base Clase 1 Tipo A				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	100,00
1" ( 25 mm)	25	55	85	97,66
3/4 " (19 mm)	19	50	80	88,33
3/8 " ( 9.5 mm)	9,5	35	60	55,62
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	25	50	26,75
N° 10 (2mm)	2	20	40	16,080638
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	25	10,7338956
N° 200 (0.075 mm)	0,075	2	12	6,87155877

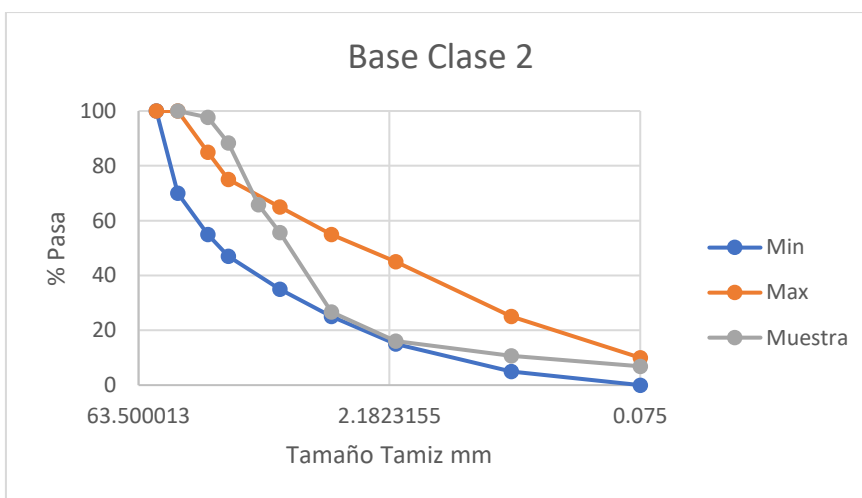


Base Clase 1 Tipo B				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	100,00
1" (25 mm)	25	60	90	97,66
3/4 " (19 mm)	19	45	75	88,33
3/8 " (9.5 mm)	9,5	30	60	55,62
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	20	50	26,75
N° 10 (2mm)	2	10	25	16,080638
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	2	12	10,7338956
N° 200 (0.075 mm)	0,075			6,87155877

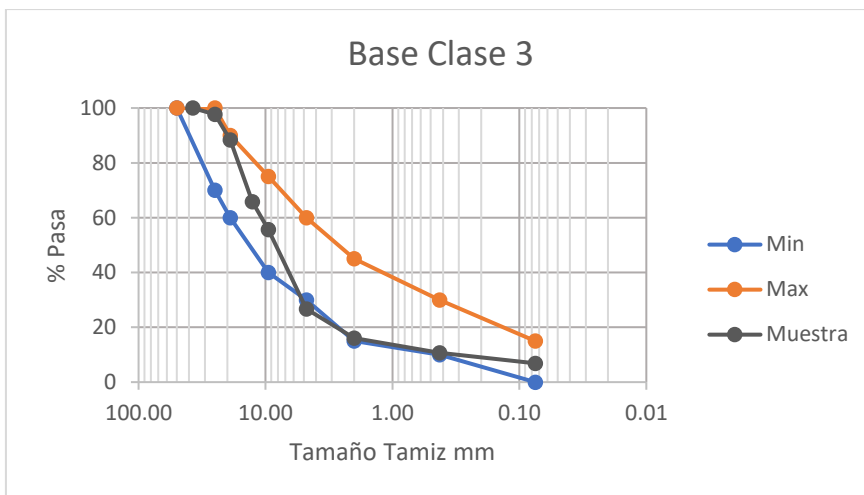




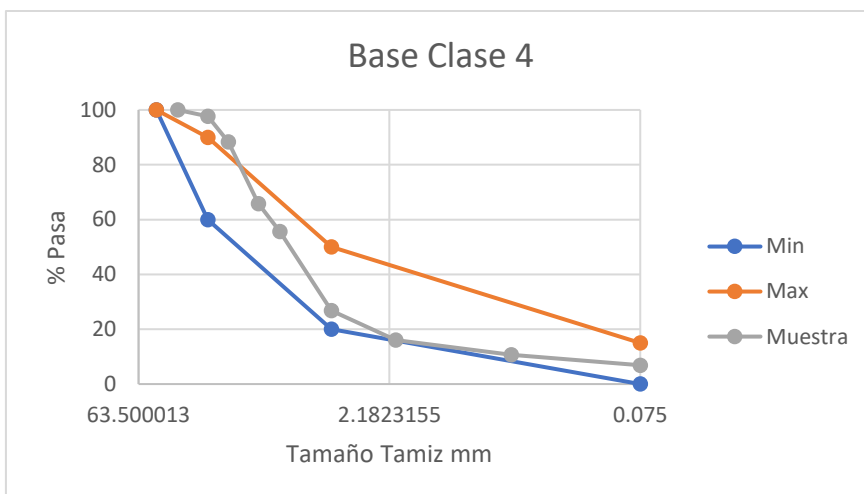
Base Clase 2				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1 1/2 (37.5 mm)	37,5	70	100	100,00
1" (25 mm)	25	55	85	97,66
3/4 " (19 mm)	19	47	75	88,33
3/8 " (9.5 mm)	9,5	35	65	55,62
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	25	55	26,75
N° 10 (2mm)	2	15	45	16,080638
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	5	25	10,7338956
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	10	6,87155877



Base Clase 3				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50 mm)	50	100	100	100,00
1" (25 mm)	25	70	100	97,66
3/4 " (19 mm)	19	60	90	88,33
3/8 " (9.5 mm)	9,5	40	75	55,62
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	30	60	26,75
N° 10 (2mm)	2	15	45	16,080638
N° 40 ( 0.425mm)	0,425	10	30	10,7338956
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	6,87155877



Base Clase 4				
	Tamiz mm	Min	Max	Muestra 1
2" (50mm)	50	100	100	100,00
1" ( 25 mm)	25	60	90	97,66
N° 4 ( 4.75 mm)	4,75	20	50	26,75
N° 200 (0.075 mm)	0,075	0	15	6,87155877





- **Compactación y CBR**

- **Muestra 1:** Fresado con minicargadora – Calle Roberto Crespo Toral.

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**CANTIDAD DE GRUESOS Y FINOS PARA EL ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

ENSAYO: Av. 27 de Febrero y Roberto Crespo  
 MUESTRA: \_\_\_\_\_  
 SOLICITADO POR: \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

% RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	17.32	<	30%
<b>GRUESO</b>			
RETENIDO EN EL TAMIZ 1/2"	821		
RETENIDO EN EL TAMIZ 3/8"	554		
RETENIDO EN EL TAMIZ N° 4	1521.5		
TOTAL GRUESO	2896.5		
TOTAL GRUESO EN %	43.88		
<b>FINO</b>			
PASANTE DEL TAMIZ N° 4	3704		
TOTAL FINO	3704		
TOTAL FINO EN %	56.12		
TOTAL GRUESO + FINO	6600.5		
TOTAL GRUESO + FINO EN %	100		

N° DE MUESTRAS PARA EL ENSAYO = 5  
 PESO DE CADA MUESTRA GRUESO + FINO = 5500 EN % = 100  
 PESO DE MATERIAL GRUESO = 2413.4 EN % = 43.88  
 PESO DE MATERIAL FINO = 3086.6 EN % = 56.12  
 % DE HUMEDAD = 1.02

PESO DE MATERIAL FINO	3086.6
PESO DE SOLIDOS (Ws)	3055.43
PESO DEL AGUA (Ww)	91.66
AGUA EN C.C. PARA EL ENSAYO PROCTOR	<b>90</b>

AGUA EN C.C	%W
0	1.02
90	4.02
180	7.02
270	10.02
360	13.02
450	16.02
540	19.02
630	22.02



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

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

ENSAYO	<u>Roberto Crespo</u>	PESO DEL MARTILLO	_____
MOLDE Nº	_____	ALTURA DE CAÍDA	_____
VOLUMEN DEL MOLDE	_____	NÚMERO DE CAPAS	<u>5</u>
PESO DEL MOLDE	_____	GOLPES POR CAPA	<u>56</u>

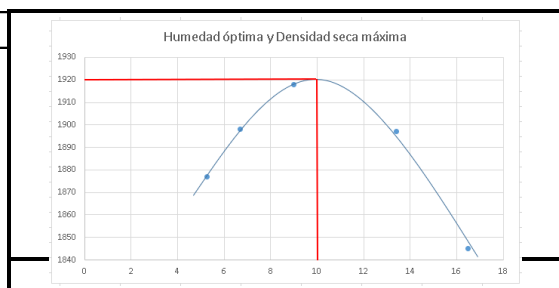
**DATOS DE LA CURVA**

MUESTRA	1	2	3	4	5
PESO SECO DESEADO PARA EL ENSAYO					
HUMEDAD AÑADIDA EN %	10.02	13.02	19.02	7.02	22.02
AGUA AUMENTADA EN C.C.	270	360	540	180	630
NÚMERO DEL MOLDE	25151	31	25151	25151	31
PESO MOLDE CILÍNDRICO + SUELO HÚMEDO P1	10776.5	11090	11040.5	10694	11215
PESO MOLDE CILÍNDRICO SIN COLLARÍN P2	6499	6677.5	6499	6499	6677.5
PESO SUELO HÚMEDO P1-P2 = P3	4277.5	4412.5	4541.5	4195	4537.5
VOLUMEN DEL MOLDE SIN EL COLLARÍN	2111.8	2111.2	2111.8	2111.8	2111.2
DENSIDAD HÚMEDA D1= P3/V. KG./M3	2025.52	2090.04	2150.54	1986.46	2149.25

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRAS PARA PROMEDIAR	1		2		3		4		5	
NÚMERO DEL TARRO	199	22	19	12	21	A198	25	23	19-n2	20
PESO DEL TARRO MAS SUELO HÚMEDO	91,4	84,5	123	121,8	114,8	149,9	88,9	76,1	109,6	116,6
PESO DEL TARRO MAS SUELO SECO	87,5	81,1	114,7	114,1	103,8	142,9	86	73,7	98,1	104,3
PESO DEL AGUA	3,9	3,4	8,3	7,7	11	7	2,9	2,4	11,5	12,3
PESO DEL TARRO	29,3	29,5	20,9	29,4	28,5	84,9	29,3	29,7	29	28,7
PESO DEL SUELO SECO	58,2	51,6	93,8	84,7	75,3	58	56,7	44	69,1	75,6
CONTENIDO DE AGUA EN %	6,79	6,61	8,87	9,13	14,64	12,13	5,08	5,41	16,7	16,25
CONTENIDO PROMEDIO DE AGUA EN %	<b>6.7</b>		<b>9</b>		<b>13.39</b>		<b>5.25</b>		<b>16.48</b>	
DENSIDAD SECA KG./M3	<b>1898.33</b>		<b>1917.47</b>		<b>1896.59</b>		<b>1887.37</b>		<b>1845.17</b>	

DENS. SECA MAX 1920



%W OPTIMA = 10



<b>UNIVERSIDAD CATOLICA DDE CUENCA</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES			
SECTOR	ROBERTO CRESPO	MATERIAL	
CALLE		FECHA	
MUESTRA Nº		TIPO DE MUESTRA	
PROFUNDIDAD		CLASIFICACIÓN	
YACIMIENTO		SOBRECARGA	

**ENSAYO DE C.B.R.**

MOLDE Nº	2C2		122		2	
NÚMERO DE CAPAS	5		5		5	
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
ESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	10970	11174	11324.5	11509	12207.5	12260
PESO DEL MOLDE	6510.5	6510.5	6710	6710	7288	7128.5
PESO MUESTRA HUMEDA	4459.5		4614.5			
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2396.24	2396.24	2396.24	2396.24	2396.24	2396.24
DENSIDAD HUMEDA	1861.04		1925.73		2053.01	
DENSIDAD SECA	1707		1769		1879	

**CONTENIDO DE AGUA (antes del remojo )**

TARRO Nº	22	199	12	19	8	14
ESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	91.6	93.2	97.7	99.5	96	86.1
PESO MUESTRA SECA + TARRO	86.67	87.7	92.12	93.14	90.28	81.33
PESO DEL AGUA	4.93	5.5	5.58	6.36	5.72	4.77
PESO DEL TARRO	29.6	29.3	29.3	20.9	29	29.4
PESO MUESTRA SECA	57.07	58.4	62.82	72.24	61.28	51.93
CONTENIDO DE HUMEDAD %	8.64	9.42	8.88	8.8	9.33	9.19
ROM. CONTENIDO DE HUMEDAD	9.03		8.84		9.26	

**CONTENIDO DE AGUA (después del remojo )**

TARRO Nº	11	19N2	19	20	24	CB1
ESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	140.4	72.9	123.97	108.04	109	120.1
PESO MUESTRA SECA + TARRO	132.5	68.8	115.3	101.4	103.54	114.08
PESO DEL AGUA	7.9	4.1	8.67	6.64	5.46	6.02
PESO DEL TARRO	29	29	29	29	29	29.4
PESO MUESTRA SECA	103.5	39.8	86.3	72.4	74.54	84.68
CONTENIDO DE HUMEDAD %	7.63	10.3	10.05	9.17	7.32	7.11
ROM. CONTENIDO DE HUMEDAD	8.97		9.61		7.22	



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**Laboratorio de Suelos y Materiales**

ALtura del Molde: 5 pulg **ENSAYO C.B.R.**

Área del Pistón: 3.1 pulg<sup>2</sup> **DATOS DE ESPONJAMIENTO**

SECTOR: ROBERTO CRESCO  
 CALE: \_\_\_\_\_  
 Muestra N°: \_\_\_\_\_  
 Profundidad: \_\_\_\_\_  
 Yacimiento: \_\_\_\_\_  
 Material: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

DÍA Y MES	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO (DÍAS)	MOLDE N° 12			DÍA Y MES	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO (DÍAS)	MOLDE N° 25			DÍA Y MES	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO (DÍAS)	MOLDE N° 56		
			LECTURA DÍAL (PULG.)	ALTURA MUESTRA (PULG.)	ESPONJAMIENTO (%)				LECTURA DÍAL (PULG.)	ALTURA MUESTRA (PULG.)	ESPONJAMIENTO (%)				LECTURA DÍAL (PULG.)	ALTURA MUESTRA (PULG.)	ESPONJAMIENTO (%)
		0	0	5	0			0	5	0			0	5	0		
		1	0	5	0		1	0	5	0		1	0	5	0		
		2	0	5	0		2	0	5	0		2	0	5	0		
		3	0	5	0		3	0	5	0		3	0	5	0		
		4	0	5	0		4	0	5	0		4	0	5	0		
		5					5					5					

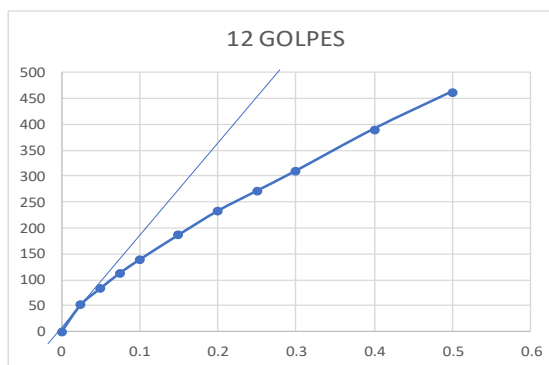
**PENETRACIÓN**

ANILLO N° \_\_\_\_\_  
 CONSTANTE DEL ANILLO \_\_\_\_\_

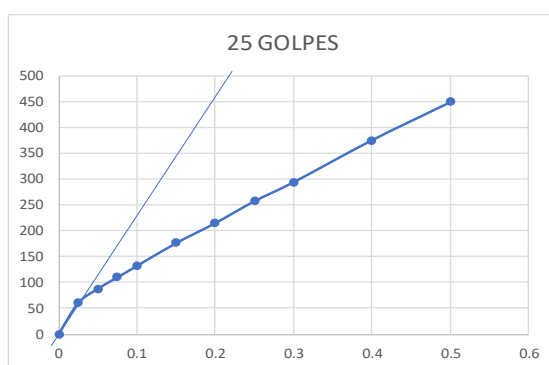
TIEMPO (SEG. MIN.)	LECTURAS DE PENETRACIÓN			MOLDE N° 12					LECTURAS DE			MOLDE N° 25					LECTURAS DE			MOLDE N° 56				
	CARGA (LIBRAS)	PRESIONES (lbs/pulg <sup>2</sup> )	CORRECCIONES (lbs/pulg <sup>2</sup> )	CARGA (LIBRAS)	PRESIONES (lbs/pulg <sup>2</sup> )	CORRECCIONES (lbs/pulg <sup>2</sup> )	ESTÁNDAR (lbs/pulg <sup>2</sup> )	VALORES C.B.R.	CARGA (LIBRAS)	PRESIONES (lbs/pulg <sup>2</sup> )	CORRECCIONES (lbs/pulg <sup>2</sup> )	ESTÁNDAR (lbs/pulg <sup>2</sup> )	VALORES C.B.R.	CARGA (LIBRAS)	PRESIONES (lbs/pulg <sup>2</sup> )	CORRECCIONES (lbs/pulg <sup>2</sup> )	ESTÁNDAR (lbs/pulg <sup>2</sup> )	VALORES C.B.R.						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
25	25	162.96	52.57	29	185.79	59.93	63	379.82	122.52	63	379.82	122.52	63	379.82	122.52	63	379.82	122.52						
42	50	259.98	83.86	44	271.39	87.55	104	613.81	198	104	613.81	198	104	613.81	198	104	613.81	198						
58	75	351.29	113.32	56	339.88	109.64	141	824.96	266.12	141	824.96	266.12	141	824.96	266.12	141	824.96	266.12						
* 72	100	431.19	139.09	68	408.36	131.73	131.73	1000	13.17	175	1019	328.71	328.71	1000	32.87	1000	32.87	32.87						
* 98	150	579.57	186.96	92	545.32	175.91	244	1412.77	455.73	244	1412.77	455.73	244	1412.77	455.73	244	1412.77	455.73						
* 123	200	722.24	232.98	113	665.17	214.57	214.57	1500	14.3	305	1760.89	568.03	568.03	1500	37.87	1500	37.87	37.87						
* 144	250	842.08	271.64	136	796.43	256.91	370	2131.84	687.69	370	2131.84	687.69	370	2131.84	687.69	370	2131.84	687.69						
* 165	300	961.93	310.3	156	910.57	293.73	293.73	1900	15.46	429	2468.55	796.31	796.31	1900	41.91	1900	41.91	41.91						
* 209	400	1213.03	391.3	200	1161.67	374.73	374.73	1900	15.46	545	3130.55	1009.85	1009.85	1900	41.91	1900	41.91	41.91						
	248	500	1435.6	463.1	1389.95	448.37	448.37	650	3729.78	1203.15	1203.15	1203.15	650	3729.78	1203.15	650	3729.78	1203.15						



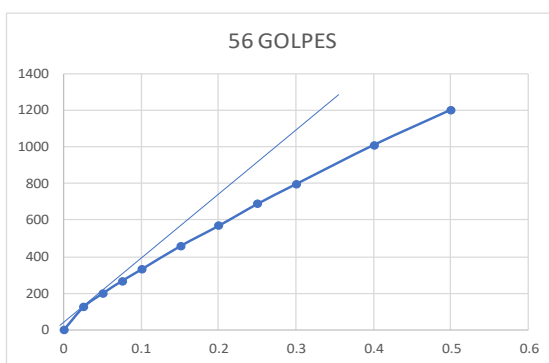
12 GOLPES	
PRESION	PENETRACIONES
0	0
52.57	0.025
83.86	0.05
113.32	0.075
139.09	0.1
186.96	0.15
232.98	0.2
271.64	0.25
310.3	0.3
391.3	0.4
463.1	0.5



25 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
59.93	0.025
87.55	0.05
109.64	0.075
131.73	0.1
175.91	0.15
214.57	0.2
256.91	0.25
293.73	0.3
374.73	0.4
448.37	0.5



56 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
122.52	0.025
198	0.05
266.12	0.075
328.71	0.1
455.73	0.15
568.03	0.2
687.69	0.25
796.31	0.3
1009.85	0.4
1203.15	0.5





- **Muestra 2:** Fresado con minicargadora – Calle La Toreadora.

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

**CANTIDAD DE GRUESOS Y FINOS PARA EL ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

ENSAYO: Calle Quinta Chica la Toreadora  
 MUESTRA: \_\_\_\_\_  
 SOLICITADO POR : \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

% RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	10.55	<	30%
<b>GRUESO</b>			
RETENIDO EN EL TAMIZ 1/2"	754		
RETENIDO EN EL TAMIZ 3/8"	554		
RETENIDO EN EL TAMIZ N° 4	1806		
TOTAL GRUESO	3114		
TOTAL GRUESO EN %	43.55		
<b>FINO</b>			
PASANTE DEL TAMIZ N° 4	4036		
TOTAL FINO	4036		
TOTAL FINO EN %	56.45		
TOTAL GRUESO + FINO	7150		
TOTAL GRUESO + FINO EN %	100		

N° DE MUESTRAS PARA EL ENSAYO = 5  
 PESO DE CADA MUESTRA GRUESO + FINO = 5500 EN % = 100  
 PESO DE MATERIAL GRUESO = 2395.25 EN % = 43.55  
 PESO DE MATERIAL FINO = 3104.75 EN % = 56.45  
 % DE HUMEDAD = 1.01

PESO DE MATERIAL FINO	3104.75
PESO DE SOLIDOS (Ws)	3073.71
PESO DEL AGUA (Ww)	92.21
AGUA EN C.C. PARA EL ENSAYO PROCTOR	<b>90</b>

AGUA EN C.C	%W
0	1.01
90	4.01
180	7.01
270	10.01
360	13.01
450	16.01
540	19.01
630	22.01



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

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

ENSAYO	<u>La Toreadora</u>	PESO DEL MARTILLO	_____
MOLDE N°	_____	ALTURA DE CAÍDA	_____
VOLUMEN DEL MOLDE	_____	NÚMERO DE CAPAS	<u>5</u>
PESO DEL MOLDE	_____	GOLPES POR CAPA	<u>56</u>

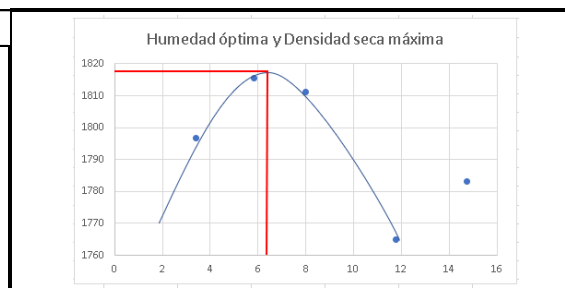
**DATOS DE LA CURVA**

MUESTRA	1	2	3	4	5
PESO SECO DESEADO PARA EL ENSAYO					
HUMEDAD AÑADIDA EN %					
AGUA AUMENTADA EN C.C.	270	360	180	450	90
NÚMERO DEL MOLDE	77	25	77	25	77
PESO MOLDE CILÍNDRICO + SUELO HÚMEDO P1	10152	10030.5	10078	10187.5	9940
PESO MOLDE CILÍNDRICO SIN COLLARÍN P2	5926	5767.5	5926	5767.5	5926
PESO SUELO HÚMEDO P1-P2 = P3	4226	4263	4152	4420	4014
VOLUMEN DEL MOLDE SIN EL COLLARÍN	2160.7	2160.7	2160.7	2160.7	2160.7
DENSIDAD HÚMEDA D1= P3/V. KG./M3	1955.84764	1972.97172	1921.59948	2045.63336	1857.73129

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRAS PARA PROMEDIAR	1		2		3		4		5	
NÚMERO DEL TARRO	9	14	16	19	CB1	199	26	12	100	23
PESO DEL TARRO MAS SUELO HÚMEDO	126.8	136.2	114	124.7	118.2	129.1	115.5	115.3	127.4	120.8
PESO DEL TARRO MAS SUELO SECO	119.5	128.4	105	114.7	113.3	123.6	104.6	104	124.2	117.8
PESO DEL AGUA										
PESO DEL TARRO	29,1	29,4	29,3	29	29,1	29,6	29	28,7	28,9	29,8
PESO DEL SUELO SECO										
CONTENIDO DE AGUA EN %	8.08	7.88	11.89	11.67	5.82	5.85	14.42	15.01	3.36	3.41
CONTENIDO PROMEDIO DE AGUA EN %	<b>7.98</b>		<b>11.78</b>		<b>5.84</b>		<b>14.72</b>		<b>3.39</b>	
DENSIDAD SECA KG./M3	<b>1811.30547</b>		<b>1765.04896</b>		<b>1815.57018</b>		<b>1783.15321</b>		<b>1796.81912</b>	

DENS. SECA MAX 1818



%W OPTIMA = 6.2



<b>UNIVERSIDAD CATOLICA DDE CUENCA</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES			
SECTOR	TOREADORA BOBCAT	MATERIAL	
CALLE		FECHA	
MUESTRA Nº		TIPO DE MUESTRA	
PROFUNDIDAD		CLASIFICACIÓN	
YACIMIENTO		SOBRECARGA	

### ENSAYO DE C.B.R.

MOLDE Nº	B1		5		25G	
NÚMERO DE CAPAS	5		5		5	
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
ESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	11101.5	11278	10115.5	10306.5	10615	10878.5
PESO DEL MOLDE	7283	7283	6062	6062	6251	6251
PESO MUESTRA HUMEDA	3818.5	3995	4053.5	4244.5	4364	4627.5
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2323	2323	2323	2323	2323	2323
DENSIDAD HUMEDA	1643.78		1744.94		1878.61	
DENSIDAD SECA	1553		1647		1781	

### CONTENIDO DE AGUA (antes del remojo )

TARRO Nº	15	CB1	9	25	1N	199
PESO MUESTRA HUMEDA +TARR	117.1	111.6	123.4	125.4	118.5	120.5
PESO MUESTRA SECA + TARRO	112.2	107.1	118.2	119.9	113.8	115.8
PESO DEL AGUA	4.9	4.5	5.2	5.5	4.7	4.7
PESO DEL TARRO	29.5	29.1	29	29.4	29.2	29.5
PESO MUESTRA SECA	82.7	78	89.2	90.5	84.6	86.3
CONTENIDO DE HUMEDAD %	5.93	5.77	5.83	6.08	5.56	5.45
ROM. CONTENIDO DE HUMEDAD	5.85		5.96		5.51	

### CONTENIDO DE AGUA (después del remojo )

TARRO Nº	6	A1	A9	S10	S4	B5
PESO MUESTRA HUMEDA +TARR	166.4	179.4	188.9	183.1	148.9	157.1
PESO MUESTRA SECA + TARRO	159.3	169.8	179.3	173.4	139.7	147.8
PESO DEL AGUA	7.1	9.6	9.6	9.7	9.2	9.3
PESO DEL TARRO	62.5	63.6	67.7	64.7	52.1	52.6
PESO MUESTRA SECA	96.8	106.2	111.6	108.7	87.6	95.2
CONTENIDO DE HUMEDAD %	7.33	9.04	8.6	8.92	10.5	9.77
ROM. CONTENIDO DE HUMEDAD	8.19		8.76		10.14	



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**

SECTOR ROBERTO CRISPO  
 CALLE \_\_\_\_\_  
 MAESTRA Nº \_\_\_\_\_  
 PROFUNDIDAD \_\_\_\_\_  
 YACIMIENTO \_\_\_\_\_  
 MATERIAL \_\_\_\_\_  
 FECHA \_\_\_\_\_

ALTIMETRA DEL MOLDE 5 pulg **ENSAYO C.B.R.**

AREA DEL PISTON 3.1 pulg<sup>2</sup> **DATOS DE ESPONJAMIENTO**

DIA Y MES	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO DIAS	MOLDE Nº 12			DIA Y MES	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO DIAS	MOLDE Nº 25			DIA Y MES	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO DIAS	MOLDE Nº 56		
			LECTURA DIAL PULG.	ALTURA MAESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG. %				LECTURA DIAL PULG.	ALTURA MAESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG. %				LECTURA DIAL PULG.	ALTURA MAESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG. %
		0	0	5	0			0	5	0			0	5	0		
		1	0	5	0			1	5	0			1	5	0		
		2	0	5	0			2	5	0			2	5	0		
		3	0	5	0			3	5	0			3	5	0		
		4	0	5	0			4	5	0			4	5	0		
		5						5					5				

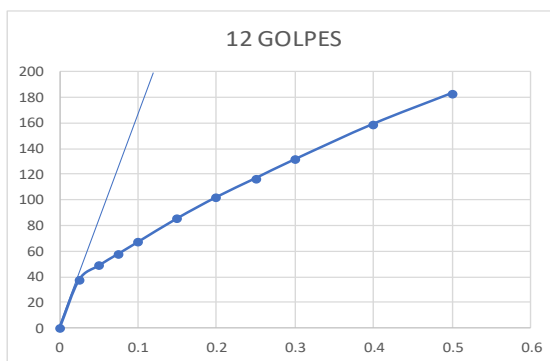
**PENETRACION**

ANILLO Nº \_\_\_\_\_  
 CONSTANTE DEL ANILLO \_\_\_\_\_

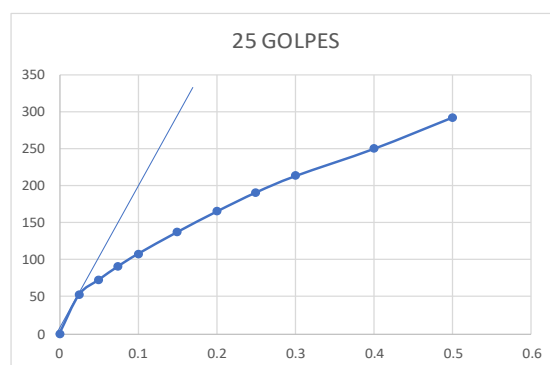
TIEMPO SEG. MIN.	LECTURAS DE CARGA PULGADAS	MOLDE Nº 12					LECTURAS DE CARGA PULGADAS	MOLDE Nº 25					LECTURAS DE CARGA PULGADAS	MOLDE Nº 56					
		CARGA libras	PRESIONES lbs/pulg <sup>2</sup>	PRESIONES CORREGIDAS lbs/pulg <sup>2</sup>	PRESIONES ESTANDAR lbs/pulg <sup>2</sup>	VALORES C.B.R.		CARGA libras	PRESIONES lbs/pulg <sup>2</sup>	PRESIONES CORREGIDAS lbs/pulg <sup>2</sup>	PRESIONES ESTANDAR lbs/pulg <sup>2</sup>	VALORES C.B.R.		CARGA libras	PRESIONES lbs/pulg <sup>2</sup>	PRESIONES CORREGIDAS lbs/pulg <sup>2</sup>	PRESIONES ESTANDAR lbs/pulg <sup>2</sup>	VALORES C.B.R.	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	25	117.31	37.84			25	162.96	52.57			34	214.32	69.14					
	23	50	151.55	48.89			36	225.74	72.82			55	334.17	107.8					
	28	75	180.08	58.09			46	282.81	91.23			71	425.48	137.25					
*	33	100	208.62	67.3			55	334.17	107.8			89	528.2	170.39					
	43	150	265.69	85.71			71	425.48	137.25			116	682.29	220.09					
*	52	200	317.05	102.27			86	511.08	164.86			143	836.38	269.8					
	60	250	362.7	117			100	590.98	190.64			170	990.46	319.5					
*	68	300	408.36	131.73			112	659.46	212.73			193	1121.72	361.85					
	83	400	493.96	159.34			132	773.6	249.55			209	1121.72	361.85					
	96	500	568.15	183.27			155	904.86	291.89			209	1121.72	361.85					



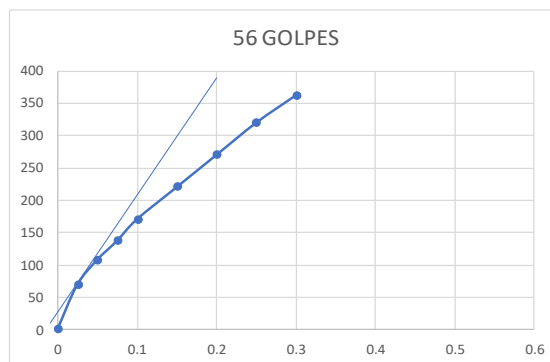
12 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
37.84	0.025
48.89	0.05
58.09	0.075
67.3	0.1
85.71	0.15
102.27	0.2
117	0.25
131.73	0.3
159.34	0.4
183.27	0.5



25 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
52.57	0.025
72.82	0.05
91.23	0.075
107.8	0.1
137.25	0.15
164.86	0.2
190.64	0.25
212.73	0.3
249.55	0.4
291.89	0.5



56 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
69.14	0.025
107.8	0.05
137.25	0.075
170.39	0.1
220.09	0.15
269.8	0.2
319.5	0.25
361.85	0.3
	0.4
	0.5





- **Muestra 3:** Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.

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

**CANTIDAD DE GRUESOS Y FINOS PARA EL ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

ENSAYO: Av. 27 de Febrero Bob cat  
 MUESTRA: \_\_\_\_\_  
 SOLICITADO POR : \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

% RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	8.26	<	30%
<b>GRUESO</b>			
RETENIDO EN EL TAMIZ 1/2"	807		
RETENIDO EN EL TAMIZ 3/8"	817		
RETENIDO EN EL TAMIZ N° 4	2374		
TOTAL GRUESO	3998		
TOTAL GRUESO EN %	54.63		
<b>FINO</b>			
PASANTE DEL TAMIZ N° 4	3320		
TOTAL FINO	3320		
TOTAL FINO EN %	45.37		
TOTAL GRUESO + FINO	7318		
TOTAL GRUESO + FINO EN %	100		

N° DE MUESTRAS PARA EL ENSAYO = 5  
 PESO DE CADA MUESTRA GRUESO + FINO = 5500 EN % = 100  
 PESO DE MATERIAL GRUESO = 3004.65 EN % = 54.63  
 PESO DE MATERIAL FINO = 2495.35 EN % = 45.37

% DE HUMEDAD = 2.79

PESO DE MATERIAL FINO	2495.35
PESO DE SOLIDOS (Ws)	2427.62
PESO DEL AGUA (Ww)	72.83
AGUA EN C.C. PARA EL ENSAYO PROCTOR	<b>70</b>

AGUA EN C.C	%W
0	2.79
70	5.79
140	8.79
210	11.79
280	14.79
350	17.79
420	20.79
490	23.79



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

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

ENSAYO	Av. 27 de Febrero Bob cat	PESO DEL MARTILLO	_____
MOLDE Nº	_____	ALTURA DE CAÍDA	_____
VOLUMEN DEL MOLDE	_____	NÚMERO DE CAPAS	5
PESO DEL MOLDE	_____	GOLPES POR CAPA	56

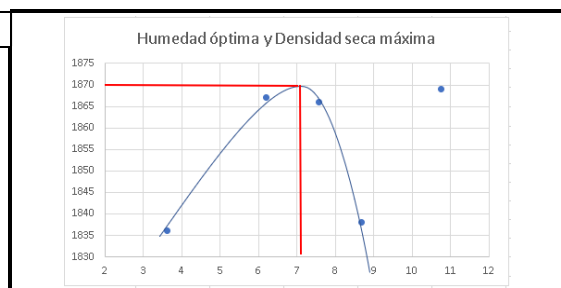
**DATOS DE LA CURVA**

MUESTRA	1	2	3	4	5
PESO SECO DESEADO PARA EL ENSAYO					
HUMEDAD AÑADIDA EN %					
AGUA AUMENTADA EN C.C.	210	280	140	350	70
NÚMERO DEL MOLDE	77	25	77	25	77
PESO MOLDE CILÍNDRICO + SUELO HÚMEDO P1	10262.5	10083	10210.5	10239	10036.5
PESO MOLDE CILÍNDRICO SIN COLLARÍN P2	5926	5767.5	5926	5767.5	5926
PESO SUELO HÚMEDO P1-P2 = P3	4336.5	4315.5	4284.5	4471.5	4110.5
VOLUMEN DEL MOLDE SIN EL COLLARÍN	2160.7	2160.7	2160.7	2160.7	2160.7
DENSIDAD HÚMEDA D1= P3/V. KG./M3	2006.98848	1997.2694	1982.9222	2069.46823	1902.39274

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRAS PARA PROMEDIAR	1		2		3		4		5	
NÚMERO DEL TARRO	5	A1	PJ	12	25	18	15	D10	1N	20
PESO DEL TARRO MAS SUELO HÚMEDO	130.1	185.1	132.8	124.4	112.2	122	119	130.1	86.1	90.4
PESO DEL TARRO MAS SUELO SECO	124.1	176.4	126.4	116.8	107.1	116.9	110.4	120.2	84	88.4
PESO DEL AGUA										
PESO DEL TARRO	43,2	63,7	52,7	29,4	29,5	29,3	29,4	29,1	29,1	29,7
PESO DEL SUELO SECO										
CONTENIDO DE AGUA EN %	7.42	7.72	8.68	8.7	6.57	5.82	10.62	10.87	3.83	3.41
CONTENIDO PROMEDIO DE AGUA EN %	<b>7.57</b>		<b>8.69</b>		<b>6.2</b>		<b>10.75</b>		<b>3.62</b>	
DENSIDAD SECA KG./M3	<b>1865.75112</b>		<b>1837.58341</b>		<b>1867.15838</b>		<b>1868.59434</b>		<b>1835.932</b>	

DENS. SECA MAX = 1870



%W OPTIMA = 7.1



<b>UNIVERSIDAD CATOLICA DDE CUENCA</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES			
SECTOR	Av.27 FEBRERO BOB CAT	MATERIAL	
CALLE		FECHA	
MUESTRA N°		TIPO DE MUESTRA	
PROFUNDIDAD		CLASIFICACIÓN	
YACIMIENTO		SOBRECARGA	

### ENSAYO DE C.B.R.

MOLDE N°	6		F25		12C4	
NÚMERO DE CAPAS	5		5		5	
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
ESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	11035.5	11239	9948	10177.5	10568	10785.5
PESO DEL MOLDE	7126.5	7126.5	5714.5	5714.5	6024.5	6024.5
PESO MUESTRA HUMEDA	3909	4112.5	4233.5	4463	4543.5	4761
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2323	2323	2323	2323	2323	2323
DENSIDAD HUMEDA	1682.74		1822.43		1955.88	
DENSIDAD SECA	1577		1704		1834	

### CONTENIDO DE AGUA (antes del remojo )

TARRO N°	18	10	20	14	12	100
PESO MUESTRA HUMEDA +TARR	97.2	109.5	99.8	91.7	104.5	92.4
PESO MUESTRA SECA + TARRO	93	104.4	95.2	87.7	99.9	88.4
PESO DEL AGUA	4.2	5.1	4.6	4	4.6	4
PESO DEL TARRO	29.2	29.4	29.7	29.3	29.5	28.8
PESO MUESTRA SECA	63.8	75	65.5	58.4	70.4	59.6
CONTENIDO DE HUMEDAD %	6.58	6.8	7.02	6.85	6.53	6.71
ROM. CONTENIDO DE HUMEDAD	6.69		6.94		6.62	

### CONTENIDO DE AGUA (después del remojo )

TARRO N°	56	20	D1	D2	D3	5
PESO MUESTRA HUMEDA +TARR	183.7	121.4	143.4	222.8	195	153.5
PESO MUESTRA SECA + TARRO	174.4	115	134.4	208.6	184	144.1
PESO DEL AGUA	9.3	6.4	9	14.2	11	9.4
PESO DEL TARRO	65.9	42.8	42.9	69.6	66.8	43.2
PESO MUESTRA SECA	108.5	72.2	91.5	139	117.2	100.9
CONTENIDO DE HUMEDAD %	8.57	8.86	9.84	10.22	9.39	9.32
ROM. CONTENIDO DE HUMEDAD	8.72		10.03		9.36	



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

ALTIMETRA DEL MOLDE 5 pulg **ENSAYO C.B.R.**

AREA DEL PISTÓN 3.1 pulg<sup>2</sup> **DATOS DE ESPONJAMIENTO**

SECTOR ROBERTO CRISPO  
 CALLE \_\_\_\_\_  
 MUESTRA Nº \_\_\_\_\_  
 PROFUNDIDAD \_\_\_\_\_  
 YACIMIENTO \_\_\_\_\_  
 MATERIAL \_\_\_\_\_  
 FECHA \_\_\_\_\_

DÍA Y MES	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO DÍAS	MOLDE Nº 12			DÍA Y MES	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO DÍAS	MOLDE Nº 25			DÍA Y MES	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO DÍAS	MOLDE Nº 56		
			LECTURA DÍAS PULG.	ALTURA MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG. %				LECTURA DÍAS PULG.	ALTURA MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG. %				LECTURA DÍAS PULG.	ALTURA MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG. %
		0	0	5	0		0	0	5	0		0	0	5	0		
		1	0	5	0		1	0	5	0		1	0	5	0		
		2	0	5	0		2	0	5	0		2	0	5	0		
		3	0	5	0		3	0	5	0		3	0	5	0		
		4	0	5	0		4	0	5	0		4	0	5	0		
		5	0	5	0		5	0	5	0		5	0	5	0		

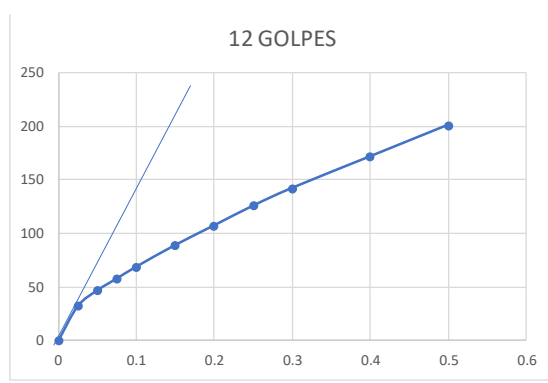
**PENETRACIÓN**

ANILLO Nº \_\_\_\_\_  
 CONSTANTE DEL ANILLO \_\_\_\_\_

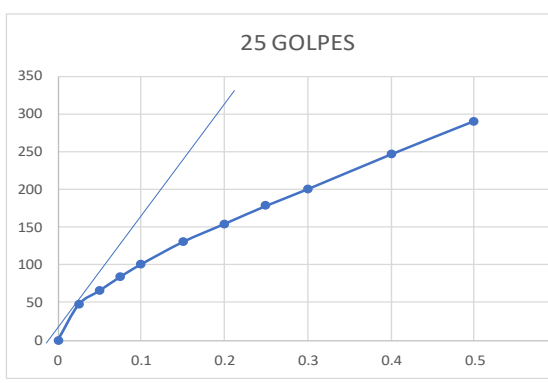
TIEMPO SEG. MIN.	MOLDE Nº 12			MOLDE Nº 25			MOLDE Nº 56		
	LECTURAS DE CARGA PULGADAS	PRESIONES LIBRAS	VALORES C.B.R.	LECTURAS DE CARGA PULGADAS	PRESIONES LIBRAS	VALORES C.B.R.	LECTURAS DE CARGA PULGADAS	PRESIONES LIBRAS	VALORES C.B.R.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	25	100.19	32.32	22	145.84	47.05	28	180.08	58.09
22	50	145.84	47.05	32	202.91	65.45	57	345.58	111.48
28	75	180.08	58.09	42	259.98	83.86	84	499.67	161.18
*	34	100	214.32	69.14	311.34	100.43	104	613.81	198
	45	150	277.1	89.39	402.65	129.89	141	824.96	266.12
*	55	200	334.17	107.8	476.84	153.82	172	1001.88	323.19
	65	250	391.24	126.21	551.03	177.75	205	1190.2	383.94
*	74	300	442.6	142.77	619.51	199.84	235	1361.41	439.16
	90	400	533.91	172.23	762.19	245.87	288	1663.88	536.74
	106	500	625.22	201.68	899.15	290.05	340	1960.64	632.46



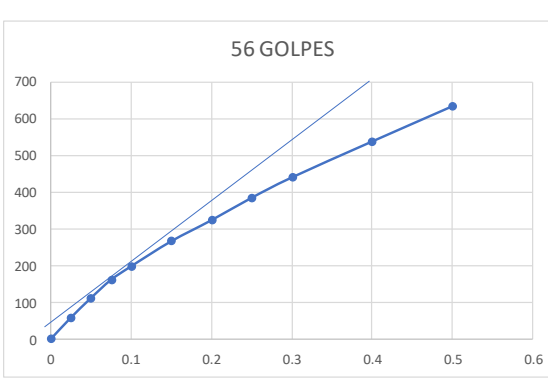
12 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
32.32	0.025
47.05	0.05
58.09	0.075
69.14	0.1
89.39	0.15
107.8	0.2
126.21	0.25
142.77	0.3
172.23	0.4
201.68	0.5



25 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
47.05	0.025
65.45	0.05
83.86	0.075
100.43	0.1
129.89	0.15
153.82	0.2
177.75	0.25
199.84	0.3
245.87	0.4
290.05	0.5



56 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
58.09	0.025
111.48	0.05
161.18	0.075
198	0.1
266.12	0.15
323.19	0.2
383.94	0.25
439.16	0.3
536.74	0.4
632.46	0.5





- **Muestra 4:** Fresado con fresadora – Av. Paseo de los Cañaris y Yanahurco.

## UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

### CANTIDAD DE GRUESOS Y FINOS PARA EL ENSAYO DE COMPACTACIÓN

ENSAYO: Av. Paseo de los Cañaris Fresadora  
 MUESTRA: \_\_\_\_\_  
 SOLICITADO POR : \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

% RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	11.21	<	30%
<b>GRUESO</b>			
RETENIDO EN EL TAMIZ 1/2"	1018		
RETENIDO EN EL TAMIZ 3/8"	963.5		
RETENIDO EN EL TAMIZ N° 4	1885		
TOTAL GRUESO	3866.5		
TOTAL GRUESO EN %	54.52		
<b>FINO</b>			
PASANTE DEL TAMIZ N° 4	3225		
TOTAL FINO	3225		
TOTAL FINO EN %	45.48		
TOTAL GRUESO + FINO	7091.5		
TOTAL GRUESO + FINO EN %	100		

N° DE MUESTRAS PARA EL ENSAYO = 5  
 PESO DE CADA MUESTRA GRUESO + FINO = 5500 EN % = 100  
 PESO DE MATERIAL GRUESO = 2998.6 EN % = 54.52  
 PESO DE MATERIAL FINO = 2501.4 EN % = 45.48  
 % DE HUMEDAD = 1.35

PESO DE MATERIAL FINO	2501.4
PESO DE SÓLIDOS (Ws)	2468.08
PESO DEL AGUA (Ww)	74.04
AGUA EN C.C. PARA EL ENSAYO PROCTOR	75

AGUA EN C.C	%W
0	1.35
75	4.35
150	7.35
225	10.35
300	13.35
375	16.35
450	19.35
525	22.35



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

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

ENSAYO	Av. Paseo de los cañaris Fresadora	PESO DEL MARTILLO	_____
MOLDE Nº	_____	ALTURA DE CAÍDA	_____
VOLUMEN DEL MOLDE	_____	NÚMERO DE CAPAS	5
PESO DEL MOLDE	_____	GOLPES POR CAPA	56

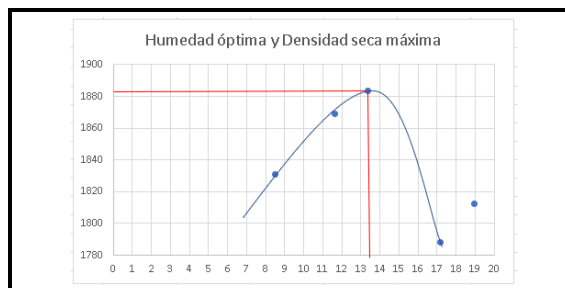
**DATOS DE LA CURVA**

MUESTRA	1	2	3	4	5
PESO SECO DESEADO PARA EL ENSAYO					
HUMEDAD AÑADIDA EN %	10.35	13.35	16.35	19.35	22.35
AGUA AUMENTADA EN C.C.	225	300	375	450	525
NÚMERO DEL MOLDE	77	25	77	25	77
PESO MOLDE CILÍNDRICO + SUELO HÚMEDO P1	10217.5	10275	10539.5	10293	10585
PESO MOLDE CILÍNDRICO SIN COLLARÍN P2	5926	5767.5	5926	5767.5	5926
PESO SUELO HÚMEDO P1-P2 = P3	4291.5	4507.5	4613.5	4525.5	4659
VOLUMEN DEL MOLDE SIN EL COLLARÍN	2160.7	2160.7	2160.7	2160.7	2160.7
DENSIDAD HÚMEDA D1= P3/V. KG./M3	1986.16	2086.13	2135.19	2094.46	2156.25

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRAS PARA PROMEDIAR	1		2		3		4		5	
NÚMERO DEL TARRO	5	A1	PJ	12	25	18	15	D10	1N	20
PESO DEL TARRO MAS SUELO HÚMEDO	158.6	195.6	130.5	118.5	117.3	122	155.5	141	150	155.2
PESO DEL TARRO MAS SUELO SECO	149.9	184.9	122.5	109.1	107.4	110.6	137.5	124.3	131.5	134.4
PESO DEL AGUA										
PESO DEL TARRO	43,2	63,7	52,7	29,4	29,5	29,3	29,4	29,1	29,1	29,7
PESO DEL SUELO SECO										
CONTENIDO DE AGUA EN %	8.15	8.83	11.46	11.79	12.71	14.02	16.65	17.54	18.07	19.87
CONTENIDO PROMEDIO DE AGUA EN %	<b>8.49</b>		<b>11.63</b>		<b>13.37</b>		<b>17.15</b>		<b>18.97</b>	
DENSIDAD SECA KG./M3	<b>1830.73</b>		<b>1868.79</b>		<b>1883.38</b>		<b>1787.84</b>		<b>1812.43</b>	

DENS. SECA MAX : 1884



%W OPTIMA = 13.5



<b>UNIVERSIDAD CATOLICA DDE CUENCA</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES			
SECTOR	Paseo de los cañaris	MATERIAL	
CALLE		FECHA	
MUESTRA Nº		TIPO DE MUESTRA	
PROFUNDIDAD		CLASIFICACIÓN	
YACIMIENTO		SOBRECARGA	

### ENSAYO DE C.B.R.

MOLDE Nº	8		4		T25	
NÚMERO DE CAPAS	5		5		5	
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
ESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	13414	13473	12967.5	12987.5	11174.5	11219.5
PESO DEL MOLDE	8985.5	8985.5	8346.5	8346.5	6423.5	6423.5
PESO MUESTRA HUMEDA	4428.5	4487.5	4621	4641	4751	4796
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2304.5	2304.5	2304.5	2304.5	2304.5	2304.5
DENSIDAD HUMEDA	1921.67		2005.21		2061.62	
DENSIDAD SECA	1737		1811		1847	

### CONTENIDO DE AGUA (antes del remojo )

TARRO Nº	18	10	20	14	12	100
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	103.5	108.4	111.6	111.4	114.3	128.4
PESO MUESTRA SECA + TARRO	96.2	101	103.5	103.6	105.4	118.1
PESO DEL AGUA	7.3	7.4	8.1	7.8	8.9	10.3
PESO DEL TARRO	29.2	29.4	29.7	29.3	29.5	28.8
PESO MUESTRA SECA	67	71.6	73.8	74.3	75.9	89.3
CONTENIDO DE HUMEDAD %	10.9	10.34	10.98	10.5	11.73	11.53
ROM. CONTENIDO DE HUMEDAD	10.62		10.74		11.63	

### CONTENIDO DE AGUA (después del remojo )

TARRO Nº	18	10	20	14	12	100
PESO MUESTRA HUMEDA +TARRO	134.3	137.7	128.9	134.6	137.9	139.5
PESO MUESTRA SECA + TARRO	125.5	129.7	121.8	127.2	130.4	132.3
PESO DEL AGUA	8.8	8	7.1	7.4	7.5	7.2
PESO DEL TARRO	29.2	29.4	29.7	29.3	29.5	28.8
PESO MUESTRA SECA	96.3	100.3	92.1	97.9	100.9	103.5
CONTENIDO DE HUMEDAD %	9.14	7.98	7.71	7.56	7.43	6.96
ROM. CONTENIDO DE HUMEDAD	8.56		7.64		7.2	



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

ALTIMETRA DEL MOLDE 5 pulg **ENSAYO C.B.R.**

ÁREA DEL PISTÓN 3.1 pulg<sup>2</sup> **DATOS DE ESPONJAMIENTO**

SECTOR \_\_\_\_\_  
 CALLE \_\_\_\_\_  
 MUESTRA Nº \_\_\_\_\_  
 PROFUNDIDAD \_\_\_\_\_  
 YACIMIENTO \_\_\_\_\_  
 MATERIAL \_\_\_\_\_  
 FECHA \_\_\_\_\_

DÍA Y MES	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO DIAS	MOLDE Nº 12			DÍA Y MES	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO DIAS	MOLDE Nº 25			DÍA Y MES	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO DIAS	MOLDE Nº 56		
			LECTURA DIAL PULG.	ALTURA MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG. %				LECTURA DIAL PULG.	ALTURA MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG. %				LECTURA DIAL PULG.	ALTURA MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG. %
		0	0	5	0			0	5	0			0	5	0		
		1	0	5	0			1	5	0			1	5	0		
		2	0	5	0			2	5	0			2	5	0		
		3	0	5	0			3	5	0			3	5	0		
		4	0	5	0			4	5	0			4	5	0		
		5						5					5				

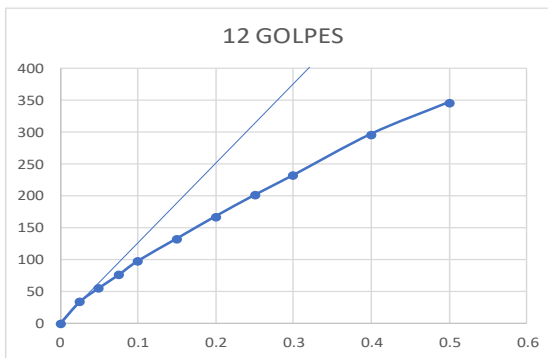
ANILLO Nº \_\_\_\_\_ **PENETRACIÓN**

CONSTANTE DEL ANILLO \_\_\_\_\_

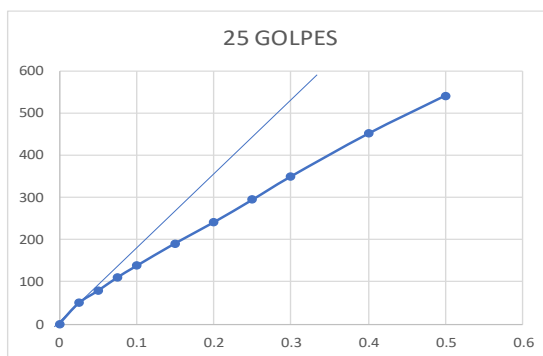
TIEMPO SEG. MIN.	LECTURAS DE CARGA PULGADAS	MOLDE Nº 12					LECTURAS DE CARGA PULGADAS	MOLDE Nº 25					LECTURAS DE CARGA PULGADAS	MOLDE Nº 56					
		CARGA libras	PRESIONES lbs/pulg <sup>2</sup>	PRESIONES CORREGIDAS lbs/pulg <sup>2</sup>	PRESIONES ESTÁNDAR lbs/pulg <sup>2</sup>	VALORES C.B.R.		CARGA libras	PRESIONES lbs/pulg <sup>2</sup>	PRESIONES CORREGIDAS lbs/pulg <sup>2</sup>	PRESIONES ESTÁNDAR lbs/pulg <sup>2</sup>	VALORES C.B.R.		CARGA libras	PRESIONES lbs/pulg <sup>2</sup>	PRESIONES CORREGIDAS lbs/pulg <sup>2</sup>	PRESIONES ESTÁNDAR lbs/pulg <sup>2</sup>	VALORES C.B.R.	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	15	25	105.89	34.16			23	151.55	48.89			37	231.45	74.66					
	27	50	174.38	56.25			39	242.86	78.34			67	402.65	129.89					
	38	75	237.15	76.5			56	339.88	109.64			96	568.15	183.27					
*	50	100	306.64	98.59			71	425.48	137.25			124	727.95	224.82			234.82	1000	23.48
	69	150	414.07	133.57			100	590.98	190.64			173	1007.58	325.03					
*	88	200	522.5	168.55			127	745.07	240.35			217	1238.69	406.03			406.03	1500	27.07
	106	250	625.22	201.68			156	910.57	293.73			257	1486.96	479.66					
*	123	300	722.24	232.98			186	1081.77	348.96			294	1698.12	547.78			547.78	1900	28.83
	158	400	921.98	297.41			241	1395.65	450.21			366	2109.02	680.33					
	185	500	1076.07	347.12			290	1675.29	540.42			433	2491.38	803.67					



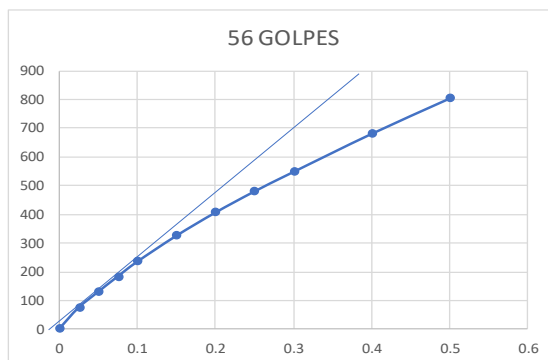
12 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
34.16	0.025
56.25	0.05
76.5	0.075
98.59	0.1
133.57	0.15
168.55	0.2
201.68	0.25
232.98	0.3
297.41	0.4
347.12	0.5



25 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
48.89	0.025
78.34	0.05
109.64	0.075
137.25	0.1
190.64	0.15
240.35	0.2
293.73	0.25
348.96	0.3
450.21	0.4
540.42	0.5



56 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
74.66	0.025
129.89	0.05
183.27	0.075
234.82	0.1
325.03	0.15
406.03	0.2
479.66	0.25
547.78	0.3
680.33	0.4
803.67	0.5





- **Muestra 5:** Fresado con fresadora – Av. González Suárez.

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

**CANTIDAD DE GRUESOS Y FINOS PARA EL ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

ENSAYO: Av. Gonzales Suarez Fresadora  
 MUESTRA: \_\_\_\_\_  
 SOLICITADO POR : \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

% RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	9.62	<	30%
<b>GRUESO</b>			
RETENIDO EN EL TAMIZ 1/2"	1132		
RETENIDO EN EL TAMIZ 3/8"	926		
RETENIDO EN EL TAMIZ N° 4	2119		
TOTAL GRUESO	4177		
TOTAL GRUESO EN %	57.83		
<b>FINO</b>			
PASANTE DEL TAMIZ N° 4	3046		
TOTAL FINO	3046		
TOTAL FINO EN %	42.17		
TOTAL GRUESO + FINO	7223		
TOTAL GRUESO + FINO EN %	100		

N° DE MUESTRAS PARA EL ENSAYO = 5  
 PESO DE CADA MUESTRA GRUESO + FINO = 5500 EN % = 100  
 PESO DE MATERIAL GRUESO = 3180.65 EN % = 57.83  
 PESO DE MATERIAL FINO = 2319.35 EN % = 42.17  
 % DE HUMEDAD = 1.16

PESO DE MATERIAL FINO	2319.35
PESO DE SOLIDOS (Ws)	2292.75
PESO DEL AGUA (Ww)	68.78
AGUA EN C.C. PARA EL ENSAYO PROCTOR	<b>70</b>

AGUA EN C.C	%W
0	1.16
70	4.16
140	7.16
210	10.16
280	13.16
350	16.16
420	19.16
490	22.16



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

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

ENSAYO	Av. Gonzales Suares Fresadora	PESO DEL MARTILLO	_____
MOLDE Nº	_____	ALTURA DE CAÍDA	_____
VOLUMEN DEL MOLDE	_____	NÚMERO DE CAPAS	5
PESO DEL MOLDE	_____	GOLPES POR CAPA	56

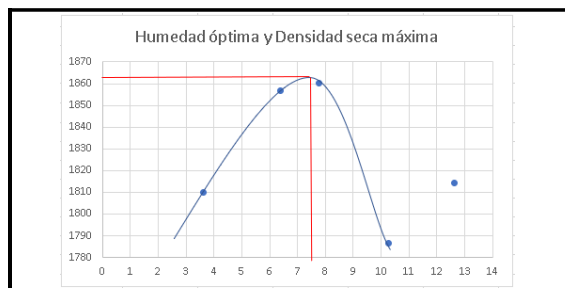
**DATOS DE LA CURVA**

MUESTRA	1	2	3	4	5
PESO SECO DESEADO PARA EL ENSAYO					
HUMEDAD AÑADIDA EN %	10.16	13.16	7.16	16.16	4.16
AGUA AUMENTADA EN C.C.	210	280	140	350	70
NÚMERO DEL MOLDE	77	25	77	25	77
PESO MOLDE CILÍNDRICO + SUELO HÚMEDO P1	10183	10099.5	10194.5	10182	9978
PESO MOLDE CILÍNDRICO SIN COLLARÍN P2	5926	5767.5	5926	5767.5	5926
PESO SUELO HÚMEDO P1-P2 = P3	4257	4332	4268.5	4414.5	4052
VOLUMEN DEL MOLDE SIN EL COLLARÍN	2160.7	2160.7	2160.7	2160.7	2160.7
DENSIDAD HÚMEDA D1= P3/V. KG./M3	1970.19	2004.91	1975.52	2043.09	1875.32

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRAS PARA PROMEDIAR	1		2		3		4		5	
NÚMERO DEL TARRO	s7	166	s2	s4	4	10	c1	D1	s6	a9
PESO DEL TARRO MAS SUELO HÚMEDO	111.1	116	118.4	129.5	156	118.3	181.8	125.9	149.3	156.9
PESO DEL TARRO MAS SUELO SECO	105	109.1	113.1	123.8	150.5	113	168.8	116.6	146.2	154
PESO DEL AGUA										
PESO DEL TARRO	43.5	44.2	43.3	52.2	64.9	29.4	65.5	43	66.1	67.7
PESO DEL SUELO SECO										
CONTENIDO DE AGUA EN %	9.92	10.63	7.59	7.96	6.43	6.34	12.58	12.64	3.87	3.36
CONTENIDO PROMEDIO DE AGUA EN %	<b>10.28</b>		<b>7.78</b>		<b>6.39</b>		<b>12.61</b>		<b>3.62</b>	
DENSIDAD SECA KG./M3	<b>1786.53</b>		<b>1860.19</b>		<b>1856.87</b>		<b>1814.31</b>		<b>1809.81</b>	

DENS. SECA MAX : 1863



%W OPTIMA = 7.5



<b>UNIVERSIDAD CATOLICA DDE CUENCA</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES			
SECTOR	GONZALES SUAREZ	MATERIAL	_____
CALLE	FRESADORA	FECHA	_____
MUESTRA N°	_____	TIPO DE MUESTRA	_____
PROFUNDIDAD	_____	CLASIFICACIÓN	_____
YACIMIENTO	_____	SOBRECARGA	_____

**ENSAYO DE C.B.R.**

MOLDE N°	9		22		C3	
NÚMERO DE CAPAS	5		5		5	
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
ESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	13096.5	13161.5	11403	11488	11038	11166.5
PESO DEL MOLDE	9047.5	9047.5	7194	7194	6473	6473
PESO MUESTRA HUMEDA	4049	4114	4209	4294	4565	4693.5
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2304.5	2304.5	2304.5	2304.5	2304.5	2304.5
DENSIDAD HUMEDA	1757		1826.43		1980.91	
DENSIDAD SECA	1627		1693		1845	

**CONTENIDO DE AGUA (antes del remojo )**

TARRO N°	15	CB1	9	25	1N	199
PESO MUESTRA HUMEDA +TARR	120.6	112.8	125.4	127.6	120.5	116.1
PESO MUESTRA SECA + TARRO	113.8	106.7	118.2	120.6	114.4	110
PESO DEL AGUA	6.8	6.1	7.2	7	6.1	6.1
PESO DEL TARRO	29.5	29.1	29	29.4	29.2	29.5
PESO MUESTRA SECA	84.3	77.6	89.2	91.2	85.2	80.5
CONTENIDO DE HUMEDAD %	8.07	7.86	8.07	7.68	7.16	7.58
ROM. CONTENIDO DE HUMEDAD	7.965		7.88		7.37	

**CONTENIDO DE AGUA (después del remojo )**

TARRO N°	15	CB1	9	25	1N	199
PESO MUESTRA HUMEDA +TARR	132.9	146.7	133.7	143.5	141.7	125.6
PESO MUESTRA SECA + TARRO	126.1	139.6	126.8	136.6	133.9	118.7
PESO DEL AGUA	6.8	7.1	6.9	6.9	7.8	6.9
PESO DEL TARRO	29.5	29.1	29	29.4	29.2	29.5
PESO MUESTRA SECA	96.6	110.5	97.8	107.2	104.7	89.2
CONTENIDO DE HUMEDAD %	7.04	6.43	7.06	6.44	7.45	7.74
ROM. CONTENIDO DE HUMEDAD	6.74		6.75		7.6	



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

ALTIMETRA DEL MOLDE: 5 pulg **ENSAYO C.B.R.**  
 AREA DEL PISTON: 3.1 pulg<sup>2</sup> **DATOS DE ESPONJAMIENTO**

SECTOR: \_\_\_\_\_  
 CALLE: \_\_\_\_\_  
 MAESTRA Nº: \_\_\_\_\_  
 PROFUNDIDAD: \_\_\_\_\_  
 YACIMIENTO: \_\_\_\_\_  
 MATERIAL: \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

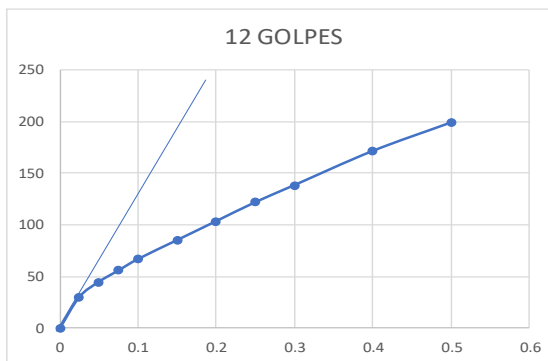
DIA Y MES	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO DIAS	MOLDE Nº 12			DIA Y MES	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO DIAS	MOLDE Nº 25			DIA Y MES	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO DIAS	MOLDE Nº 56		
			LECTURA DIAL PULG.	ALTURA MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG. %				LECTURA DIAL PULG.	ALTURA MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG. %				LECTURA DIAL PULG.	ALTURA MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG. %
		0	0	5	0			0	5	0			0	5	0		
		1	0	5	0			1	5	0			1	5	0		
		2	0	5	0			2	5	0			2	5	0		
		3	0	5	0			3	5	0			3	5	0		
		4	0	5	0			4	5	0			4	5	0		
		5						5					5				

ANILLO Nº \_\_\_\_\_ **PENETRACIÓN**  
 CONSTANTE DEL ANILLO \_\_\_\_\_

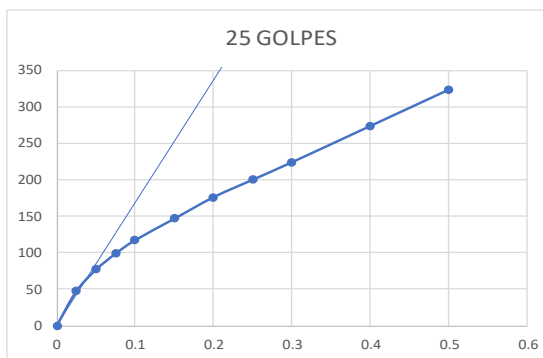
TIEMPO SEG. MIN.	LECTURAS DE CARGA PULGADAS	MOLDE Nº 12						MOLDE Nº 25						MOLDE Nº 56					
		CARGA libras	PRESIONES lbs/pulg <sup>2</sup>	PRESIONES CORREGIDAS lbs/pulg <sup>2</sup>	PRESIONES ESTANDAR lbs/pulg <sup>2</sup>	VALORES C.B.R.	CARGA libras	PRESIONES lbs/pulg <sup>2</sup>	PRESIONES CORREGIDAS lbs/pulg <sup>2</sup>	PRESIONES ESTANDAR lbs/pulg <sup>2</sup>	VALORES C.B.R.	CARGA libras	PRESIONES lbs/pulg <sup>2</sup>	PRESIONES CORREGIDAS lbs/pulg <sup>2</sup>	PRESIONES ESTANDAR lbs/pulg <sup>2</sup>	VALORES C.B.R.			
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	13	25	94.48	30.48			22	145.84	47.05			36	225.74	72.82					
	21	50	140.13	45.2			38	237.15	76.5			67	402.65	129.89					
	27	75	174.38	56.25			50	305.64	98.59			91	539.62	174.07					
*	33	100	208.62	67.3			60	362.7	117			110	648.05	209.05					
	43	150	265.69	85.71			76	454.01	146.45			145	847.79	273.48					
*	53	200	322.76	104.12			92	545.32	175.91			176	1024.7	330.55					
	63	250	379.82	122.52			105	619.51	199.84			205	1190.2	383.94					
*	72	300	431.19	139.09			118	693.7	223.77			232	1344.29	433.64					
	90	400	533.91	172.23			145	847.79	273.48			279	1612.52	520.17					
	105	500	619.51	199.84			172	1001.88	323.19			322	1857.91	593.33					



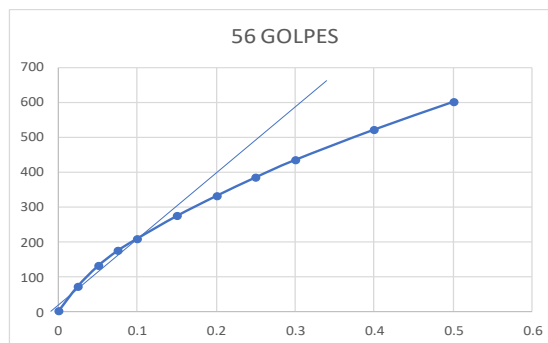
12 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
30.48	0.025
45.2	0.05
56.25	0.075
67.3	0.1
85.71	0.15
104.12	0.2
122.52	0.25
139.09	0.3
172.23	0.4
199.84	0.5



25 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
47.05	0.025
76.5	0.05
98.59	0.075
117	0.1
146.45	0.15
175.91	0.2
199.84	0.25
223.77	0.3
273.48	0.4
323.19	0.5



56 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
72.82	0.025
129.89	0.05
174.07	0.075
209.05	0.1
273.48	0.15
330.55	0.2
383.94	0.25
433.64	0.3
520.17	0.4
599.33	0.5





- **Muestra 6:** Fresado con fresadora – Av. 27 de Febrero y Arturo Valencia.

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

**CANTIDAD DE GRUESOS Y FINOS PARA EL ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

ENSAYO: Av. 27 de Febrero Fresadora  
 MUESTRA: \_\_\_\_\_  
 SOLICITADO POR : \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

% RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	8.28	<	30%
<b>GRUESO</b>			
RETENIDO EN EL TAMIZ 1/2"	820		
RETENIDO EN EL TAMIZ 3/8"	502.5		
RETENIDO EN EL TAMIZ N° 4	1483.5		
TOTAL GRUESO	2806		
TOTAL GRUESO EN %	38.28		
<b>FINO</b>			
PASANTE DEL TAMIZ N° 4	4525		
TOTAL FINO	4525		
TOTAL FINO EN %	61.72		
TOTAL GRUESO + FINO	7331		
TOTAL GRUESO + FINO EN %	100		

N° DE MUESTRAS PARA EL ENSAYO = 5  
 PESO DE CADA MUESTRA GRUESO + FINO = 5500 EN % = 100  
 PESO DE MATERIAL GRUESO = 2105.4 EN % = 38.28  
 PESO DE MATERIAL FINO = 3394.6 EN % = 61.72  
 % DE HUMEDAD = 1.55

PESO DE MATERIAL FINO	3394.6
PESO DE SOLIDOS (Ws)	3342.79
PESO DEL AGUA (Ww)	100.28
AGUA EN C.C. PARA EL ENSAYO PROCTOR	<b>100</b>

AGUA EN C.C	%W
0	1.55
100	4.55
200	7.55
300	10.55
400	13.55
500	16.55
600	19.55
700	22.55



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

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

ENSAYO	Av. 27 de Febrero Fresadora	PESO DEL MARTILLO	_____
MOLDE Nº	_____	ALTURA DE CAÍDA	_____
VOLUMEN DEL MOLDE	_____	NÚMERO DE CAPAS	5
PESO DEL MOLDE	_____	GOLPES POR CAPA	56

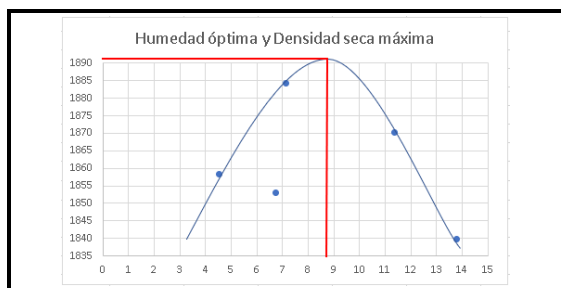
**DATOS DE LA CURVA**

MUESTRA	1	2	3	4	5
PESO SECO DESEADO PARA EL ENSAYO					
HUMEDAD AÑADIDA EN %	10.55	13.55	7.55	4.55	16.55
AGUA AUMENTADA EN C.C.	300	400	200	100	500
NÚMERO DEL MOLDE	77	25	77	25	77
PESO MOLDE CILÍNDRICO + SUELO HÚMEDO P1	10288.5	10267	10200	9964	10448.5
PESO MOLDE CILÍNDRICO SIN COLLARÍN P2	5926	5767.5	5926	5767.5	5926
PESO SUELO HÚMEDO P1-P2 = P3	4362.5	4499.5	4274	4196.5	4522.5
VOLUMEN DEL MOLDE SIN EL COLLARÍN	2160.7	2160.7	2160.7	2160.7	2160.7
DENSIDAD HÚMEDA D1= P3/V. KG./M3	2019.02	2082.43	1978.06	1942.19	2093.07

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRAS PARA PROMEDIAR	1		2		3		4		5	
NÚMERO DEL TARRO	20	6	D2	S5	17	K1	7	S10	Z1	D3
PESO DEL TARRO MAS SUELO HÚMEDO	148.2	111.3	189.6	123.4	118.2	122.2	102.7	158	192.4	170.5
PESO DEL TARRO MAS SUELO SECO	141.3	108	177.3	116.4	114.1	117.8	100.2	153.9	178.7	158.4
PESO DEL AGUA										
PESO DEL TARRO	43.1	62.6	69.7	54.3	53.7	52.3	44	64.6	83	66.8
PESO DEL SUELO SECO										
CONTENIDO DE AGUA EN %	7.03	7.27	11.43	11.27	6.78	6.72	4.45	4.59	14.32	13.21
CONTENIDO PROMEDIO DE AGUA EN %	7.15		11.35		6.75		4.52		13.77	
DENSIDAD SECA KG./M3	1884.29		1870.17		1852.98		1858.2		1839.74	

DENS. SECA MAX : 1890



%W OPTIMA = 8.8



<b>UNIVERSIDAD CATOLICA DDE CUENCA</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES			
SECTOR	27 FEBRERO FRESADORA	MATERIAL	
CALLE		FECHA	
MUESTRA N°		TIPO DE MUESTRA	
PROFUNDIDAD		CLASIFICACIÓN	
YACIMIENTO		SOBRECARGA	

**ENSAYO DE C.B.R.**

MOLDE N°	22T		1CT		C4	
NÚMERO DE CAPAS	5		5		5	
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
ESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	10204	10278	10515	10608	11833.5	11906
PESO DEL MOLDE	5925.5	5925.5	6019	6019	6918	6918
PESO MUESTRA HUMEDA	4278.5	4352.5	4496	4589	4915.5	4988
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2304.5	2304.5	2304.5	2304.5	2304.5	2304.5
DENSIDAD HUMEDA	1856.58		1950.97		2133	
DENSIDAD SECA	1685		1784		1947	

**CONTENIDO DE AGUA (antes del remojo )**

TARRO N°	26	C10	16	D10	12	14
PESO MUESTRA HUMEDA +TARR	109.1	102.7	125.5	134.3	96.8	102.8
PESO MUESTRA SECA + TARRO	101	96.6	117.3	125.3	90.9	96.3
PESO DEL AGUA	8.1	6.1	8.2	9	5.9	6.5
PESO DEL TARRO	29.1	29.7	29.3	29.2	28.8	29
PESO MUESTRA SECA	71.9	66.9	88	96.1	62.1	67.3
CONTENIDO DE HUMEDAD %	11.27	9.12	9.32	9.37	9.5	9.66
ROM. CONTENIDO DE HUMEDAD	10.195		9.35		9.58	

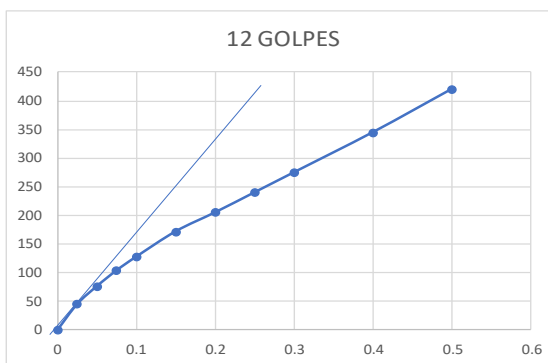
**CONTENIDO DE AGUA (después del remojo )**

TARRO N°	26	C10	16	D10	12	14
PESO MUESTRA HUMEDA +TARR	151.5	139.6	147.9	137.3	147.1	157.4
PESO MUESTRA SECA + TARRO	141.1	130	138.1	128.1	138.1	146.8
PESO DEL AGUA	10.4	9.6	9.8	9.2	9	10.6
PESO DEL TARRO	29.1	29.7	29.3	29.2	28.8	29
PESO MUESTRA SECA	112	100.3	108.8	98.9	109.3	117.8
CONTENIDO DE HUMEDAD %	9.29	9.57	9.01	9.3	8.23	9
ROM. CONTENIDO DE HUMEDAD	9.43		9.16		8.62	

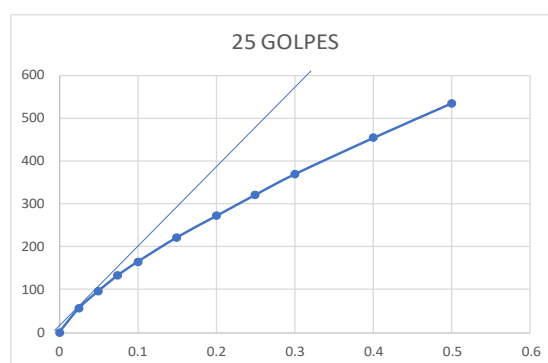




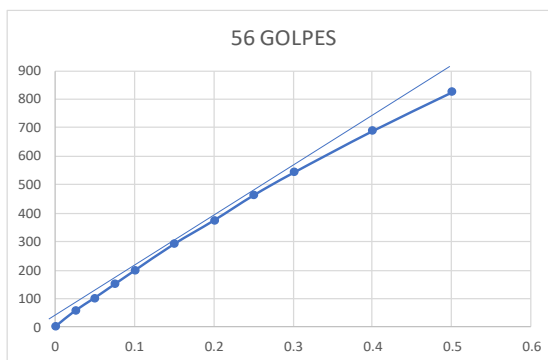
12 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
45.2	0.025
76.5	0.05
104.12	0.075
128.05	0.1
172.23	0.15
205.37	0.2
240.35	0.25
275.32	0.3
345.28	0.4
420.75	0.5



25 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
56.25	0.025
96.75	0.05
133.57	0.075
164.86	0.1
221.94	0.15
271.64	0.2
321.35	0.25
369.21	0.3
453.89	0.4
534.89	0.5



56 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
56.25	0.025
102.27	0.05
150.14	0.075
198	0.1
291.89	0.15
374.73	0.2
463.1	0.25
542.26	0.3
689.53	0.4
825.76	0.5





**HORMIGÓN ASFÁLTICO (7 cm) + BASE GRANULAR (9 cm)**

**- Compactación y CBR**

- **Muestra 1:** Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**CANTIDAD DE GRUESOS Y FINOS PARA EL ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

ENSAYO: Av. 27 de Febreror 7 y 9 cm  
 MUESTRA: \_\_\_\_\_  
 LOLICITADO POR : \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

PESO DEL HORMIGON ASFALTICO (%) =	<u>100</u>	EN Kg =	<u>2327.05</u>
HORMIGON GRUESO (%) =	<u>54.63</u>	EN Kg =	<u>1271.27</u>
ASFALTICO FINO (%) =	<u>45.37</u>	EN Kg =	<u>1055.78</u>
PESO DE LA BASE (%) =	<u>100</u>	EN Kg =	<u>3172.95</u>
BASE GRUESO (%) =	<u>68.12</u>	EN Kg =	<u>2161.41</u>
FINO (%) =	<u>31.88</u>	EN Kg =	<u>1011.54</u>

N° DE MUESTRAS PARA EL ENSAYO	=	<u>5</u>	
PESO DE CADA MUESTRA GRUESO + FINO	=	<u>5500</u>	EN % = <u>100</u>
PESO DE MATERIAL GRUESO	=	<u>3432.68</u>	EN % = <u>62.41</u>
PESO DE MATERIAL FINO	=	<u>2067.32</u>	EN % = <u>37.59</u>
% DE HUMEDAD	=	<u>2.91</u>	

PESO DE MATERIAL FINO	2067.32
PESO DE SOLIDOS (Ws)	2008.86
PESO DEL AGUA (Ww)	60.27
AGUA EN C.C. PARA EL ENSAYO PROCTOR	<b>60</b>

AGUA EN C.C	%W
0	2.91
60	5.91
120	8.91
180	11.91
240	14.91
300	17.91
360	20.91
420	23.91



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

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

ENSAYO	Av. 27 Febrero 7 y 9 cm	PESO DEL MARTILLO	_____
MOLDE Nº	_____	ALTURA DE CAÍDA	_____
VOLUMEN DEL MOLDE	_____	NÚMERO DE CAPAS	5
PESO DEL MOLDE	_____	GOLPES POR CAPA	56

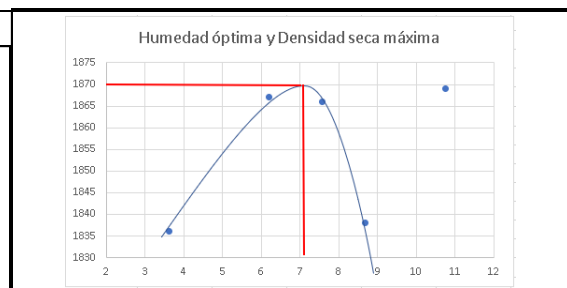
**DATOS DE LA CURVA**

MUESTRA	1	2	3	4	5
PESO SECO DESEADO PARA EL ENSAYO					
HUMEDAD AÑADIDA EN %					
AGUA AUMENTADA EN C.C.	180	240	300	360	420
NÚMERO DEL MOLDE	77	25	77	25	77
PESO MOLDE CILÍNDRICO + SUELO HÚMEDO P1	10474.5	10439	10812	10581	10785
PESO MOLDE CILÍNDRICO SIN COLLARÍN P2	5926	5767.5	5926	5767.5	5926
PESO SUELO HÚMEDO P1-P2 = P3	4548.5	4671.5	4886	4813.5	4859
VOLUMEN DEL MOLDE SIN EL COLLARÍN	2160.7	2160.7	2160.7	2160.7	2160.7
DENSIDAD HÚMEDA D1=P3/V. KG./M3	2105.10483	2162.03082	2261.30421	2227.75027	2248.80826

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRAS PARA PROMEDIAR	1		2		3		4		5	
NÚMERO DEL TARRO	1N	12	CB1	25	15	20	18	9	16	D10
PESO DEL TARRO MAS SUELO HÚMEDO	103,7	122,1	132,1	139,2	140	141,5	153,6	149,5	121,8	109,7
PESO DEL TARRO MAS SUELO SECO	97,5	114,4	122,5	128,6	129,3	130,7	140	136,6	110,9	99,7
PESO DEL AGUA										
PESO DEL TARRO	29,1	28,8	29,1	29,4	29,6	29,8	29,2	29	29,4	29,1
PESO DEL SUELO SECO	9,06	9	10,27	10,69	10,73	10,7	12,27	11,99	13,37	14,16
CONTENIDO DE AGUA EN %										
CONTENIDO PROMEDIO DE AGUA EN %	9.03		10.48		10.72		12.13		13.77	
DENSIDAD SECA KG./M3	1930.75743		1956.94318		2042.3629		1986.75668		1976.62675	

DENS. SECA MAX = 2042



%W OPTIMA = 10.7



<b>UNIVERSIDAD CATOLICA DDE CUENCA</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES			
SECTOR	Av. 27 FEBRERO BOB CAT 7 y 9 cm	MATERIAL	
CALLE		FECHA	
MUESTRA N°		TIPO DE MUESTRA	
PROFUNDIDAD		CLASIFICACIÓN	
YACIMIENTO		SOBRECARGA	

### ENSAYO DE C.B.R.

MOLDE N°	10		11		12	
NÚMERO DE CAPAS	5		5		5	
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
ESO MUESTRA HUMEDA + MOLD	13521	13603.5	11746	11848	11988	12085.5
PESO DEL MOLDE	9050	9050	7197	7197	6918.5	6918.5
PESO MUESTRA HUMEDA	4471	4553.5	4549	4651	5069.5	5167
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2323	2323	2323	2323	2323	2323
DENSIDAD HUMEDA	1924.67		1958.24		2182.31	
DENSIDAD SECA	1755		1781		1986	

### CONTENIDO DE AGUA (antes del remojo )

TARRO N°	18	9	16	D10	S4	P1
PESO MUESTRA HUMEDA +TARR	115.7	110.2	119.1	110.5	140.4	188.7
PESO MUESTRA SECA + TARRO	108.1	103	110.9	103.2	132.5	177.9
PESO DEL AGUA	7.6	7.2	8.2	7.3	7.9	10.8
PESO DEL TARRO	29.2	29	29.4	29.1	52.2	69.7
PESO MUESTRA SECA	78.9	74	81.5	74.1	80.3	108.2
CONTENIDO DE HUMEDAD %	9.63	9.73	10.06	9.85	9.84	9.98
ROM. CONTENIDO DE HUMEDAD	9.68		9.96		9.91	

### CONTENIDO DE AGUA (después del remojo )

TARRO N°	1N	25	18	21	26	19
PESO MUESTRA HUMEDA +TARR	151.7	177.8	152.3	167.6	139.7	146.7
PESO MUESTRA SECA + TARRO	142.2	166.9	142.2	157.9	131.2	137.3
PESO DEL AGUA	9.5	10.9	10.1	9.7	8.5	9.4
PESO DEL TARRO	29.1	29.4	29.2	29.1	29.1	29.1
PESO MUESTRA SECA	113.1	137.5	113	128.8	102.1	108.2
CONTENIDO DE HUMEDAD %	8.4	7.93	8.94	7.53	8.33	8.69
ROM. CONTENIDO DE HUMEDAD	8.17		8.24		8.51	



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**Laboratorio de Suelos y Materiales**

Altura del Molde: 5 pulg      Ensayo C.B.R.  
 Área del Pistón: 3.1 pulg<sup>2</sup>      Datos de Esponjamiento

Sector: Av. 27 de Febrero 7 y 9cm  
 Calle: \_\_\_\_\_  
 Muestra N°: \_\_\_\_\_  
 Profundidad: \_\_\_\_\_  
 Yacimiento: \_\_\_\_\_  
 Material: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

Día y Mes	Hora	Tiempo Transcurrido (Días)	Molde N° 12			Día y Mes	Hora	Tiempo Transcurrido (Días)	Molde N° 25			Día y Mes	Hora	Tiempo Transcurrido (Días)	Molde N° 56		
			Altura Muestra (Pulg.)	Esponjamiento (Pulg.)	%				Altura Muestra (Pulg.)	Esponjamiento (Pulg.)	%				Altura Muestra (Pulg.)	Esponjamiento (Pulg.)	%
		0	0	5	0			0	5	0			0	5	0		
		1	0	5	0			1	5	0			1	5	0		
		2	0	5	0			2	5	0			2	5	0		
		3	0	5	0			3	5	0			3	5	0		
		4	0	5	0			4	5	0			4	5	0		
		5	0	5	0			5	5	0			5	5	0		

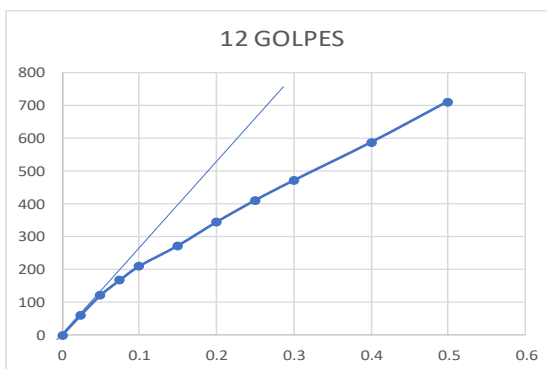
**PENETRACIÓN**

Anillo N° \_\_\_\_\_  
 Constante del Anillo \_\_\_\_\_

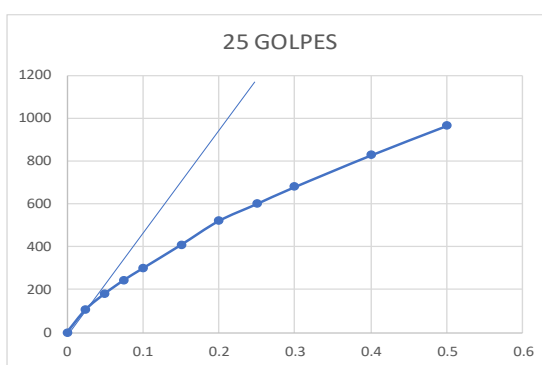
Tiempo	Carga (Lbs)	Molde N° 12			Carga (Lbs)	Molde N° 25			Carga (Lbs)	Molde N° 56							
		Presiones (lbs/pulg <sup>2</sup> )	Presiones Corregidas (lbs/pulg <sup>2</sup> )	Presiones Estándar (lbs/pulg <sup>2</sup> )		Valores C.B.R.	Presiones (lbs/pulg <sup>2</sup> )	Presiones Corregidas (lbs/pulg <sup>2</sup> )		Presiones Estándar (lbs/pulg <sup>2</sup> )	Valores C.B.R.	Presiones (lbs/pulg <sup>2</sup> )	Presiones Corregidas (lbs/pulg <sup>2</sup> )	Presiones Estándar (lbs/pulg <sup>2</sup> )	Valores C.B.R.		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	31	25	197.2	63.61	55	334.17	107.8	18	123.01	39.68							
	63	50	379.82	122.52	95	562.45	181.44	46	282.81	91.23							
	88	75	522.5	168.55	129	756.48	244.03	91	539.62	174.07							
*	111	100	653.76	210.89	159	927.69	299.25	132	773.6	249.55	249.55	1000	24.96				
	145	150	847.79	273.48	218	1264.39	407.87	240	1389.95	448.37							
*	184	200	1070.36	345.28	279	1612.52	520.17	344	1983.46	639.83	639.83	1500	42.66				
	220	250	1275.81	411.55	322	1857.91	599.33	437	2514.21	811.04							
*	253	300	1464.14	472.3	365	2103.31	678.49	530	3044.95	982.24	982.24	1900	51.7				
	316	400	1823.67	588.28	445	2559.86	825.76	666	3992.29	1287.84							
	384	500	2211.74	713.46	520	2987.88	963.83	852	4882.57	1575.02							



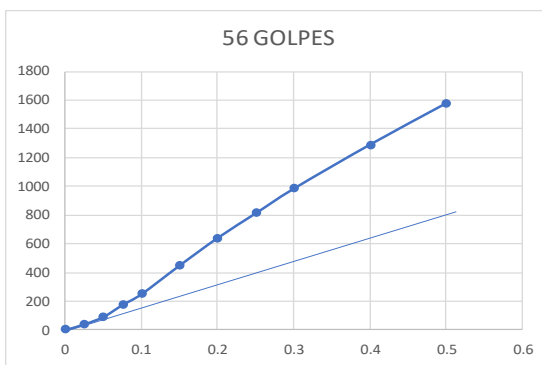
12 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
63.61	0.025
122.52	0.05
168.55	0.075
210.89	0.1
273.48	0.15
345.28	0.2
411.55	0.25
472.3	0.3
588.28	0.4
713.46	0.5



25 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
107.8	0.025
181.44	0.05
244.03	0.075
299.25	0.1
407.87	0.15
520.17	0.2
599.33	0.25
678.49	0.3
825.76	0.4
963.83	0.5



56 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
39.68	0.025
91.23	0.05
174.07	0.075
249.55	0.1
448.37	0.15
639.83	0.2
811.04	0.25
982.24	0.3
1287.84	0.4
1575.02	0.5





- **Muestra 2:** Fresado con fresadora – Av. González Suárez.

# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

## CANTIDAD DE GRUESOS Y FINOS PARA EL ENSAYO DE COMPACTACIÓN

ENSAYO: Gonzales Suares fresadora 7 y 9 cm  
 MUESTRA: \_\_\_\_\_  
 SOLICITADO POR: \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

PESO DEL HORMIGON ASFALTICO (%) =	<u>100</u>	EN Kg =	<u>2327.05</u>
HORMIGON GRUESO (%) =	<u>57.83</u>	EN Kg =	<u>1345.73</u>
ASFALTICO FINO (%) =	<u>42.17</u>	EN Kg =	<u>981.32</u>
PESO DE LA BASE (%) =	<u>100</u>	EN Kg =	<u>3172.95</u>
BASE GRUESO (%) =	<u>68.12</u>	EN Kg =	<u>2161.41</u>
BASE FINO (%) =	<u>31.88</u>	EN Kg =	<u>1011.54</u>

N° DE MUESTRAS PARA EL ENSAYO =	<u>5</u>		
PESO DE CADA MUESTRA GRUESO + FINO =	<u>5500</u>	EN % =	<u>100</u>
PESO DE MATERIAL GRUESO =	<u>3507.14</u>	EN % =	<u>63.77</u>
PESO DE MATERIAL FINO =	<u>1992.86</u>	EN % =	<u>36.23</u>
% DE HUMEDAD =	<u>2.81</u>		

PESO DE MATERIAL FINO	1992.86
PESO DE SOLIDOS (Ws)	1938.39
PESO DEL AGUA (Ww)	58.15
AGUA EN C.C. PARA EL ENSAYO PROCTOR	<b>60</b>

AGUA EN C.C	%W
0	2.81
60	5.81
120	8.81
180	11.81
240	14.81
300	17.81
360	20.81
420	23.81



# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

#### ENSAYO DE COMPACTACIÓN

ENSAYO	Gonzales Suares 7 y 9 cm	PESO DEL MARTILLO	_____
MOLDE Nº	_____	ALTURA DE CAÍDA	_____
VOLUMEN DEL MOLDE	_____	NÚMERO DE CAPAS	5
PESO DEL MOLDE	_____	GOLPES POR CAPA	56

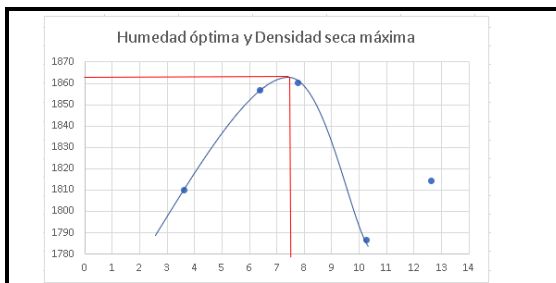
#### DATOS DE LA CURVA

MUESTRA	1	2	3	4	5
PESO SECO DESEADO PARA EL ENSAYO					
HUMEDAD AÑADIDA EN %	11.81	14.81	17.81	20.81	23.81
AGUA AUMENTADA EN C.C.	180	240	300	360	420
NÚMERO DEL MOLDE	77	25	77	25	77
PESO MOLDE CILÍNDRICO+ SUELO HÚMEDO P1	10486	10442.5	10637	10451	10593.5
PESO MOLDE CILÍNDRICO SIN COLLARÍN P2	5926	5767.5	5926	5767.5	5926
PESO SUELO HÚMEDO P1-P2 = P3	4560	4675	4711	4683.5	4667.5
VOLUMEN DEL MOLDE SIN EL COLLARÍN	2160.7	2160.7	2160.7	2160.7	2160.7
DENSIDAD HÚMEDA D1= P3/V. KG./M3	2110.43	2163.65	2180.31	2167.58	2160.18

#### CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRAS PARA PROMEDIAR	1		2		3		4		5	
NÚMERO DEL TARRO	12	10	199	23	14	26	100	19	A1	6
PESO DEL TARRO MAS SUELO HÚMEDO	95,9	105	148	141,1	128,7	142,8	157	167,3	177,2	184,7
PESO DEL TARRO MAS SUELO SECO	90,8	99	137,8	131,6	119	131,6	141,8	152,2	163,6	171,6
PESO DEL AGUA										
PESO DEL TARRO	29,5	29,4	29,8	29,8	29,3	29,1	28,9	29,1	63,7	62,5
PESO DEL SUELO SECO										
CONTENIDO DE AGUA EN %	8,32	8,62	9,44	9,33	10,81	10,92	13,46	12,27	13,61	13,04
CONTENIDO PROMEDIO DE AGUA EN %	<b>8.47</b>		<b>9.39</b>		<b>10.87</b>		<b>12.87</b>		<b>13.33</b>	
DENSIDAD SECA KG./M3	<b>1945.63</b>		<b>1977.92</b>		<b>1966.55</b>		<b>1920.42</b>		<b>1906.1</b>	

DENS. SECA MAX : 1980



%W OPTIMA = 9.7



<b>UNIVERSIDAD CATOLICA DDE CUENCA</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES			
SECTOR	GONZALES SUAREZ 7 y 9 cm	MATERIAL	
CALLE		FECHA	
MUESTRA N°		TIPO DE MUESTRA	
PROFUNDIDAD		CLASIFICACIÓN	
YACIMIENTO		SOBRECARGA	

### ENSAYO DE C.B.R.

MOLDE N°	4		T25		22T	
NÚMERO DE CAPAS	5		5		5	
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
ESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	12747	12811.5	11029.5	11107	10871	10927
PESO DEL MOLDE	8348.5	8348.5	6425	6425	5927	5927
PESO MUESTRA HUMEDA	4398.5	4463	4604.5	4682	4944	5000
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2304.5	2304.5	2304.5	2304.5	2304.5	2304.5
DENSIDAD HUMEDA	1908.66		1998.05		2145.37	
DENSIDAD SECA	1742		1826		1960	

### CONTENIDO DE AGUA (antes del remojo )

TARRO N°	12	10	199	23	14	26
PESO MUESTRA HUMEDA +TARR	118.8	116.8	126.3	125.8	123	121.4
PESO MUESTRA SECA + TARRO	110.9	109.3	117.9	117.6	114.7	113.6
PESO DEL AGUA	7.9	7.5	8.4	8.2	8.3	7.8
PESO DEL TARRO	29.5	29.4	29.8	29.8	29.3	29.1
PESO MUESTRA SECA	81.4	79.9	88.1	87.8	85.4	84.5
CONTENIDO DE HUMEDAD %	9.71	9.39	9.53	9.34	9.72	9.23
ROM. CONTENIDO DE HUMEDAD	9.55		9.44		9.48	

### CONTENIDO DE AGUA (después del remojo )

TARRO N°	S4	K1	A9	P1	6	S10
PESO MUESTRA HUMEDA +TARR	154.9	185.3	243.8	237	239.9	212.5
PESO MUESTRA SECA + TARRO	146.6	173.8	229.2	223.1	226.4	201.3
PESO DEL AGUA	8.3	11.5	14.6	13.9	13.5	11.2
PESO DEL TARRO	52.2	52.3	67.7	69.7	62.6	64.6
PESO MUESTRA SECA	94.4	121.5	161.5	153.4	163.8	136.7
CONTENIDO DE HUMEDAD %	8.79	9.47	9.04	9.06	8.24	8.19
ROM. CONTENIDO DE HUMEDAD	9.13		9.05		8.22	



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**  
**FAACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**

**ENSAYO C.B.R.**

ALTIMETRA DEL MOLDE: 5 pulg      ALTURA DEL MOLDE: 5 pulg

AREA DEL PISTON: 3.1 pulg<sup>2</sup>      DATOS DE ESPONJAMIENTO

SECTOR: Av. Gonzales suares 7 y 9 cm  
 CALLE: \_\_\_\_\_  
 MAESTRA Nº: \_\_\_\_\_  
 PROFUNDIDAD: \_\_\_\_\_  
 YACIMIENTO: \_\_\_\_\_  
 MATERIAL: \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

DIA Y MRS	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO DIAS	MOLDE Nº 12			DIA Y MRS	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO DIAS	MOLDE Nº 25			DIA Y MRS	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO DIAS	MOLDE Nº 56		
			LECTURA DIAL PULG.	ALTURA MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG. %				LECTURA DIAL PULG.	ALTURA MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG. %				LECTURA DIAL PULG.	ALTURA MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG. %
		0	0	5	0			0	5	0			0	5	0		
		1	0	5	0			1	5	0			1	5	0		
		2	0	5	0			2	5	0			2	5	0		
		3	0	5	0			3	5	0			3	5	0		
		4	0	5	0			4	5	0			4	5	0		
		5						5					5				

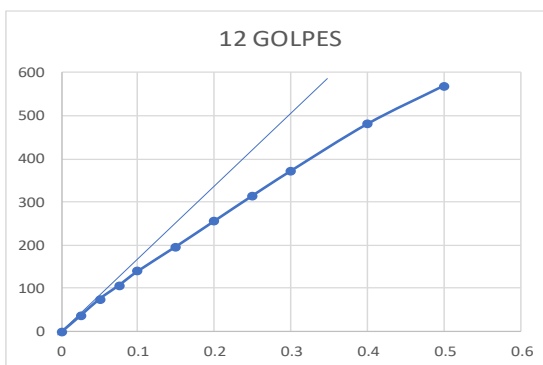
**PENETRACIÓN**

ANILLO Nº \_\_\_\_\_  
 CONSTANTE DEL ANILLO \_\_\_\_\_

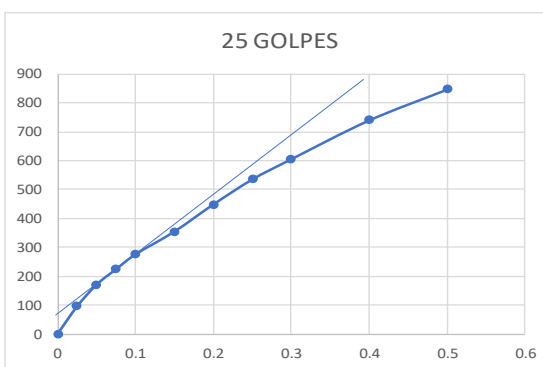
TIEMPO SEG. MINI.	LECTURAS DE CARGA PULGADAS	MOLDE Nº 12					LECTURAS DE CARGA PULGADAS	MOLDE Nº 25					LECTURAS DE CARGA PULGADAS	MOLDE Nº 56					
		CARGA libras	PRESIONES lbs./pulg <sup>2</sup>	PRESIONES CORREGIDAS lbs./pulg <sup>2</sup>	PRESIONES ESTANDAR lbs./pulg <sup>2</sup>	VALORES C.B.R.		CARGA libras	PRESIONES lbs./pulg <sup>2</sup>	PRESIONES CORREGIDAS lbs./pulg <sup>2</sup>	PRESIONES ESTANDAR lbs./pulg <sup>2</sup>	VALORES C.B.R.		CARGA libras	PRESIONES lbs./pulg <sup>2</sup>	PRESIONES CORREGIDAS lbs./pulg <sup>2</sup>	PRESIONES ESTANDAR lbs./pulg <sup>2</sup>	VALORES C.B.R.	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	25	117.31	37.84			48	294.22	94.91			56	339.88	109.64					
	38	50	237.15	76.5			89	528.2	170.39			132	773.6	249.55					
	55	75	334.17	107.8			118	693.7	223.77			205	1190.2	383.94					
*	73	100	436.89	140.93			146	853.5	275.32			266	1538.33	486.24			496.24	1000	49.62
	104	150	613.81	198			189	1098.89	354.48			405	2331.58	752.12					
*	136	200	796.43	256.91			240	1389.95	448.37			534	3067.77	989.6			989.6	1500	65.97
	168	250	979.05	315.82			287	1658.17	534.89			654	3753.6	1210.52					
*	199	300	1155.96	372.89			325	1875.03	604.85			770	4414.6	1424.06			1424.06	1900	74.95
	258	400	1492.67	481.51			398	2291.64	739.24			972	5567.4	1795.94					
	306	500	1766.6	569.87			456	2622.64	846.01			1166	6674.54	2153.08					



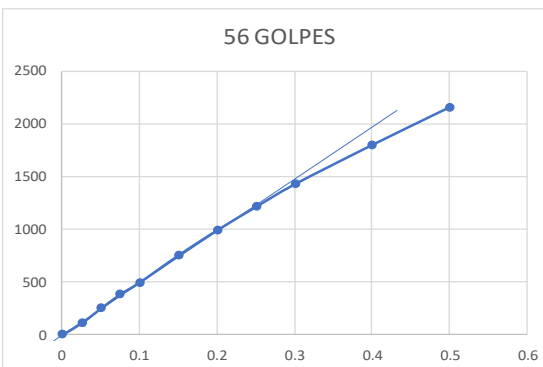
12 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
37.84	0.025
76.5	0.05
107.8	0.075
140.93	0.1
198	0.15
256.91	0.2
315.82	0.25
372.89	0.3
481.51	0.4
569.87	0.5



25 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
94.91	0.025
170.39	0.05
223.77	0.075
275.32	0.1
354.48	0.15
448.37	0.2
534.89	0.25
604.85	0.3
739.24	0.4
846.01	0.5



56 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
109.64	0.025
249.55	0.05
383.94	0.075
496.24	0.1
752.12	0.15
989.6	0.2
1210.52	0.25
1424.06	0.3
1795.94	0.4
2153.08	0.5





## HORMIGÓN ASFÁLTICO (7 cm) + BASE GRANULAR (13 cm)

### - Compactación y CBR

- **Muestra 1:** Fresado con minicargadora – Av. 27 de Febrero y Francisco Cuesta.

## UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

### CANTIDAD DE GRUESOS Y FINOS PARA EL ENSAYO DE COMPACTACIÓN

ENSAYO: Av. 27 de febrero 7 y 13 cm  
 MUESTRA: \_\_\_\_\_  
 LOLICITADO POR : \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

PESO DEL HORMIGON ASFALTICO (%) =	<u>100</u>	EN Kg =	<u>1852.4</u>
HORMIGON GRUESO (%) =	<u>54.63</u>	EN Kg =	<u>1011.97</u>
ASFALTICO FINO (%) =	<u>45.37</u>	EN Kg =	<u>840.43</u>
PESO DE LA BASE (%) =	<u>100</u>	EN Kg =	<u>3647.6</u>
BASE GRUESO (%) =	<u>68.12</u>	EN Kg =	<u>2484.75</u>
FINO (%) =	<u>31.88</u>	EN Kg =	<u>1162.85</u>

N° DE MUESTRAS PARA EL ENSAYO	=	<u>5</u>	
PESO DE CADA MUESTRA GRUESO + FINO	=	<u>5500</u>	EN % = <u>100</u>
PESO DE MATERIAL GRUESO	=	<u>3496.72</u>	EN % = <u>63.58</u>
PESO DE MATERIAL FINO	=	<u>2003.28</u>	EN % = <u>36.42</u>
% DE HUMEDAD	=	<u>3.3</u>	

PESO DE MATERIAL FINO	2003.28
PESO DE SOLIDOS (Ws)	1939.28
PESO DEL AGUA (Ww)	58.18
AGUA EN C.C. PARA EL ENSAYO PROCTOR	<b>60</b>

AGUA EN C.C	%W
0	3.3
60	6.3
120	9.3
180	12.3
240	15.3
300	18.3
360	21.3
420	24.3



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

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

ENSAYO	Av. 27 de febrero 7 y 13 cm	PESO DEL MARTILLO	_____
MOLDE Nº	_____	ALTURA DE CAÍDA	_____
VOLUMEN DEL MOLDE	_____	NÚMERO DE CAPAS	5
PESO DEL MOLDE	_____	GOLPES POR CAPA	56

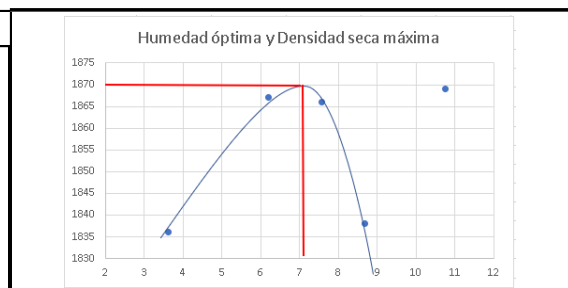
**DATOS DE LA CURVA**

MUESTRA	1	2	3	4	5
PESO SECO DESEADO PARA EL ENSAYO					
HUMEDAD AÑADIDA EN %					
AGUA AUMENTADA EN C.C.	120	180	240	300	360
NÚMERO DEL MOLDE	77	25	77	25	77
PESO MOLDE CILÍNDRICO + SUELO HÚMEDO P1	10253	10260.5	10536.5	10478	10683.5
PESO MOLDE CILÍNDRICO SIN COLLARÍN P2	5926	5767.5	5926	5767.5	5926
PESO SUELO HÚMEDO P1-P2 = P3	4327	4493	4610.5	4710.5	4757.5
VOLUMEN DEL MOLDE SIN EL COLLARÍN	2160.7	2160.7	2160.7	2160.7	2160.7
DENSIDAD HÚMEDA D1=P3/V. KG./M3	2002.59175	2079.41871	2133.79923	2180.08053	2201.83274

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRAS PARA PROMEDIAR	1		2		3		4		5	
NÚMERO DEL TARRO	1N	12	CB1	25	15	20	18	9	16	D10
PESO DEL TARRO MAS SUELO HÚMEDO	92,9	99,6	117,5	110,9	122,8	116,4	133,1	119,6	115,2	118,4
PESO DEL TARRO MAS SUELO SECO	88,1	94,5	109,5	103,4	114,3	108,3	123,2	111	105,8	109
PESO DEL AGUA										
PESO DEL TARRO	29,1	28,8	29,1	29,4	29,6	29,8	29,2	29	29,4	29,1
PESO DEL SUELO SECO										
CONTENIDO DE AGUA EN %	8,14	7,76	9,95	10,13	10	10,32	10,5	10,49	12,3	11,76
CONTENIDO PROMEDIO DE AGUA EN %	<b>7.95</b>		<b>10.04</b>		<b>10.16</b>		<b>10.5</b>		<b>12.03</b>	
DENSIDAD SECA KG./M3	<b>1855.11047</b>		<b>1889.69348</b>		<b>1937.00003</b>		<b>1972.92356</b>		<b>1965.39564</b>	

DENS. SECA MAX = **1975**



%W OPTIMA = **10.7**



<b>UNIVERSIDAD CATOLICA DDE CUENCA</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES			
SECTOR	27 FEBRERO 7 y 13 cm	MATERIAL	_____
CALLE	_____	FECHA	_____
MUESTRA N°	_____	TIPO DE MUESTRA	_____
PROFUNDIDAD	_____	CLASIFICACIÓN	_____
YACIMIENTO	_____	SOBRECARGA	_____

**ENSAYO DE C.B.R.**

MOLDE N°	8		25C1		12C4	
NÚMERO DE CAPAS	5		5		5	
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
ESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	13465.5	13543	10699	10763.5	11593	11625
PESO DEL MOLDE	8988	8988	6020	6020	6474.5	6474.5
PESO MUESTRA HUMEDA	4477.5	4555	4679	4743.5	5118.5	5150.5
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2323	2323	2323	2323	2323	2323
DENSIDAD HUMEDA	1927.46		2014.21		2203.4	
DENSIDAD SECA	1760		1830		1979	

**CONTENIDO DE AGUA (antes del remojo )**

TARRO N°	100	19	A1	6	S6	S10
PESO MUESTRA HUMEDA +TARR	91.1	110.7	150.3	152	151.4	162
PESO MUESTRA SECA + TARRO	85.6	103.7	142.4	143.8	142.5	152.3
PESO DEL AGUA	5.5	7	7.9	8.2	8.9	9.7
PESO DEL TARRO	28.9	29.1	63.7	62.5	66	64.6
PESO MUESTRA SECA	56.7	74.6	78.7	81.3	76.5	87.7
CONTENIDO DE HUMEDAD %	9.7	9.38	10.04	10.09	11.63	11.06
ROM. CONTENIDO DE HUMEDAD	9.54		10.07		11.35	

**CONTENIDO DE AGUA (después del remojo )**

TARRO N°	12	10	100	14	16	20
PESO MUESTRA HUMEDA +TARR	166.4	180.3	149	149.3	172.4	163.3
PESO MUESTRA SECA + TARRO	154.6	166.9	138.3	138.8	162.2	153.5
PESO DEL AGUA	11.8	13.4	10.7	10.5	10.2	9.8
PESO DEL TARRO	29.5	29.3	28.9	29.3	29.3	29.8
PESO MUESTRA SECA	125.1	137.6	109.4	109.5	132.9	123.7
CONTENIDO DE HUMEDAD %	9.43	9.74	9.78	9.59	7.67	7.92
ROM. CONTENIDO DE HUMEDAD	9.59		9.69		7.8	



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

ALTIMETRA DEL MOLDE: 5 pulg ENSAYO C.B.R.  
 AREA DEL PISTON: 3.1 pulg<sup>2</sup> DATOS DE ESPONJAMIENTO

SECTOR: Av. 27 de febrero 7 y 13 km  
 CALLE: \_\_\_\_\_  
 MUESTRA Nº: \_\_\_\_\_  
 PROFUNDIDAD: \_\_\_\_\_  
 YACIMIENTO: \_\_\_\_\_  
 MATERIAL: \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

DIA Y MDS	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO DIAS	MOLDE Nº 12			DIA Y MDS	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO DIAS	MOLDE Nº 25			DIA Y MDS	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO DIAS	MOLDE Nº 56		
			LECTURA DIAL PULG.	ALTURA MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG. %				LECTURA DIAL PULG.	ALTURA MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG. %				LECTURA DIAL PULG.	ALTURA MUESTRA PULG.	ESPONJAMIENTO PULG. %
		0	0	5	0			0	5	0			0	5	0		
		1	0	5	0			1	5	0			1	5	0		
		2	0	5	0			2	5	0			2	5	0		
		3	0	5	0			3	5	0			3	5	0		
		4	0	5	0			4	5	0			4	5	0		
		5						5					5				

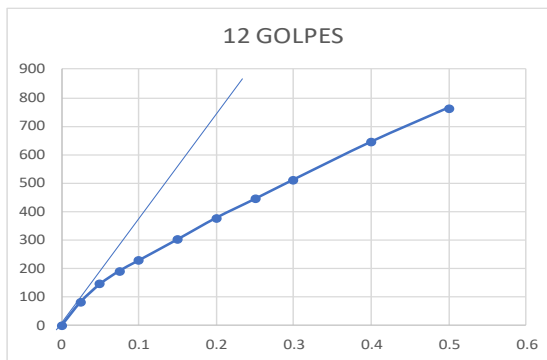
PENETRACIÓN

ANILLO Nº \_\_\_\_\_  
 CONSTANTE DEL ANILLO \_\_\_\_\_

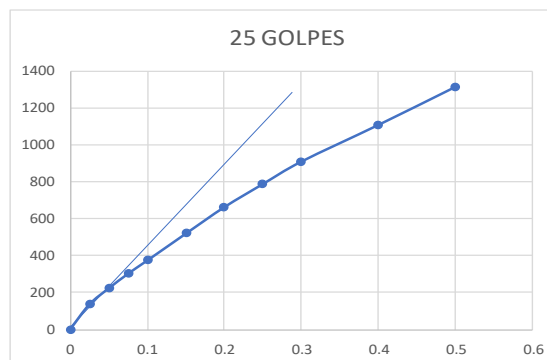
TIEMPO SEG. MIN.	LECTURAS DE CARGA 12 GOLPES	MOLDE Nº 12					LECTURAS DE CARGA 25 GOLPES	MOLDE Nº 25					LECTURAS DE CARGA 56 GOLPES	MOLDE Nº 56					
		CARGA PULGADAS	PRESIONES libras	PRESIONES CORREGIDAS lib/pulg <sup>2</sup>	PRESIONES ESTANDAR lib/pulg <sup>2</sup>	VALORES C.B.R.		CARGA PULGADAS	PRESIONES libras	PRESIONES CORREGIDAS lib/pulg <sup>2</sup>	PRESIONES ESTANDAR lib/pulg <sup>2</sup>	VALORES C.B.R.		CARGA PULGADAS	PRESIONES libras	PRESIONES CORREGIDAS lib/pulg <sup>2</sup>	PRESIONES ESTANDAR lib/pulg <sup>2</sup>	VALORES C.B.R.	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	42	25	259.98	83.86			70	419.77	135.41			59	357	115.16					
	76	50	454.01	146.45			117	688	221.94			128	750.77	242.18					
	101	75	596.69	192.48			160	933.39	301.09			195	1133.14	365.53					
*	121	100	710.82	229.3			199	1155.96	372.89			274	1583.98	510.96			510.96	1000	51.1
	161	150	999.1	302.94			278	1606.81	518.33			428	2462.84	794.46			1061.4	1500	70.76
*	202	200	1173.08	378.41			356	2440.02	787.1			573	3290.34	1061.4			1061.4	1500	70.76
	238	250	1378.53	444.69			424	2816.67	908.6			722	4140.67	1335.7			1061.4	1500	70.76
*	275	300	1589.69	512.8			490	2816.67	908.6			865	4956.76	1598.95			1598.95	1900	84.16
	347	400	2000.58	645.35			598	3433.02	1107.43			1124	6484.85	2075.76			1598.95	1900	84.16
	412	500	2371.53	765.01			710	4072.19	1313.61			1372	7850.16	2532.31			1598.95	1900	84.16



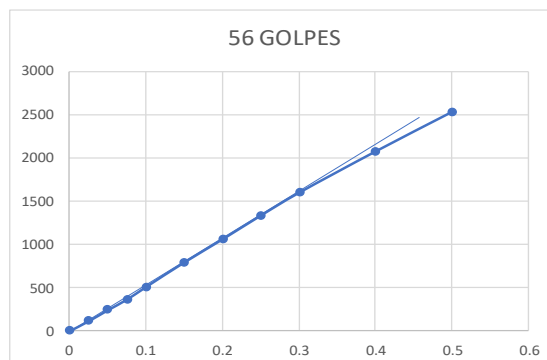
12 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
83.86	0.025
146.45	0.05
192.48	0.075
229.3	0.1
302.94	0.15
378.41	0.2
444.69	0.25
512.8	0.3
645.35	0.4
765.01	0.5



25 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
135.41	0.025
221.94	0.05
301.09	0.075
372.89	0.1
518.33	0.15
661.92	0.2
787.1	0.25
908.6	0.3
1107.43	0.4
1313.61	0.5



56 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
115.16	0.025
242.18	0.05
365.53	0.075
510.96	0.1
794.46	0.15
1061.4	0.2
1335.7	0.25
1598.95	0.3
2075.76	0.4
2532.31	0.5





- **Muestra 2:** Fresado con fresadora – Av. González Suárez.

## UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

### CANTIDAD DE GRUESOS Y FINOS PARA EL ENSAYO DE COMPACTACIÓN

ENSAYO: Av. Gonzales Suares Fresadora 7 y 13 cm  
 MUESTRA: \_\_\_\_\_  
 SOLICITADO POR: \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

PESO DEL HORMIGON ASFALTICO (%) =	<u>100</u>	EN Kg =	<u>1852.4</u>
HORMIGON GRUESO (%) =	<u>57.83</u>	EN Kg =	<u>1071.24</u>
ASFALTICO FINO (%) =	<u>42.17</u>	EN Kg =	<u>781.16</u>
PESO DE LA BASE (%) =	<u>100</u>	EN Kg =	<u>3647.6</u>
BASE GRUESO (%) =	<u>68.12</u>	EN Kg =	<u>2484.75</u>
BASE FINO (%) =	<u>31.88</u>	EN Kg =	<u>1162.85</u>

N° DE MUESTRAS PARA EL ENSAYO =	<u>5</u>		
PESO DE CADA MUESTRA GRUESO + FINO =	<u>5500</u>	EN % =	<u>100</u>
PESO DE MATERIAL GRUESO =	<u>3555.99</u>	EN % =	<u>64.65</u>
PESO DE MATERIAL FINO =	<u>1944.01</u>	EN % =	<u>35.35</u>
% DE HUMEDAD =	<u>3.46</u>		

PESO DE MATERIAL FINO	1944.01
PESO DE SOLIDOS (Ws)	1879
PESO DEL AGUA (Ww)	56.37
AGUA EN C.C. PARA EL ENSAYO PROCTOR	<b>60</b>

AGUA EN C.C	%W
0	3.46
60	6.46
120	9.46
180	12.46
240	15.46
300	18.46
360	21.46
420	24.46



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

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

ENSAYO	Gonzales Suares 7 y 13 cm	PESO DEL MARTILLO	_____
MOLDE Nº	_____	ALTURA DE CAÍDA	_____
VOLUMEN DEL MOLDE	_____	NÚMERO DE CAPAS	5
PESO DEL MOLDE	_____	GOLPES POR CAPA	56

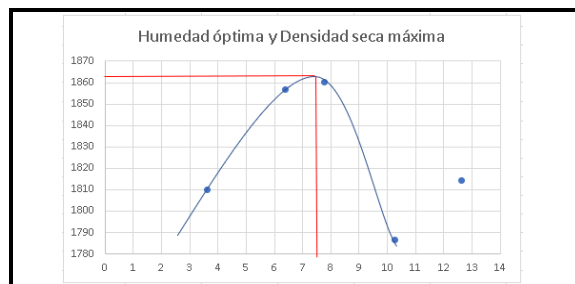
**DATOS DE LA CURVA**

MUESTRA	1	2	3	4	5
PESO SECO DESEADO PARA EL ENSAYO					
HUMEDAD AÑADIDA EN %					
AGUA AUMENTADA EN C.C.	120	180	240	300	360
NÚMERO DEL MOLDE	77	25	77	25	77
PESO MOLDE CILÍNDRICO + SUELO HÚMEDO P1	10294	10250	10614.5	10453	10638.5
PESO MOLDE CILÍNDRICO SIN COLLARÍN P2	5926	5767.5	5926	5767.5	5926
PESO SUELO HÚMEDO P1-P2 = P3	4368	4482.5	4688.5	4685.5	4712.5
VOLUMEN DEL MOLDE SIN EL COLLARÍN	2160.7	2160.7	2160.7	2160.7	2160.7
DENSIDAD HÚMEDA D1=P3/V. KG./M3	2021.57	2074.56	2169.9	2168.51	2181.01

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRAS PARA PROMEDIAR	1		2		3		4		5	
NÚMERO DEL TARRO	12	10	199	23	14	26	100	19	A1	6
PESO DEL TARRO MAS SUELO HÚMEDO	106,9	113,4	122,3	119,7	117,3	123,4	133,3	125,4	171,6	148,8
PESO DEL TARRO MAS SUELO SECO	100,5	106,6	114	111,6	109,1	114,6	123,4	116,3	159,6	139,3
PESO DEL AGUA										
PESO DEL TARRO	29,5	29,4	29,8	29,8	29,3	29,1	28,9	29,1	63,7	62,5
PESO DEL SUELO SECO										
CONTENIDO DE AGUA EN %	9,01	8,81	9,86	9,9	10,28	10,29	10,48	10,44	12,51	12,37
CONTENIDO PROMEDIO DE AGUA EN %	<b>8.91</b>		<b>9.88</b>		<b>10.29</b>		<b>10.46</b>		<b>12.44</b>	
DENSIDAD SECA KG./M3	<b>1856.18</b>		<b>1888.02</b>		<b>1967.45</b>		<b>1963.16</b>		<b>1939.71</b>	

DENS. SECA MAX : 1967



%W OPTIMA = 10.3



<b>UNIVERSIDAD CATOLICA DDE CUENCA</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES			
SECTOR	GONZALES SUAREZ 7 y 13 cm	MATERIAL	
CALLE		FECHA	
MUESTRA N°		TIPO DE MUESTRA	
PROFUNDIDAD		CLASIFICACIÓN	
YACIMIENTO		SOBRECARGA	

### ENSAYO DE C.B.R.

MOLDE N°	9		2		56C4	
NÚMERO DE CAPAS	5		5		5	
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
ESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	11654.5	11725.5	12029	12083	12289	12326
PESO DEL MOLDE	7266	7266	7299	7299	7283	7283
PESO MUESTRA HUMEDA	4388.5	4459.5	4730	4784	5006	5043
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2304.5	2304.5	2304.5	2304.5	2304.5	2304.5
DENSIDAD HUMEDA	1904.32		2052.51		2172.27	
DENSIDAD SECA	1726		1849		1968	

### CONTENIDO DE AGUA (antes del remojo )

TARRO N°	1N	12	CB1	25	15	20
PESO MUESTRA HUMEDA +TARR	109.6	117.9	111	99.6	113.1	120.8
PESO MUESTRA SECA + TARRO	102	109.6	102.9	92.6	105.2	112.3
PESO DEL AGUA	7.6	8.3	8.1	7	7.9	8.5
PESO DEL TARRO	29.1	28.8	29.1	29.4	29.6	29.8
PESO MUESTRA SECA	72.9	80.8	73.8	63.2	75.6	82.5
CONTENIDO DE HUMEDAD %	10.43	10.27	10.98	11.08	10.45	10.3
ROM. CONTENIDO DE HUMEDAD	10.35		11.03		10.38	

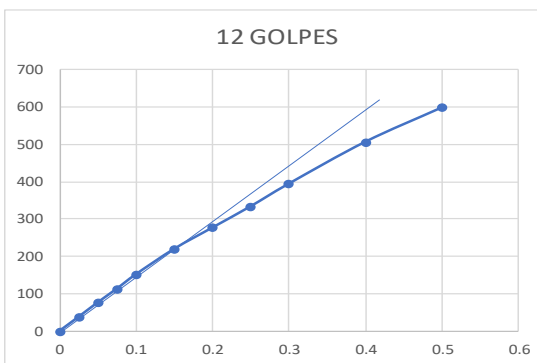
### CONTENIDO DE AGUA (después del remojo )

TARRO N°	23	199	15	12	9	CB1
PESO MUESTRA HUMEDA +TARR	143.8	132.5	154.5	141.9	158	146.8
PESO MUESTRA SECA + TARRO	133.3	123.2	144.7	132.3	148	138.3
PESO DEL AGUA	10.5	9.3	9.8	9.6	10	8.5
PESO DEL TARRO	29.7	29.7	29.5	28.8	29.1	29.1
PESO MUESTRA SECA	103.6	93.5	115.2	103.5	118.9	109.2
CONTENIDO DE HUMEDAD %	10.14	9.95	8.51	9.28	8.41	7.78
ROM. CONTENIDO DE HUMEDAD	10.05		8.9		8.1	

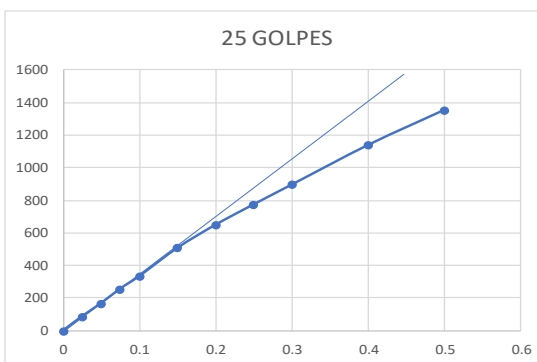




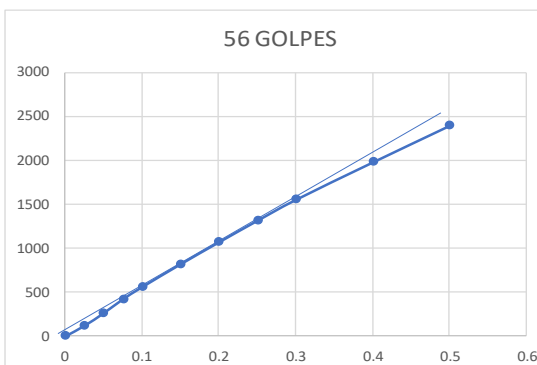
12 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
37.84	0.025
76.5	0.05
113.32	0.075
151.98	0.1
220.09	0.15
277.16	0.2
334.23	0.25
394.98	0.3
507.28	0.4
599.33	0.5



25 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
87.55	0.025
168.55	0.05
256.91	0.075
334.23	0.1
507.28	0.15
649.03	0.2
774.22	0.25
895.72	0.3
1138.72	0.4
1354.11	0.5



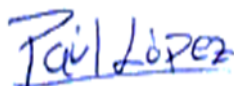
56 GOLPES	
PRESION	PENETRACION
0	0
120.68	0.025
264.28	0.05
422.6	0.075
560.67	0.1
820.24	0.15
1070.61	0.2
1315.45	0.25
1552.93	0.3
1978.19	0.4
2394.24	0.5



## AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Nosotros, **Paúl Sebastián López Mancheno** y **Diego Keddyn Paredes Montero** portadores de las cédulas de ciudadanía N° 0105501506 y N° 0350208245. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“REUTILIZACIÓN DE HORMIGÓN ASFÁLTICO PROCEDENTE DE PROYECTOS DE RECAPEO PARA SU USO COMO BASE Y SUBBASE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 09 de septiembre de 2020



F: .....  
Paúl Sebastián López Mancheno  
0105501506



F: .....  
Diego Keddyn Paredes Montero  
0350208245