



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MAESTRÍA EN VIALIDAD Y TRANSPORTES**

**“EVALUACIÓN DEL DISEÑO VIAL URBANO  
UTILIZANDO RESINAS ORGÁNICAS PARA  
AUMENTAR LA CAPACIDAD SOPORTANTE DE LA  
ESTRUCTURA DE LA VÍA”.**

**TESIS DE GRADUADUACIÓN PREVIA A LA  
OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGISTER EN  
VIALIDAD Y TRANSPORTES**

**AUTOR:** ING. ADRIAN XAVIER QUILAMBAQUI REINOSO

C.I. 010365482-8

**DIRECTOR:** ING. JAIME ASDRUBAL BOJORQUE IÑEGUEZ. PHD

C.I. 010285788-5

**CUENCA – ECUADOR**

**2017**



## RESUMEN

La presente investigación comprende el diseño vial urbano dentro del plan de reordenamiento territorial del Sígsig. Diseño necesario debido a que el mayor problema para que existan vías pavimentadas es el alto costo del material por lo que para abaratar los mismos es necesario la utilización de material existente en la zona y con la utilización de resinas orgánicas para aumentar la capacidad soportante de la estructura de la vía.

Se examinó el material procedente de tres minas diferentes, se analizó los materiales tanto en estado natural como estabilizados con cemento y con resinas orgánicas, cambiando la variación que sufre el CBR estabilizarlos con distintos porcentajes de cemento desde el 1% al 5% y de 0,5 al 1,5 del peso para resinas orgánicas, y su influencia en el diseño de pavimentos.

Para determinar las solicitaciones a la que está expuesta la estructura de la vía se realizó el estudio de tráfico por medio del conteo manual y se procedió a la determinación del TPDA, y aplicando el método AASHTO y se realizó los diferentes diseños de la estructura del pavimento.

Se realizó el análisis económico de las diferentes alternativas de la estructura del diseño y se la comparó con la estructura con material de base Clase 1 Tipo B procedente de la mina del Descanso. Desde un análisis económico resulta más económica realizar proyectos viales en el cantón con material de la zona estabilizadas con 3% cemento alcanzando un CBR mayor al 80% cumpliendo con las normativas viales.

**PALABRAS CLAVE:** Bases con resinas orgánicas, bases estabilizadas, tráfico, pavimentos.



## ABSTRACT

The present investigation comprises the urban road design within the territorial reorganization plan of Sígsig. This design is necessary because the biggest problem for paved roads is the high cost of material, so to make them cheaper, it is necessary to use existing material in the area as well as organic resins to increase the support capacity of the structure of the road.

The material from three different mines was analyzed, the materials were analyzed in natural state and stabilized with cement and with organic resins, changing the CBR variation to stabilize them with different percentages of cement from 1% to 5% and from 0.5 to 1.5 weight for organic resins, and its influence on pavement design.

In order to determine the stresses to which the structure of the road is exposed, a traffic study was carried out by manual counting to determine the TPDA was determined and the AASHTO method was applied for different designs of the pavement structure.

The economic analysis of the different alternatives of the design structure was carried out and compared with the structure with Class 1 Type B base material from the Descanso mine. From an economic analysis it is more economical to carry out road projects in the area with material of the zone stabilized with 3% cement reaching a CBR greater than 80%, complying with the road regulations.

**KEYWORDS:** Bases with organic resins, stabilized bases, traffic, pavement.



## CONTENIDO

<b>CAPÍTULO 1. GENERALIDADES.....</b>	<b>13</b>
1.1 INTRODUCCIÓN.....	13
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	13
1.3 PROBLEMÁTICA.....	15
1.4 OBJETIVOS.....	15
1.5 METODOLOGÍA.....	15
1.6 ESTRUCTURA DE LA TESIS.....	16
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO GENERAL.....</b>	<b>18</b>
2.1 UBICACIÓN.....	18
2.2 GEOLOGÍA DEL SECTOR DE PROCEDENCIA DEL MATERIAL.....	21
2.3 ESTADO DEL ARTE.....	28
<b>CAPÍTULO 3.- ENSAYOS DE LABORATORIO.....</b>	<b>36</b>
3.1 ENSAYOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE.....	36
3.2 FUENTES DE MATERIALES.....	41
3.3 ENSAYOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES DEL MATERIAL.....	42
3.4 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO NATURAL Y ESTABILIZADO: ENSAYOS FÍSICOS Y MECÁNICOS.....	43
3.5 EVALUACIÓN A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE LOS MATERIALES DE MINA ESTABILIZADOS CON CEMENTO.....	52
<b>CAPÍTULO 4.- DISEÑO DE PAVIMENTOS.....</b>	<b>54</b>
4.1.- RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE CON CARÁCTER VIAL.....	54
4.2 ESTUDIO DE TRÁFICO.....	57
Determinación del número de ejes equivalentes de 8.2 Tn (ESALS).....	64
4.3 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE.....	67
4.4 REALIZACIÓN DE VARIANTES O ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	69
4.5 DETALLES DEL DISEÑO GEOMÉTRICO.....	78
<b>CAPÍTULO 5.- ANÁLISIS DE PRESUPUESTO.....</b>	<b>80</b>
5.1 PRESUPUESTO CON RESINAS ORGÁNICAS Y/O ESTABILIZADAS....	81
5.2 PRESUPUESTO CON BASE PREPARADA CLASE 1 TIPO B.....	84
5.3 ANÁLISIS ECONÓMICO.....	85
<b>CAPÍTULO 6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>87</b>



*UNIVERSIDAD DE CUENCA*

6.1 CONCLUSIONES.....	87
6.2 RECOMENDACIONES.....	88



## INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Problemas por falta de planificación vial.....	14
Fig. 2. Problemas al pavimentar .....	14
Fig. 3 Ubicación del Cantón Sígsig, dentro de la Provincia del Azuay.....	18
Fig. 4 Ubicación de las vías y de las Perforaciones realizadas. ....	19
Fig. 5 Mapa Geológico Mina Amorgeo – Cantón Sígsig. Fuente Ministerio de Energía y Minas, mapa geológico del Ecuador/Hoja 74NW/CT-NVI-A1-3884-IV. ....	24
Fig. 6 Mapa Geológico Centro Urbano Cantón Sígsig. Fuente Ministerio de Energía y Minas, mapa geológico del Ecuador/Hoja 74NW/CT-NVI-A1-3884-IV. ....	25
Fig. 7 Columna estratigráfica. Fuente Ministerio de Energía y Minas, mapa geológico del Ecuador/Hoja 74NW/CT-NVI-A1-3884-IV. ....	26
Fig. 8 Simbología Geológica. Fuente Ministerio de Energía y Minas.....	27
Fig. 9. Iteración del suelo con el uso de resinas orgánicas (7). ....	32
Fig. 10. Ubicación de las Minas Chiquita Loma y Amorgeo.....	41
Fig. 11. Gráfica del CBR de los dos materiales con variaciones de Terrasil. ....	44
Fig. 12. Gráfica CBR mezclando material de río con las minas.....	45
Fig. 13. Gráfica del CBR de las Minas “Amorgeo” y “Chiquita Loma”, estabilizado con varios porcentajes de material de río y adicionando 1,0 Kg/cm3. ....	46
Fig. 14. Gráfica del CBR de las minas “Amorgeo” y “Chiquita Loma”, con diferentes proporciones de material del río Santa Bárbara, estabilizado 1.00 Kg/m3 de Terrasil. ....	47
Fig. 15. Gráfica del CBR de las Minas “Amorgeo” y “Chiquita Loma”, con diferentes proporciones de material del río Santa Bárbara, estabilizado 3.00% de Cemento. ....	48
Fig. 16. Gráfica del CBR mezclando material de las minas con material de río, 1,5% de cemento y 0,5 kg/m3 de Terrasil.....	49
Fig. 17. Variación de los índices de plasticidad al aumentar porcentajes de cemento en los distintos materiales.....	51
Fig. 18. Obtención del CBR de diseño al percentil 75% para el Grupo “A” .....	56
Fig. 19. Obtención del CBR de diseño al percentil 75% para el Grupo “B” .....	57
Fig. 21. Análisis de costos de las diferentes alternativas.....	86



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Listado de vías diferenciado por colores. ....	20
Tabla 2. Listado de vías con longitudes. ....	20
Tabla 3. Ubicación de calicatas Coordenadas WGS84. ....	21
Tabla 4. Granulometrías para mezclas de suelo cemento Fuente: MTOP pag. IV-56 .....	30
Tabla 5 Resistencia cilíndrica típica a 7 y 28 días Fuente: ACI 230.1R. ....	35
Tabla 6. Resumen de resultados de las calitas realizadas. ....	40
Tabla 7. Resumen de resultados de las tres fuentes de materiales. ....	42
Tabla 8. Resultados de CBR con variaciones de Terrasil. ....	43
Tabla 9. Resultados de CBR mezclando material de río con las minas. ....	44
Tabla 10. Resultados de CBR estabilizando material de las minas con cemento. ....	45
Tabla 11. Resultados de CBR mezclando material de las minas con material de río y 1 kg/m <sup>3</sup> de Terrasil. ....	46
Tabla 12. Resultados de CBR mezclando material de las minas con material de río y 3% de Cemento. ....	48
Tabla 13. Resultados de CBR mezclando material de las minas con material de río, 1,5% de cemento y 0,5Kg/m <sup>3</sup> de Terrasil. ....	49
Tabla 14 . Índice de plasticidad con porcentajes de peso cemento para estabilizar. ....	50
Tabla 15. Opciones de mezclas a usar con cada mina, para el diseño de estructura de pavimento. ....	52
Tabla 16. Evaluación de la resistencia a la compresión simple. ....	53
Tabla 17. Recomendaciones ASSHTO 93 <sup>(10)</sup> . ....	54
Tabla 18. Listado de vías subclasificadas en Grupo “A” y “B” de acuerdo con volúmenes de tráfico. ....	54
Tabla 19. Resumen de CBR obtenido en laboratorio para vías del grupo “A” y “B”. ....	55
Tabla 20. Resumen de CBR ordenado de menor a mayor Grupo “A”. ....	55
Tabla 21. Resumen de CBR ordenado de menor a mayor Grupo “B”. ....	56
Tabla 22. Tráfico promedio observado del grupo “A” y grupo “B”. ....	58
Tabla 23. Tabla para cálculo de Factor Semanal. ....	59
Tabla 24. Consumo de combustibles en la provincia del Azuay. Fuente secretaria de hidrocarburos del Ecuador. ....	60
Tabla 25. Factores de Expansión TPDA 2017. ....	60
Tabla 26. TPDA 2017 del grupo “A” y grupo “B”. ....	61
Tabla 27. Tasas de crecimiento anual de tráfico vehicular según recomendación MTOP <sup>(11)</sup> . ....	61
Tabla 28. Distribución de tráfico considerando livianos y pesados- Grupo “A”. ....	62
Tabla 29. Distribución de tráfico considerando livianos y pesados- Grupo “B”. ....	62
Tabla 30. Distribución de tráfico considerando únicamente pesados - Grupos “A”. ....	63



Tabla 31. Distribución de tráfico considerando únicamente pesados - Grupos "B".	63
Tabla 32. Factor de distribución por dirección (Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO. 1,992).	63
Tabla 33. Determinación del N° de Ejes Eq. a 8.2 Ton considerando livianos y pesados – Grupo "A".	65
Tabla 34. Determinación del N° de Ejes Eq. a 8.2 Ton considerando livianos y pesados – Grupo "B".	65
Tabla 35. Determinación del N° Ejes Equi. a 8.2 Ton considerando únicamente pesados – Grupo "A".	66
Tabla 36. Determinación del N° Ejes Equi. a 8.2 Ton considerando únicamente pesados – Grupo "B".	66
Tabla 37. Recomendación ASSHTO Nivel de Confiabilidad <sup>(10)</sup> .	67
Tabla 38. Recomendación ASSHTO Desviación Estándar <sup>(10)</sup> .	68
Tabla 39. Número estructural hasta año 2027 y 2037 – Grupo "A" y "B".	68
Tabla 40. Coeficientes estructurales de materiales para diseño de pavimento Flexible <sup>(12)</sup> .	69
Tabla 41. Estructura de la vía para el grupo "A" opción X.	70
Tabla 42. Estructura de la vía para el grupo "A" opción Y.	71
Tabla 43. Estructura de la vía para el grupo "A" opción Z.	71
Tabla 44. Estructura de la vía para el grupo "B" opción X.	72
Tabla 45. Estructura de la vía para el grupo "B" opción Y.	72
Tabla 46. Estructura de la vía para el grupo "B" opción Z.	73
Tabla 47. Estructura de la vía para el grupo "A" opción X.	74
Tabla 48. Estructura de la vía para el grupo "A" opción Y.	74
Tabla 49. Estructura de la vía para el grupo "A" opción Z.	75
Tabla 50. Estructura de la vía para el grupo "B" opción X.	75
Tabla 51. Estructura de la vía para el grupo "B" opción Y.	76
Tabla 52. Estructura de la vía para el grupo "B" opción Z.	76
Tabla 53. Estructura de la vía para el grupo "A" y "B" con material de base Clase 1 Tipo B.	77
Tabla 54. Vías con los anchos establecidos.	78
Tabla 55. Estructura del pavimento de las vías del grupo A.	80
Tabla 56. Estructura del pavimento de las vías del grupo B.	81
Tabla 57. Presupuesto de la opción X con material de la mina de Amorgeo.	82
Tabla 58. Presupuesto de la opción X con material de la mina de Amorgeo.	82
Tabla 59. Presupuesto de la opción X con material de la mina de Amorgeo.	83
Tabla 60. Presupuesto de la opción X con material de la mina de Chiquita Loma.	83
Tabla 61. Presupuesto de la opción Y con material de la mina de Chiquita Loma.	84
Tabla 62. Presupuesto de la opción Z con material de la mina de Chiquita Loma.	84
Tabla 63. Presupuesto de la opción 3 con material de base proveniente del Descanso.	85
Tabla 64. Resumen de presupuesto de las diferentes opciones.	85



UNIVERSIDAD DE CUENCA



Universidad de Cuenca  
Cláusula de Licencia y Autorización para Publicación en el Repositorio Institucional

---

ADRIÁN XAVIER QUILAMBAQUI REINOSO en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "EVALUACIÓN DEL DISEÑO VIAL URBANO UTILIZANDO RESINAS ORGÁNICAS PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD SOPORTANTE DE LA ESTRUCTURA DE LA VÍA", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 25 de septiembre de 2017

Adrián Xavier Quilambaqui Reinoso

C.I: 010365482-8



Universidad de Cuenca  
Cláusula de Propiedad Intelectual

---

ADRIAN XAVIER QUILAMBAQUI REINOSO, autor del trabajo de titulación "EVALUACIÓN DEL DISEÑO VIAL URBANO UTILIZANDO RESINAS ORGÁNICAS PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD SOPORTANTE DE LA ESTRUCTURA DE LA VÍA", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 25 de septiembre de 2017

Adrián Xavier Quilambaqui Reinoso

C.I: 010365482-8



## DEDICATORIA

*Dedico esta esta tesis principalmente a. A mis padres por darme la vida y que con esfuerzo, sacrificio y dedicación supieron darme la educación.*

*De manera especial dedico esta meta a mi madre LAURA CARMELA REINOSO † pilar fundamental en mi vida estudiantil y que ahora desde el cielo me cobija con su manto, gracias mamita todo lo que soy te lo debo a ti y sé que donde quieras que te encuentres estarás feliz por una meta más que se culmina, a seis años de tu partida te amo mamá.*

*A mi esposa que me apoya en el día a día, por su amor y brindarme el tiempo necesario para seguir cumpliendo las metas trazadas. A mis hijos por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y llegar a ser un ejemplo para ellos.*

*A mis hermanos que con sus consejos y palabras de aliento supieron apoyarme y no decaer para que pudiera seguir adelante y culminar con éxito este logro. A mis sobrinos por su palabras, compañía y gran amor. Gracias familia por estar siempre unidos.*

*A todos mis familiares y amigos que siempre me apoyaron y dieron palabras de fortaleza en el caminar del estudio.*



## AGRADECIMIENTO

*Primeramente, agradezco a DIOS guiarme por el camino del bien y darme salud necesaria para culminar con éxito esta maestría.*

*A mi tutor al Ing. Jaime Bojorque Iñiguez, PhD que con su ayuda, tiempo y conocimientos ayudaron a la culminación del presente trabajo.*

*Al GAD de Sígsig de manera especial a su alcalde que me brindaron todas las facilidades para cursar esta maestría y terminar con existe esta Tesis.*



## CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

### 1.1 INTRODUCCIÓN

Es de gran importancia la planificación vial en las ciudades debido que a partir de ello se ejecuta las obras como son la construcción de edificaciones, agua y alcantarillado. En nuestro país en la mayoría de ciudades el diseño vial no es considerado por lo que primero se construye las edificaciones y al último las vías haciendo que se dificulte el trazado vial ya que las edificaciones son construidas a diferentes alturas. Inclusive los gobiernos locales para una construcción lo único que priorizan es el ancho de la vía y no su estructura y la misma es dada sin un diseño definido. Al momento de la construcción de la vía por la falta de planificación los costos aumentan.

Otro aspecto que aumenta el costo, y uno de los mayores problemas a que se ve enfrentado el ingeniero civil en su trabajo de campo, es encontrar materiales que no cumplen con las especificaciones generales para establecer sobre este una estructura de pavimento. En muchas ocasiones se hace necesario remover grandes cantidades de material para sustituirlo por otro que presente características mecánicas adecuadas.

De igual manera los municipios se ven afectados por los altos costos que resulta la construcción de un pavimento especialmente en la estructura de la vía ya que al no contar con materia prima para elaborar materiales como es subbase y base se tiene que pagar la producción en otras ciudades por lo que aumenta también el costo del transporte del material al sitio de la obra.

La estabilización de los suelos en la ingeniería práctica, particularmente en las vías terrestres, ha sido una técnica ampliamente utilizada para mejorar el comportamiento mecánico de los suelos. Este proceso ha atendido a diversos requerimientos, tales como la resistencia al esfuerzo normal, la deformabilidad o compresibilidad, la estabilidad volumétrica ante la presencia de agua, entre otros, buscando en todos los casos, un buen comportamiento mecánico de los suelos y de la estructura que se coloque sobre ellos, a lo largo de su vida útil <sup>(1)</sup>.

### 1.2 JUSTIFICACIÓN

La gran parte de los problemas en el Ecuador y especialmente en el cantón Sígsig es el diseño vial no planificado como se muestra en la Figura 1 en donde se muestran viviendas construidas en toda la calle, pero a diferentes niveles de lado a lado de la calzada y en la Figura 2 el problema es al pavimentar la vía el cerramiento construido está por debajo del nivel de calzada lo cual es un problema en la sociedad.

**Fig. 1. Problemas por falta de planificación vial****Fig. 2. Problemas al pavimentar**

Al no existir material pétreo para la producción de agregados ya sea para mejoramiento, base y subbase, es importante trabajar con estabilización como por ejemplo resinas orgánicas con la finalidad de utilizar materiales pétreos existentes en la zona y mejorar la capacidad soportante para abaratar costos y que sea viable la pavimentación caso contrario los costos de transporte son excesivos y dificultosos para el GAD de Sígsig con el propósito de pavimentar todo el centro urbano.

Se realizarán dos aspectos importantes en el estudio:

**CASO 1:** El diseño vial de toda el área urbana del cantón Sígsig debido al gran problema de las edificaciones construidas sin antes de definir un diseño vial.

**CASO 2:** Conseguir una estructura de pavimento capaz de soportar el volumen de tráfico existente para cada vía, con material existente en la zona y con la utilización de resinas orgánicas.

La presente investigación pretende dejar planificado el diseño vial del centro urbano del cantón Sígsig en los sectores aun no intervenidos con ventajas de ser construidos con estructura vial con material existentes en la zona, además el diseño de apertura de varias vías que se encuentran dentro el plan de reordenamiento territorial.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

### **1.3 PROBLEMÁTICA**

La gran mayoría de ciudades de sierra y oriente del Ecuador tiene una topografía irregular y las ciudades han sido construidas de acuerdo a su topografía y conforme va creciendo las ciudades se ven en la necesidad de tener vías de calidad pero debido a los altos costos especialmente en la estructura de la vía las ciudades no tienen pavimentado en su totalidad el área urbana por tal motivo las ciudades crecen desordenadamente ya que cada cierto periodo la estructura de material de lastre crece y las edificaciones se construyen según el nivel de vía que se encuentran al momento de construir. Por lo tanto, con el presente estudio se pretende dar solución y a costos accesible para que se pueda pavimentar y además en base a un diseño vial.

### **1.4 OBJETIVOS**

Los objetivos planteados en este estudio son:

#### **GENERAL**

Diseñar la estructura vial del centro urbano del cantón Sígsig y determinar la solución de estructura vial y tipo de pavimento más económica, utilizando la estabilización con resinas orgánicas y estabilizadas en el material proveniente de canteras del sector Bigsol, Cuchil y del río Santa Bárbara.

#### **ESPECÍFICOS**

- Realizar la experimentación de soporte del material de base proveniente de la cantera ubicada en el sector Bigsol, Cuchil y del río Santa Bárbara en estado natural y compararlos con los obtenidos al mezclar con resinas orgánicas y estabilizarlos con cemento.
- Definir el tránsito para las vías de estudio para determinar las solicitaciones a las que estará expuesta la estructura durante el periodo de diseño.
- Determinar la estructura de la vía según normas AASHTO para cada caso de combinaciones de materiales y con estabilizaciones.
- Evaluar el estudio económico para establecer la opción más económica para la construcción de vías pavimentadas para el cantón Sígsig.

### **1.5 METODOLOGÍA**

La metodología se basa en los siguientes puntos:

- Recopilación de información
- Topografía



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

- Diseño Geométrico
- Estudio de mecanismos de estabilización de suelos
- Análisis de muestras de material en la mina y análisis de la geología.
- Realización de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos a la mina en estado natural y estabilizado con resinas orgánicas.
- Estudio de tráfico de las diferentes vías en estudio.
- Evaluación de las alternativas de diseño y comparación de los resultados obtenidos.
- Evaluación de análisis económico.
- Conclusiones y recomendaciones.

Se realizará la recopilación de bibliografía con respecto al tema: bases estabilizadas con cemento y resinas orgánicas, información geológica de los materiales utilizados; de igual manera se estudiarán diferentes temas para el diseño de pavimentos flexibles. Para la caracterización de los materiales, se realizará el muestreo de las diferentes minas que se utilizarán como estudio mediante el método del cuarteo, con la finalidad de que sean lo más acorde a la realidad del material, las mismas que serán ensayadas en el laboratorio. Una vez tomadas las muestras se realizarán diferentes mezclas de material adicionando porcentajes de resinas orgánicas y estabilizando con cemento para la obtención de una base en cuanto a la capacidad soportante, los ensayos que se realizaran de cada mezcla de material son los siguientes:

- ✓ Peso específico de las partículas sólidas.
- ✓ Análisis granulométrico mediante el método de cribado (para las tres minas).
- ✓ Ensayos para la determinación del Límite Líquido (LL), Límite Plástico (LP) e Índice de Plasticidad (IP)
- ✓ Ensayo de compresión simple en probetas de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura (para base estabilizada con cemento).
- ✓ Proctor Modificado
- ✓ CBR (Valor Relativo de Soporte)

### 1.6 ESTRUCTURA DE LA TESIS

Esta tesis tiene como objetivo realizar la caracterización de los materiales tanto en estado natural como estabilizados con cemento y con resinas orgánicas, la variación que sufre el CBR (California Bearing Ratio) al estabilizarlos con distintos porcentajes de cemento desde el 1% al 5% y de 0,5 al 1,5 del peso para resinas orgánicas, y su influencia en el diseño de pavimentos, para obtenerse un análisis económico con las distintas alternativas de diseño.



## *UNIVERSIDAD DE CUENCA*

En el Capítulo I se describe la problemática y los objetivos para realizar el análisis de las bases estabilizadas con cemento y resinas orgánicas para utilizar en la construcción de vías urbanas en el cantón Sígsig y a costos adecuados.

Para conocimiento de la procedencia geológica del material de las minas en estudio se describe la geología de la zona en el Capítulo 2, además se desarrolla del marco teórico, en donde se detalla diferentes métodos para la estabilización de suelos, y estabilización de suelos con cemento y resinas orgánicas, describiendo su evolución el mundo de la construcción de vías a nivel mundial.

Luego en el siguiente capítulo se realizan diferentes ensayos de laboratorio que determinan las propiedades y características de los materiales en estudio; al igual que la evaluación del tráfico en las diferentes vías urbanas a ser diseñadas en el cantón Sígsig con el fin de obtener el TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual) que provee las solicitaciones a la que estará expuesta la estructura del pavimento se lo desarrollará en el capítulo 4, además en este capítulo se realiza el diseño geométrico de las vías en estudio.

Una vez obtenido todos los datos se procede en el capítulo 5 a la evaluación del análisis económico de las diferentes propuestas de estructuras de las vías en estudio se realizará el presupuesto utilizando resinas orgánicas y presupuesto utilizando áridos que cumple las normas de base y subbase para establecer la diferencia de costos, una vez terminado el presupuesto y para finalización en el capítulo 6 se presentan las conclusiones y recomendaciones.

## CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO GENERAL

En este capítulo se describe la procedencia geológica del material de las minas en estudio se describe la geología de la zona, además, se desarrolla del marco teórico, en donde se detalla diferentes métodos para la estabilización de suelos con cemento y resinas orgánicas.

### 2.1 UBICACIÓN

Las vías en estudio se encuentran ubicadas en la parte urbana del Cantón Sígsig. En las Figuras 3 y 4 se muestra la ubicación de las vías y de las perforaciones realizadas. Es importante mencionar que este trabajo es un complemento a la información que tiene el GAD de Sígsig con respecto a las vías del centro del cantón.



Fig. 3 Ubicación del Cantón Sígsig, dentro de la Provincia del Azuay.



Fig. 4 Ubicación de las vías y de las Perforaciones realizadas.

En las Tabla 1 y 2, se detalla la lista de vías en estudio.

	VIA AL PTE JERUSALEN
	PADRE LUIS RODRIGUEZ
	DE LAS TEJERIAS
	CALLE S/N
	CALLE S/N
	CALLE S/N
	PROL. CALLE SALAZAR
	16 DE ABRIL
	DAVILA

 ESPINOZA
 CALLE S/N
 CALLE S/N
 CALLE TORRES
 CALLE ESPINOZA
 JOSE MARIA VELEZ
 GONZALES SUAREZ
 RODIL
 HUMBERTO ESQUIVEL

Tabla 1. Listado de vías diferenciado por colores.

CALLE	ENTRE	LONGITUD (mtrs)
VIA AL PUENTE DE JERUSALEN	LUIS RODRIGUEZ Y PUENTE DE JERUSALEN	680,00
DE LAS TEJERIAS Y CALLE S/N	AV. KENNEDY	535,00
CALLE S/N	LUIS RODRIGUEZ Y CALLE S/N	210,00
PADRE LUIS RODRIGUEZ	JOSE AGUIRRE Y VIA AL PUENTE JERUSALEN	340,00
CALLE S/N	VIA A DACTE Y CALLE S/N	135,00
CALLE S/N	CALLE S/N Y CALLE S/N	150,00
CALLE S/N	GARCIA MORENO Y CALLE S/N	130,00
ESPINOZA	GARCIA MORENO Y CALLE S/N	130,00
CALLE S/N	CALLE S/N Y CALLE S/N	80,00
ESPINOZA	VEGA MUÑOZ Y JOSE VELEZ	650,00
CALLE TORRES	MOSCOSO Y VENADO	420,00
PROL. CALLE SALAZAR	ESPINOZA Y CALLE S/N	300,00
16 DE ABRIL	ESPINOZA Y CALLE S/N	160,00
JOSE MARIA VELEZ	VENADO Y VIA A GUEL	100,00
DAVILA	ESPINOZA Y CALLE S/N	135,00
GONZALES SUAREZ	RODIL Y RESTAURACION	150,00
RODIL	GONZALEZ SUARES Y VIA AL ORIENTE	50,00
HUMBERTO ESQUIVEL	GONZALEZ SUARES Y VIA AL ORIENTE	50,00
		<b>4405,00</b>

Tabla 2. Listado de vías con longitudes.

En la Tabla 3, se detalla la ubicación georeferenciada de las calicatas realizadas y de las Minas Amorgeo y Chiquita Loma.



CALICATA N°	COORDENADAS UTM	
	ESTE	NORTE
P1	744807	9662879
P2	744764	9662994
P3	744702	9662825
P4	744463	9662889
P5	744956	9662338
P6	745341	9662147
P7	745505	9662177
P8	745342	9662242
P9	745586	9662442
P10	745501	9662503
P11	745508	9662596
P12	745419	9662587
P13	745386	9662464
P14	745384	9662779
P15	745294	9662865
P16	745345	9663002
P17	744528	9662443
MINA AMORGEO	741891	9657715
MINA CHIQUITA LOMA	745307	9669425

Tabla 3. Ubicación de calicatas Coordenadas WGS84.

## 2.2 GEOLOGÍA DEL SECTOR DE PROCEDENCIA DEL MATERIAL.

El Ecuador se encuentra ubicado en la convergencia de placas tectónicas de Nazca y la Sudamericana, lo que ha originado que los rasgos principales de las estructuras tectónicas, se manifiesten en los rasgos morfológicos de nuestro país en la transición del Mesozoico al Cenozoico, ocurrieron grandes movimientos orogénicos y epirogénicos, que dieron como origen la cordillera de los Andes (orogenia Laramídica), que se constituye elemento dominante de la orografía del Ecuador, misma que divide en tres regiones geográficas y geológicamente distintas: Oriente, Costa y Sierra. Esta última como repercusión del alzamiento de los Andes y de su levantamiento desigual epirogénico, dio como origen la dilatación horizontal de las dos cordilleras, siendo la causa para la fragmentación de las mismas a lo largo de fallas longitudinales y transversales (dirección norte-sur). Dando como consecuencia que las partes centrales se elevaran más que las partes laterales exteriores, formando los nudos que limitan las denominadas Hoyas interandinas. Sin embargo, las zonas fuera del plegamiento principal hacia el este sufrieron movimientos orogénicos y epirogénicos de menor magnitud formando las cordilleras subandinas evidenciando la extinción gradual de estas fuerzas en dirección al este lo que hoy constituye la Amazonía <sup>(2)</sup>.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

El cantón Sígsig se encuentra en la Provincia del Azuay, ubicado en la parte meridional de la cordillera de los Andes ecuatorianos, está constituido por litologías ligadas a procesos, intrusivos, efectos de metamorfismo y potentes secuencias volcánicas asociado a eventos continentales como marinos, al este del cantón en las estribaciones de la Cordillera Real; la geología se caracteriza por secuencias metamórficas relacionadas con el proceso de acreción, del lado occidental representado por un arco de islas que pertenece al Terreno Alao de origen marino en el Jurásico Tardío, dicha secuencia está intruida por plutones asociado al Magmatismo Triásico-Jurásico perteneciente al Terreno Loja de origen continental, estas unidades lito tectónicas están separadas por una Falla llamada el frente Baños, con dirección NE-SW. La topografía de este sector es irregular estos relieves se encuentran en las cotas más altas del cantón en las vertientes externas de la Cordillera Real, con desniveles pronunciados y pendientes muy fuertes. A lo largo del todo el cantón en la parte centro occidente una alta influencia volcánica Terciaria-Cuaternaria, donde predominan composiciones riolitas, andesíticas a dacíticas asociados a las formaciones Saraguro, Nabón y Tarqui productos de volcanismo efusivo; la geomorfología está representado en su mayoría por relieves y vertientes superiores y de los márgenes de la zona interandina derivadas de los Andes, producto de grandes derramamientos volcánicos cuyas características estructurales repercuten en diversidad de relieves asociados a la Formación Tarqui, Nabón. La evolución geológica del cantón Sígsig, empieza con<sup>(2)</sup>:

**Unidad Alao-Paute (Jurásico Superior)** Esta unidad pertenece al Terreno-Alao Paute está conformado de una extensa faja de milonitas, esquistos verdes micáceos, filitas verdes gráficas y meta volcánicos verdes, masivas y cizalladas. En el sector de Cuchil y cercano a la población de Sígsig limitando al este por el “Frente Baños”, aflora en menor proporción, meta aglomerados, meta tobas; todos de bajo grado metamórfico, el mismo que se admite como una zona tectónica que define el límite oriental de la subdivisión Alao-Paute de la propiamente Cordillera Real y que se reconoce como el paso o cambio de rocas verdes del tipo Alao-Paute a rocas de tipo metagranito con augens de cuarzo conocidas como Conjunto Tres Lagunas. Las geformas características de esta formación son los relieves colinados altos y muy altos, los cuales se encuentran ubicados al noreste de la superficie cantonal<sup>(2)</sup>.

**Unidad Tres Lagunas (Jurásica Inferior/Triásico Superior)** Se encuentra dispuesto al Sureste de Sígsig; la litología corresponde a metagranitos con augens de cuarzo, y gneis sericítico de color amarillento, esta unidad es parte de la terreno continental Loja, la presencia de estas rocas está marcada por cambios litológicos, con aumento de grado de metamorfismo y la aparición de granitoides de cuarzo azul que coincide con la desaparición al Oeste de las rocas verdes y metasedimentos relacionados con la subdivisión Alao-Paute, esto es a lo largo del Frente Baños. Las geformas características de esta formación son los relieves



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

colinados altos y muy altos, los cuales se encuentran ubicados en la parte oriental de la superficie cantonal limitando con el cantón Gualaquiza <sup>(2)</sup>.

**Formación Saraguro (Eoceno)** Está representada por una sucesión volcánica de piroclastos, aglomerados andesíticos y lavas andesíticas y riolíticas que presentan una disposición columnar bien definida, sobrepuesta por la Formación Tarqui. Su espesor es del orden de los 1.000 metros, las geoformas características de esta formación son los relieves volcánicos muy alto y alto los cuales se encuentran ubicados al suroeste de la superficie cantonal en las cercanías del límite con el cantón Cuenca. Se presentan entre la zona de San Vicente al este del cantón en el cerro Pilanchiquir <sup>(2)</sup>.

**Formación Nabón (Pleistoceno)** La formación yace discordantemente sobre la Formación Saraguro sobrepuesta a su vez la Formación Tarqui. Consta de una secuencia de Tobas estratificadas, aglomerados finos y grawacas con intercalaciones de lapilli de color gris y café que pasan a blanco y que también están horizontales y subhorizontales ligeramente inclinados al oeste. Al noreste en el sector de Chopshi, se encuentran niveles de aglomerados finos no muy potentes se hallan intercalados con finos sedimentos, piroclastos y tobas finas. Las geoformas características de esta formación son los relieves volcánicos desde bajos hasta muy altos, los cuales se encuentran ubicados a lo largo de la parte central que cruza la superficie cantonal <sup>(2)</sup>.

**Formación Tarqui (Pleistoceno Superior)** Corresponde a una secuencia de rocas volcánicas de intermedia a ácida caracterizada por secuencias piroclásticas, brechas, tobas y aglomerados riolíticos y andesíticos, las lavas constituyen un porcentaje menor, cubren la parte alta de la cordillera a partir de los 2800 msnm, está compuesto por tobas, aglomerados y lavas; dentro de la secuencia se observa un gran porcentaje de las rocas transformados en caolín. Las geoformas características de esta formación son los relieves volcánicos desde medios hasta muy altos; además de la presencia de terrazas colgadas, los cuales se encuentran distribuidos a lo largo y ancho de toda la superficie cantonal <sup>(2)</sup>.

### Depósitos Superficiales (Holoceno)

**Depósitos Aluviales.** - Depósitos recientes que están constituidos de arcillas, areniscas y gravas; contienen gran cantidad de materiales erosionados y arrastrados de las montañas adyacentes, las geoformas características de estos depósitos aluviales son: valle fluvial, terraza alta, media y baja ubicados a lo largo de todo el cantón en las partes bajas de los relieves. Se delimitaron terrazas de granulometría y litología variadas. En la medida de lo posible por la escala de trabajo, se han separado por niveles, son potentes y secuenciales. A lo largo de los bancos y lugares abiertos de los ríos mayores como el Quingeo, Bolo, y el Río Santa Bárbara en su cauce medio <sup>(2)</sup>.

**Depósitos Coluvio Aluviales.** - Se originan por la sedimentación de material clástico (limos, arenas y clastos), producto de la erosión de las partes altas de las formaciones existentes y depósitos aluviales compuestos de gravas, arenas y limos, que rellenan los valles formados por los ríos y parte de las cuencas hidrográficas. Están compuestos de depósitos de gravas, arenas finas a medias con clastos andesíticos-dacíticos meteorizados <sup>(2)</sup>.

**Depósitos Coluviales.** - Se forma al pie de una ladera como resultado del transporte gravitacional de los materiales resultantes de la desintegración de relieves primarios, están compuestos por bloques métricos de rocas graníticas, gneis, con presencia de rodados de cuarzo; bloques métricos de rocas graníticas, gneis, con rodados de cuarzo, bloques métricos subangulares de material esquistoso fuertemente alterado formando coluviones antiguos. El material varía dependiendo de la procedencia <sup>(2)</sup>.

En la Figura 5 se aprecia la mina de Amorgeo que su principal formación es la Tarqui en donde predomina brechas.

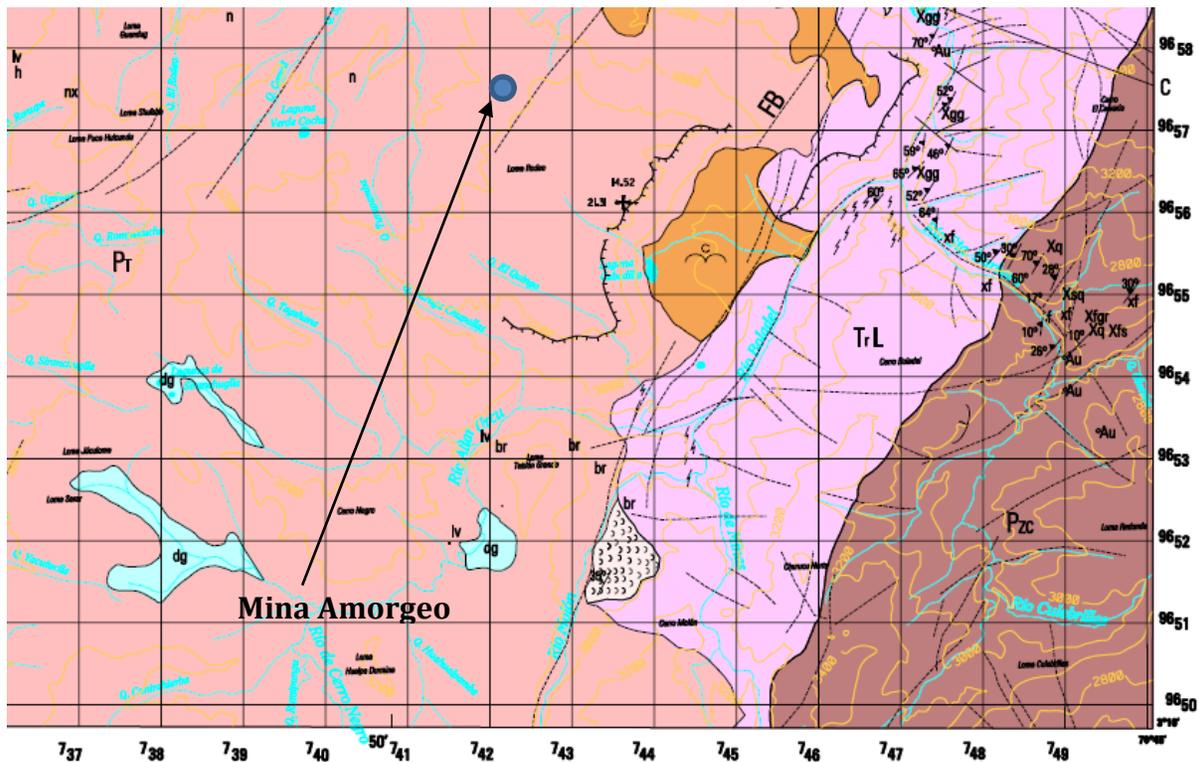


Fig. 5 Mapa Geológico Mina Amorgeo – Cantón Sigsig. Fuente Ministerio de Energía y Minas, mapa geológico del Ecuador/Hoja 74NW/CT-NVI-A1-3884-IV.

UNIVERSIDAD DE CUENCA

En la Figura 6 se encuentra la ubicación de las vías en estudio en donde su geología está conformada por depósitos coluviales.

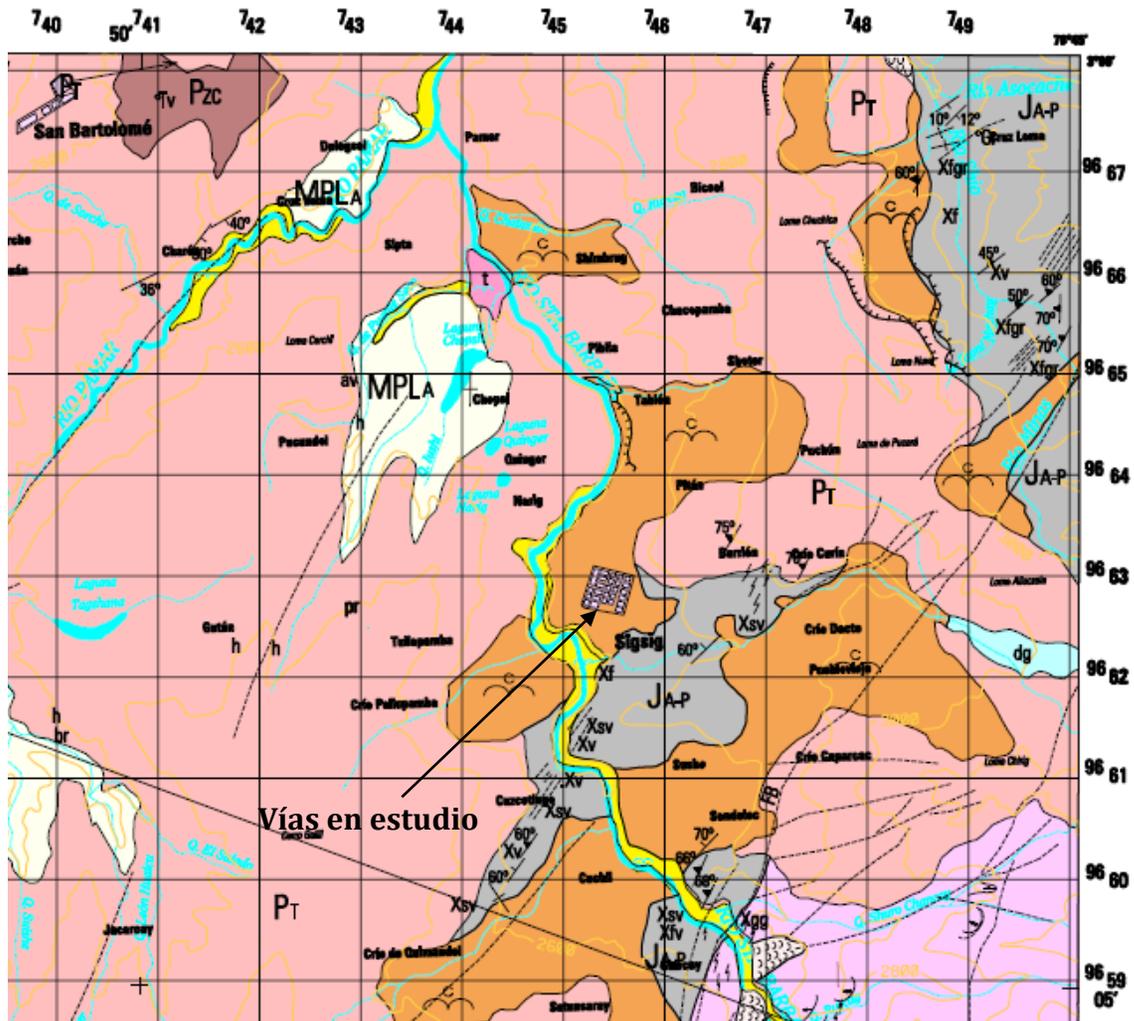


Fig. 6 Mapa Geológico Centro Urbano Cantón Sigüig. Fuente Ministerio de Energía y Minas, mapa geológico del Ecuador/Hoja 74NW/CT-NVI-A1-3884-IV.

En la Figura 7 y 8 se encuentra la nomenclatura del mapa geológico.

UNIVERSIDAD DE CUENCA

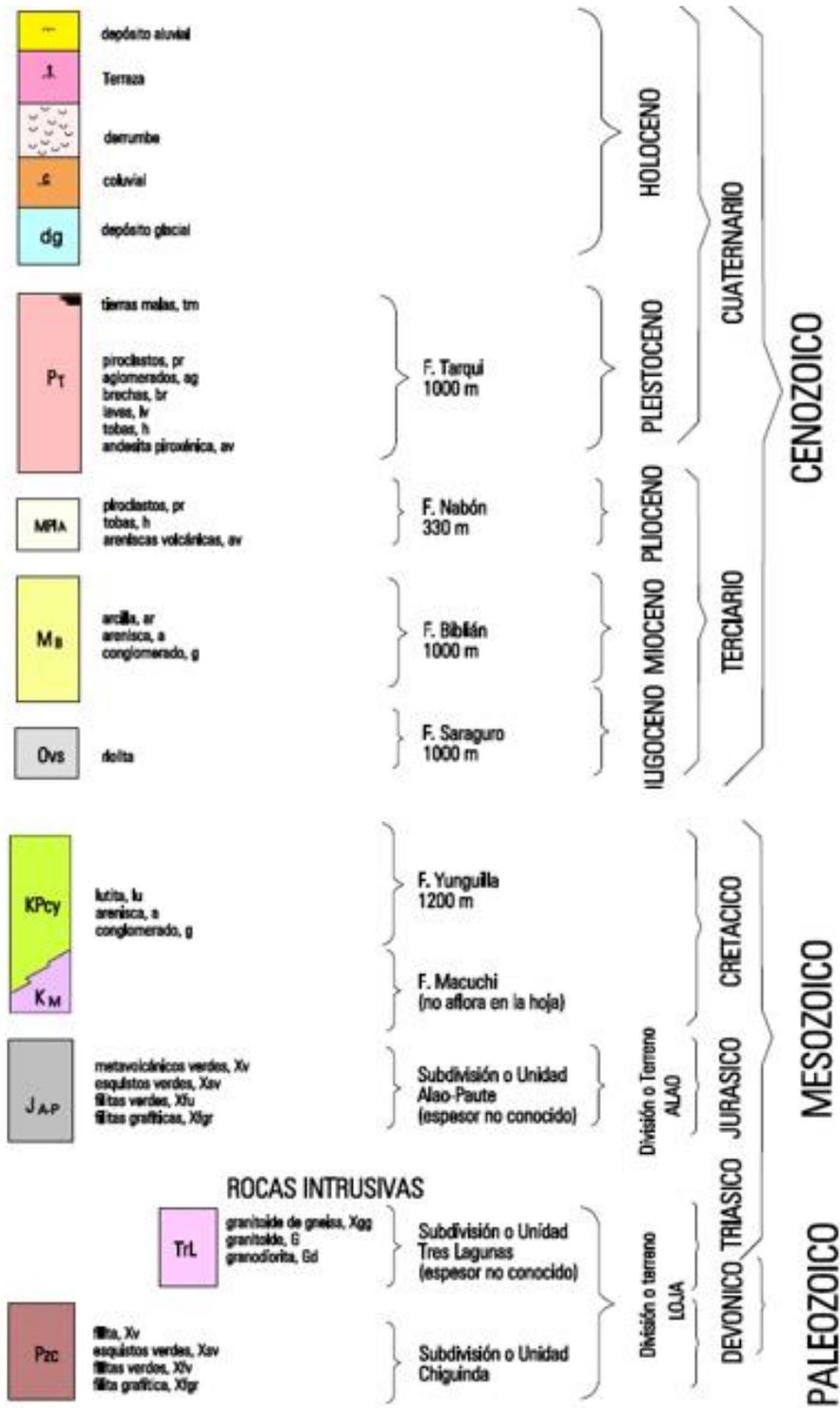


Fig. 7 Columna estratigráfica. Fuente Ministerio de Energía y Minas, mapa geológico del Ecuador/Hoja 74NW/CT-NVI-A1-3884-IV.

## SIMBOLOS GEOLOGICOS

	contacto		vertical		10°	estratificación
	contacto inferido		horizontal			foliación vertical S1
	falla					foliación inclinada S1
	falla inferida					foliación inclinada S2
	falla cubierta					mina o cantera activa, cerrada
	Frente Baños					lavadero de oro
	zona milonitizada					zona cizallada

## OBSERVACIONES DE FOTOGRAFIAS AEREAS

	buzamiento suave		superficie estructural suave
	buzamiento mediano		superficie estructural mediana
	buzamiento fuerte		escarpe erosional
	fractura		

Fig. 8 Simbología Geológica. Fuente Ministerio de Energía y Minas

La información geológica indica que el cantón Sígsig está dentro de la zona de las formaciones Tarqui, Nabón, depósitos coluviales y aluviales en donde las características principales son aglomerados finos.



## 2.3 ESTADO DEL ARTE

Generalmente, las condiciones de los suelos no son las ideales desde el punto de vista ingenieril, razón por la cual deben solucionar dichos problemas recurriendo a distintos métodos, para aumentar la compacidad del suelo, entre los cuales se puede citar:

- **Compactación:** Consiste en mejorar las propiedades mecánicas del suelo de manera artificial mediante métodos mecánicos; tiene influencia preponderante en la uniformidad del terraplén, además de mejorar propiedades tales como la compresibilidad, permeabilidad y resistencia al cortante. Este es un método cuyo objetivo es disminuir el índice de poros mediante procedimientos mecánicos en base a una reducción del volumen de aire <sup>(3)</sup>.

### 2.2.1 Estabilización de suelos

La estabilización de suelos es una técnica cuyo fin es modificar sus características mediante la incorporación de un conglomerante (normalmente cal y/o cemento) para permitir su aprovechamiento. Los objetivos directos que se obtienen suelen ser <sup>(4)</sup>:

- Permitir el aprovechamiento de suelos de deficiente calidad, evitando su extracción y transporte, así como el tener que aportar otros diferentes que en ocasiones pueden hallarse a distancias importantes.
- Reducir la sensibilidad al agua de los suelos y con ello aumentar su resistencia a la erosión, a la helada, y a otros agentes climáticos.
- Permitir la circulación por terrenos intransitables.
- Obtener una plataforma estable de apoyo del firme que colabore estructuralmente con el mismo.

Desde aproximadamente 5000 años atrás se comenzaron a utilizar materiales calizos y puzolánicos con el fin de estabilizar los suelos y mejorar sus características, un ejemplo de esta estabilización se puede ver en las pirámides de Shaanxi ubicada en China. En la época clásica, los caminos construidos por los Romanos, al igual que en Grecia, se utilizaban cementos hidráulicos constituidos por cenizas volcánicas, ladrillos desintegrado y cal los mismos que reaccionaban de manera lenta con el agua. Por las mismas épocas, en Mesopotamia se utilizaban materiales bituminosos para la estabilización de suelos <sup>(3)</sup>.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

En los tiempos modernos, se desarrolló primero la cal hidráulica (J. Smeaton, 1756), para pasar luego por los cementos naturales obtenidos de la combustión de calizas margosas (Inglaterra y Francia, hacia 1800), llegando finalmente al cemento portland patentado por J. Aspdin en 1824. Este producto se fue perfeccionando en los años posteriores hasta el punto de que hacia 1865 pudo ya emplearse en la pavimentación con hormigón de varias calles europeas <sup>(3)</sup>.

La estabilización de suelos se viene desarrollando en España desde los años 90, con el fin principal de mejorar los suelos arcillosos. Los efectos y ventajas en los que se basan las técnicas de estabilización de suelos han hecho que su aplicación actual no se limite a capas de infraestructura como terraplenes, coronación y fondos de desmonte en carreteras, sino que se apliquen en multitud de tipos y partes de las explanaciones <sup>(5)</sup>.

- Estabilización y reparación de caminos y vías de servicio.
- Estabilización de explanaciones aeroportuarias (pistas de vuelo).
- Estabilización de infraestructuras ferroviarias, especialmente de alta velocidad.
- Estabilización de terrenos para las explanaciones en grandes obras de urbanización.
- Estabilización de zonas de vertederos para construir sobre ellas instalaciones deportivas y de ocio.

Generalmente, los suelos que se disponen en el cantón Sígsig no cumplen con los parámetros necesarios de resistencia y compresibilidad como para que sean utilizados como bases, subbases o mejoramientos, por tales motivos es necesario desarrollar métodos conocidos de estabilización con suelo – cemento con varios materiales de la zona y si es necesario la aplicación de resinas orgánicas para un mayor aumento en la resistencia.

El presente estudio se enfocará a la estabilización de suelos producidas con materiales provenientes de “Chiquita Loma”, “Amorgeo” y material de río Santa Bárbara, mediante la adición de cemento y resina llamada “Terrasil”.

### **2.2.2 Materiales utilizados en la estabilización de suelos**

Excepto los suelos orgánicos, suelos con altos contenidos de sales (que pueden afectar un buen desempeño del cemento), suelos arenosos probablemente reactivos y las arcillas de alta plasticidad, casi en su totalidad, los diferentes tipos de suelos son aptos para ser usados en este tipo de trabajos <sup>(6)</sup>.

De preferencia se deben usar materiales granulares debido a su facilidad en la pulverización o disgregación y a su mezcla, requiriendo además un menor



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

porcentaje de cemento, factor que incide directamente en el aspecto económico de la mezcla <sup>(1)</sup>.

Con el fin de tener una referente sobre la distribución granulométrica de los áridos, en el código ACI 230.1 R, se detalla que los materiales con porcentajes pasantes de la malla No. 200 entre el 5% y el 35% son los que producen suelos – cemento más económico, limitándose el tamaño máximo a 50 mm y con un porcentaje de material pasante la malla No. 4 no menor del 55%.

El MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas), hace una diferenciación entre las granulometrías que se recomiendan para mezclas en sitio y para mezclas realizadas en planta, conforme se puede observar en la Tabla 4.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	Mezcla en Sitio	Mezcla en Planta
3/4 (19.0 mm)	100	100
No. 4 (4.75 mm)	--	40 – 75
No. 10 (2.00 mm)	30 – 70	30 – 50
No. 40 (0.425 mm)	--	15 – 35
No.200 (0.075 mm)	5 – 25	5 – 15

Tabla 4. Granulometrías para mezclas de suelo cemento Fuente: MTOP pag. IV-56

Para verificar las cualidades de un tipo de suelo se lo debe realizar mediante la clasificación que se detalla en la AASHTO M – 145 o ASTM D 3282 – 97 y de los siguientes ensayos de acuerdo con las normas ecuatorianas (MOP 404 – 6.04):

Factores de retracción	AASHTO T – 92
Límite Líquido	INEN 691
Límite e Índice Plásticos	INEN 692
Análisis mecánico	INEN 696

Se debe tener en cuenta que, al limitar los requerimientos granulométricos y el tipo de suelo, lo que se busca es obtener un mejor comportamiento estructural en función de la cantidad de cemento a colocarse, lo que redundará en una disminución en cuanto al costo<sup>(3)</sup>.

Un suelo estabilizado con cemento no debe considerarse como un material inerte, pues el momento en el que se le adiciona cemento y agua se darán reacciones químicas que generará cambios a lo largo del tiempo, modificando sus propiedades físicas, tanto a corto, mediano y largo plazo <sup>(3)</sup>.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Al momento de seleccionar una mina para utilización como suelo para estructura vial se debe tener en cuenta el cumplimiento de los requerimientos estructurales, ya que al mezclarlo y compactarlo cada suelo se comportan de diferente manera y por ende se obtienen resultados diferentes en cuanto a la durabilidad y resistencia.

En cuanto a las características del cemento:

Se puede utilizar cementos portland tipo I o II siempre que cumplan con la norma ASTM C150 o NTE – INEN 152; se puede utilizar el cemento portland tipo IP que cumpla con la norma NTE – INEN 490 o ASTM C – 595.

Dependiendo del tipo de suelo y de sus propiedades, el porcentaje de cemento varía desde el 1% hasta el 16% del peso seco del suelo. De manera general, en suelos con contenidos de arcilla la adición de cemento aumenta mientras más arcillo sea el material es decir a mayor plasticidad mayor contenido de cemento.

El cemento que se lo adiciona al suelo actúa de acuerdo a dos procesos, los mismos que se describen a continuación <sup>(1)</sup>:

1. Fijación de los iones cálcicos por el suelo, en este primer proceso se modifica propiedades del suelo como el límite plástico (LP), los silicatos cálcicos del cemento al entrar en contacto con el agua generan silicatos cálcicos hidratados, lo que torna a la solución del agua en alcalina con un pH comprendido entre 7 y 12, con calcio abundante, el mismo que es tomado por el suelo para modificar sus cargas superficiales y variar de esta forma las condiciones de plasticidad, esto ocurre en el segundo proceso.

2. Cementación de las partículas: una vez que han sido modificadas las propiedades de plasticidad del suelo, debido a la absorción de los iones de calcio, se da inicio al segundo proceso durante el cual el cemento actúa sobre el suelo adhiriendo a sus partículas lo que genera una cementación dando origen a una cohesión por cementación lo que incrementa la resistencia al corte del material final.

El aditivo que se emplea se denomina Terrasil, es un reactivo modificador de suelos compuesto al 100% por organosilanos, soluble en agua, estable al calor y a la radiación ultravioleta. Terrasil, reacciona químicamente con todo tipo de suelos y su principal efecto consiste en la impermeabilización/hidrofugación de las partículas del suelo frente a la acción del agua <sup>(7)</sup>.

En la Figura 9 se presenta un suelo sin tratamiento y un suelo tratado con aditivo en donde se aprecia que el agua no penetra al suelo ya que se vuelve un suelo impermeabilizado.

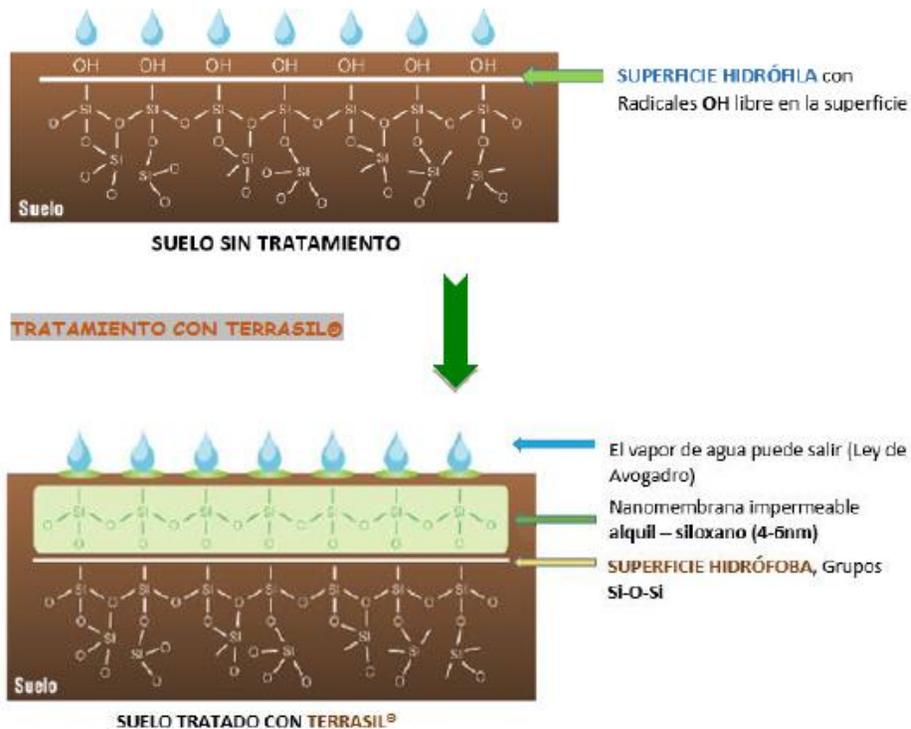


Fig. 9. Iteración del suelo con el uso de resinas orgánicas (7).

Este material posee grupos silanol, que reaccionan con los silicatos presentes en el suelo, transformando sus superficies y confiriéndoles propiedades hidrófobas permanentes. Así, el suelo repelerá las moléculas de agua, impermeabilizándolo y evitando los problemas derivados de la presencia de la misma (7).

El Terrasil está unido a las técnicas de estabilización de suelos ya que estas se desarrollan debido a la necesidad de mejorar artificialmente las características de un suelo de tal modo que sea apto para integrar una determinada capa de firme (8).

En la estabilización de suelos en primer lugar se pretende aumentar la resistencia mecánica, consiguiendo una adecuada estabilidad a las cargas y una escasa variación volumétrica. El proceso de estabilización de suelos no solo ayuda a la mejora de suelos de mala calidad con problemas de plasticidad y granulometrías finas, si no que se ha extendido a realizar tratamiento con áridos de buena calidad.

El tratamiento de terrenos arcillosos permite su utilización, evitando los mayores costes y afecciones ambientales que supondría su retirada y posterior reemplazamiento por otros suelos de mejores características geotécnicas y mecánicas (8).



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Este principio es el que convierte a la estabilización de suelos con TERRASIL en un método eficaz de estabilización, con algunas ventajas adicionales <sup>(7)</sup>:

- El suelo estabilizado, se convierte en hidrófobo (repele el agua, eliminando los problemas que se derivan de la presencia de la misma).
- El suelo estabilizado, mantiene la transpiración (el suelo tratado con Terrasil tiene la propiedad de expulsa el agua retenida en su interior en forma de vapor).
- Reduce el índice de plasticidad de los suelos.
- Mejora la adherencia con polímeros y betún, lo que permite y mejora la aplicación de capas de rodadura y riegos de imprimación.

Se trata de una tecnología novedosa en la estabilización de suelo debido a que posee grupos silanol, que reaccionan con los silicatos presentes en el suelo, transformando su superficie y confiriéndoles propiedades hidrófobas permanentes <sup>(7)</sup>.

Terrasil posee la cualidad de poder estabilizar todo tipo de suelos, independientemente de las propiedades mineralógicas y aportando mejoras significativas en la capacidad portante. Los suelos inestables pueden provocar problemas graves en estructuras y pavimentos <sup>(8)</sup>.

La estabilización de suelos con Terrasil permite transformar un suelo inestable en suelos estables químicamente y de forma permanente, sin que esto provoque pérdidas de porosidad, repele el agua, aumenta el CBR, elimina la erosión del agua, mejora la adherencia de polímeros, elimina la expansividad de arcillas, mayor duración y mejores propiedades que permite una reducción considerable de los espesores de las capas, y por tanto una posible la reducción de costos.

Para la estabilización se emplea también agua para utilizarse debe ser potable o cumplir con cierto grado de pureza la misma que debe estar libre de materia orgánica, álcalis o ácidos. El componente de color no es importancia ya que no influye en la mezcla de los agregados.

Algunas especificaciones indican que el agua a ser utilizada en mezclas de suelos estabilizados con cemento no se deberá exceder de un contenido de sulfato de 1 g/lit además su pH deberá estar entre 5.5 y 8 <sup>(9)</sup>.

### **2.2.3 Propiedades de las bases estabilizadas con cemento**

Las propiedades que se mejoran en los suelos estabilizados con cemento son:

- Densidad (peso específico).
- Resistencia a la compresión simple.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

- Resistencia a la tracción por flexión.
- Permeabilidad.
- Módulo de elasticidad.

De acuerdo con el Centro Técnico del Hormigón (Holcim), las propiedades del suelo – cemento, se encuentran influenciadas por factores como:

- Tipo y proporciones del suelo, del cemento y del contenido de agua
- Grado de compactación
- Uniformidad de la mezcla
- Condiciones de curado
- Edad de la mezcla compactada

A continuación, se describen procedimientos para las propiedades que se mejoran con el uso de un suelo estabilizado.

### **Peso específico:**

Es la relación existente entre el peso de una cierta sustancia y el volumen correspondiente, el peso específico se realiza los ensayos para los materiales de Chiquita Loma, Amorgeo y del río Santa Bárbara posteriormente con material mezclado de las minas con material río. El Peso específico es una propiedad índice que debe determinarse a todos los suelos para una correcta aplicación en mecánica de suelos debido a que este valor interviene en la mayoría de cálculos.

### **Resistencia a la compresión simple:**

Es la determinación de la resistencia a la compresión inconfiada de mezclas de suelo estabilizadas. Para la realización de la prueba a compresión, se confeccionan las probetas como para el ensayo Próctor Modificado, con el fin de alcanzar la densidad seca máxima, con la humedad óptima de la prueba.

La resistencia a la compresión simple depende de varios factores entre los más característicos se tienen:

- El contenido y tipo de cemento
- La energía de compactación aplicada
- La eficiencia lograda en el mezclado
- Cantidad y calidad del agua
- El tiempo transcurrido después de realizar el mezclado y la compactación
- La duración y forma de hacer el curado
- Tamaño y forma del espécimen de ensayo



Según el ACI 230.1R, los valores típicos de resistencia a compresión simple a 7 y 28 días con saturación previa al ensayo son los que se muestran en la Tabla 5:

Rango de Resistencia a Compresión cilíndrica		
Tipo de Suelo, SUCS	F' c a 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	F' c a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )
GW, GC, GP, GM, SW, SC, SP, SM.	21-42	28-70
ML, CL	17,5-35	21-63
MH, CH	14-28	17,5-42

Tabla 5 Resistencia cilíndrica típica a 7 y 28 días Fuente: ACI 230.1R.

Es importante destacar que la resistencia a compresión simple aumenta con el tiempo, aumentando significativamente en los primeros 90 días.

### **Permeabilidad:**

La permeabilidad en la mayoría de los suelos por lo general se disminuye con la adición de cemento, pero depende del tipo de suelo, cantidad de cemento y el grado de compactación dado. Se han obtenido valores de permeabilidad para suelos areno limosos con porcentajes de cemento que no sobrepasen el 5% debido al costo económico que representa.

### **Módulo de elasticidad:**

Los módulos de elasticidad de los suelos tratados con cemento se elevan considerablemente, lo que genera una mayor rigidez del suelo que puede ser aprovechada para distribuir las cargas de una mejor manera <sup>(3)</sup>.

### **Resistencia a la tracción por flexión:**

También se le denomina módulo de rotura de los suelos estabilizados con cemento tienen valores aproximados que varían desde un tercio de la resistencia obtenida a la compresión sin confinamiento para mezclas de baja resistencia. El ensayo se lo realiza bajo la norma ASTM D 1632 – 96 <sup>(3)</sup>.

Para el presente estudio se tomará en cuenta la variación de capacidad soportante de los diferentes tipos de material y el ensayo a compresión simple, las otras propiedades se deben realizar en un estudio complementario.



## CAPÍTULO 3.- ENSAYOS DE LABORATORIO

En este capítulo se analizan los diferentes ensayos realizados en laboratorio y cómo varía la capacidad soportante al adicionar cemento y Terrasil a las minas de material pétreo que tienen en el cantón Sígig y cuál es la alternativa más adecuada para la construcción de vías.

### 3.1 ENSAYOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

Para cumplir con el objetivo planteado, se realizaron 17 calicatas a cielo abierto hasta una profundidad de 2.00 m, distribuidas estratégicamente de tal manera que reflejen el estratigráfico total de la zona. Se tomaron muestras representativas de dichas calicatas, se procedió a realizar en primer lugar una clasificación visual – manual de los estratos que componen el suelo de fundación. Posteriormente las muestras fueron sometidas a una serie de pruebas de laboratorio, para determinar los parámetros físico-mecánicos para el diseño.

#### 3.1.1 Ensayos de laboratorio

Con las muestras obtenidas, se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio:

- **Granulometría:** El análisis granulométrico es un intento de determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo. Obviamente para obtener un resultado significativo la muestra debe ser representativa de la masa de suelo. Como no es físicamente posible determinar el tamaño real de cada partícula independiente de suelo la práctica solamente agrupa los materiales por rangos de tamaño.
- **Contenido de humedad natural (ASTM D2216)** es la relación existente entre el peso del agua y el peso de los sólidos en un volumen dado de suelo.
- **Plasticidad:** la cual se obtiene a través de las pruebas llamadas de “Límites de Atterberg”, siendo estas las del límite líquido (ASTM 423-66) y límite plástico (ASTM 424-59).
- **Pruebas de compactación de materiales:** son pruebas que se diferencian entre ellas de acuerdo con su energía de compactación y tipo de compactación. Son de tipo: estático, dinámico y por amasado. En esta oportunidad se realizó el ensayo de Proctor Modificado regido bajo las normas ASSHTO T180-70.
- **Prueba de Valor Relativo de Soporte (CBR) (ASTM D1883-73):** Es una prueba que indica la resistencia a la penetración de un vástago de acero y con ello se relaciona un índice de resistencia al esfuerzo cortante en condiciones determinadas de compactación y humedad, además da un valor del módulo de resiliencia, valor necesario para el diseño del pavimento.



### 3.1.2. Perfiles estratigráficos de la subrasante natural

Se realizaron un número de 17 calicatas a una profundidad de 2 metros distribuidas en diferentes calles del centro urbano del cantón Sígsig para determinar el tipo de estructura y tipo de suelos existentes en cada zona de estudio como se muestra en la Figura 4, por lo tanto, se determinaron los siguientes resultados:

- Calicata 1: material de relleno desde 0,00 hasta 1,30 metros de altura, de características heterogéneas, que ha sido colocado sin una adecuada técnica de compactación y a la profundidad desde 1,30 a 2,00 metros posee un tipo de suelo con arcillas-limosas plásticas deformables de coloraciones cafés y grises.
- Calicata 2: material con capa de lastre hasta una altura de 30 cm, a la profundidad desde 0,30 a 1,00 metro posee un tipo de suelo con arcillas-limosas de coloración gris y a la profundidad de 1,00 a 2,00 metros arcillas-arenosas de baja plasticidad de coloraciones cafés.
- Calicata 3: material con capa de lastre hasta una altura de 30 cm y a la profundidad desde 0,30 a 2,00 metros posee un tipo de suelo con limos - arcillosos ML, de baja plasticidad de coloración gris, con minoritario porcentaje de gravas.
- Calicata 4: material con capa de lastre hasta una altura de 10 cm y a la profundidad desde 0,10 a 2,00 metros posee un tipo de suelo con limos - arcillosos ML, de baja plasticidad de coloración café claro amarillento.
- Calicata 5: material con capa de lastre hasta una altura de 30 cm y a la profundidad desde 0,30 a 2,00 metros posee un tipo de suelo con arcillas - limosas ML, de color café claro-amarillento CH con lutitas.
- Calicata 6: material de relleno desde 0,00 hasta 1,00 metros de altura, de características heterogéneas, que ha sido colocado sin una adecuada técnica de compactación y a la profundidad desde 1,00 a 2,00 metros posee un tipo de suelo con arcillas-limosas plásticas deformables de coloraciones cafés y grises.
- Calicata 7: material con capa de lastre hasta una altura de 30 cm y a la profundidad desde 0,30 a 2,00 metros posee un tipo de suelo con arenas con alto contenido de arcillas plásticas y deformables, se tiene presencia de boleos de diámetros mayores a 15 cm.
- Calicata 8: material de relleno desde 0,00 hasta 1,00 metros de altura, de características heterogéneas, que ha sido colocado sin una adecuada



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

técnica de compactación y a la profundidad desde 1,00 a 2,00 metros posee un tipo de suelo con arcillas-limosas plásticas deformables de coloraciones cafés y grises.

- Calicata 9: material de relleno desde 0,00 hasta 0,70 metros de altura, de características heterogéneas, que ha sido colocado sin una adecuada técnica de compactación y a la profundidad desde 0,70 a 2,00 metros posee un tipo de suelo con arcillas-limosas plásticas deformables de coloraciones cafés y grises.
- Calicata 10: material con capa de lastre hasta una altura de 30 cm y a la profundidad desde 0,30 a 2,00 metros posee un tipo de suelo con arenas-limosas de color café claro, con presencia minoritaria de gravas.
- Calicata 11: material de relleno desde 0,00 hasta 1,10 metros de altura, de características heterogéneas, que ha sido colocado sin una adecuada técnica de compactación y a la profundidad desde 1,10 a 2,00 metros posee un tipo de suelo con limos-arcillosos plásticos, deformables, de coloraciones cafés y grises, con presencia de canto rodado de diámetros mayores a 15 cm.
- Calicata 12: material de relleno desde 0,00 hasta 0,40 metros de altura, de características heterogéneas, que ha sido colocado sin una adecuada técnica de compactación y a la profundidad desde 0,40 a 2,00 metros posee un tipo de suelo con limos-arcillosos plásticos, deformables, de coloraciones cafés y grises, con presencia de canto rodado de diámetros mayores a 15 cm.
- Calicata 13: material de relleno desde 0,00 hasta 0,40 metros de altura, de características heterogéneas, que ha sido colocado sin una adecuada técnica de compactación y a la profundidad desde 0,40 a 2,00 metros posee un tipo de suelo con limos-arcillosos plásticos, deformables, de coloraciones cafés y grises, con presencia de canto rodado de diámetros mayores a 15 cm.
- Calicata 14: material con capa de lastre hasta una altura de 30 cm y a la profundidad desde 0,30 a 2,00 metros posee un tipo de suelo con arenas-limosas de color café claro, con presencia considerable de gravas.
- Calicata 15: material con capa de lastre hasta una altura de 30 cm y a la profundidad desde 0,30 a 2,00 metros posee un tipo de suelo con arenas-limosas de color café claro, con presencia considerable de gravas.



## *UNIVERSIDAD DE CUENCA*

- Calicata 16: material con capa de lastre hasta una altura de 30 cm y a la profundidad desde 0,30 a 2,00 metros posee un tipo de suelo con limos-arcillosos plásticos, deformables, de coloraciones cafés y grises, con considerable presencia de canto rodado de diámetros mayores a 15 cm.
- Calicata 17: material con capa de lastre hasta una altura de 10 cm y a la profundidad desde 0,10 a 2,00 metros posee un tipo de suelo con limos - arcillosos ML, de baja plasticidad de coloración café claro amarillento.

Como se puede apreciar la estratigrafía en diferentes puntos del centro cantonal de Sígsig es similar. En el anexo 1 se puede observar los perfiles estratigráficos y en la Tabla 6 se indican el resumen de los resultados obtenidos en laboratorio de las 17 calicatas.

Como se puede observar en las calicatas realizadas el mayor valor del CBR está en el punto 14 con un 8,00%, por lo tanto, a todas estas vías es necesario mejorar la subrasante, además los índices de plasticidad son altos en la mayoría de vías están por encima del 20% por lo que se puede decir que son suelos plásticos. Se han realizado las calicatas para la determinación del CBR de la subrasante para proceder con el diseño del pavimento en el capítulo 4.



POZO Nº	GRAVA	ARENA	FINOS	HN	LL	IP	IG	D. MAX.	H. OPT	CBR 95%	SUCS	ASSHTO
1	13,69 %	30,21 %	56,10 %	17,75 %	58,10 %	29,31 %	14	1.710	17,00 %	4,20	CH	A-7-6
2	12,60 %	24,82 %	62,58 %	17,00 %	43,57 %	22,25 %	11	1.870	18,00 %	4,60	CL	A-7-6
3	8,49 %	31,48 %	60,03 %	16,33 %	40,65 %	14,29 %	7	1.780	17,80 %	4,00	ML	A-7-6
4	0,00 %	39,80 %	60,20 %	16,25 %	32,54 %	8,82 %	5	1.800	15,10 %	5,00	ML	A-4
5	5,54 %	34,95 %	59,51 %	25,03 %	57,99 %	30,66 %	15	1.710	19,50 %	3,40	CH	A-7-6
6	10,30 %	21,17 %	68,53 %	22,41 %	65,24 %	34,21 %	18	1.670	23,00 %	2,70	CH	A-7-5
7	19,47 %	42,20 %	38,33 %	16,10 %	54,48 %	24,27 %	4	1.670	21,00 %	3,20	SM	A-7-5
8	10,47 %	20,59 %	68,94 %	22,24 %	63,00 %	33,28 %	18	1.690	21,00 %	2,90	CH	A-7-6
9	10,01 %	20,70 %	69,29 %	22,19 %	63,66 %	30,36 %	18	1.670	21,00 %	2,80	CH	A-7-5
10	15,74 %	48,03 %	36,23 %	16,72 %	36,27 %	12,63 %	1	1.880	18,55 %	6,50	SC	A-6
11	12,16 %	37,77 %	50,04 %	17,52 %	50,41 %	20,82 %	8	1.740	18,50 %	3,30	MH	A-7-6
12	18,40 %	29,05 %	52,55 %	18,46 %	50,18 %	21,81 %	9	1.730	21,80 %	3,60	MH	A-7-6
13	17,89 %	29,23 %	52,88 %	17,54 %	52,15 %	22,99 %	10	1.740	19,50 %	3,60	MH	A-7-6
14	22,48 %	51,16 %	26,36 %	13,27 %	33,10 %	10,97 %	0	1.880	18,55 %	8,00	SC	A-2
15	22,81 %	52,49 %	24,70 %	13,12 %	33,18 %	11,07 %	0	1.860	18,20 %	7,90	SC	A-2
16	12,23 %	37,39 %	50,38 %	20,21 %	50,57 %	20,72 %	8	1.775	18,50 %	3,30	MH	A-7-6
17	0,00 %	32,40 %	67,60 %	13,88 %	36,27 %	10,80 %	7	1.845	17,00 %	4,80	ML	A-4

Tabla 6. Resumen de resultados de las calitas realizadas.

### 3.2 FUENTES DE MATERIALES

Para cumplir con los objetivos planteados en este capítulo, se ha considerado el estudio de dos fuentes de materiales que están en las proximidades de las vías en estudio, y de material del río Santa Bárbara.

La una mina denominada “Amorgeo” se encuentra a 10.00 km del centro de gravedad del proyecto y está ubicada en las coordenadas UTM 741891 E; 9657715 N, Zona 17S.

La segunda mina se denomina “Chiquita Loma”, y se encuentra a 9.50 km del Centro de gravedad del proyecto, está ubicada en las coordenadas UTM 745307 E; 9669425 N, Zona 17S.

En la Figura 10 se puede apreciar la ubicación geoespacial de las minas Chiquita Loma y Amorgeo

Además de ello, se ha creído conveniente complementar el estudio, con el análisis de una fuente de material existente en el cantón Sígsig, que es el material del río Santa Bárbara.

En la Tabla 7 se presenta un resumen de resultados de los ensayos realizados a estos materiales. Los ensayos en su totalidad se presentan en el Anexo 2.

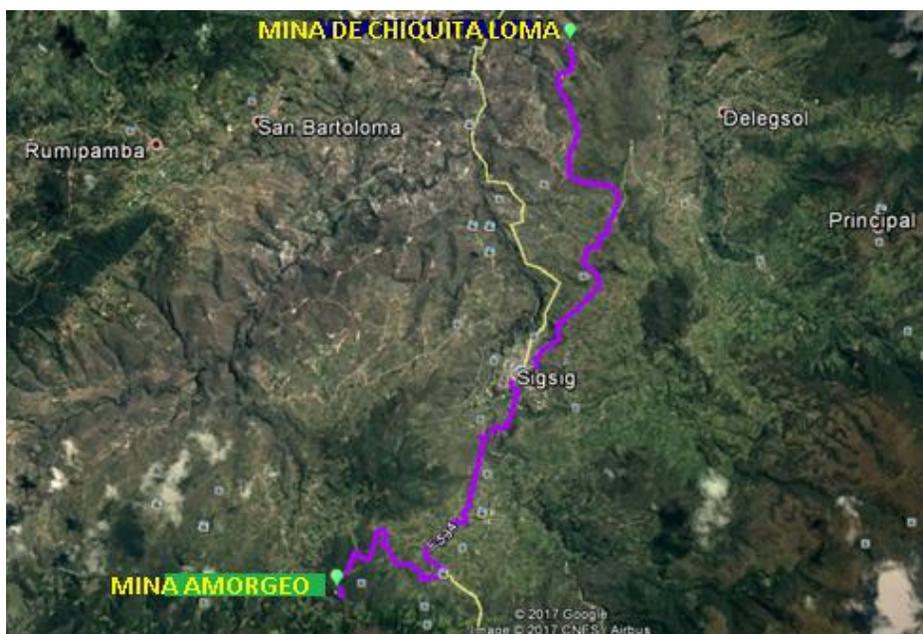


Fig. 10. Ubicación de las Minas Chiquita Loma y Amorgeo.

MINA RESULTADOS	CHIQUITA LOMA	AMORGEO	RÍO SANTA BÁRBARA
GRAVA	59,58%	38,72%	28,50%
ARENAS	26,84%	39,47%	60,59%
FINOS	13,58%	21,83%	10,19%
HN	9,15%	11,20%	25,10%
LL	31,07%	36,79%	NP
IP	8,28%	13,97%	NP
D. MAX	1,99	1,915	2,02
H. OPT.	9,10%	13,75%	10,00%
CBR 95%	14,00	8,50	32,00
SUCS	GM	CL	GM
ASSHTO	A-2	A-6	A-1

Tabla 7. Resumen de resultados de las tres fuentes de materiales.

### 3.3 ENSAYOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES DEL MATERIAL

Con las muestras obtenidas de las minas de Amorgeo, Chiquita Loma y material del río Santa Bárbara, se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio:

- Granulometría: Para lograr el objetivo buscado se sigue la norma ASTM D422-63
- Contenido de Humedad Natural (ASTM D2216)
- Plasticidad. – Ensayos para determinar el límite líquido (ASTM 423-66) y límite plástico (ASTM 424-59).
- Pruebas de compactación de materiales. Se realizó el ensayo de Proctor Modificado regido bajo las normas ASSHTO T180-70.
- Prueba de Valor Relativo de Soporte CBR (ASTM D1883-73).

Para la mina de **Amorgeo** las características principales son:

LL = 36,79%      LP = 22,83%      IP = 22,83

Es un material GC es decir con gravas arcillosas, mezclas de gravas, arenas y arcillas

El CBR = 8,5%.

Para la mina de **Chiquita Loma** las características principales son:

LL = 30,12%      LP = 23,07%      IP = 8,28

Es un material GM es decir, gravas limosas, mezclas de gravas, arenas y limos

El CBR = 14,0%.

Para el material del **Río Santa Bárbara** las características principales son:

Es un material NP

Es un material GM es decir, gravas limosas, mezclas de gravas, arenas y limos

El CBR = 32,0%.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Para mayores detalles las láminas de los resultados se encuentran en el Anexo 2. Ensayos de laboratorio.

### 3.4 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO NATURAL Y ESTABILIZADO: ENSAYOS FÍSICOS Y MECÁNICOS

En función de los resultados de laboratorio obtenidos de los materiales de las dos minas en estudio, se ha considerado realizar las siguientes opciones de análisis, con la finalidad de determinar el comportamiento de estos materiales ante el uso de materiales estabilizantes como Cemento Portland Tipo I y Resinas Orgánicas Terrasil.

El estudio ha incluido la mezcla de los materiales de las minas Amorgeo y Chiquita Loma, con diversas proporciones de Cemento Portland y de Terrasil. También se ha creído adecuado usar en diferentes proporciones el material del río Santa Bárbara.

Cabe indicar que en los análisis se ha priorizado la evaluación de la capacidad resistente de las mezclas, cuantificada mediante el ensayo de CBR. A continuación, se detallan los análisis realizados:

#### a.- Mezcla de materiales de las minas “Amorgeo” y “Chiquita Loma”, con varias proporciones de Terrasil.

Se procedió a evaluar el incremento de la resistencia de los materiales de las minas Amorgeo y Chiquita Loma, usando resinas orgánicas, específicamente el producto Terrasil. En la Tabla 8 se puede observar los resultados obtenidos del CBR con diferentes porcentajes de Terrasil con la variación de 0 hasta 1,5 kg por cada metro cúbico aplicadas a las dos minas.

TERRACIL Kg/m <sup>3</sup>	MINA AMORGEO				MINA CHIQUITA LOMA			
	CBR AL 100%	LL (%)	LP (%)	IP (%)	CBR AL 100%	LL (%)	LP (%)	IP (%)
0,00	8,50	36,79	22,83	13,97	14,00	30,12	23,07	8,28
0,50	30,50	36,35	22,86	13,49	38,50	30,00	23,30	6,70
1,00	47,50	33,35	24,68	6,13	68,50	28,79	23,78	5,02
1,50	57,50	28,23	24,86	3,37	75,50	27,58	24,04	3,54

Tabla 8. Resultados de CBR con variaciones de Terrasil.

En la Figura 11 se presenta la gráfica del CBR adicionando el Terrasil desde 0 hasta el 1,5 kg/m<sup>3</sup>.

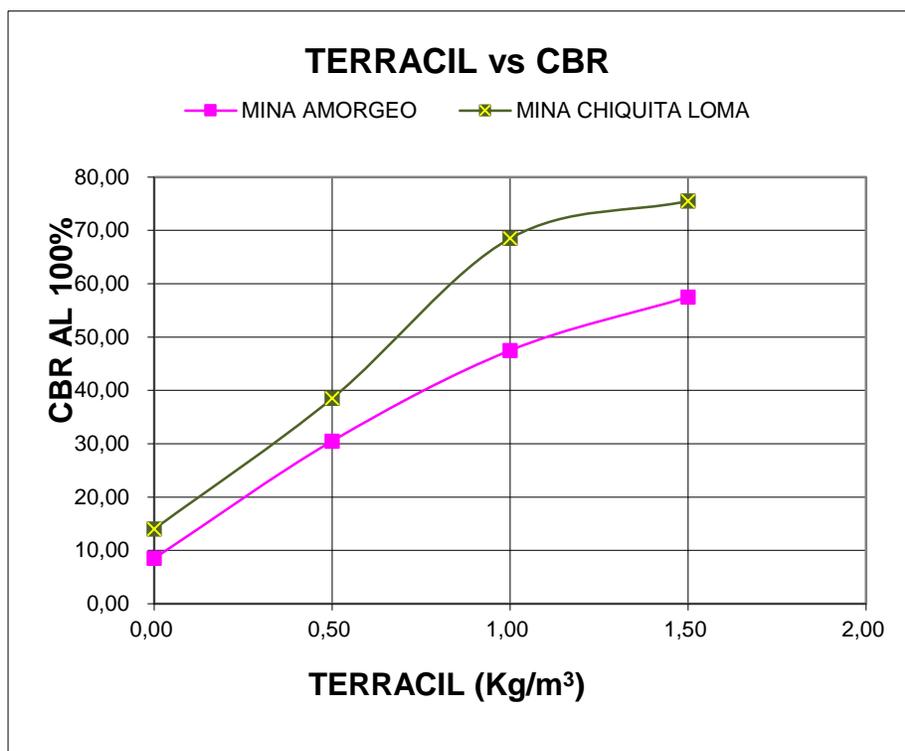


Fig. 11. Gráfica del CBR de los dos materiales con variaciones de Terrasil.

De los resultados obtenidos se observa que el comportamiento del incremento de la resistencia en casi lineal hasta un valor aproximado de 1.00 kg/m<sup>3</sup>; a partir de este valor el incremento ya no es tan significativo por lo que se concluye que con cantidades superiores sería una opción anti-económica.

**b.- Mezcla de materiales de las minas “Amorgeo” y “Chiquita Loma”, con varias proporciones de material del río Santa Bárbara.**

Se procedió a evaluar el incremento de la resistencia de los materiales de las minas Amorgeo y Chiquita Loma, mezclándolos con material del río Santa Bárbara. En la Tabla 9 se puede observar los resultados del CBR mezclando material de las minas Amorgeo y Chiquita Loma con material de río en diferentes proporciones desde la relación de 1:0 hasta 1:3.

PROPORCION DE MEZCLA CON MAT DE RÍO	MINA AMORGEO				MINA CHIQUITA LOMA			
	CBR AL 100%	LL (%)	LP (%)	IP (%)	CBR AL 100%	LL (%)	LP (%)	IP (%)
1:0	8,50	36,79	22,83	13,97	14,00	30,12	23,07	7,06
1:1	16,00	36,26	22,97	13,29	20,00	27,38	23,26	4,12
1:2	23,00	38,18	23,04	10,14	26,00	27,25	23,97	3,34
1:3	28,00	28,19	23,08	5,11	30,00	26,51	24,06	2,45

Tabla 9. Resultados de CBR mezclando material de río con las minas.

En la Figura 12 se observa la gráfica del CBR mezclando material de las dos minas con diferentes proporciones de material de río.

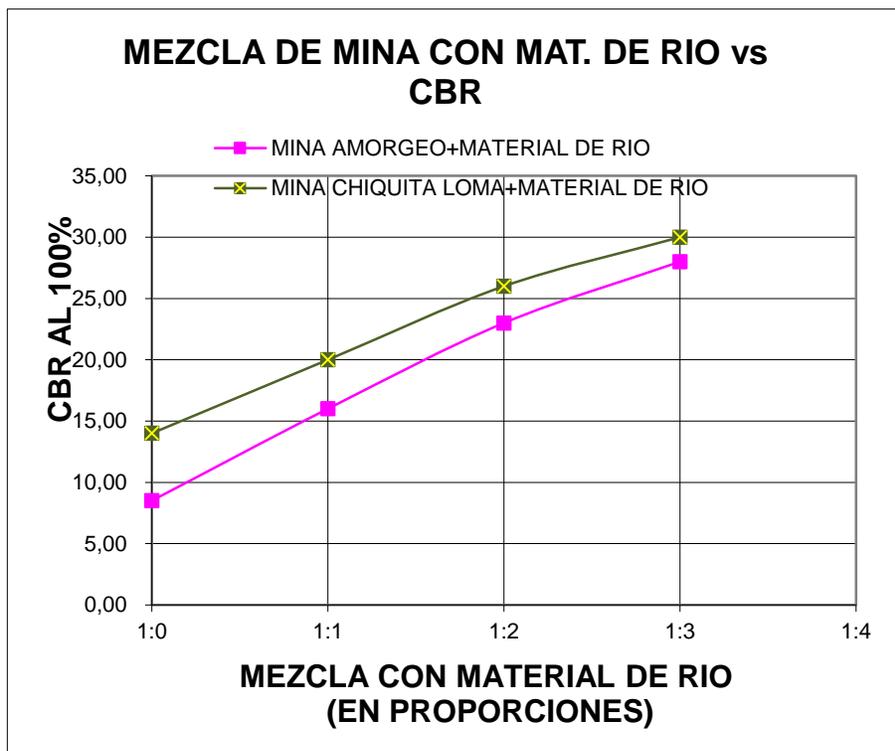


Fig. 12. Gráfica CBR mezclado material de río con las minas.

De los resultados obtenidos se observa que incrementando las cantidades del material del río Santa Bárbara en la mezcla; se tiende a llegar como resistencia máxima el valor de CBR del material del río Santa Bárbara.

**c.- Mezcla de materiales de las minas “Amorgeo” y “Chiquita Loma”, estabilizado con varios porcentajes de Cemento Portland.**

Se procedió a evaluar el incremento de la resistencia de los materiales de las Minas Amorgeo y Chiquita Loma, estabilizándolos con Cemento Portland Tipo I. En la Tabla 10 se indica los resultados obtenidos estabilizando los materiales con cemento en los porcentajes del 0 al 3% del peso del material.

ESTABILIZACION CON CEMENTO % EN PESO	MINA AMORGEO				MINA CHIQUITA LOMA			
	CBR AL 100%	LL (%)	LP (%)	IP (%)	CBR AL 100%	LL (%)	LP (%)	IP (%)
0%	8,50	36,76	22,83	13,97	14,00	30,12	23,07	8,28
1%	14,50	35,66	23,07	12,59	23,50	29,83	23,56	7,06
2%	30,00	31,58	23,36	8,21	48,00	29,60	23,61	5,99
3%	55,00	29,63	23,42	6,21	72,50	27,58	24,04	3,54

Tabla 10. Resultados de CBR estabilizando material de las minas con cemento.

En la Figura 13 se representa la gráfica del CBR con material de las minas adicionando 1,0 kg/m<sup>3</sup> de Terrasil y con diferentes proporciones de material de río.

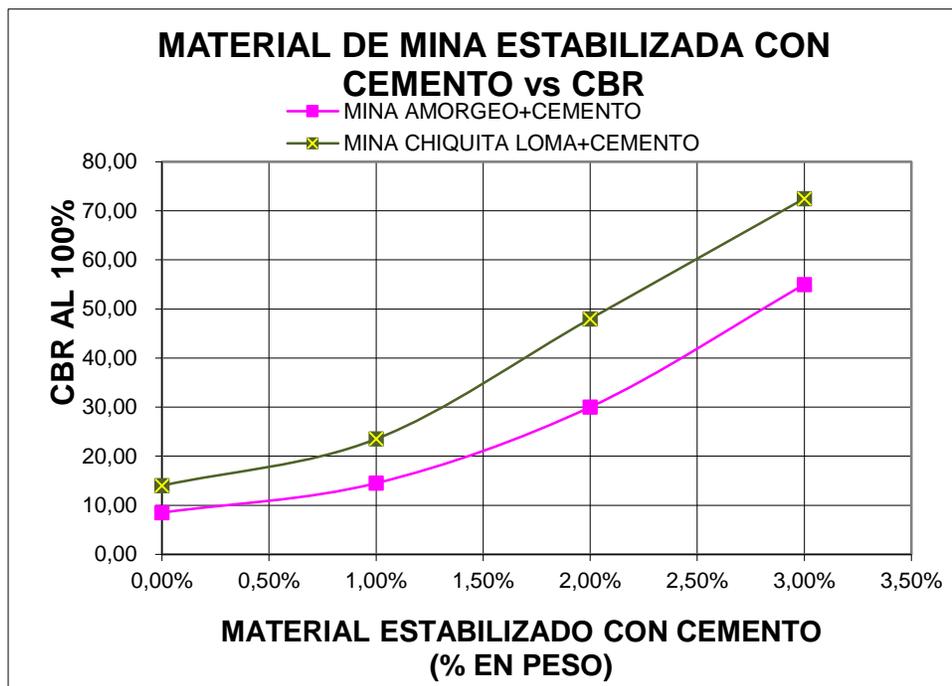


Fig. 13. Gráfica del CBR de las Minas "Amorgeo" y "Chiquita Loma", estabilizado con varios porcentajes de material de río y adicionando 1,0 Kg/cm<sup>3</sup>.

Se puede indicar que mientras mayor sea la cantidad de cemento que se ponga, mucho más resistente va ser la mezcla suelo-cemento. Sin embargo, se debe analizar los costos.

**d.- Mezcla de materiales de las minas "Amorgeo" y "Chiquita Loma", con diferentes proporciones de material del río Santa Bárbara, estabilizado 1.00 kg/m<sup>3</sup> de Terrasil.**

De la conclusión obtenida en el literal "a"; se procedió a evaluar el incremento de la resistencia de los materiales de las minas Amorgeo y Chiquita Loma, estabilizándolos con 1.00 kg/m<sup>3</sup> de resinas orgánicas Terrasil y mezclándolos con material del río Santa Bárbara, en diferentes proporciones. En la Tabla 11 se indican los resultados de CBR obtenidos al mezclar material de las minas con material de río en distintas proporciones y agregando Terrasil en 1 kg/m<sup>3</sup>.

PROPORCION DE MEZCLA CON MAT DE RÍO	MINA AMORGEO				MINA CHIQUITA LOMA			
	CBR AL 100%	LL (%)	LP (%)	IP (%)	CBR AL 100%	LL (%)	LP (%)	IP (%)
1:0	47,50	33,35	23,52	8,67	68,50	28,79	23,78	5,02
1:1	79,00	29,06	23,70	5,35	95,50	28,49	23,88	4,61
1:2	112,00	24,99	23,86	1,12	128,00	24,97	23,97	1,00
1:3	128,00	NP	NP	NP	138,00	NP	NP	NP

Tabla 11. Resultados de CBR mezclando material de las minas con material de río y 1 kg/m<sup>3</sup> de Terrasil.

En la Figura 14 se representa la gráfica del CBR de las diferentes minas adicionando  $1 \text{ kg/m}^3$  de Terrasil y mezclado con proporciones de material de río.

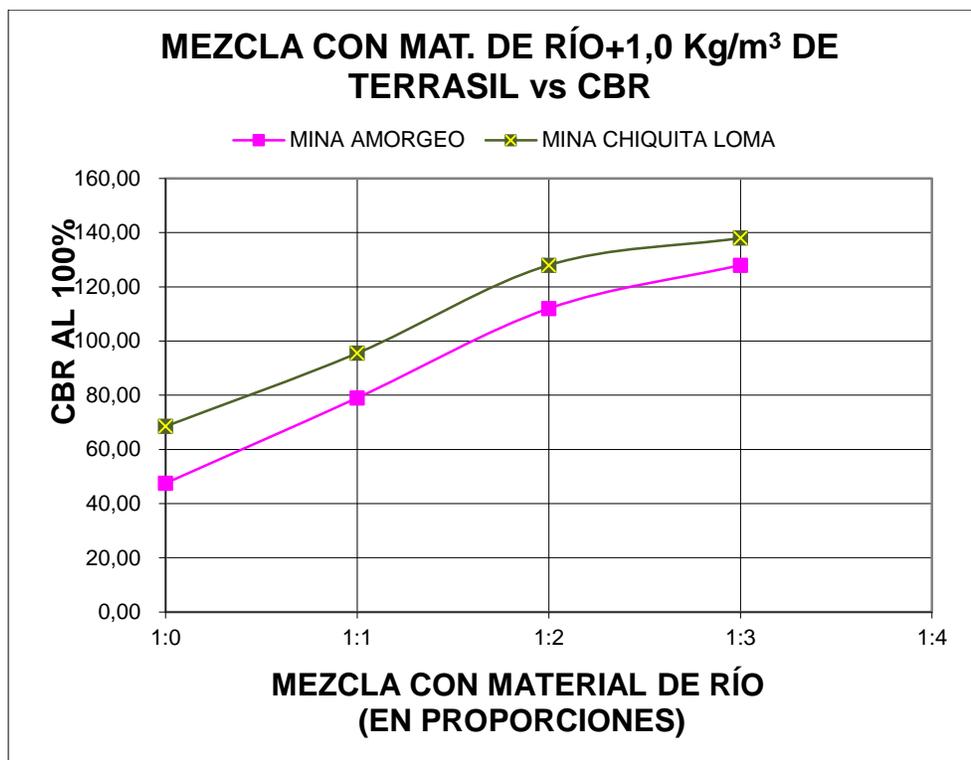


Fig. 14. Gráfica del CBR de las minas "Amorgeo" y "Chiquita Loma", con diferentes proporciones de material del río Santa Bárbara, estabilizado  $1.00 \text{ Kg/m}^3$  de Terrasil.

Se aprecia que el comportamiento de la gráfica es muy cercano a un "comportamiento lineal", hasta una mezcla en proporciones 1:2 en volumen. Después de este punto, el incremento es menos significativo que en el primer tramo de la gráfica. Es importante mencionar que valores superiores al 100% del CBR resulta innecesarios pues la norma para la base es mayor al 80%.

#### e.- Mezcla de materiales de las minas "Amorgeo" y "Chiquita Loma", con diferentes proporciones de material del río Santa Bárbara, estabilizado 3.00% de Cemento Portland.

De la conclusión obtenida en el literal "c"; se procedió a evaluar el incremento de la resistencia de los materiales de las minas Amorgeo y Chiquita Loma, estabilizándolos con un 3% (en peso) de Cemento Portland Tipo I; y mezclándolos con material del río Santa Bárbara, en diferentes proporciones. En la Tabla 12 se indica los resultados del CBR obtenidos al realizar mezcla de material de las minas más material de río en distintas proporciones y estabilizando con el 3% de cemento.

PROPORCION DE MEZCLA CON MAT DE RÍO	AMORGEO+3% CEMENTO				CHIQUITA LOMA+3% CEMENTO			
	CBR AL 100%	LL (%)	LP (%)	IP (%)	CBR AL 100%	LL (%)	LP (%)	IP (%)
1:0	55,00	29,63	23,42	6,21	72,50	27,58	24,04	3,54
1:1	96,00	28,93	23,71	5,22	110,00	27,38	24,13	3,24
1:2	125,00	24,36	23,91	0,46	138,00	24,67	24,16	0,51
1:3	142,00	NP	NP	NP	148,00	NP	NP	NP

Tabla 12. Resultados de CBR mezclando material de las minas con material de río y 3% de Cemento.

En la Figura 15 representa la gráfica del CBR adicionando 3% de peso de cemento y mezclarlos con diferentes proporciones de material de río.

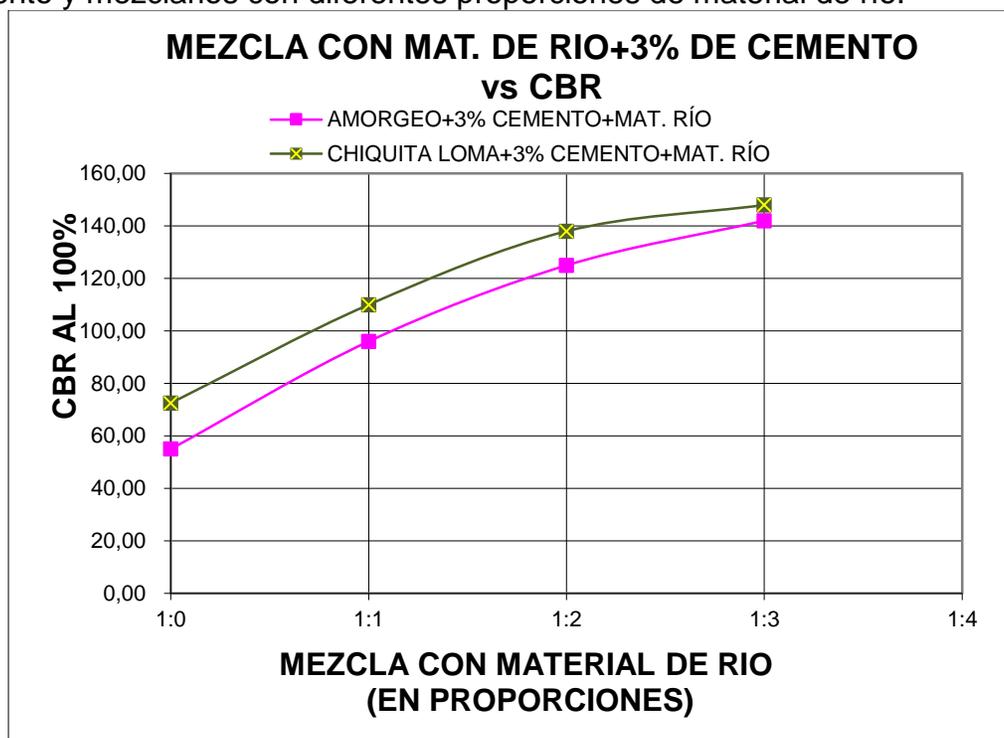


Fig. 15. Gráfica del CBR de las Minas “Amorgeo” y “Chiquita Loma”, con diferentes proporciones de material del río Santa Bárbara, estabilizado 3.00% de Cemento.

Se puede indicar que al estabilizarlo con cemento los materiales procedentes de las minas el CBR se duplican y al mezclar con material de río en una proporción de 1:1 el CBR sobrepasa el 90% para el caso del material de Amorgeo y el 100% con el material de Chiquita Loma, pero debido a que el material de río está a un 1,00 km de distancia del centro cantonal de Sígsig resulta más económica realizar proyectos en la dosificación 1:2 ya que el costo del transporte disminuye y el CBR sobrepasa el 100% con cualquiera de los dos materiales de las minas.

**f.- Mezcla de materiales de las minas “Amorgeo” y “Chiquita Loma”, con diferentes proporciones de material del río Santa Bárbara, estabilizado 1.50% de Cemento Portland + 0.50 kg/m<sup>3</sup> de Terrasil.**

UNIVERSIDAD DE CUENCA

En este análisis, la intención ha sido obtener un punto intermedio, de equilibrio, usando en conjunto las resinas orgánicas Terrasil y también el Cemento Portland Tipo I. En la Tabla 13 se indica los resultados del CBR obtenidos al realizar la mezcla de material de las minas con material de río en diferentes proporciones y a estas estabilizarlas con 1,5% de cemento y además adicionar resinas orgánicas en este caso Terrasil en 0,5 kg/m<sup>3</sup>.

PROPORCION DE MEZCLA CON MAT DE RÍO	MINA AMORGEO				MINA CHIQUITA LOMA			
	CBR AL 100%	LL (%)	LP (%)	IP (%)	CBR AL 100%	LL (%)	LP (%)	IP (%)
1:0	69,50	28,99	22,49	6,50	85,50	28,18	22,17	6,00
1:1	93,00	27,58	22,87	5,50	108,00	27,44	22,34	5,10
1:2	115,00	24,29	23,38	0,91	126,00	24,95	22,76	2,18
1:3	127,50	NP	NP	NP	135,00	NP	NP	NP

Tabla 13. Resultados de CBR mezclando material de las minas con material de río, 1,5% de cemento y 0,5Kg/m<sup>3</sup> de Terrasil.

En la Figura 16 se muestra la gráfica del CBR al estabilizarlo con 1,50% de peso de cemento más 0,5 kg/m<sup>3</sup> de Terrasil en diferentes proporciones al mezclarlo con material de río.

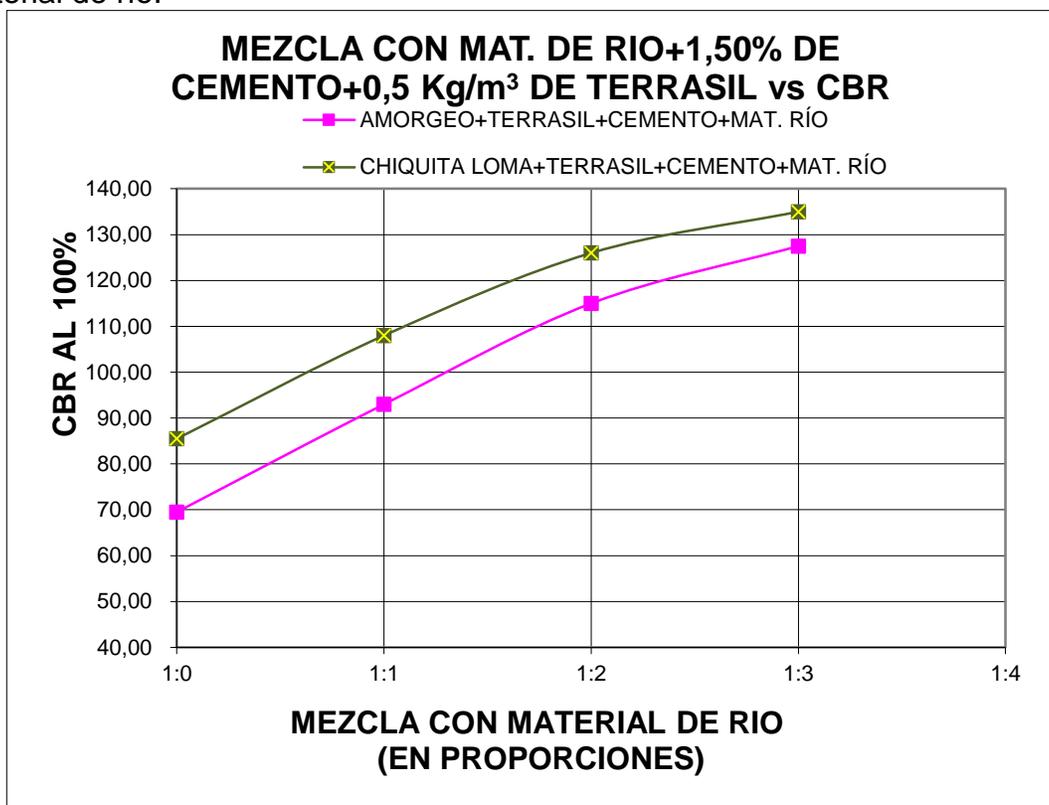


Fig. 16. Gráfica del CBR mezclando material de las minas con material de río, 1,5% de cemento y 0,5 kg/m<sup>3</sup> de Terrasil.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Se puede apreciar que con el material de Chiquita Loma solamente adicionando cemento y Terrasil en la cantidad señalada en el ensayo el CBR sobrepasa el 80% la cual cumple para una base, pero por el límite líquido no cumple, al dosificar en la proporción 1:1 los dos materiales sobrepasan el 90% pero el límite líquido no cumple por lo tanto en la proporción de 1:2 el CBR sobrepasa el 110% y cumple con el límite líquido e índice de plasticidad.

Esta alternativa también se usará para posteriormente diseñar la estructura de pavimento definitiva para analizar los costos que representa.

### Consideraciones importantes

De los varios ensayos de laboratorio realizados se ha podido obtener las siguientes observaciones, las mismas que servirán como base para tomar la decisión de seleccionar las combinaciones más adecuadas para el diseño de la estructura de pavimento.

- Con el empleo del aditivo “Terrasil” solo, con los materiales de las dos minas, se ha podido apreciar que con el uso de 0.50 kg/m<sup>3</sup> a 1.00 kg/m<sup>3</sup>, el incremento de la resistencia del suelo, evaluada mediante el ensayo de CBR, es casi lineal; llegando a su punto máximo de proporcionalidad cuando se usa 1.00 kg/m<sup>3</sup> (47,50% Amorgeo y 68,50% Chiquita Loma).
- Al tener la posibilidad de realizar una mezcla del material de las dos minas, con material del río Santa Bárbara, el mismo que presenta buenas características geomecánicas, es un material granular, no plástico; las características granulométricas, de plasticidad y resistencia mejoran notoriamente.
- Usando el cemento Portland Tipo I como estabilizador mezclado con los materiales de las dos minas, se ha podido apreciar que el comportamiento de las curvas indica que mientras más cemento se use, mucho mejor son las características resistentes de los materiales; sin embargo, el uso de una cantidad de cemento muy alta provocaría un incremento en el costo. Se ha considerado usar como dosificación adecuada para los posteriores diseños de la estructura de pavimento un 3.00% de cemento que da un CBR de 65% para la mina de Amorgeo y 82,50% para Chiquita Loma.
- Los valores del índice de plasticidad disminuyen al agregar cemento a la muestra obteniéndose los valores que se dan en la Tabla 14.

MINA	IP NATURAL	IP ESTABILIZADO 1% CEMENTO	IP ESTABILIZADO 2% CEMENTO	IP ESTABILIZADO 3% CEMENTO
AMORGEO	13,97	11,47	8,73	7,28
CHIQUITA LOMA	8,28	7,06	5,99	3,54

Tabla 14 . Índice de plasticidad con porcentajes de peso cemento para estabilizar.

En la Figura 17 representa la variación del índice de plasticidad al aumentar 1, 2 y 3% de cemento con respecto al peso del material de las dos minas de Amorgeo y Chiquita Loma.

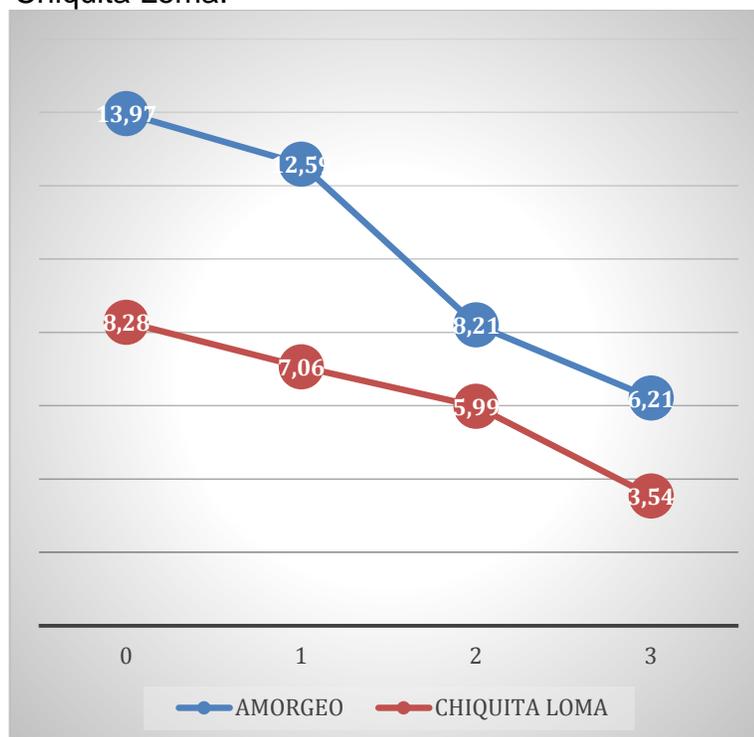
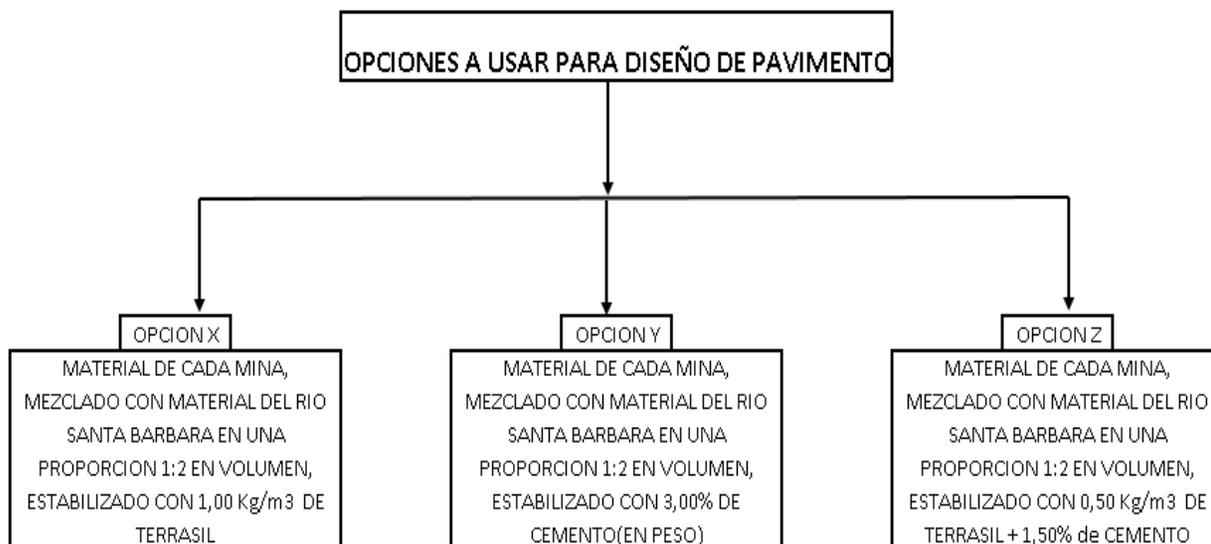


Fig. 17. Variación de los índices de plasticidad al aumentar porcentajes de cemento en los distintos materiales.

- Con los parámetros señalados se procederá a usar las siguientes alternativas para los correspondientes diseños de la estructura de pavimento; las mismas que desde el punto de vista técnico cumplen especificaciones de plasticidad y resistencia, quedando pendiente, una valoración económica de las alternativas, para definir cuál usar, considerando la relación costo – beneficio.

Todos los ensayos realizados con las diferentes alternativas se encuentra en anexo digital.

En la Tabla 15 se indica las tres opciones que se manejaran como material de base para el siguiente capítulo que es el diseño del pavimento.



**Tabla 15. Opciones de mezclas a usar con cada mina, para el diseño de estructura de pavimento.**

Se ha considerado estas alternativas de diseño debido a que cumple con las normativas de base con respecto al CBR superior al 80%, el límite líquido menor a 25% y el índice de plasticidad menor a 6.

### **3.5 EVALUACIÓN A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE LOS MATERIALES DE MINA ESTABILIZADOS CON CEMENTO.**

Se confeccionó probetas cilíndricas de 152 mm de diámetro por 305 mm de altura, con la finalidad de evaluar la resistencia a la compresión simple, de las mezclas de las minas Amorgeo y Chiquita Loma con cemento Portland Tipo I.

Las probetas fueron curadas en laboratorio durante 28 días desde la fecha de fraguado del hormigón.

Se realizaron 6 muestras para cada una de las alternativas analizadas, estos datos obtenidos servirán para poder definir el valor del coeficiente estructural de las capas de pavimento que se usarán en el diseño definitivo.

En la Tabla 16 se indican las resistencias obtenidas de la rotura de cilindros con las opciones Y y Z de la Tabla 15.

Muestra N°	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia promedio kg/cm <sup>2</sup>	Observaciones
1	6360	181,50	35,04	34,11	Material de la mina Amorgeo, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 0,50 kg/m <sup>3</sup> de Terrasil + 1,50% de cemento.
2	6255	181,50	34,46		
3	5960	181,50	32,84		
4	5150	181,50	28,37	28,19	Material de la mina Amorgeo, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 3,00% de cemento.
5	4950	181,50	27,27		
6	5250	181,50	28,93		
7	6560	181,50	36,14	36,01	Material de la mina de Chiquita Loma, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 0,50 kg/m <sup>3</sup> de Terrasil + 1,50% de cemento.
8	6665	181,50	36,72		
9	6385	181,50	35,18		
10	5880	181,50	32,40	31,61	Material de la mina Chiquita Loma, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 3,00% de cemento.
11	5580	181,50	30,74		
12	5750	181,50	31,68		

Tabla 16. Evaluación de la resistencia a la compresión simple.

Es importante mencionar que la opción "X" de la Tabla 15, no se realiza el ensayo de resistencia a la compresión debido a que no se pueden formar las probetas ya que están no fraguan, se las realizan solo las que son estabilizadas con cemento.



## CAPÍTULO 4.- DISEÑO DE PAVIMENTOS

En este capítulo se realizará el estudio de tráfico para el diseño de pavimento flexible con las diferentes alternativas de diseño de la estructura de mejoramiento y base con materiales de la zona mejorados y estabilizados, además se realiza el diseño geométrico de las vías en estudio.

### 4.1.- RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE CON CARÁCTER VIAL

La resistencia de la subrasante para fines viales viene determinada por su valor CBR, que, para el presente trabajo, se ha determinado al valor que corresponde al percentil del 75% de los valores obtenidos de acuerdo con lo recomendado del método ASSHTO 93 como se indica en la Tabla 17.

LIMITES PARA SELECCIÓN DE RESISTENCIA	
Número de ejes de 8.2 toneladas en el carril de diseño (N)	Percentil a seleccionar para hallar la resistencia
$< 10^4$	60
$10^4 - 10^6$	75
$> 10^6$	87.5

Tabla 17. Recomendaciones ASSHTO 93 <sup>(10)</sup>.

Se ha creído conveniente subdividir las vías en estudio, en dos grupos de acuerdo con el volumen de tráfico que soportan y que soportará, en la Tabla 18 se especifica las calles a que grupo pertenece.

GRUPO	CALLE	ENTRE
A	VIA AL PUENTE DE JERUSALEN	LUIS RODRIGUEZ Y PUENTE DE JERUSALEN
	ESPINOZA	VEGA MUÑOZ Y JOSE VELEZ
B	DE LAS TEJERIAS Y CALLE S/N	AV. KENNEDY
	CALLE S/N	LUIS RODRIGUEZ Y CALLE S/N
	PADRE LUIS RODRIGUEZ	JOSE AGUIRRE Y VIA AL PUENTE JERUSALEN
	CALLE S/N	VIA A DACTE Y CALLE S/N
	CALLE S/N	CALLE S/N Y CALLE S/N
	CALLE S/N	GARCIA MORENO Y CALLE S/N
	ESPINOZA	GARCIA MORENO Y CALLE S/N
	CALLE S/N	CALLE S/N Y CALLE S/N
	CALLE TORRES	MOSCOSO Y VENADO
	PROL. CALLE SALAZAR	ESPINOZA Y CALLE S/N
	16 DE ABRIL	ESPINOZA Y CALLE S/N
	JOSE MARIA VELEZ	VENADO Y VIA A GUEL
	DAVILA	ESPINOZA Y CALLE S/N
	GONZALES SUAREZ	RODIL Y RESTAURACION
RODIL	GONZALEZ SUARES Y VIA AL ORIENTE	
HUMBERTO ESQUIVEL	GONZALEZ SUARES Y VIA AL ORIENTE	

Tabla 18. Listado de vías subclasificadas en Grupo "A" y "B" de acuerdo con volúmenes de tráfico.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Esta selección se lo realizó ya que las del grupo A tienen mayor tráfico diariamente debido a que son vías de entrada y salidas al cantón Sígsig y las del grupo B son vías internas del cantón por lo que su tráfico se considera como residencial.

En la Tabla 19 se indica los CBR obtenidos de las calicatas de las vías en estudio con el grupo al que pertenecen.

CALICATA Nº	GRUPO	VALOR DE CBR AL 95%
P1	B	4,20
P2	B	4,60
P3	B	4,00
P4	A	4,00
P5	B	3,40
P6	B	2,70
P7	B	3,20
P8	B	2,90
P9	B	2,80
P10	B	6,50
P11	B	3,30
P12	A	4,80
P13	A	3,60
P14	A	3,60
P15	B	7,90
P16	B	3,30
P17	A	8,00

Tabla 19. Resumen de CBR obtenido en laboratorio para vías del grupo "A" y "B".

En la Tabla 20 se procede a ordenar de menor a mayor los CBR obtenidos de las calicatas de las vías correspondientes al grupo A.

CBR SUBRASANTE		
CBR	Nº valores	%
ordenado	igual o mayor	
3,60	5	100,00
3,60	4	80,00
4,00	3	60,00
4,80	2	40,00
8,00	1	20,00

Tabla 20. Resumen de CBR ordenado de menor a mayor Grupo "A".

Mientras que en la Tabla 21 se procede a ordenar de menor a mayor los CBR obtenidos de las calicatas de las vías correspondientes al grupo B.

CBR SUBRASANTE		
CBR	N° valores	%
ordenado	igual o mayor	
2,70	12	100,00
2,80	11	91,67
2,90	10	83,33
3,20	9	75,00
3,30	8	66,67
3,30	8	66,67
3,40	6	50,00
4,00	5	41,67
4,20	4	33,33
4,60	3	25,00
6,50	2	16,67
7,90	1	8,33

Tabla 21. Resumen de CBR ordenado de menor a mayor Grupo "B".

Una vez ordenado se traza las gráficas y la recta de tendencia con el percentil 75%.

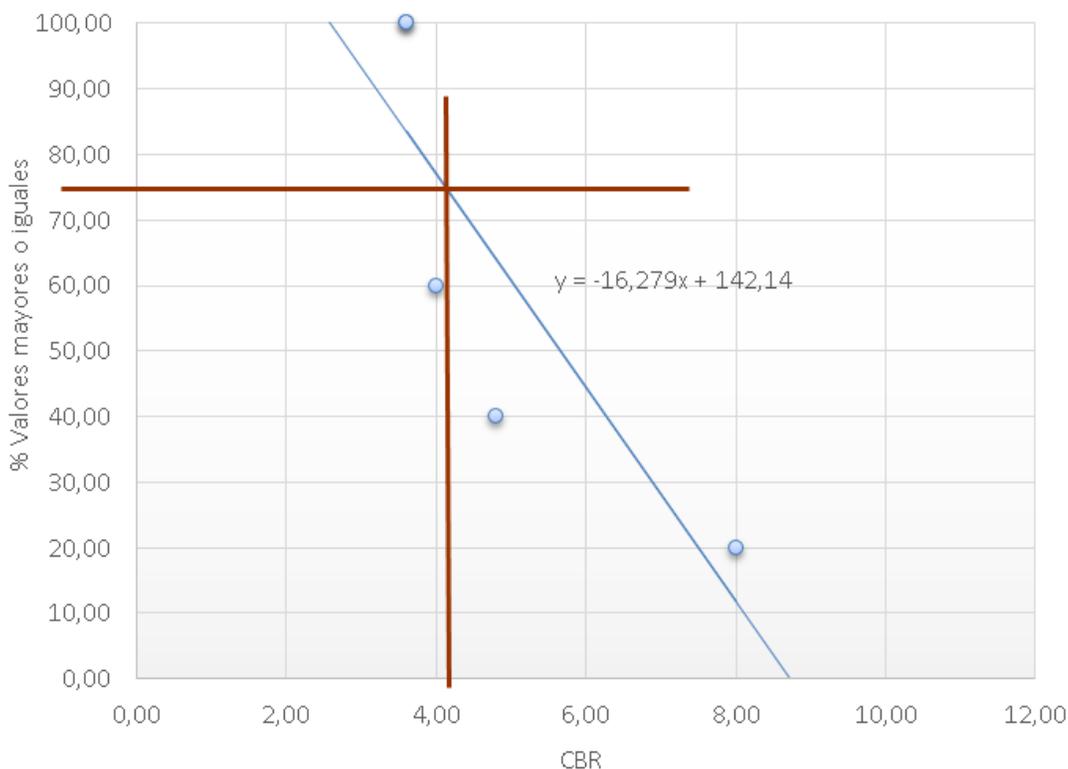


Fig. 18. Obtención del CBR de diseño al percentil 75% para el Grupo "A".

Sustituyen valores en la ecuación con percentil 75 da un **CBR diseño = 4.12%**.

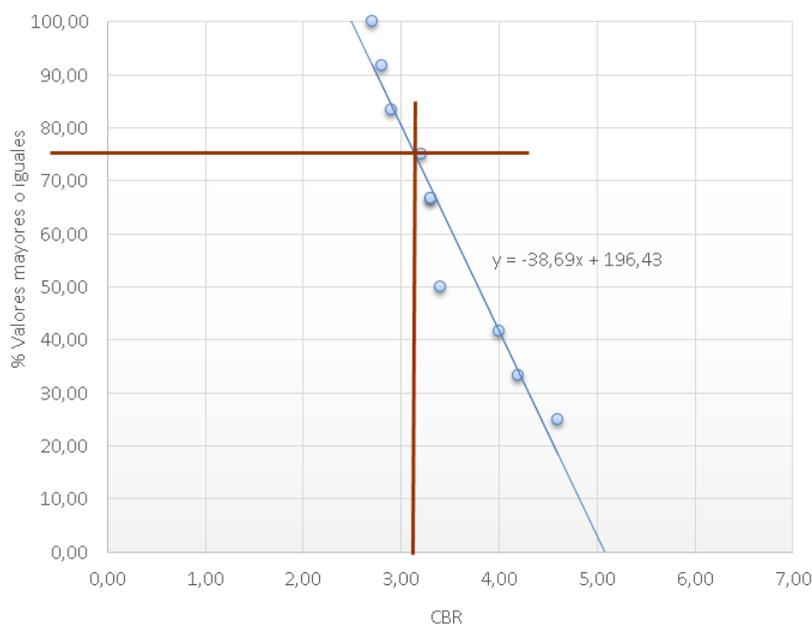


Fig. 19. Obtención del CBR de diseño al percentil 75% para el Grupo "B".

Para el grupo "B" el **CBR de diseño = 3.15%**.

## 4.2 ESTUDIO DE TRÁFICO

El tránsito de diseño se expresa como número de ejes que pasan, en el carril de diseño, en cada rango de carga y recibe el nombre de "repeticiones esperadas en cada rango de carga". Este es el factor más importante en el cálculo del espesor del pavimento <sup>10</sup>.

Por tráfico se refiere al movimiento o circulación de vehículos por la sección de una vía, determinado en la unidad de tiempo, la unidad utilizada en el presente estudio es el TPDA (tránsito promedio diario anual), que es el número de vehículos que circulan por un tramo de la vía dividido para 365 días del año.

Para la determinación del TPDA, se considera los tránsitos promedios de los períodos de conteo TPO (Tránsito Promedio Observado), el mismo que será amplificado mediante factores de variación estacional:

$$TPDA = TPO \times F_h \times F_d \times F_s \times F_m \times F_g \times F_{de} \text{ (Ecuación 1)}$$



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

En la cual:

TPO	Tránsito Promedio Observado.
Fh	Factor Horario
Fd	Factor Diario
Fs	Factor Semanal
Fm	Factor Mensual
Fg	Tráfico generado
Fde	Tráfico derivado

TPO: Para la determinación del TPO, se ha procedido a realizar un conteo del tráfico durante los días 10 y 11 de marzo de 2017, en horario corrido desde las 7:00 am hasta 5:00 pm. Con el afán de determinar los volúmenes de tráfico para los dos grupos en los que se ha subclasificado las vías en estudio, se ubicaron dos estaciones de control:

- La primera se ubicó en la intersección de las calles Espinoza y la prolongación de la calle Salazar, con la cual se registró el volumen de tráfico del denominado Grupo "A".
- La segunda se ubicó en la intersección de las calles Gonzales Suarez y Rodil, que es una zona donde se tendrá un comportamiento de tráfico preferentemente residencial, con la cual se registró el volumen de tráfico del denominado Grupo "B".

Teniendo los antecedentes antes mencionados se ha obtenido la siguiente distribución de tráfico. En la Tabla 22 se observa la clasificación de vehículos y el número de vehículos promedio observados en las dos estaciones de control.

TIPO DE VEHÍCULO	Nº de veh.	Nº de veh.
	GRUPO "A"	GRUPO "B"
LIVIANOS (VL)	205	265
BUS(BM)	16	4
CAMIONES (2DA)	154	55
CAMIONES (2DB)	55	22
CAMIONES (3A)	15	4
TOTALES	445	350

Tabla 22. Tráfico promedio observado del grupo "A" y grupo "B".

**Fh Factor Horario:** este factor se obtiene dividiendo el tránsito acumulado mediante un dispositivo automático de conteo en 24 horas, para el tránsito acumulado durante las horas de conteo manual. El factor horario lo que pretende es llevar el conteo manual realizado por 10 horas (desde 7:00 a 17:00), durante dos días consecutivos representativos de la semana (10 y 11 de marzo de 2017),



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

a las 24 horas del día, al haber realizado el conteo en el periodo diurno. Se sabe que el tráfico nocturno es considerablemente menor, en varios conteos automáticos en vías de alto volumen de tráfico, el factor horario para llevar el conteo manual diurno a las 24 horas del día fluctúa entre 1.20 a 1.40, teniendo en consideración el tipo de vía en estudio se ha considerado **Fh=1.30**.

**Fd Factor Diario:** se usa para extrapolar el tránsito diario a tránsito semanal. Para la obtención de este factor, se requiere el conteo de una semana completa, cuyo promedio será dividido para el tránsito diario de conteo. Al no disponer de una semana de conteo, se asume que este valor será igual al 100%, de manera que el factor diario asumido es **Fd=1**.

**Fs Factor Semanal:** para el cálculo del Fs del año 2017, se ha considerado el número de semanas que contiene cada mes, de manera que para el mes de marzo es 4.4286, como se muestra en la Tabla 23.

Mes	No Días	No. Sem.	FS
Enero	31	4.4286	1.1071
Febrero	28	4.0000	1.0000
Marzo	31	4.4286	1.1071
Abril	30	4.2857	1.0714
Mayo	31	4.4286	1.1071
Junio	30	4.2857	1.0714
Julio	31	4.4286	1.1071
Agosto	31	4.4286	1.1071
Septiembre	30	4.2857	1.0714
Octubre	31	4.4286	1.1071
Noviembre	30	4.2857	1.0714
Diciembre	31	4.4286	1.1071
<b>Total</b>	<b>365</b>	<b>52.1429</b>	

Tabla 23. Tabla para cálculo de Factor Semanal.

No. Sem = No. Días / 7 días

FS = No. Sem / 4 semanas

Luego el factor semanal Fs, para un conteo realizado en marzo será de **Fs=1.1071**.

**Fm Factor Mensual:** su finalidad es ampliar el tránsito mensual hasta el anual, para lo cual será necesario correlacionar la información que se dispone, al consumo de combustibles de la región. Para el cálculo del Fm, se utilizará el consumo de combustibles para la provincia de Azuay del año 2016.

En la Tabla 24 se indica el consumo de combustible por cada mes en la provincia del Azuay, para este caso se tomará el mes de marzo en cual se realizó el conteo vehicular.

CONSUMO DE COMBUSTIBLES PARA LA PROVINCIA DEL AZUAY					
MES	EXTRA	DIESEL 2	SUPER	TOTAL	Fm
Enero	2434540	1782450	480800	4697790	1,204
Febrero	2342850	1985400	454100	4782350	1,183
Marzo	3094280	2780090	605950	6480320	0,873
Abril	2473540	2239100	481690	5194330	1,089
Mayo	2801920	2505580	524940	5832440	0,970
Junio	2608750	2404440	488590	5501780	1,028
Julio	3232020	3416210	580120	7228350	0,783
Agosto	2069040	2690100	494600	5253740	1,077
Septiembre	2734670	2651000	553860	5939530	0,953
Octubre	2786780	2661310	528580	5976670	0,947
Noviembre	2429840	2538470	435240	5403550	1,047
Diciembre	2484360	2555650	569200	5609210	1,009
<b>TOTALES</b>	31492590	30209800	6197670	67900060	0,083
<b>PROMEDIO</b>	2624383	2517483	516473	5658338	

Tabla 24. Consumo de combustibles en la provincia del Azuay. Fuente secretaria de hidrocarburos del Ecuador.

Fm=Consumo promedio mensual/consumo al mes de conteo. Siendo **Fm=0.873**.

**F<sub>g</sub> Tráfico Generado:** se ha considerado que estas vías tendrán un incremento de tráfico al poseer una capa de rodadura asfáltica, puesto que se incrementara la actividad y flujo de personas y productos, por tanto, se incrementara el volumen de vehículos livianos y pesados. Para la determinación de este factor hay que realizar un estudio de origen destino a ver en cuanto incrementaría el transito con la vía pavimentada que generalmente oscila entre 0% – 25% por lo que se ha considerado un incremento de un 25% por este factor en las condiciones más desfavorables de servicio de la vía.

**F<sub>de</sub> Tráfico Derivado:** Debido a la colocación de una capa de rodadura asfáltica, muchos usuarios tendrán como opción preferencial el uso de estas arterias para llegar a sus destinos, por ello un porcentaje del tráfico de otras vías se derivará a estas vías y cuyo incremento oscila entre 0% al 15%. Para el presente estudio se ha considerado un incremento de un 15% por este factor debido a que al ser la vía pavimentada el tráfico de vías en mal estado se deriva a vías nuevas.

En la Tabla 25 se indican los factores de expansión asignados para el cálculo del TPDA.

Factor Horario	<b>F<sub>h</sub>=</b>	1,300
Factor Diario	<b>F<sub>d</sub>=</b>	1,000
Factor Semanal	<b>F<sub>s</sub>=</b>	1,107
Factor Mensual	<b>F<sub>m</sub>=</b>	0,873
Factor Tráfico Generado	<b>F<sub>g</sub>=</b>	1,250
Factor Tráfico Derivado	<b>F<sub>de</sub>=</b>	1,150

Tabla 25. Factores de Expansión TPDA 2017.

UNIVERSIDAD DE CUENCA

En base a la ecuación 1 se tiene los siguientes resultados presentes en la Tabla 26 se especifica el cálculo del TPDA por tipo de vehículo para el año 2017 los correspondientes al grupo "A" y "B".

TIPO DE VEHÍCULO	Nº de veh.	Nº de veh.
	GRUPO "A"	GRUPO "B"
LIVIANOS (VL)	370	479
BUS(BM)	29	7
CAMIONES (2DA)	278	99
CAMIONES (2DB)	99	40
CAMIONES (3A)	27	7
<b>TOTALES</b>	<b>803</b>	<b>632</b>

Tabla 26. TPDA 2017 del grupo "A" y grupo "B".

**Proyecciones del TPDA**

Las tasas de crecimiento que se utilizan para el cálculo de las proyecciones del tráfico en diferentes periodos son las recomendadas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) como se indica en la Tabla 27.

PRÓVINCIA	PERIODO	TASAS DE CRECIMIENTO (%)		
		LIVIANO	BUS	CAMION
PICHINCHA	2005-2010	4.05	2.53	3.68
	2010-2015	3.49	2.25	3.27
	2015-220	3.04	2.02	2.94
	2020-2030	2.67	1.84	2.67
GUAYAS	2005-2010	4.21	2.24	2.52
	2010-2015	3.75	1.99	2.24
	2015-220	3.37	1.80	2.02
	2020-2030	3.06	1.63	1.84
AZUAY	2005-2010	4.53	1.69	3.37
	2010-2015	3.91	1.50	3.08
	2015-220	3.42	1.35	2.78
	2020-2030	3.02	1.23	2.52

Tabla 27. Tasas de crecimiento anual de tráfico vehicular según recomendación MTO (11).

Con las tasas de crecimiento indicadas se proyecta el TPDA a partir del año 2017, año probable de inicio de servicio hasta el final del período de diseño mediante la siguiente expresión:

$$T_f = T_a \times (1 + i)^n \quad \text{(Ecuación 2)}$$

donde:

UNIVERSIDAD DE CUENCA

$T_f$ = Tráfico futuro

$T_a$ = Tráfico actual

$i$ = tasa de crecimiento del parque automotor

$n$ = # de años

A continuación, se presenta la distribución de vehículos livianos y pesados, tanto para el año actual como para las proyecciones futuras.

En la Tabla 28 se realiza la proyección de vehículos del grupo “A” para los años 2027 y 2037 es decir para 20 años considerando vehículos livianos y pesados.

TIPO DE VEHÍCULO	% DE DISTRIBUCIÓN	AÑO 2017	AÑO 2027	AÑO 2037
LIVIANOS (VL)	46,08	370	498	670
BUS(BM)	3,61	29	32	37
CAMIONES (2DA)	34,62	278	356	457
CAMIONES (2DB)	12,33	99	126	162
CAMIONES (3A)	3,36	27	34	44
TOTALES	100,00	803	1.046	1.370

Tabla 28. Distribución de tráfico considerando livianos y pesados- Grupo “A”.

En la Tabla 29 se realiza la proyección de vehículos del grupo “B” para los años 2027 y 2037 es decir para 20 años considerando vehículos livianos y pesados.

TIPO DE VEHÍCULO	% DE DISTRIBUCIÓN	AÑO 2017	AÑO 2027	AÑO 2037
LIVIANOS (VL)	75,79	479	644	868
BUS(BM)	1,11	7	7	8
CAMIONES (2DA)	15,66	99	126	162
CAMIONES (2DB)	6,33	40	51	65
CAMIONES (3A)	1,11	7	8	11
TOTALES	100,00	632	836	1.114

Tabla 29. Distribución de tráfico considerando livianos y pesados- Grupo “B”.

En la Tabla 30 se realiza la proyección de vehículos del grupo “A” para los años 2027 y 2037 es decir para 20 años considerando únicamente pesados.

TIPO DE VEHÍCULO	% DE DISTRIBUCIÓN	AÑO 2017	AÑO 2027	AÑO 2037
BUS(BM)	6,70	29	32	37
CAMIONES (2DA)	64,20	278	356	457
CAMIONES (2DB)	22,86	99	126	162
CAMIONES (3A)	6,24	27	34	44
TOTALES	100,00	433	548	700

Tabla 30. Distribución de tráfico considerando únicamente pesados - Grupos "A".

Mientras que en la Tabla 31 se realiza la proyección de vehículos del grupo "B" para los años 2027 y 2037 considerando únicamente pesados.

TIPO DE VEHÍCULO	% DE DISTRIBUCIÓN	AÑO 2017	AÑO 2027	AÑO 2037
BUS(BM)	4,58	7	7	8
CAMIONES (2DA)	64,71	99	126	162
CAMIONES (2DB)	26,14	40	51	65
CAMIONES (3A)	4,58	7	8	11
TOTALES	100,00	153	192	246

Tabla 31. Distribución de tráfico considerando únicamente pesados - Grupos "B".

Con los parámetros indicados, y considerando el factor de equivalencia para cada eje que interviene en la distribución característica, se procede a determinar el total de ejes equivalentes de 8.2 ton en el carril de diseño. Para el cálculo se la ha considerado como una vía de dos carriles, uno en cada dirección, se considera que el 50% del tráfico total circulará por cada una de ellas, además eventualmente el tráfico en un solo sentido se reparte en todo lo ancho de la vía, funcionando la misma como si fuera de dos carriles, en tal virtud el tráfico final se verá afectado por el coeficiente 0.50 por carril de diseño según la Tabla 32.

Número de carriles en ambas direcciones	LD <sup>10</sup>
2	50
4	45
6 o más	40

Tabla 32. Factor de distribución por dirección (Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO. 1,992).

Previamente se deberá determinar el factor de daño, para cada clase de vehículo, correlacionado a un eje de 8.2 ton de carga, diferenciando los ejes para rueda simple, rueda doble y tándem.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

### Determinación del número de ejes equivalentes de 8.2 Tn (ESALS)

Como no se cuenta con un modelo de planificación de redes de transportes adecuadamente calibrados, la estimación del número de aplicaciones de carga del eje equivalente se la puede realizar mediante la utilización de la ecuación 3.

$$N = \frac{(T_i + T_f)}{2} \times n \times FC \times K \quad \text{(Ecuación 3)}$$

donde:

T<sub>i</sub> = Tráfico inicial.

T<sub>f</sub> = Tráfico futuro.

n = Número de días del período de diseño.

FC = Factor de equivalencia de cargas.

K = Factor de distribución de tráfico en el carril de diseño, que para el presente caso será de 0,5.

Previamente se deberá determinar el factor de daño para cada clase de vehículo, correlacionado a un eje de 8.2 toneladas de peso, para lo cual se utilizó las siguientes expresiones para rueda simple, rueda doble y tándem respectivamente, las mismas que se han obtenido a partir de los resultados del AASHTO ROAD TEST <sup>(12)</sup>:

$FD = \left(\frac{P}{6.6}\right)^4$	$FD = \left(\frac{P}{8.2}\right)^4$	$FD = \left(\frac{P}{13.6}\right)^4$
-------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------

donde:

FD = Factor de daño para un eje de peso P

P = Peso del eje en Toneladas (T).

En la Tabla 33 se realiza el cálculo del factor de daño, la carga equivalente a 8,2 T y aplicando la ecuación 3 se obtiene los ejes equivalentes para 10 y 20 años considerados en el diseño para el grupo A considerando livianos y pesados.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

TIPO DE VEHÍCULO	EJES	CARGA POR EJE (TON)	% DE DISTRIBUCIÓN	FACTOR DE DAÑO	CARGA EQUIVALENTE DE 8.2 TON	TIPO DE EJE
LIVIANOS (VL)	1	1	46,08	0,00052702	0,000243	SIMPLE
	2	2,5		0,02058658	0,009486	SIMPLE
BUS(BM)	1	3,9	3,61	0,12192217	0,004403	SIMPLE
	2	9,2		1,58451334	0,057224	DOBLE
CAMIONES (2DA)	1	3	34,62	0,04268834	0,014779	SIMPLE
	2	7		0,53105164	0,183851	DOBLE
CAMIONES (2DB)	1	6	12,33	0,68301346	0,084207	SIMPLE
	2	11		3,23828696	0,399241	DOBLE
CAMIONES (3A)	1	6	3,36	0,28664845	0,009638	DOBLE
	2	20		4,67696747	0,157258	TANDEM
SUMATORIA					0,920330	
ESAL = 1.552.792 REPETICIONES 10 AÑOS						
ESAL = 3.649.774 REPETICIONES 20 AÑOS						

Tabla 33. Determinación del N° de Ejes Eq. a 8.2 Ton considerando livianos y pesados - Grupo "A".

En la Tabla 34 se realiza el cálculo del factor de daño, la carga equivalente a 8,2 ton y aplicando la ecuación 3 se obtiene el ESAL para 10 y 20 años considerados en el diseño para el grupo B considerando livianos y pesados.

TIPO DE VEHÍCULO	EJES	CARGA POR EJE (TON)	% DE DISTRIBUCIÓN	FACTOR DE DAÑO	CARGA EQUIVALENTE DE 8.2 TON	TIPO DE EJE
LIVIANOS (VL)	1	1	75,79	0,00052702	0,000399	SIMPLE
	2	2,5		0,02058658	0,015603	SIMPLE
BUS(BM)	1	3,9	1,11	0,12192217	0,001350	SIMPLE
	2	9,2		1,58451334	0,017550	DOBLE
CAMIONES (2DA)	1	3	15,66	0,04268834	0,006687	SIMPLE
	2	7		0,53105164	0,083187	DOBLE
CAMIONES (2DB)	1	6	6,33	0,68301346	0,043229	SIMPLE
	2	11		3,23828696	0,204955	DOBLE
CAMIONES (3A)	1	6	1,11	0,28664845	0,003175	DOBLE
	2	20		4,67696747	0,051802	TANDEM
SUMATORIA					0,427937	
ESAL = 573.243 REPETICIONES 10 AÑOS						
ESAL = 1.363.599 REPETICIONES 20 AÑOS						

Tabla 34. Determinación del N° de Ejes Eq. a 8.2 Ton considerando livianos y pesados - Grupo "B".

En la Tabla 35 se realiza el cálculo del factor de daño, la carga equivalente a 8,2 ton y aplicando la ecuación 3 se obtiene el ESAL para 10 y 20 años considerados en el diseño para el grupo A considerando solamente pesados.



TIPO DE VEHÍCULO	EJES	CARGA POR EJE (TON)	% DE DISTRIBUCIÓN	FACTOR DE DAÑO	CARGA EQUIVALENTE DE 8.2 TON	TIPO DE EJE
BUS(BM)	1	3,9	6,70	0,12192217	0,008166	SIMPLE
	2	9,2		1,58451334	0,106122	DOBLE
CAMIONES (2DA)	1	3	64,20	0,04268834	0,027407	SIMPLE
	2	7		0,53105164	0,340952	DOBLE
CAMIONES (2DB)	1	6	22,86	0,68301346	0,156162	SIMPLE
	2	11		3,23828696	0,740394	DOBLE
CAMIONES (3A)	1	6	6,24	0,68301346	0,042590	SIMPLE
	2	20		4,67696747	0,291635	TANDEM
SUMATORIA					1,713429	
ESAL =		1.840.556	REPETICIONES 10 AÑOS			
ESAL =		4.251.479	REPETICIONES 20 AÑOS			

Tabla 35. Determinación del N° Ejes Equi. a 8.2 Ton considerando únicamente pesados – Grupo “A”.

Analizando el ESAL para periodos de diseño de 10 y 20 años de los cálculos realizados tomando en cuenta solo pesados se observa que este es mayor por lo tanto es el que se considera para el diseño del pavimento.

En la Tabla 36 al aplicar la ecuación se obtiene los factores de daño, la carga equivalente a 8,2 ton para 10 y 20 años considerados en el diseño para el grupo B considerando solamente pesados.

TIPO DE VEHÍCULO	EJES	CARGA POR EJE (TON)	% DE DISTRIBUCIÓN	FACTOR DE DAÑO	CARGA EQUIVALENTE DE 8.2 TON	TIPO DE EJE
BUS(BM)	1	3,9	4,58	0,12192217	0,005578	SIMPLE
	2	9,2		1,58451334	0,072494	DOBLE
CAMIONES (2DA)	1	3	64,71	0,04268834	0,027622	SIMPLE
	2	7		0,53105164	0,343622	DOBLE
CAMIONES (2DB)	1	6	26,14	0,68301346	0,178566	SIMPLE
	2	11		3,23828696	0,846611	DOBLE
CAMIONES (3A)	1	6	4,58	0,68301346	0,031249	SIMPLE
	2	20		4,67696747	0,213979	TANDEM
SUMATORIA					1,719720	
ESAL =		649.667	REPETICIONES 10 AÑOS			
ESAL =		1.502.709	REPETICIONES 20 AÑOS			

Tabla 36. Determinación del N° Ejes Equi. a 8.2 Ton considerando únicamente pesados – Grupo “B”.

De igual manera el ESAL calculado para periodos de diseño de 10 y 20 años tomando en cuenta solo vehículos pesados se observa que este es mayor y es el que se considera para el diseño del pavimento.



### 4.3 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Este tipo de pavimentos están formados por una capa de rodadura de hormigón asfáltico, apoyada generalmente sobre capas no rígidas, la base y la subbase., para este diseño se utilizará el método propuesto por la ASSHTO – 93.

En el presente estudio se propone como alternativas de estructura de pavimento la colocación de carpeta asfáltica.

Para el dimensionamiento de espesores de las diferentes capas que componen el pavimento, se utilizó el método AASHTO, el modelo matemático utilizado para el dimensionamiento se fundamenta en la información obtenida empíricamente por la AASHTO ROAD TEST es:

$$\text{Log}_{10}(W_{82}) = Z_r * S_0 + 9.36 * \text{Log}_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{Log} MR - 8.07$$

#### (Ecuación 4)

$W_{82}$  = Número previsto de ejes equivalentes a 8.2 toneladas.

$Z_r$  = Desviación estándar normal, correspondiente a un nivel de confiabilidad de manera que exista una probabilidad determinada, de que el tránsito realmente soportado sea inferior a  $Z_r \times S_0$ . Se propone considerar un nivel de confiabilidad de 95%; sin embargo, de acuerdo con AASHTO, mostrada en la Tabla 37, ya las vías en estudio se asemejan a vías colectoras donde el rango esta entre 80% a 95% por lo tanto se ha considerado un nivel de confiabilidad de 85%; es decir que se espera una probabilidad del 15%, que el tránsito soportado por la vía sea realmente mayor al calculado y con ello lo recomendado por la AASHTO la desviación estándar de -1.037.

CLASIFICACION FUNCIONAL	NIVELES RECOMENDADOS	
	URBANOS	RURALES
Carreteras interestatales y autopistas	85 - 99,9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Vías colectoras	80 - 95	75 - 95
Vías locales	50 - 80	50 - 80

Tabla 37. Recomendación ASSHTO Nivel de Confiabilidad <sup>(10)</sup>.

En la Tabla 38 es la recomendación AASHTO para la desviación estándar



CONFIABILIDAD (%)	DESVIACION ESTANDAR
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
95	-1.645
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090

Tabla 38. Recomendación ASSHTO Desviación Estándar <sup>(10)</sup>.

S<sub>o</sub> = Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento, para pavimentos flexibles S<sub>o</sub> debe considerarse entre 0.40 - 0.50; se ha tomado el valor de 0.45

SN = Número estructural, en donde

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 + a_3 \times D_3 \quad \text{(Ecuación 5)}$$

a<sub>i</sub> = Coeficiente estructural de la capa i

D<sub>i</sub> = Espesor de la capa i

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y final, para la presente consultoría se considera como índice de servicio inicial el valor de 4.2 y el índice de servicio final de 2.0.

MR = Módulo resiliente de la subrasante = 1500\*CBR (psi)

### Números estructurales calculados

En la Tabla 39 se realiza el cálculo del número estructural para 10 y 20 años de diseño de las vías pertenecientes al grupo "A" y "B".

Parámetro	"A" AÑO 2027	"A" AÑO 2037	"B" AÑO 2027	"B" AÑO 2037
W <sub>82</sub>	1.840.556	4.251.479	649.667	1.502.709
Z	-1,037	-1,037	-1,037	-1,037
S <sub>o</sub>	0,45	0,45	0,45	0,45
ΔPsi	2,20	2,20	2,20	2,20
P <sub>t</sub>	2,00	2,00	2,00	2,00
MR	6000	6000	4650	4650
CBR	4,12	4,12	3,15	3,15
SN	3,78	4,26	3,54	4,00

Tabla 39. Número estructural hasta año 2027 y 2037 – Grupo "A" y "B".

#### 4.4 REALIZACIÓN DE VARIANTES O ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Con los números estructurales determinados se procede a distribuir en espesores de las diferentes capas del pavimento, considerando los valores estructurales para cada una de ellas, se presenta dos alternativas.

La primera será utilizando material de la mina Amorgeo y la segunda con material de la Mina Chiquita Loma.

En la Tabla 40 se indica los coeficientes estructurales recomendados por el AASHTO.

COEFICIENTE DE CAPAS DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO		
CLASE DE MATERIAL	NORMAS	COEF. (cu)
<b>CAPA DE SUPERFICIE</b>		
Concreto Asfáltico	EST. DE MARSHALL 1000-1800 LBS	0.134-0.173
Arena Asfáltica	EST. DE MARSHALL 500-800 LBS	0.079-0.118
Carpeta Bituminosa Mezclada en el Camino	EST. DE MARSHALL 300-600 LBS	0.059-0.098
<b>CAPA DE BASE</b>		
Agregados Triturados graduados uniformemente	P.I. 0-4, C B R > 100%	0.047-0.055
Grava Graduada Uniformemente	P.I. 0-4, C B R > 30- 80%	0.028-0.051
Concreto Asfáltico	EST. DE MARSHALL 1000-1600 LBS	0.098-0.138
Arena Asfáltica	EST. DE MARSHALL 500-800 LBS	0.059-0.098
Agregado Grueso Estabilizado con cemento	RESIST. A LA COMP. 28-46 KG/CM2	0.079-0.138
Agregado Grueso Estabilizado con cal	RESIST. A LA COMP. 7 KG/CM2	0.059-0.118
Suelo Cemento	RESIST. A LA COMP. 18-32 KG/CM2	0.047-0.079
<b>CAPA DE SUB-BASE</b>		
Arena – Grava, graduada uniformemente	P.I. 0-6, C B R 30 +%	0.035-0.043
Suelo – Cemento	RESIST. A LA COMP. 18-32 KG/CM2	0.059-0.071
Suelo – Cal	RESIST. A LA COMP. 5 KG/CM2	0.059-0.071
<b>MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE</b>		
Arena o Suelo Seleccionado	P.I. 0-10	0.020-0.035
Suelo con Cal	3% MIN. DE CAL EN PESO DE LOS SUELOS	0.028-0.039
<b>TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO</b>		
Triple Riego		0.40
Doble Riego		0.25
Simple Riego		0.15

Tabla 40. Coeficientes estructurales de materiales para diseño de pavimento Flexible<sup>(12)</sup>.

- El coeficiente estructural que para la capa de superficie es de 0.173 debido a que el diseño es pavimento flexible con concreto asfáltico.
- El coeficiente estructural que se utilizará para base será variable de acuerdo con las alternativas del diseño la misma que estará basado en el CBR de cada tipo de material de base que se realizará en forma proporcional para su determinación.
- El material de mejoramiento indicado en el diseño será: la mezcla de material de la mina Amorgeo con material del río Santa Bárbara, en una proporción 1:1 en volumen que tiene un valor de CBR=16% para el caso de del material de Amorgeo y CBR=20% para el material de Chiquita Loma tomados de la sección 3.4 literal b; con ello establecemos un coeficiente estructural de para los dos materiales 0.035.

## Alternativa N° 1. - Diseño con mina Amorgeo

### • Grupo "A" (Opción "X")

El coeficiente estructural de la capa del material de mina Amorgeo, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 1,00 kg/m<sup>3</sup> de Terrasil"; se ha determinado de manera proporcional realizando una regla de tres simple desde el valor del CBR de 100%, en función del valor del CBR obtenido 112%.

CBR al 100%	Coficiente estructural
100%	0,055
112%	0,062

Para el grupo "A" (opción X) se toma como material de base material de mina Amorgeo, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 1,00 Kg/m<sup>3</sup> de Terrasil. Por lo tanto, la estructura del pavimento se muestra en la Tabla 41.

Diseño de pavimento	Espesor (cm)	Coficiente estructural	Número estructural calculado
Carpeta asfáltica	7,620 (3")	0,173	1,318
Base	25,000	0,062	1,540
Mejoramiento subrasante	25,000	0,035	0,875
<b>TOTAL</b>	<b>57,620</b>		<b>3,73</b>

Tabla 41. Estructura de la vía para el grupo "A" opción X.

### • Grupo "A" (Opción "Y")

Este grupo corresponde a la capa de material de base producto de material de la mina Amorgeo, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 3,00% de cemento.

El coeficiente estructural de la capa se ha determinado de manera proporcional, en función del valor del ensayo de compresión simple de la Tabla 15 donde se obtuvo una resistencia de 34 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días y de la Tabla 38 se observa que el material es un suelo cemento con la norma que la resistencia esta entre 18 a 32 kg/cm<sup>2</sup> realizando una regla de tres simple con valores de resistencia a compresión de 32 kg/cm<sup>2</sup> se obtiene:

Resistencia a la compresión a los 28 días	Coefficiente estructural
32 kg/cm <sup>2</sup>	0,079
34 kg/cm <sup>2</sup>	0,084

Por lo tanto, la estructura del pavimento se describe en la Tabla 42.

DISEÑO DE PAVIMENTO	Espesor (cm)	Coefficiente Estructural	Número estructural calculado
Carpeta asfáltica	7,620 (3")	0,173	1,318
Base	20,000	0,084	1,680
Mejoramiento subrasante	25,000	0,035	0,875
<b>TOTAL</b>	<b>52,620</b>		<b>3,87</b>

Tabla 42. Estructura de la vía para el grupo "A" opción Y.

### • Grupo "A" (Opción "Z")

La base para esta opción es con material de la mina Amorgeo, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 0,50 kg/m<sup>3</sup> de Terrasil + 1,50% de cemento.

El coeficiente estructural se lo determina de la misma manera como se lo determino en el grupo "A" opción X por medio del ensayo de compresión simple.

Resistencia a la compresión a los 28 días	Coefficiente estructural
32 kg/cm <sup>2</sup>	0,079
28 kg/cm <sup>2</sup>	0,069

Una vez establecido el coeficiente estructural la estructura del pavimento viene dada en la Tabla 43.

Diseño de pavimento	Espesor (CM)	Coefficiente estructural	Número estructural calculado
Carpeta asfáltica	7,620 (3")	0,173	1,318
Base	25,000	0,069	1,725
Mejoramiento subrasante	20,000	0,035	0,700
<b>TOTAL</b>	<b>52,620</b>		<b>3,74</b>

Tabla 43. Estructura de la vía para el grupo "A" opción Z.

UNIVERSIDAD DE CUENCA

Al finalizar la primera etapa del diseño (10 años), será necesario realizar un recapeo cuya finalidad será dar capacidad estructural para cubrir la segunda etapa del diseño y reponer la textura de la calzada, con el siguiente espesor:

$$d_i = (SN_{20} - SN_{10}) / a_{\text{carpeta}} = 0.49 / 0.173 = 2.83 \text{ cm.}$$

como 2,83cm es un número no manejable constructivamente, por lo tanto, la capa a recapear de hormigón asfáltico es de 3.81 cm (1.5") de espesor.

• **Grupo "B" (opción "X")**

La estructura de base para esta alternativa de diseño está dada por el material de mina Amorgeo, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 1,00 kg/m<sup>3</sup> de Terrasil.

El coeficiente estructural su valor es de 0,062 que fue obtenido en el Grupo "A" opción X, en función del valor del CBR obtenido 112%. La estructura del pavimento se especifica en la Tabla 44.

Diseño de pavimento	Espesor (cm)	Coficiente estructural	Número estructural calculado
Carpeta asfáltica	6,35 (2,5")	0,173	1,099
Base	25,000	0,062	1,554
Mejoramiento subrasante	25,000	0,035	0,875
<b>TOTAL</b>	<b>56,350</b>		<b>3,53</b>

Tabla 44. Estructura de la vía para el grupo "B" opción X.

• **Grupo "B" (Opción "Y")**

La producción de base para esta alternativa es producto de material de la mina Amorgeo, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 3,00% de cemento.

El coeficiente estructural es la misma obtenida del Grupo "A" opción Y, cuyo valor es de 0,084. Por lo tanto, la estructura del pavimento viene dada en la Tabla 45.

Diseño de pavimento	Espesor (cm)	Coficiente estructural	Número estructural calculado
Carpeta asfáltica	6,350 (2,5")	0,173	1,099
Base	20,000	0,084	1,680
Mejoramiento subrasante	25,000	0,035	0,875
<b>TOTAL</b>	<b>51,350</b>		<b>3,65</b>

Tabla 45. Estructura de la vía para el grupo "B" opción Y.

• **Grupo “B” (Opción “Z”)**

En esta opción el material de base se obtiene por medio de material de la mina Amorgeo, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 0,50 kg/m<sup>3</sup> de Terrasil + 1,50% de cemento y el coeficiente estructural es el mismo determinado en el Grupo “A” opción Z, cuyo valor es de 0,069. Por lo tanto, la estructura del pavimento se describe en la Tabla 46.

Diseño de pavimento	Espesor (cm)	Coficiente estructural	Número estructural calculado
Carpeta asfáltica	6,350 (2,5”)	0,173	1,099
Base	20,000	0,069	1,380
Mejoramiento subrasante	30,000	0,035	1,050
<b>TOTAL</b>	<b>56,350</b>		<b>3,53</b>

Tabla 46. Estructura de la vía para el grupo "B" opción Z.

La primera etapa del diseño corresponde a los primeros 10 años de servicio por lo que es necesario realizar un recapeo cuya finalidad es dar capacidad estructural para cubrir la segunda etapa del diseño y reponer la textura de la calzada, con el siguiente espesor:

$$d_i = (SN_{20} - SN_{10}) / a_{\text{carpeta}} = 0.47 / 0.173 = 2.72 \text{ cm}$$

como el valor  $d_i$  calculado no es trabajable en el ámbito de la construcción aumentamos el espesor a **3,81 cm (1.5”)** de capa de hormigón asfáltico.

**Alternativa N°2. - Diseño con mina Chiquita Loma**

• **Grupo “A” (Opción “X”)**

Para esta opción la mezcla para la producción de base es material de mina de Chiquita Loma, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 1,00 kg/m<sup>3</sup> de Terrasil.

El coeficiente estructural de la capa se ha determinado de manera proporcional, en función del valor del CBR obtenido 128% y con CBR del 100% cuyo coeficiente estructural es de 0,055.

CBR AL 100%	COEFICIENTE ESTRUCTURAL
100%	0,055
128%	0,070

Por lo tanto, la estructura del pavimento se muestra en la Tabla 47.

Diseño de pavimento	Espesor (cm)	Coefficiente estructural	Número estructural calculado
Carpeta asfáltica	7,620 (3")	0,173	1,318
Base	25,000	0,070	1,760
Mejoramiento subrasante	20,000	0,035	0,700
<b>TOTAL</b>	<b>52,620</b>		<b>3,78</b>

Tabla 47. Estructura de la vía para el grupo "A" opción X.

### • Grupo "A" (Opción "Y")

La base a ser preparada para esta alternativa es con material de la mina Chiquita Loma, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 3,00% de cemento. Para el cálculo del coeficiente estructural se ha determinado en base a la resistencia a la compresión en donde para esta mezcla de material se obtuvo el valor de 36 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días y con referencia a la Tabla 39 el coeficiente estructural para una resistencia a la compresión de 32kg/cm<sup>2</sup> es de 0,079 y aplicando una regla de tres simple el coeficiente para este material es de 0,089. Por lo tanto, la estructura del pavimento se muestra en la Tabla 48.

Diseño de pavimento	Espesor (cm)	Coefficiente estructural	Número estructural calculado
Carpeta asfáltica	7,620 (3")	0,173	1,318
Base	20,000	0,089	1,780
Mejoramiento subrasante	20,000	0,035	0,700
<b>TOTAL</b>	<b>47,620</b>		<b>3,80</b>

Tabla 48. Estructura de la vía para el grupo "A" opción Y.

### • Grupo "A" (Opción "Z")

La base por preparar será con material de la mina de Chiquita Loma, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 0,50 kg/m<sup>3</sup> de Terrasil + 1,50% de cemento. El coeficiente estructural tomado de la Tabla 39 con una capa de base suelo cemento en donde la resistencia a compresión de 32 kg/cm<sup>2</sup> nos da un coeficiente de 0,079, para esta mezcla nuestra resistencia es de 31 kg/cm<sup>2</sup> el coeficiente estructural se calcula de forma proporcional dándonos un valor de 0,077 y realizando los cálculos la estructura del pavimento viene dada en la Tabla 49.

Diseño de pavimento	Espesor (cm)	Coficiente estructural	Número estructural calculado
Carpeta asfáltica	7,620 (3")	0,173	1,318
Base	20,000	0,077	1,540
Mejoramiento subrasante	25,000	0,035	0,875
<b>TOTAL</b>	<b>52,620</b>		<b>3,73</b>

Tabla 49. Estructura de la vía para el grupo "A" opción Z.

Para la primera etapa del diseño es decir a los primeros 10 años de servicio es necesario realizar un recapeo para el mantenimiento de la vía y pueda dar servicio segunda etapa del diseño y reponer la textura de la calzada, con el siguiente espesor:

$$di = (SN_{20} - SN_{10}) / a_{\text{carpeta}} = 0.52 / 0.173 = \mathbf{3.00 \text{ cm}}$$

se deberá recapear con una capa de hormigón asfáltico de 3.00 cm de espesor debido a que en el campo de la construcción en carpetas asfálticas no es un numero trabajable se aumenta a 3.81 cm es decir **1,5"** de espesor.

• **Grupo "B" (Opción "X")**

Como la mezcla para la obtención de base es la misma que la alternativa 2, grupo "A" (opción "X") por lo tanto el coeficiente estructural es el mismo, es decir de 0,070.

Con este valor se procede a calcular la estructura del pavimento cuyos espesores se muestra en la Tabla 50. Es importante recordar que el material de base es por la mezcla de material de mina Chiquita Loma, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 1,00 kg/m<sup>3</sup> de Terrasil.

Diseño de pavimento	Espesor (cm)	Coficiente estructural	Número estructural calculado
Carpeta asfáltica	6,350 (2,5")	0,173	1,099
Base	25,000	0,070	1,750
Mejoramiento subrasante	20,000	0,035	0,700
<b>TOTAL</b>	<b>51,350</b>		<b>3,55</b>

Tabla 50. Estructura de la vía para el grupo "B" opción X.

• **Grupo “B” (Opción “Y”)**

El material de base a utilizar el la mismo establecido en la alternativa 2 grupo “A” (opción “Y”) es decir, material de la mina Chiquita Loma, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 3,00% de cemento, por lo tanto, el coeficiente estructural también es el mismo cuyo valor es de 0,089 y la estructura del pavimento se detalla en la Tabla 51.

Diseño de pavimento	Espesor (cm)	Coficiente estructural	Número estructural calculado
Carpeta asfáltica	6,350 (2,5”)	0,173	1,099
Base	20,000	0,089	1,780
Mejoramiento subrasante	20,000	0,035	0,700
<b>TOTAL</b>	<b>46,350</b>		<b>3,58</b>

Tabla 51. Estructura de la vía para el grupo "B" opción Y.

• **Grupo “B” (Opción “Z”)**

El material de base a utilizar es con material de mina de Chiquita Loma mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 0,50 kg/m<sup>3</sup> de Terrasil + 1,50% de cemento, al ser el mismo material que en la alternativa 2 grupo “A” (opción “Z”) el coeficiente estructural es el mismo que se obtuvo anteriormente cuyo valor es de 0,077 y la estructura del pavimento se especifica en la Tabla 52.

Diseño de pavimento	Espesor (cm)	Coficiente estructural	Número estructural calculado
Carpeta asfáltica	6,350 (2,5”)	0,173	1,099
Base	20,000	0,077	1,540
Mejoramiento subrasante	25,000	0,035	0,875
<b>TOTAL</b>	<b>51,350</b>		<b>3,51</b>

Tabla 52. Estructura de la vía para el grupo "B" opción Z.

En la primera etapa del diseño a los primeros 10 años de servicio se necesita realizar un recapeo para cubrir la segunda etapa del diseño y reponer la textura de la calzada, con el siguiente espesor:

$$di = (SN_{20} - SN_{10}) / a_{carpeta} = 0.48 / 0.173 = \mathbf{2.77 \text{ cm}}$$

se deberá recapear con una capa de hormigón asfáltico de 2.77 cm de espesor, pero como no es una medida trabajable en construcción se puede realizarlo con una capa de 1,5 pulgadas es decir de 3,81 cm.

**Alternativa N° 3. – Diseño con material de base granular convencional  
Clase 1 Tipo B, existente en el sector del Descanso – mina Roca Azul**

• **Grupo “A”**

Esta alternativa se realiza con material de base proveniente del sector el Descanso específicamente de la mina de Roca Azul para poder realizar el análisis de costos en el capítulo 5.

El coeficiente estructural de capa de base granular Clase 1 Tipo B debida a que es un agregado triturado graduados uniformemente y cuyo valor oscila entre 0,047 y 0,055 como se indica en la Tabla 39 por lo que se asumió un valor promedio es decir 0,051 tanto para las vías del grupo “A” como las del grupo “B”.

El coeficiente estructural del material de mejoramiento es de 0.035 que es el mismo que se tiene en la zona de estudio es decir mezcla de material de la mina de Amorgeo o Chiquita Loma con material del río Santa Bárbara en proporción 1:1.

Con los coeficientes establecidos la estructura del pavimento para el grupo A y del grupo B se muestra en la Tabla 53.

Diseño de pavimento	Espesor (cm)	Coficiente estructural	Número estructural calculado
<b>Grupo A</b>			
Carpeta asfáltica	7,620 (3")	0,173	1,318
Base granular Clase 1 Tipo B	15,000	0,051	0,765
Subbase granular	20,000	0,043	0,860
Mejoramiento subrasante	25,000	0,035	0,875
<b>TOTAL</b>	<b>67,620</b>		<b>3,82</b>
<b>Grupo B</b>			
Carpeta asfáltica	7,620 (3")	0,173	1,318
Base granular Clase 1 Tipo B	20,000	0,051	1,020
Mejoramiento subrasante	35,000	0,035	1,225
<b>TOTAL</b>	<b>62,620</b>		<b>3,56</b>

Tabla 53. Estructura de la vía para el grupo "A" y "B" con material de base Clase 1 Tipo B.

Es necesario realizar un recapeo al finalizar los primeros 10 años de servicio cuya finalidad será dar capacidad estructural para poder cubrir la segunda etapa del diseño por lo que se debe reponer la textura de la calzada, con el siguiente espesor:

$$d_i = (SN_{20} - SN_{10}) / a_{\text{carpeta}} = 0.44 / 0.173 = \mathbf{2.54 \text{ cm (1")}}$$

se deberá recapear con una capa de hormigón asfáltico de **1 pulgada** de espesor.

## 4.5 DETALLES DEL DISEÑO GEOMÉTRICO

Aquí se presenta una breve descripción para el diseño horizontal, se tomó los anchos establecidos por el departamento de planificación y de acuerdo con el tráfico que demanda cada vía. Debido a que se establecieron dos grupos de acuerdo con el tráfico vehicular estos son el grupo A y B; para el grupo el ancho varía entre 7 a 9 metros y para los del grupo B el ancho es de 5 a 7 metros.

En la Tabla 54 se indica las calles con sus anchos establecidos.

GRUPO	CALLE	ENTRE	ANCHO (M)
<b>A</b>	VIA AL PUENTE DE JERUSALEN	LUIS RODRIGUEZ Y PUENTE DE JERUSALEN	9
	ESPINOZA	VEGA MUÑOZ Y JOSE VELEZ	8
<b>B</b>	DE LAS TEJERIAS Y CALLE S/N	AV. KENNEDY	6
	CALLE S/N	LUIS RODRIGUEZ Y CALLE S/N	6
	PADRE LUIS RODRIGUEZ	JOSE AGUIRRE Y VIA AL PUENTE JERUSALEN	7
	CALLE S/N	VIA A DACTE Y CALLE S/N	6
	CALLE S/N	CALLE S/N Y CALLE S/N	6
	CALLE S/N	GARCIA MORENO Y CALLE S/N	6
	ESPINOZA	GARCIA MORENO Y CALLE S/N	6
	CALLE S/N	CALLE S/N Y CALLE S/N	6
	CALLE TORRES	MOSCOYO Y VENADO	6
	PROL. CALLE SALAZAR	ESPINOZA Y CALLE S/N	6
	16 DE ABRIL	ESPINOZA Y CALLE S/N	6
	JOSE MARIA VELEZ	VENADO Y VIA A GUEL	6
	DAVILA	ESPINOZA Y CALLE S/N	6
	GONZALES SUAREZ	RODIL Y RESTAURACION	6
	RODIL	GONZALEZ SUARES Y VIA AL ORIENTE	6
HUMBERTO ESQUIVEL	GONZALEZ SUARES Y VIA AL ORIENTE	6	

Tabla 54. Vías con los anchos establecidos.

El problema radica que en zonas urbanas no pavimentadas existen edificaciones construidas las mismas que tienen distintas alturas ya que fueron construidas de acuerdo con la vía existente, pero con el pasar de los años estas vías han elevado su nivel por mantenimiento vial o mejoras de agua potable y/o alcantarillado por lo tanto existen edificaciones que su nivel de plata baja se encuentran por arriba y por debajo de la vía existente.

Para este diseño se tuvo que tener cuidado de no perjudicar a las viviendas con la finalidad que las mismas sean accesibles sin hacer mayores obras de arte.



## *UNIVERSIDAD DE CUENCA*

En el anexo 3 se presenta los planos de diseño vial de cada calle con su respectivo diseño vertical, horizontal y sección de vía cuyo diseño ayudaran al GAD de Sígsig a realizar las obras de manera planificada especialmente en la construcción de edificación.

Las obras que se realicen tanto de agua potable y alcantarillado en la zona de estudio deben realizarse tomando en cuenta el diseño vial establecido, de igual manera el departamento de planificación para dar el permiso de construcción en área que no poseen de una pavimentación es importante que se respete el diseño vial y que el cantón Sígsig progrese ordenadamente.



## CAPÍTULO 5.- ANÁLISIS DE PRESUPUESTO

En este capítulo se va a realizar un análisis económico de las tres alternativas planteadas del grupo A y B, la más económica se la comparará con material de base clase 1 tipo B producido en la cantera de la Josefina (sector el Descanso). Los rubros que se analizan son los siguientes:

- ✓ Tendido y compactado con material de mejoramiento
- ✓ Tendido y compactado de material de base
- ✓ Transporte de materiales hasta 5 km
- ✓ Transporte de materiales más de 5 km
- ✓ Cargado y minado de material

El rubro de carpeta asfáltica para el análisis de presupuesto no será considerado ya que para todos los casos va a ser un mismo valor de 3" (7,62 cm).

Para el caso del mejoramiento se utilizará el material proveniente de la mina de Chiquita Loma mezclado con material de río en proporción de 1:1.

Para el análisis económico se tomará una longitud de 100 m con un ancho promedio de 6 m.

Para las opciones del grupo A en la Tabla 55 se resume las distintas estructuras del pavimento tanto con material de Amorgeo y de Chiquita Loma.

Tipo de material	Opción Grupo A	ESPESORES (cm)		
		Carpeta Asf. (cm)	Base con resinas orgánicas y/o cemento (cm)	Mejoramiento (cm)
Mina de Amorgeo	X	7,62	25	25
	Y	7,62	20	25
	Z	7,62	25	20
Mina de Chiquita Loma	X	7,62	25	20
	Y	7,62	20	20
	Z	7,62	20	25

Tabla 55. Estructura del pavimento de las vías del grupo A.

Para las opciones del grupo B en la Tabla 56 se resume las distintas estructuras del pavimento tanto con material de Amorgeo y de Chiquita Loma.

Tipo de material	Opción Grupo B	ESPEORES (cm)		
		Carpeta Asf. (cm)	Base con resinas orgánicas y/o cemento (cm)	Mejoramiento (cm)
Mina de Amorgeo	X	6,35 (2,5")	25	25
	Y	6,35 (2,5")	20	25
	Z	6,35 (2,5")	20	30
Mina de Chiquita Loma	X	6,35 (2,5")	25	20
	Y	6,35 (2,5")	20	20
	Z	6,35 (2,5")	20	25

Tabla 56. Estructura del pavimento de las vías del grupo B.

Sin considerar el espesor de la carpeta asfáltica y comparando la estructura de las vías de los dos grupos la única que varía es la opción Z de la mina de Amorgeo entre el grupo A y grupo B, por lo tanto, para el estudio económico se analizará solo los presupuestos de las distintas opciones del grupo A.

Los precios unitarios manejados para el presupuesto de cada alternativa fueron elaborados de acuerdo con las características del cantón Sígsig. El precio unitario de cada rubro consta de dos partes los costos directos y los costos indirectos.

El costo directo incluye lo que es mano de obra, equipo, materiales y transporte con los rendimientos de mano de obra y maquinaria de acuerdo con el área de trabajo. El costo indirecto incluye todos los imprevistos y utilidades que se manejan en una construcción y el GAD de Sígsig trabaja con 20% de indirectos.

Las cantidades de obra difieren en cada presupuesto debido a que la estructura del pavimento es diferente para cada opción por lo tanto diferentes valores.

## 5.1 PRESUPUESTO CON RESINAS ORGÁNICAS Y/O ESTABILIZADAS

### A.- Material de la mina de Amorgeo

**Opción X:** En la Tabla 57 se indica el presupuesto realizado con material de mina Amorgeo, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 1,00 kg/m<sup>3</sup> de Terrasil.

PRESUPUESTO					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>1</b>	<b>COLOCACIÓN Y TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA DE ESP: 3.00 PULGAGAS</b>				<b>5837,7</b>
1,001	Mezclado, Tendido y Compactado de Material de Mejoramiento (sin material)	m <sup>3</sup>	150	<b>2,51</b>	<b>376,5</b>
1,002	Transporte de material hasta 5 km	m <sup>3</sup>	390	<b>2,32</b>	<b>904,8</b>
1,003	Transporte de Material más de 5 km	m <sup>3</sup> -km	568,75	<b>0,24</b>	<b>136,5</b>
1,004	Base preparada material de Amorgeo y material de río porción 1:2 con 1 kg/m <sup>3</sup> de Terrasil	m <sup>3</sup>	150	<b>25,93</b>	<b>3889,5</b>
1,005	Cargada y minada de material a maquina	m <sup>3</sup>	390	<b>1,36</b>	<b>530,4</b>
<b>TOTAL</b>					<b>5837,7</b>

Tabla 57. Presupuesto de la opción X con material de la mina de Amorgeo.

Es importante mencionar que las cantidades de los rubros 1,002 y 1,003 son diferentes debido a que el mejoramiento como la base son con mezcla de materiales de la mina de Amorgeo y material de río las cuales se encuentran a diferentes distancias como es a 10 km y 1 km respectivamente por lo tanto el pago del rubro será todo el material con transporte hasta 5 km y el restante es decir 5 km adicionales se paga el sobre acarreo por m<sup>3</sup> – km.

**Opción Y:** En la Tabla 58 se indica el presupuesto realizado con material de mina Amorgeo, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 3% de cemento (en peso).

PRESUPUESTO					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>1</b>	<b>COLOCACIÓN Y TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA DE ESP: 3.00 PULGAGAS</b>				<b>4175,88</b>
1,001	Mezclado, Tendido y Compactado de Material de Mejoramiento (sin material)	m <sup>3</sup>	150	<b>2,51</b>	<b>376,5</b>
1,002	Transporte de material hasta 5 km	m <sup>3</sup>	351	<b>2,32</b>	<b>814,32</b>
1,003	Transporte de Material más de 5 km	m <sup>3</sup> -km	302,25	<b>0,24</b>	<b>72,54</b>
1,004	Cargada y minada de material a máquina	m <sup>3</sup>	351	<b>1,36</b>	<b>477,36</b>
1,005	Base preparada material de Amorgeo y material de río porción 1:2 con 3,0% cemento	m <sup>3</sup>	156	<b>15,61</b>	<b>2435,16</b>
<b>TOTAL</b>					<b>4175,88</b>

Tabla 58. Presupuesto de la opción X con material de la mina de Amorgeo.

**Opción Z:** En la Tabla 59 se indica el presupuesto realizado con material de mina Amorgeo, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 0,50 kg/m<sup>3</sup> de Terrasil y más 1,5% de cemento.

PRESUPUESTO					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>1</b>	<b>COLOCACIÓN Y TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA DE ESP: 3.00 PULGAGAS</b>				<b>4908,48</b>
1,001	Mezclado, Tendido y Compactado de Material de Mejoramiento (sin material)	m <sup>3</sup>	150	<b>2,51</b>	<b>376,5</b>
1,002	Transporte de material hasta 5 km	m <sup>3</sup>	351	<b>2,32</b>	<b>814,32</b>
1,003	Transporte de Material más de 5 km	m <sup>3</sup> -km	520	<b>0,24</b>	<b>124,8</b>
1,004	Cargada y minada de material a máquina	m <sup>3</sup>	351	<b>1,36</b>	<b>477,36</b>
1,005	Tendido de Base preparada material de Amorgeo y material de río porción 1:2 con 0.5 kg/m <sup>3</sup> de Terrasil y 1,5% cemento	m <sup>3</sup>	150	<b>20,77</b>	<b>3115,5</b>
<b>TOTAL</b>					<b>4908,48</b>

Tabla 59. Presupuesto de la opción X con material de la mina de Amorgeo.

### B.- Material de la mina de Chiquita Loma

**Opcion X:** En la Tabla 60 se indica el presupuesto realizado con material de mina Chiquita Loma, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 1,00 kg/m<sup>3</sup> de Terrasil.

PRESUPUESTO					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>1</b>	<b>COLOCACIÓN Y TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA DE ESP: 3.00 PULGAGAS</b>				<b>6849,33</b>
1,001	Mezclado, Tendido y Compactado de Material de Mejoramiento (sin material)	m <sup>3</sup>	150	<b>2,51</b>	<b>376,5</b>
1,002	Transporte de material hasta 5 km	m <sup>3</sup>	351	<b>2,32</b>	<b>814,32</b>
1,003	Transporte de Material más de 5 km	m <sup>3</sup> -km	520	<b>0,24</b>	<b>124,8</b>
1,004	Base preparada material de Chiquita Loma y material de río porcion1:2 con 1 kg/m <sup>3</sup> de Terrasil	m <sup>3</sup>	195	<b>25,93</b>	<b>5056,35</b>
1,005	Cargada y minada de material a maquina	m <sup>3</sup>	351	<b>1,36</b>	<b>477,36</b>
<b>TOTAL</b>					<b>1792,98</b>

Tabla 60. Presupuesto de la opción X con material de la mina de Chiquita Loma.

De la misma manera las cantidades de obra difieren por las diferentes distancias entre la mina y el material de río.

**Opción Y:** En la Tabla 61 se indica el presupuesto realizado con material de mina Chiquita Loma, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 3% de cemento.

PRESUPUESTO					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>1</b>	<b>COLOCACIÓN Y TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA DE ESP: 3.00 PULGAGAS</b>				<b>4069,02</b>
1,001	Mezclado, Tendido y Compactado de Material de Mejoramiento (sin material)	m3	150	2,51	376,5
1,002	Transporte de material hasta 5 km	m3	312	2,32	723,84
1,003	Transporte de Material más de 5 km	m3-km	455	0,24	109,2
1,004	Cargada y minada de material a máquina	m3	312	1,36	424,32
1,005	Base preparada material de Chiquita loma y material de río porción 1:2 con 3,0% cemento	m3	156	15,61	2435,16
<b>TOTAL</b>					<b>4069,02</b>

Tabla 61. Presupuesto de la opción Y con material de la mina de Chiquita Loma.

**Opción Z:** En la Tabla 62 se indica el presupuesto realizado con material de mina Chiquita Loma, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 0,50 kg/m<sup>3</sup> de Terrasil y más 1,5% de cemento.

PRESUPUESTO					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>1</b>	<b>COLOCACIÓN Y TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA DE ESP: 3.00 PULGAGAS</b>				<b>5029,2</b>
1,001	Mezclado, Tendido y Compactado de Material de Mejoramiento (sin material)	m3	150	2,51	376,5
1,002	Transporte de material hasta 5 km	m3	351	2,32	814,32
1,003	Transporte de Material más de 5 km	m3-km	503,75	0,24	120,9
1,004	Cargada y minada de material a maquina	m3	351	1,36	477,36
1,005	Tendido de Base preparada material de Amorgeo y material de río porción 1:2 con 0.5 kg/m <sup>3</sup> de Terrasil y 1,5% cemento	m3	156	20,77	3240,12
<b>TOTAL</b>					<b>5029,2</b>

Tabla 62. Presupuesto de la opción Z con material de la mina de Chiquita Loma.

## 5.2 PRESUPUESTO CON BASE PREPARADA CLASE 1 TIPO B

Para el caso del mejoramiento se utilizará el material proveniente de la mina de Chiquita Loma mezclado con material de río en porción de 1:1.

El material de base preparada de Clase 1 Tipo B esta será proveniente de las minas del sector el Descanso con una distancia del Descanso – Sígsig de 44 km y a un costo de 15 dólares por m<sup>3</sup> en cantera es valor es de la mina de Roca Azul que se encuentra en el mismo sector.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Por lo tanto, el grupo A la estructura es la siguiente: Base espesor de 20 cm y mejoramiento espesor de 30 cm.

Con la estructura mencionada anteriormente se realizó el cálculo del presupuesto como se indica en la Tabla 63 para 100 m de vía con 6 m de ancho.

PRESUPUESTO					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>1</b>	<b>COLOCACIÓN Y TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA DE ESP: 3.00 PULGAGAS</b>				<b>8075,67</b>
1,001	Mezclado, Tendido y Compactado de Material de Mejoramiento (sin material)	m3	273	2,51	685,23
1,002	Transporte de material hasta 5 km	m3	468	2,32	1085,76
1,003	Transporte de Material más de 5 km	m3-km	8141,25	0,24	1953,9
1,004	Cargada y minada de material a máquina	m3	273	1,36	371,28
1,005	Base Clase 1. Tipo "B". D< 1 1/2" tendido y compactado	m2	150	26,53	3979,5
<b>SUBTOTAL</b>					<b>8075,67</b>

Tabla 63. Presupuesto de la opción 3 con material de base proveniente del Descanso.

En conclusión, el costo de 100 m de estructura en un ancho de 6 m con material de base preparada Clase 1 Tipo B es un valor de \$ 8075,67 USD.

### 5.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

- En primer lugar, se analiza el costo más económico de las diferentes opciones con materiales de las minas de Amorgeo y Chiquita Loma. En la Tabla 64 se presenta el resumen de los presupuestos con las diferentes opciones y con los materiales de las dos minas de Amorgeo y Chiquita Loma, en donde la opción más económica es la alternativa 2 opción Y con material de mina Chiquita Loma, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 3% de cemento, a un costo de 4069,02 USD de los 100 m de estructura.

RESUMEN PRESUPUESTOS		
MINA OPCION	AMORGEO	CHIQUITA LOMA
X	5837,70	6849,33
Y	4175,88	4069,02
Z	4908,48	5029,2

Tabla 64. Resumen de presupuesto de las diferentes opciones.

UNIVERSIDAD DE CUENCA

- La opción más económica comparando el presupuesto de la alternativa 2 opción “Y” con el presupuesto utilizando base Clase 1 Tipo B en los cuales nos da los siguientes presupuestos:

Alternativa 2, Opción “Y”: 4.069,02 USD.

Alternativa 3: 8.075,67 USD.

El costo de la alternativa 3 incrementa por el transporte del material. Del análisis económico se llega a las siguientes observaciones:

- La opción más económica es la alternativa 2, opción “Y”, es decir, con material de mina Chiquita Loma, mezclado con material del río Santa Bárbara en una proporción 1:2 en volumen, estabilizado con 3% de cemento, como se indica en la Fig. 20

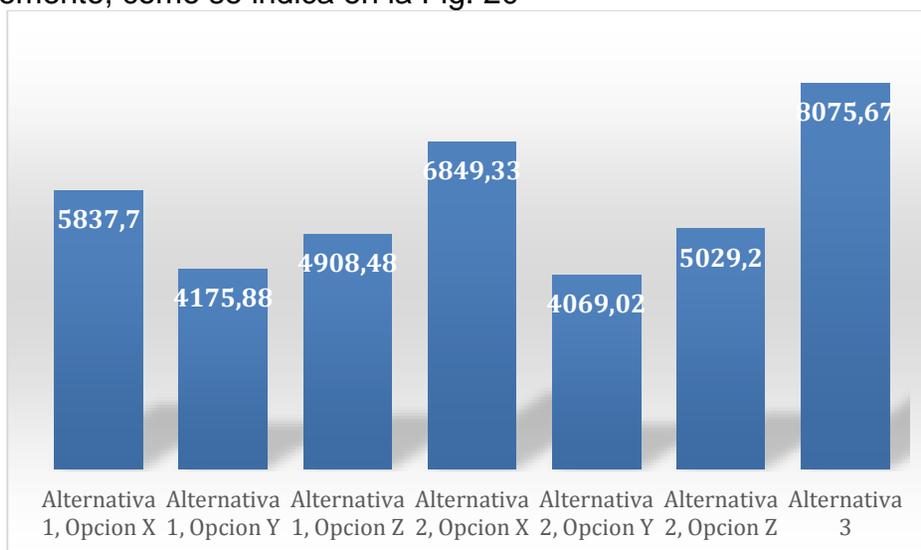


Fig. 20. Análisis de costos de las diferentes alternativas.

- Al realizar obras viales con material de base preparada en donde la fuente más cercana al cantón Sígsig es del sector del Descanso (alternativa 3) se observa que el costo de la estructura sin considerar el rubro de carpeta asfáltica este se aumenta en un 98% que utilizando la alternativa 2 opción Y, debido al costo del transporte del material de base desde el Descanso hasta el cantón Sígsig.
- Se puede apreciar que la variación de los presupuestos entre los materiales estabilizados con la base preparada está en el rubro de transporte el cual hace sea más costosa la obra.
- Utilizando cualquiera de las alternativas 1 ó 2 es más económica que hacerlo con base preparada del sector del descanso donde el ahorro mínimo es por lo menos de un 17,9% y su estructura tiene la capacidad soportante buena.



## CAPÍTULO 6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se realiza las conclusiones y recomendaciones del presente estudio.

### 6.1 CONCLUSIONES

En el presente estudio se ha llegado a la determinación de diferentes espesores realizando con materiales provenientes de la zona de Bigsol y Cuchil de las minas Chiquita Loma y Amorgeo respectivamente al realizar las diferentes mezclas de los materiales se pudo observar que los valores del CBR aumentan al añadir cemento, dicho incremento va desde el 14% al 82,5% de la mina de Chiquita Loma y 8,50% hasta el 55% en la mina de Amorgeo adicionando hasta el 3% de peso de cemento.

Al mezclar las minas con material de proveniente del río Santa Bárbara el CBR aumenta de 8,50% a 30% la misma que ayuda para economizar la producción de una base óptima para la estructura de la vía. De acuerdo con los diferentes análisis se obtuvo que la base más económica es material de la mina de Chiquita Loma mezclada con material de río en proporción de 1:2 y estabilizando con 3% de cemento, la misma que cumple con el CBR de una base que es de 138% > 80%, al mezclar el material de Amorgeo con material de río en proporción de 1:3 y el material de Chiquita Loma con material de río en proporción de 1:2 esta nos proporciona un mejoramiento.

Al obtener una base estabilizada con cemento en un porcentaje del 3% y mezclando material de río se obtiene un CBR mayor al 100% garantizando la estabilidad de la estructura de la vía y a un costo económico.

Es necesario dar la importancia que ameritan los estudios y diseños con el fin de garantizar que éstos y los trabajos que se ejecutan en base a ellos se relacionen entre sí y sean lo más ajustados a la realidad.

La estructura que resulta más económica es la de material de la mina de Chiquita Loma mezclada con material de río en proporción de 1:2 y estabilizando con 3% de cemento, la misma que tiene menor estructura que colocando base del sector del Descanso ya que los espesores de las capas de mejoramiento y carpeta asfáltica aumentan por lo que hacen aún más costosa la obra que utilizando material de sitio estabilizadas con cemento.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

En vista de que el presente estudio se centró en encontrar una base soportante para el diseño de la estructura de las vías por lo tanto fue enfocado a obtención de valores de CBR uno de los requisitos para cumplir con una base deseada por lo tanto es necesario que se profundice el estudio analizando con el cumplimiento de otras normas como es la granulometría.

El tráfico en el área de estudio no es elevado por tal motivo utilizar bases estabilizadas con cemento funcionaría muy bien en el cantón Sígsig y a bajos costos.

La variación de costos entre las diferentes alternativas “Y” utilizando la mina de Chiquita Loma y la mina de Amorgeo es de apenas el 2% de aumento en costos por lo que para proyectos viales se pueden utilizar cualquier de estas dos minas debido a que las distancias de transporte son similares.

### 6.2 RECOMENDACIONES

El material proveniente del río Santa Bárbara posee buenas características para la realización de una base cemento ya que tiene una capacidad soportante buena y con respecto al índice de plasticidad es NP pero con respecto a la granulometría que debe cumplir una base no cumple ya que como es material de canto rodado existe un porcentaje mínimo de material triturado o cribado por lo tanto es necesario realizar un método para la selección de material para clasificar y ver los métodos adecuados para proporcionar una base que cumpla con todos los requisitos de una base estabilizada.

Para complemento de este estudio se debe realizar una profundización para encontrar una base que cumple con las normas del MOP-001-F 2002. 404-2 que indica que debe cumplir una base estabilizada con cemento, especialmente en el trabajo que se debe realizar con el material de río y encontrar las proporciones exactas e ideales para la mezcla de materiales.

Como se determinó, existe un ahorro del 98% de la opción más económica entre las diferentes alternativas por lo tanto en la zona del Sígsig se debería considerar trabajar para obras viales con bases estabilizadas con cemento e invertir en equipos para mejorar la calidad de la base estabilizada y que cumplan todas las normas MOP-001-F 2002 aunque el costo se incremente, siempre será más económica que hacerla con material de base proveniente del sector del Descanso, u otros de distancias iguales o mayores.



## *UNIVERSIDAD DE CUENCA*

Con el fin de tener un conocimiento general del comportamiento de las bases estabilizadas con cemento y/o con resinas orgánicas, mediante la adición de distintos porcentajes al aplicado en esta tesis, se recomienda realizar un estudio para los diferentes casos como es el mejoramiento de la subrasante mediante la adición de cemento ya que los CBR de la subrasante son muy bajos y ver la reducción o incremento en los costos.

Se debe realizar un estudio práctico en sitio considerando el manejo cuidadoso de los porcentajes de los materiales que intervienen en la mezcla y una vez combinados en sitio tomar diferentes muestras y analizar el comportamiento de la capacidad soportante y de los índices de plasticidad y compararlos con los realizados en laboratorio con la finalidad de ver un margen de error en el momento de la construcción.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. Loaiza, C. F. *Mejoramiento y estabilización de suelos*. (Limusa, 1982).
2. Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE) y MAGAP (SINAGAP). *Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional* (2013).
3. Vázquez, M. & Xavier, E. Estudio del comportamiento de las bases de pavimentos rígidos en la ciudad de Cuenca y su influencia en el diseño. (2010).
4. Centro Técnico del Hormigón Bases de Suelo - Cemento Bases de Agregados Establizados con Cemento [Publicación periódica]. (2003).
5. Trabajo de Estabilización de Suelos - Guías técnicas (2013).
6. Empleo del cemento en explanadas y firmes Zaragoza1 (2006).
7. Estabilización Iónica de Suelos con Terrasil- BREM CIA. LTDA.
8. Estabilización de suelos. Available at: <http://www.estabilizaciondesuelos.com/>.
9. Choconta Rojas, P. A. *Apuntes de diseño geométrico de vías*. (Universidad Nacional, 1990).
10. Fonseca, A. M. *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. (Universidad Católica de Colombia, 1998).
11. MOP-001F-2002. Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes. Concurso Público\_StoDomingo-Esmeraldas (2002).
12. Coronado Jorge. *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*. (2002).

**Fecha:** Cuenca, 01 de agosto de 2017



# **ANEXO 1. PERFILES ESTRATIGRÁFICOS DE LA SUBRAZANTE NATURAL.**

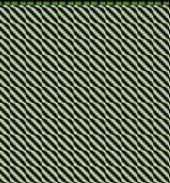
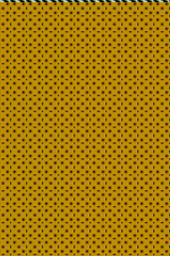
CALICATA N° P1		DESCRIPCION			
0,1	RELLENO	Material de Relleno( desde 0,00 hasta 1,30 mtrs), de características heterogeneas, que ha sido colocado sin una adecuada tecnica de compactacion.			
0,2					
0,3					
0,4					
0,5					
0,6					
0,7					
0,8					
0,9					
1					
1,1					
1,2					
1,3					
1,4					
1,5	Arcillas-limosas, plasticas, deformables, de coloraciones cafes y grises.	<b>Pozo P1</b>			
1,6		GRAVA G =	14%	Humedad Natural	HN = 18%
1,7		ARENAS =	30%	Limite Liquido	LL = 58%
1,8		FINOS F =	56%	Limite Plastico	LP = 29%
1,9				Indice de Plasticidad	IP = 29%
2		<b>CLASIFICACION</b>			
		SUCS	CH	Densidad Maxima	g= 1710%
	AASHO	A-7-6	Humedad Optima	OP= 17%	
			CBR	% 4,2%	



FOTO 1



FOTO 2

CALICATA N° P2		DESCRIPCION					
0,1		LASTRE	Capa de 30 cm de material de lastre.				
0,2							
0,3							
0,4		Arcillas-limosas, plasticas, deformables, de coloraciones cafes y grises.	Estrato de material arcillo-limoso de coloracion gris (0,30 hasta 1,00 mtrs)				
0,5							
0,6							
0,7							
0,8							
0,9							
1		Arcillas-arenosas de baja plasticidad de coloraciones cafes	<b>Pozo P2</b>				
1,1			GRAVA G =	13%	Humedad Natural	HN =	17%
1,2			ARENAS =	25%	Limite Liquido	LL =	44%
1,3			FINOS F =	63%	Limite Plastico	LP =	21%
1,4					Indice de Plasticidad	IP =	22%
1,5			<b>CLASIFICACION</b>				
1,6			SUCS	CL	Densidad Maxima	g=	1870%
1,7			AASHO	A-7-6	Humedad Optima	OP=	18%
1,8					CBR	%	4,6%
1,9							
2							



CALICATA Nº P3		DESCRIPCION																																							
0,1	LASTRE	Capa de 30 cm de material de lastre.																																							
0,2																																									
0,3	Limos - arcillosos ML, de baja plasticidad de coloracion gris, con minoritario porcentaje de gravas	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="4"><b>Pozo P3</b></td> </tr> <tr> <td>GRAVA G =</td> <td>8%</td> <td>Humedad Natural</td> <td>HN = 16%</td> </tr> <tr> <td>ARENA S =</td> <td>31%</td> <td>Limite Liquido</td> <td>LL = 41%</td> </tr> <tr> <td>FINOS F =</td> <td>60%</td> <td>Limite Plastico</td> <td>LP = 26%</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>Indice de Plasticidad</td> <td>IP = 14%</td> </tr> <tr> <td colspan="4"><b>CLASIFICACION</b></td> </tr> <tr> <td>SUCS</td> <td>ML</td> <td>Densidad Maxima</td> <td>g= 1780%</td> </tr> <tr> <td>AASHO</td> <td>A-7-6</td> <td>Humedad Optima</td> <td>OP= 18%</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>CBR</td> <td>% 4,0%</td> </tr> </table>				<b>Pozo P3</b>				GRAVA G =	8%	Humedad Natural	HN = 16%	ARENA S =	31%	Limite Liquido	LL = 41%	FINOS F =	60%	Limite Plastico	LP = 26%			Indice de Plasticidad	IP = 14%	<b>CLASIFICACION</b>				SUCS	ML	Densidad Maxima	g= 1780%	AASHO	A-7-6	Humedad Optima	OP= 18%			CBR	% 4,0%
<b>Pozo P3</b>																																									
GRAVA G =						8%	Humedad Natural	HN = 16%																																	
ARENA S =						31%	Limite Liquido	LL = 41%																																	
FINOS F =						60%	Limite Plastico	LP = 26%																																	
						Indice de Plasticidad	IP = 14%																																		
<b>CLASIFICACION</b>																																									
SUCS						ML	Densidad Maxima	g= 1780%																																	
AASHO						A-7-6	Humedad Optima	OP= 18%																																	
						CBR	% 4,0%																																		
0,4																																									
0,5																																									
0,6																																									
0,7																																									
0,8																																									
0,9																																									
1																																									
1,1																																									
1,2																																									
1,3																																									
1,4																																									
1,5																																									
1,6																																									
1,7																																									
1,8																																									
1,9																																									
2																																									



FOTO 5



FOTO 6

CALICATA N° P4		DESCRIPCION					
0,1		LASTRE	Capa de 10 cm de material de lastre.				
0,2		Limos - arcillosos ML, de baja plasticidad de coloracion café claro amarillento.	<b>Pozo P4</b>				
0,3			GRAVA G =	0%	Humedad Natural	HN =	16%
0,4			ARENA S =	40%	Limite Liquido	LL =	33%
0,5			FINOS F =	60%	Limite Plastico	LP =	24%
0,6					Indice de Plasticidad	IP =	9%
0,7			<b>CLASIFICACION</b>				
0,8			SUCS	ML	Densidad Maxima	g=	1800%
0,9			AASHO	A-4	Humedad Optima	OP=	15%
1					CBR	%	5,0%
1,1							
1,2							
1,3							
1,4							
1,5							
1,6							
1,7							
1,8							
1,9							
2							



FOTO 7



FOTO 8

CALICATA N° P5		DESCRIPCION			
0,1	LASTRE	Capa de 30 cm de material de lastre.			
0,2					
0,3	Arcillas - limosas color café claro - amrillento CH. Lutitas.				
0,4					
0,5					
0,6					
0,7					
0,8					
0,9					
1					
1,1					
1,2					
1,3					
1,4					
1,5					
1,6					
1,7					
1,8					
1,9					
2					
		<b>Pozo P5</b>			
		GRAVAG =	6%	Humedad Natural	HN = 25%
		ARENAS =	35%	Limite Liquido	LL = 58%
		FINOS F =	60%	Limite Plastico	LP = 27%
				Indice de Plasticidad	IP = 31%
		<b>CLASIFICACION</b>			
		SUCS	CH	Densidad Maxima	g= 1710%
		AASHO	A-7-6	Humedad Optima	OP= 20%
				CBR	% 3,4%



FOTO 9



FOTO 10

UNIVERSIDAD DE CUENCA

CALICATA Nº P6		DESCRIPCION			
0,1	RELENO	Material de Relleno( desde 0,00 hasta 1,00 mtrs), de características heterogeneas, que ha sido colocado sin una adecuada tecnica de compactacion.			
0,2					
0,3					
0,4					
0,5					
0,6					
0,7					
0,8					
0,9					
1					
1,1	Arcillas-limosas, plasticas, deformables, de coloraciones cafes y grises.	<b>Pozo P6</b>			
1,2		GRAVA G =	10%	Humedad Natural	HN = 22%
1,3		ARENAS =	21%	Limite Liquido	LL = 65%
1,4		FINOS F =	69%	Limite Plastico	LP = 31%
1,5				Indice de Plasticidad	IP = 34%
1,6		<b>CLASIFICACION</b>			
1,7		SUCS	CH	Densidad Maxima	g= 1670%
1,8		AASHO	A-7-5	Humedad Optima	OP= 23%
1,9				CBR	% 2,7%
2					

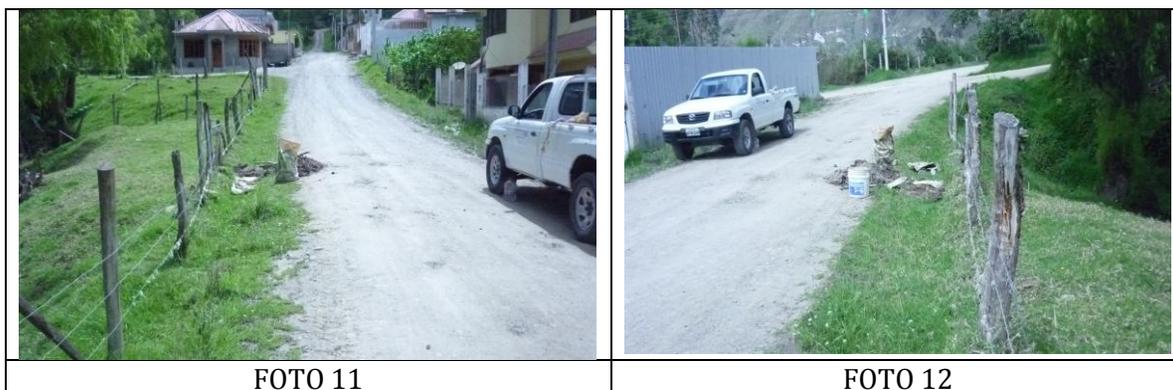


FOTO 11

FOTO 12

CALICATA N° P7		DESCRIPCION				
0,1	[Hatched pattern]	RELLENO	Material tipo Lastre e=30 cm			
0,2						
0,3						
0,4						
0,5						
0,6						
0,7	[Dotted pattern]	Arenas con alto contenido de arcillas plasticas y deformables. Se tiene presencia de boleos de diametros mayores a 15 cm.	<b>Pozo P7</b>			
0,8			GRAVA G =	19%	Humedad Natural	HN = 16%
0,9			ARENAS =	42%	Limite Liquido	LL = 54%
1			FINOS F =	38%	Limite Plastico	LP = 30%
1,1					Indice de Plasticidad	IP = 24%
1,2			<b>CLASIFICACION</b>			
1,3			SUCS	SM	Densidad Maxima	g= 1670%
1,4			AASHO	A-7-5	Humedad Optima	OP= 21%
1,5					CBR	% 3,2%
1,6						
1,7						
1,8						
1,9						
2						



FOTO 13



FOTO 14

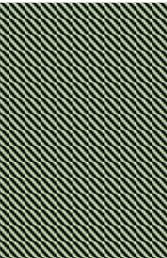
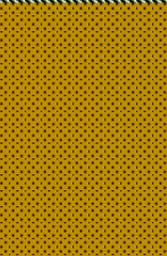
CALICATA Nº P8		DESCRIPCION					
0,1		RELLENO	Material de Relleno( desde 0,00 hasta 1,00 mtrs), de características heterogeneas, que ha sido colocado sin una adecuada tecnica de compactacion.				
0,2							
0,3							
0,4							
0,5							
0,6							
0,7							
0,8							
0,9							
1							
1,1		Arcillas-limosas, plasticas, deformables, de coloraciones cafes y grises.	<b>Pozo P8</b>				
1,2			GRAVA G =	10%	Humedad Natural	HN =	22%
1,3			ARENAS =	21%	Limite Liquido	LL =	63%
1,4			FINOS F =	69%	Limite Plastico	LP =	30%
1,5					Indice de Plasticidad	IP =	33%
1,6			<b>CLASIFICACION</b>				
1,7			SUCS	CH	Densidad Maxima	g=	1690%
1,8			AASHO	A-7-6	Humedad Optima	OP=	21%
1,9					CBR	%	2,9%
2							



FOTO 15

FOTO 16

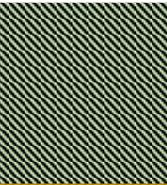
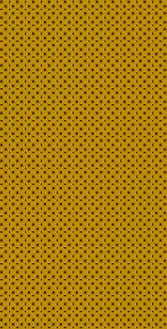
CALICATA Nº P9		DESCRIPCION					
0,1		RELLENO	Material de Relleno( desde 0,00 hasta 0,70 mtrs), de características heterogeneas, que ha sido colocado sin una adecuada tecnica de compactacion.				
0,2							
0,3							
0,4							
0,5							
0,6							
0,7							
0,8							
0,9		Arcillas-limosas, plasticas, deformables, de coloraciones cafes y grises.	<b>Pozo P9</b>				
1			GRAVA G =	10%	Humedad Natural	HN =	22%
1,1			ARENAS =	21%	Limite Liquido	LL =	64%
1,2			FINOS F =	69%	Limite Plastico	LP =	30%
1,3					Indice de Plasticidad	IP =	33%
1,4			<b>CLASIFICACION</b>				
1,5			SUCS	CH	Densidad Maxima	g=	1670%
1,6			AASHO	A-7-5	Humedad Optima	OP=	21%
1,7					CBR	%	2,8%
1,8							
1,9							
2							



FOTO 17



FOTO 18

CALICATA Nº P10		DESCRIPCION			
0,1	LASTRE	Material tipo Lastre e=30 cm			
0,2					
0,3	Arenas-limosas de color café claro, con presencia minoritaria de gravas				
0,4					
0,5					
0,6					
0,7		<b>Pozo P10</b>			
0,8		GRAVA G =	16%	Humedad Natural	HN = 17%
0,9		ARENA S =	48%	Limite Liquido	LL = 36%
1		FINOS F =	36%	Limite Plastico	LP = 24%
1,1				Indice de Plasticidad	IP = 13%
1,2		<b>CLASIFICACION</b>			
1,3		SUCS	SC	Densidad Maxima	g= 1880%
1,4		AASHO	A-6	Humedad Optima	OP= 19%
1,5				CBR	% 6,5%
1,6					
1,7					
1,8					
1,9					
2					



FOTO 19



FOTO 20

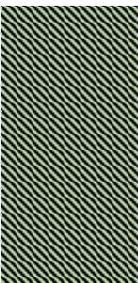
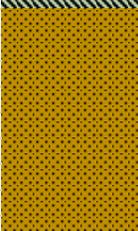
CALICATA N° P11		DESCRIPCION				
0,1		RELLENO	Material de Relleno( desde 0,00 hasta 1,10 mtrs), de características heterogeneas, que ha sido colocado sin una adecuada tecnica de compactacion.			
0,2						
0,3						
0,4						
0,5						
0,6						
0,7						
0,8						
0,9						
1						
1,1						
1,2		Limos-arcillosos plasticos, deformables, de coloraciones cafes y grises, con presencia de canto rodado de diametros mayores a 15 cm.	<b>Pozo P11</b>			
1,3			GRAVA G = 12%	Humedad Natural	HN = 18%	
1,4			ARENAS = 38%	Limite Liquido	LL = 50%	
1,5			FINOS F = 50%	Limite Plastico	LP = 30%	
1,6				Indice de Plasticidad	IP = 21%	
1,7			<b>CLASIFICACION</b>			
1,8			SUCS	MH	Densidad Maxima	g= 1740%
1,9			AASHO	A-7-6	Humedad Optima	OP= 19%
2					CBR	% 3,3%



FOTO 21



FOTO 22

CALICATA N° P12		DESCRIPCION			
0,1	RELLENO	Material de Relleno( desde 0,00 hasta 0,40 mtrs), de características heterogeneas, que ha sido colocado sin una adecuada tecnica de compactacion.			
0,2					
0,3					
0,4					
0,5	Limos-arcillosos plasticos, deformables, de coloraciones cafes y grises, con considerable presencia de canto rodado de diametros mayores a 15 cm.	<b>Pozo P12</b>			
0,6		GRAVA G = 18%	Humedad Natural	HN = 18%	
0,7		ARENA S = 29%	Limite Liquido	LL = 50%	
0,8		FINOS F = 53%	Limite Plastico	LP = 28%	
0,9			Indice de Plasticidad	IP = 22%	
1		<b>CLASIFICACION</b>			
1,1		SUCS	MH	Densidad Maxima	g= 1730%
1,2		AASHO	A-7-6	Humedad Optima	OP= 22%
1,3			CBR	%	3,6%
1,4					
1,5					
1,6					
1,7					
1,8					
1,9					
2					



FOTO 23



FOTO 24

CALICATA N° P13		DESCRIPCION			
0,1	RELENO	Material de Relleno (desde 0,00 hasta 0,40 mtrs), de características heterogeneas, que ha sido colocado sin una adecuada técnica de compactación.			
0,2					
0,3					
0,4					
0,5	Limos-arcillosos plásticos, deformables, de coloraciones cafés y grises, con considerable presencia de canto rodado de diámetros mayores a 15 cm.	<b>Pozo P13</b>			
0,6		GRAVA G =	18%	Humedad Natural	HN = 18%
0,7		ARENA S =	29%	Limite Liquido	LL = 52%
0,8		FINOS F =	53%	Limite Plastico	LP = 29%
0,9				Indice de Plasticidad	IP = 23%
1		<b>CLASIFICACION</b>			
1,1		SUCS	MH	Densidad Maxima	g= 1740%
1,2		AASHO	A-7-6	Humedad Optima	OP= 20%
1,3				CBR	% 3,6%
1,4					
1,5					
1,6					
1,7					
1,8					
1,9					
2					



FOTO 25



FOTO 26

CALICATA Nº P14		DESCRIPCION			
0,1	LASTRE	Material tipo Lastre e=30 cm			
0,2					
0,3	Arenas-limosas de color café claro, con presencia considerable de gravas				
0,4					
0,5					
0,6					
0,7					
0,8					
0,9					
1					
1,1					
1,2					
1,3					
1,4					
1,5					
1,6					
1,7					
1,8					
1,9					
2					
		<b>Pozo P14</b>			
		GRAVAG =	22%	Humedad Natural	HN = 13%
		ARENA S =	51%	Limite Liquido	LL = 33%
		FINOS F =	26%	Limite Plastico	LP = 22%
				Indice de Plasticidad	IP = 11%
		<b>CLASIFICACION</b>			
		SUCS	SC	Densidad Maxima	g= 1880%
		AASHO	A-2	Humedad Optima	OP= 19%
				CBR	% 8,0%



FOTO 27



FOTO 28

CALICATA N° P15		DESCRIPCION																																														
0,1	LASTRE	Material tipo Lastre e=30 cm																																														
0,2																																																
0,3	Arenas-limosas de color café claro, con presencia considerable de gravas	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="4"><b>Pozo P15</b></td> </tr> <tr> <td>GRAVA G =</td> <td>23%</td> <td>Humedad Natural</td> <td>HN =</td> <td>13%</td> </tr> <tr> <td>ARENA S =</td> <td>52%</td> <td>Limite Liquido</td> <td>LL =</td> <td>33%</td> </tr> <tr> <td>FINOS F =</td> <td>25%</td> <td>Limite Plastico</td> <td>LP =</td> <td>22%</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>Indice de Plasticidad</td> <td>IP =</td> <td>11%</td> </tr> <tr> <td colspan="4"><b>CLASIFICACION</b></td> </tr> <tr> <td>SUCS</td> <td>SC</td> <td>Densidad Maxima</td> <td>g=</td> <td>1860%</td> </tr> <tr> <td>AASHO</td> <td>A-2</td> <td>Humedad Optima</td> <td>OP=</td> <td>18%</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>CBR</td> <td>%</td> <td>7,9%</td> </tr> </table>				<b>Pozo P15</b>				GRAVA G =	23%	Humedad Natural	HN =	13%	ARENA S =	52%	Limite Liquido	LL =	33%	FINOS F =	25%	Limite Plastico	LP =	22%			Indice de Plasticidad	IP =	11%	<b>CLASIFICACION</b>				SUCS	SC	Densidad Maxima	g=	1860%	AASHO	A-2	Humedad Optima	OP=	18%			CBR	%	7,9%
<b>Pozo P15</b>																																																
GRAVA G =						23%	Humedad Natural	HN =	13%																																							
ARENA S =						52%	Limite Liquido	LL =	33%																																							
FINOS F =						25%	Limite Plastico	LP =	22%																																							
						Indice de Plasticidad	IP =	11%																																								
<b>CLASIFICACION</b>																																																
SUCS						SC	Densidad Maxima	g=	1860%																																							
AASHO						A-2	Humedad Optima	OP=	18%																																							
						CBR	%	7,9%																																								
0,4																																																
0,5																																																
0,6																																																
0,7																																																
0,8																																																
0,9																																																
1																																																
1,1																																																
1,2																																																
1,3																																																
1,4																																																
1,5																																																
1,6																																																
1,7																																																
1,8																																																
1,9																																																
2																																																



FOTO 29

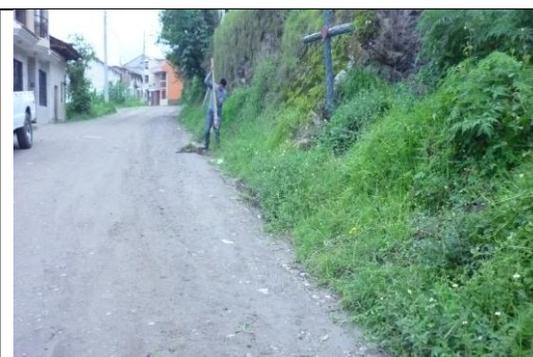


FOTO 30

CALICATA N° P16		DESCRIPCION						
0,1		LASTRE	Material tipo Lastre e=30 cm					
0,2								
0,3								
0,4								
0,5								
0,6		Limos-arcillosos plasticos, deformables, de coloraciones cafes y grises, con considerable presencia de canto rodado de diametros mayores a 15 cm.	<b>Pozo P16</b>					
0,7			GRAVA G =	12%	Humedad Natural	HN =	20%	
0,8			ARENAS =	37%	Limite Liquido	LL =	51%	
0,9			FINOS F =	50%	Limite Plastico	LP =	30%	
1					Indice de Plasticidad	IP =	21%	
1,1			<b>CLASIFICACION</b>					
1,2			SUCS	MH	Densidad Maxima	g=	1775%	
1,3			AASHO	A-7-6	Humedad Optima	OP=	19%	
1,4					CBR	%	3,3%	
1,5								
1,6								
1,7								
1,8								
1,9								
2								



FOTO 31



FOTO 32

CALICATA N° P17		DESCRIPCION					
0,1		LASTRE	Capa de 10 cm de material de lastre.				
0,2		Limos - arcillosos ML, de baja plasticidad de coloracion café claro amarillento.	<b>Pozo P4</b>				
0,3			GRAVA G =	0%	Humedad Natural	HN =	14%
0,4			ARENAS =	32%	Limite Liquido	LL =	36%
0,5			FINOS F =	68%	Limite Plastico	LP =	25%
0,6					Indice de Plasticidad	IP =	11%
0,7			<b>CLASIFICACION</b>				
0,8			SUCS	ML	Densidad Maxima	g=	1845%
0,9			AASHO	A-4	Humedad Optima	OP=	17%
1					CBR	%	4,8%
1,1							
1,2							
1,3							
1,4							
1,5							
1,6							
1,7							
1,8							
1,9							
2							



FOTO 33



FOTO 34



## **ANEXO 2. ENSAYOS DE LABORATORIO DE LAS FUENTES DE MATERIALES.**

**NOTA: Los ensayos de laboratorio realizados de cada alternativa de diseño se encuentran en el anexo digital (cd).**



UNIVERSIDAD DE CUENCA

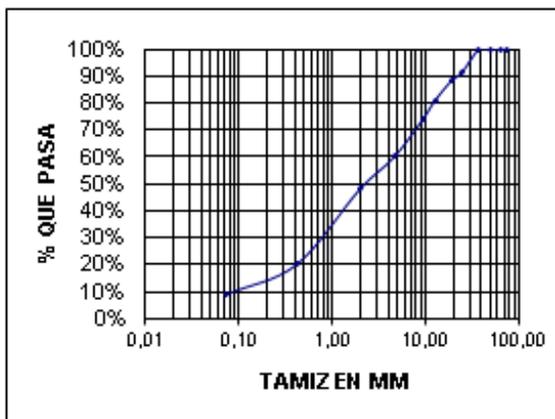
**LABORATORIO DE GEOTECNIA**

PROYECTO: TESIS  
 MUESTRA: MATERIAL DEL RÍO SANTA BÁRBARA

REALIZADO POR: ING ADRIAN QUILAMBAQUI

**ENSAYOS DE CLASIFICACION DE SUELOS**

TAMIZ		P. RET.	P. RET.	%	%
M.M.	U.S	PARC. (GR.)	ACUM. (GR.)	RET.	PASA
76,200	3 "	0	0	0,00%	100,00%
63,500	2 1/2 "	0	0	0,00%	100,00%
50,800	2 "	0	0	0,00%	100,00%
38,100	1 1/2 "	0	0	0,00%	100,00%
25,400	1 "	174	174	8,41%	91,59%
19,050	3/4 "	73	247	11,94%	88,06%
12,700	1/2 "	155	402	19,43%	80,57%
9,525	3/8 "	138	540	26,10%	73,90%
4,750	No. 4	285	825	39,87%	60,13%
PASA No. 4		1244			
TOTAL		2069			
2,000	No. 10	101,70	102	52,10%	47,90%
0,425	No. 40	230,70	332	79,84%	20,16%
0,075	No. 200	91,30	424	90,82%	9,18%
TOTAL		500,00			



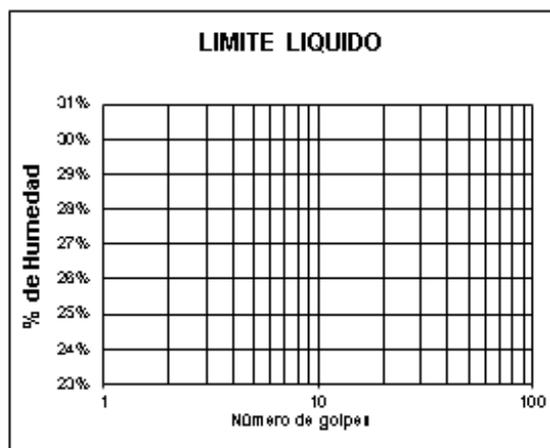
GRAVA G =	39,87%
ARENA S =	50,96%
FINOS F =	9,18%

HN =	20,95%
LL =	NP
LP =	NP
IP =	NP
IC =	

CLASIFICACION	
SUCS	GM
AASHO	A-3
IG	0

HUMEDAD NATURAL	PESO HUM.(GR.)	PESO SECO.(GR.)	PESO CAPS.(GR.)	% HUMEDAD
	24,29	21,50	8,40	21,30%
	25,93	22,85	7,90	20,60%

LIMITE LIQUIDO				
NUMERO GOLPES	PESO HUM.(GR.)	PESO SECO.(GR.)	PESO CAPS.(GR.)	% HUMEDAD
37	0,00	0,00	0,00	0,00%
27	0,00	0,00	0,00	0,00%
17	0,00	0,00	0,00	0,00%
11	0,00	0,00	0,00	0,00%
LIMITE LIQUIDO				NP



LIMITE PLASTICO	PESO HUM.(GR.)	PESO SECO.(GR.)	PESO CAPS.(GR.)	% HUMEDAD
	0,00	0,00	0,00	0,00%
	0,00	0,00	0,00	0,00%
	0,00	0,00	0,00	0,00%
				NP

## LABORATORIO DE GEOTECNIA

PROYECTO : TESIS  
 MUESTRA: MATERIAL DEL RÍO SANTA BÁRBARA

### ENSAYOS DE COMPACTACION DE SUELOS

AASHTO T 180-D

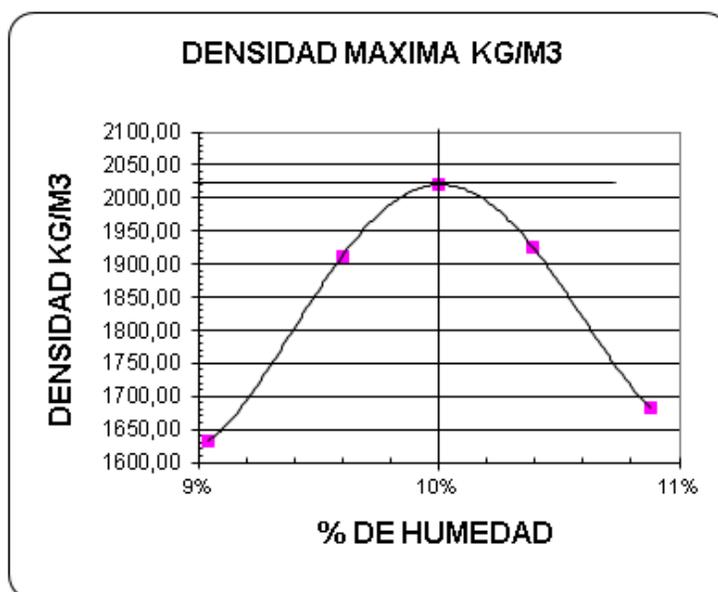
No. DE CAPAS	P. MARTILLO				ALT. CAIDA
	10 LBS				18 PULG.
5					
MOLDE No.	1	2	3	4	5
MOLDE +SUELO HUM. (GR)	9.418	10.079	10.143	9.600	
PESO MOLDE (GR)	5.674	5.674	5.674	5.674	
PESO SUELO HUMEDO (GR)	3.744	4.405	4.469	3.926	
VOLUMEN MOLDE (CM3)	2.103	2.103	2.103	2.103	
DENSIDAD HUMEDA (KG/M3)	1.780	2.095	2.125	1.867	

MOLDE No.	1	2	3	4	
P. CAPSULA+SUELO HUM	68,63	61,44	50,47	51,55	
P. CAPSULA+SUELO SECO	63,50	56,66	46,37	47,15	
PESO CAPSULA	6,77	6,86	6,92	6,70	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	9,04%	9,60%	10,39%	10,88%	

DENSIDAD SECA (KG/M3)	1.633	1.911	1.925	1.684	
-----------------------	-------	-------	-------	-------	--

DENSIDAD MAXIMA (KG/M3)	2.020
-------------------------	-------

HUMEDAD OPTIMA	10,00%
----------------	--------





UNIVERSIDAD DE CUENCA

## LABORATORIO DE GEOTECNIA

PROYECTO : TESIS  
 MUESTRA: MATERIAL DEL RÍO SANTA BÁRBARA

### ENSAYO DE CBR

NUMERO DE CAPAS	5					
NUMERO DE GOLPES/CAPA	55		25		10	
	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
	REMOJO		REMOJO		REMOJO	
P. MUESTRA HUM. + MOLDE	14.000	14.030	13.598	13.672	13.410	13.543
PESO MOLDE	9.179	9.179	9.015	9.015	9.050	9.050
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2.103	2.103	2.101	2.101	2.100	2.100

### CONTENIDO DE AGUA

	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
P. MUESTRA HUM. + TARRO	76,15	72,29	71,22	67,23	78,05	75,15
P. MUESTRA SECA + TARRO	67,98	64,38	63,76	59,48	69,48	65,48
PESO DEL TARRO	7,18	7,77	7,72	7,53	7,64	8,28
% DE HUMEDAD	13,44%	13,97%	13,31%	14,92%	13,86%	16,91%
% DE HUMEDAD AGUA ABSORVIDA	0,53%		1,61%		3,05%	

	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
	REMOJO		REMOJO		REMOJO	
DENSIDAD HUMEDA	2,292	2,307	2,181	2,217	2,076	2,140
DENSIDAD SECA	2,020	2,024	1,925	1,929	1,823	1,830



UNIVERSIDAD DE CUENCA

## LABORATORIO DE GEOTECNIA

PROYECTO : TESIS

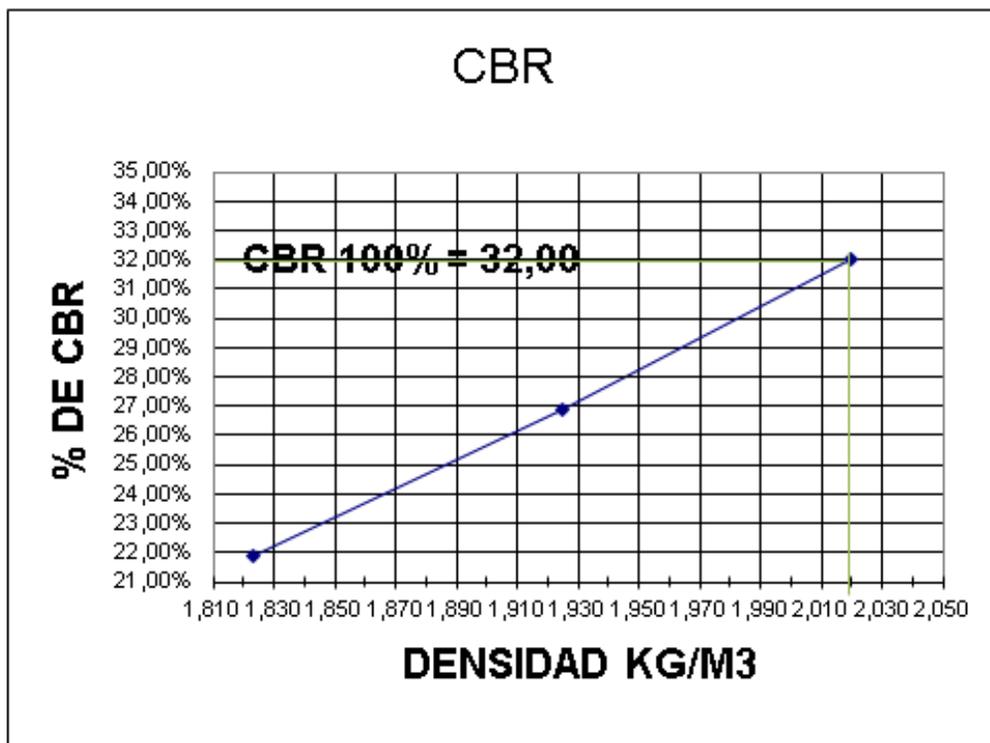
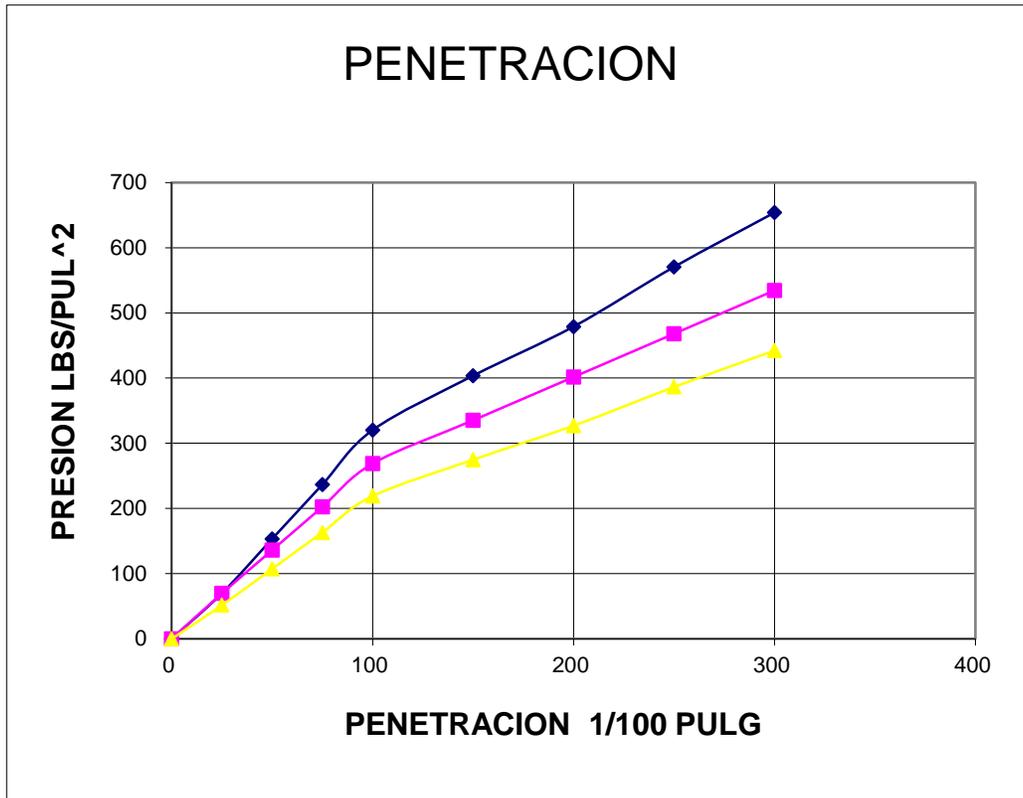
MUESTRA: MATERIAL DEL RÍO SANTA BÁRBARA

### ENSAYO DE ESPONJAMIENTO

ALT. DEL MOLDE		4,5 PULG.				AREA DEL PISTON				3 PULG.^2		
FECHA	TIEMPO TRANS. DIAS	No. GOLPES/CAPA			55,00			No. GOLPES/CAPA			25,00	
		L.DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %	L.DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %	L.DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %		
	0,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%		
	1,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%		
	2,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%		
	3,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%		

### ENSAYO DE PENETRACION

CONSTANTE DEL ANILLO				AREA DEL PISTON				3 PULG.^2										
PENET. EN PULG.	No. GOLPES/CAPA			55,00			No. GOLPES/CAPA			25,00			No. GOLPES/CAPA			10,00		
	CARGA LBS	PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR	CARGA LBS	PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR	CARGA LBS	PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR						
0	0	0			0	0			0	0								
25	210	70			209	70			155	52								
50	460	153			408	136			322	107								
75	710	237			607	202			490	163								
100	961	320	1.000	32,02%	806	269	1.000	26,88%	657	219	1.000	21,90%						
150	1.211	404			1.006	335			824	275								
200	1.437	479	1.500	31,93%	1.205	402	1.500	26,78%	981	327	1.500	21,80%						
250	1.711	570			1.404	468			1.159	386								
300	1.962	654			1.603	534			1.326	442								





UNIVERSIDAD DE CUENCA

## LABORATORIO DE GEOTECNIA

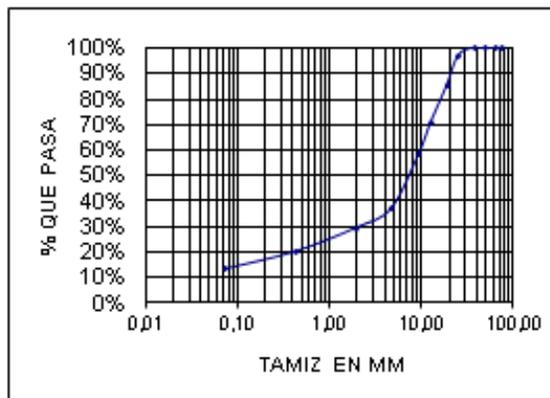
PROYECTO: TESIS REALIZADO POR: ING. ADRIAN QUILAMBAQUI

MUESTRA: MINA DE AMORGEDO

SECTOR: AMORGEDO-CUCHIL

### ENSAYOS DE CLASIFICACION DE SUELOS

TAMIZ		P. RET.	P. RET.	%	%
M.M.	U.S	PARC. (GR.)	ACUM. (GR.)	RET.	PASA
76,200	3"	0	0	0,00%	100,00%
63,500	2 1/2"	0	0	0,00%	100,00%
50,800	2"	0	0	0,00%	100,00%
38,100	1 1/2"	0	0	0,00%	100,00%
25,400	1"	64	64	3,10%	96,90%
19,050	3/4"	243	307	14,87%	85,13%
12,700	1/2"	303	610	29,54%	70,46%
9,525	3/8"	245	855	41,40%	58,60%
4,750	No. 4	450	1305	63,19%	36,81%
PASA No. 4		760			
TOTAL		2065			
2,000	No. 10	101,70	102	70,68%	29,32%
0,425	No. 40	129,00	231	80,17%	19,83%
0,075	No. 200	91,30	322	86,90%	13,10%
TOTAL		500,00			



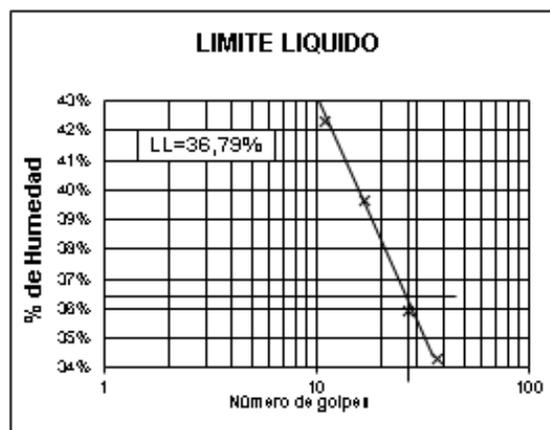
GRAVA G =	63,19%
ARENA S =	23,71%
FINOS F =	13,10%

HN =	11,92%
LL =	36,79%
LP =	22,83%
IP =	13,97%
IC =	

CLASIFICACION	
SUCS	GC
AASHO	A-2
IG	0

HUMEDAD	PESO	PESO	PESO	%
NATURAL	HUM.(GR.)	SECO. (GR.)	CAPS.(GR.)	HUMEDAD
	24,29	22,65	8,40	11,51%
	25,93	23,95	7,90	12,34%

LIMITE LIQUIDO				
NUMERO	PESO	PESO	PESO	%
GOLPES	HUM.(GR.)	SECO. (GR.)	CAPS.(GR.)	HUMEDAD
37	25,74	21,69	9,88	34,29%
27	26,77	22,22	9,56	35,94%
17	26,37	21,66	9,78	39,65%
11	25,17	20,58	9,73	42,30%
LIMITE LIQUIDO				36,79%



LIMITE	PESO	PESO	PESO	%
PLASTICO	HUM.(GR.)	SECO. (GR.)	CAPS.(GR.)	HUMEDAD
	24,32	23,85	21,79	22,82%
	24,30	23,91	22,19	22,67%
	24,22	23,82	22,08	22,99%
				22,83%



## LABORATORIO DE GEOTECNIA

PROYECTO : TESIS  
 MUESTRA: MINA DE AMORCEO

### ENSAYOS DE COMPACTACION DE SUELOS

AASHO T 180-D

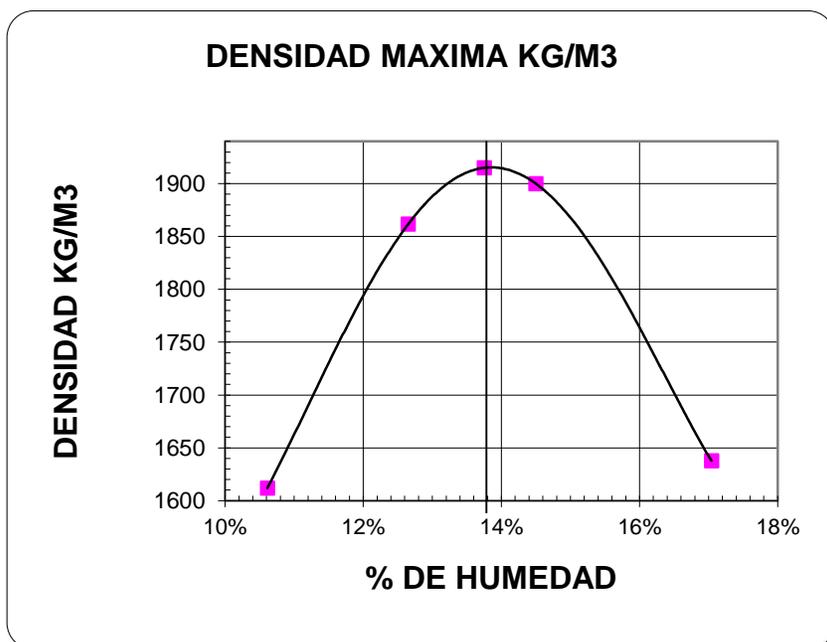
No. DE CAPAS 5	P. MARTILLO 10 LBS				ALT. CAIDA 18 PULG.
	1	2	3	4	5
MOLDE No.	1	2	3	4	5
MOLDE +SUELO HUM. (GR)	9.424	10.085	10.249	9.705	
PESO MOLDE (GR)	5.674	5.674	5.674	5.674	
PESO SUELO HUMEDO (GR)	3.750	4.411	4.575	4.031	
VOLUMEN MOLDE (CM3)	2.103	2.103	2.103	2.103	
DENSIDAD HUMEDA (KG/M3)	1.783	2.097	2.175	1.917	

MOLDE No.	1	2	3	4	
P. CAPSULA+SUELO HUM	70,15	62,96	52,09	53,75	
P. CAPSULA+SUELO SECO	64,07	56,66	46,37	46,90	
PESO CAPSULA	6,77	6,86	6,92	6,70	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	10,61%	12,65%	14,50%	17,04%	

DENSIDAD SECA (KG/M3)	1.612	1.862	1.900	1.638	
-----------------------	-------	-------	-------	-------	--

DENSIDAD MAXIMA (KG/M3)	1.915
-------------------------	-------

HUMEDAD OPTIMA	13,75%
----------------	--------





## LABORATORIO DE GEOTECNIA

PROYECTO : TESIS  
 MUESTRA: MINA DE AMORCEO

### ENSAYO DE CBR

0

NUMERO DE CAPAS	5		25		10	
	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
NUMERO DE GOLPES/CAPA	55		25		10	
	REMOJO		REMOJO		REMOJO	
P. MUESTRA HUM. + MOLDE	13.747	13.777	13.345	13.419	13.157	13.290
PESO MOLDE	9.179	9.179	9.015	9.015	9.050	9.050
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2.103	2.103	2.101	2.101	2.100	2.100

### CONTENIDO DE AGUA

	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
P. MUESTRA HUM. + TARRO	76,15	72,29	71,22	67,23	78,05	75,15
P. MUESTRA SECA + TARRO	67,98	64,38	63,76	59,48	69,48	65,48
PESO DEL TARRO	7,18	7,77	7,72	7,53	7,64	8,28
% DE HUMEDAD	13,44%	13,97%	13,31%	14,92%	13,86%	16,91%
% DE HUMEDAD AGUA ABSORVIDA	0,53%		1,61%		3,05%	

	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
	REMOJO		REMOJO		REMOJO	
DENSIDAD HUMEDA	2,172	2,186	2,061	2,096	1,956	2,019
DENSIDAD SECA	1,915	1,918	1,819	1,824	1,718	1,727

*UNIVERSIDAD DE CUENCA*





UNIVERSIDAD DE CUENCA

## LABORATORIO DE GEOTECNIA

PROYECTO : TESIS

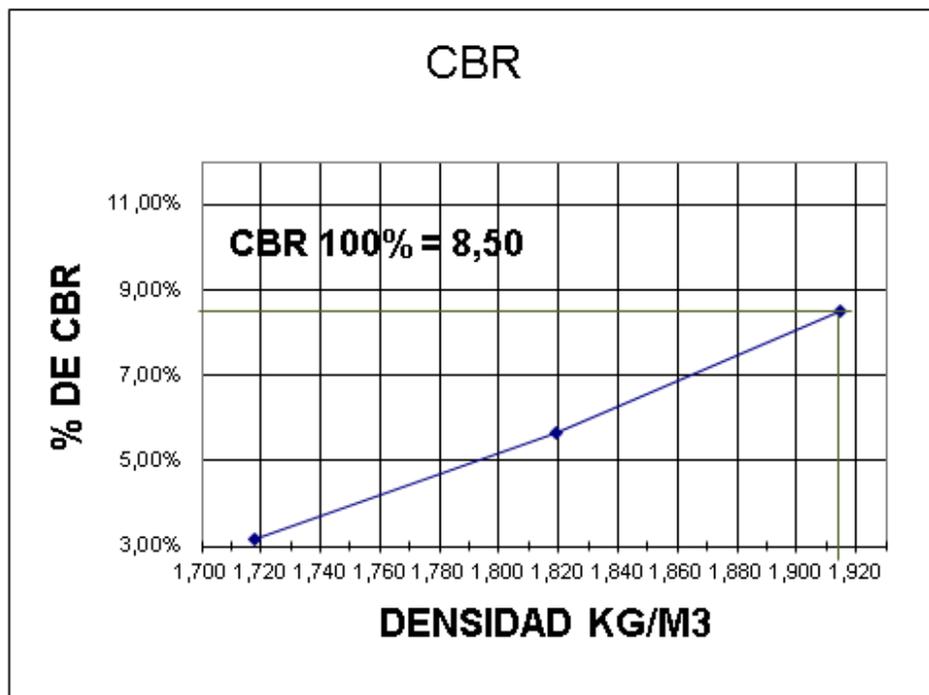
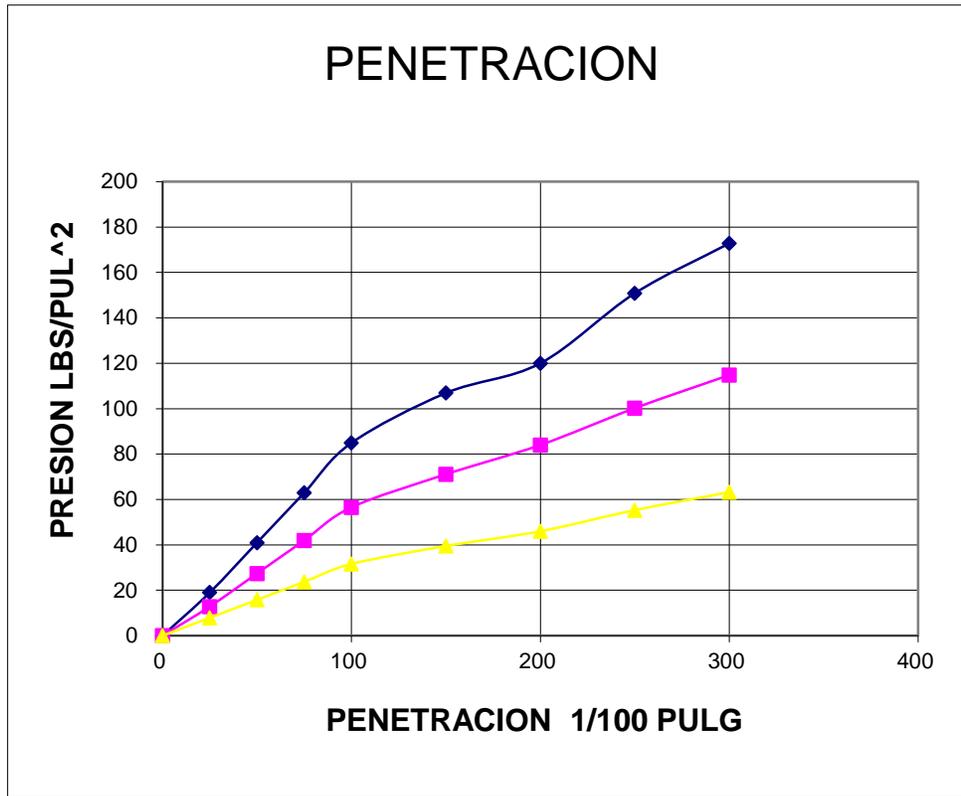
MUESTRA: MINA AMORGEO

### ENSAYO DE ESPONJAMIENTO

ALT. DEL MOLDE		4,5 PULG.				AREA DEL PISTON		3 PULG.^2			
FECHA	TIEMPO	No. GOLPES/CAPA 55,00			No. GOLPES/CAPA 25,00			No. GOLPES/CAPA 10,00			
	TRANS. DIAS	L.DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %	L.DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %	L.DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %	
	0,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	
	1,00	3,000	4,503	0,07%	5,000	4,505	0,11%	9,000	4,509	0,20%	
	2,00	8,000	4,508	0,18%	10,000	4,510	0,22%	15,000	4,515	0,33%	
	3,00	15,000	4,515	0,33%	20,000	4,520	0,44%	27,000	4,527	0,60%	

### ENSAYO DE PENETRACION

CONSTANTE DEL ANILLO				AREA DEL PISTON				3 PULG.^2				
PENET. EN PULG.	No. GOLPES/CAPA 55,00			No. GOLPES/CAPA 25,00			No. GOLPES/CAPA 10,00					
	CARGA LBS	PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR	CARGA LBS	PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR	CARGA LBS	PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR
0	0	0			0	0			0	0		
25	57	19			39	13			24	8		
50	123	41			82	27			47	16		
75	189	63			126	42			71	24		
100	255	85	1.000	8,49%	170	57	1.000	5,65%	95	32	1.000	3,16%
150	321	107			213	71			118	39		
200	360	120	1.500	8,00%	252	84	1.500	5,60%	138	46	1.500	3,07%
250	452	151			301	100			166	55		
300	518	173			344	115			190	63		





UNIVERSIDAD DE CUENCA

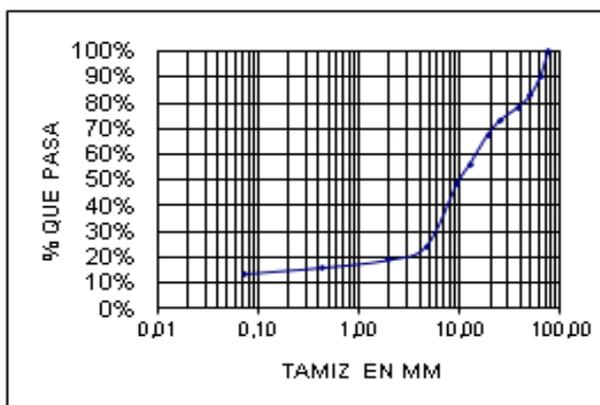
## LABORATORIO DE GEOTECNIA

PROYECTO: TESIS  
 MUESTRA: MINA DE CHIQUITA LOMA  
 SECTOR: BIGSOL-SIGSIG

REALIZADO POR: ING. ADRIAN QUILAMBAQUI

### ENSAYOS DE CLASIFICACION DE SUELOS

TAMIZ		P. RET. PARC. (GR.)	P. RET. ACUM. (GR.)	% RET.	% PASA
M.M.	U.S				
76,200	3"	0	0	0,00%	100,00%
63,500	2 1/2"	430	430	9,89%	90,11%
50,800	2"	310	740	17,02%	82,98%
38,100	1 1/2"	205	945	21,73%	78,27%
25,400	1"	225	1170	26,91%	73,09%
19,050	3/4"	245	1415	32,54%	67,46%
12,700	1/2"	495	1910	43,93%	56,07%
9,525	3/8"	327	2237	51,45%	48,55%
4,750	No. 4	1056	3293	75,73%	24,27%
PASA No. 4		1.055			
TOTAL		4348			
2,000	No. 10	112,60	113	81,20%	18,80%
0,425	No. 40	63,60	176	84,28%	15,72%
0,075	No. 200	48,30	225	86,63%	13,37%
TOTAL		500,00			



GRAVA G =	75,73%
ARENA S =	10,90%
FINOS F =	13,37%

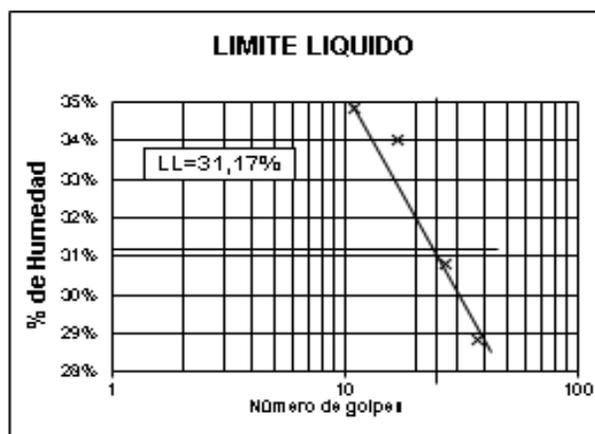
HN =	9,24%
LL =	31,17%
LP =	22,59%
IP =	8,58%
IC =	

CLASIFICACION	
SUCS	GC
AASHO	A-2
IG	0

HUMEDAD NATURAL	PESO HUM.(GR.)	PESO SECO.(GR.)	PESO CAPS.(GR.)	% HUMEDAD
	24,29	22,95	8,40	9,21%
	25,93	24,40	7,90	9,27%

#### LIMITE LIQUIDO

NUMERO GOLPES	PESO HUM.(GR.)	PESO SECO.(GR.)	PESO CAPS.(GR.)	% HUMEDAD
37	25,74	22,19	9,88	28,84%
27	26,77	22,72	9,56	30,78%
17	26,37	22,16	9,78	34,01%
11	25,17	21,18	9,73	34,85%
LIMITE LIQUIDO				31,17%



LIMITE PLASTICO	PESO HUM.(GR.)	PESO SECO.(GR.)	PESO CAPS.(GR.)	% HUMEDAD
	24,32	23,85	21,79	22,82%
	24,30	23,92	22,19	21,97%
	24,22	23,82	22,08	22,39%
				22,59%



## LABORATORIO DE GEOTECNIA

PROYECTO : TESIS  
 MUESTRA: MINA DE CHIQUITA LOMA

### ENSAYOS DE COMPACTACION DE SUELOS

AASHTO T 180-D

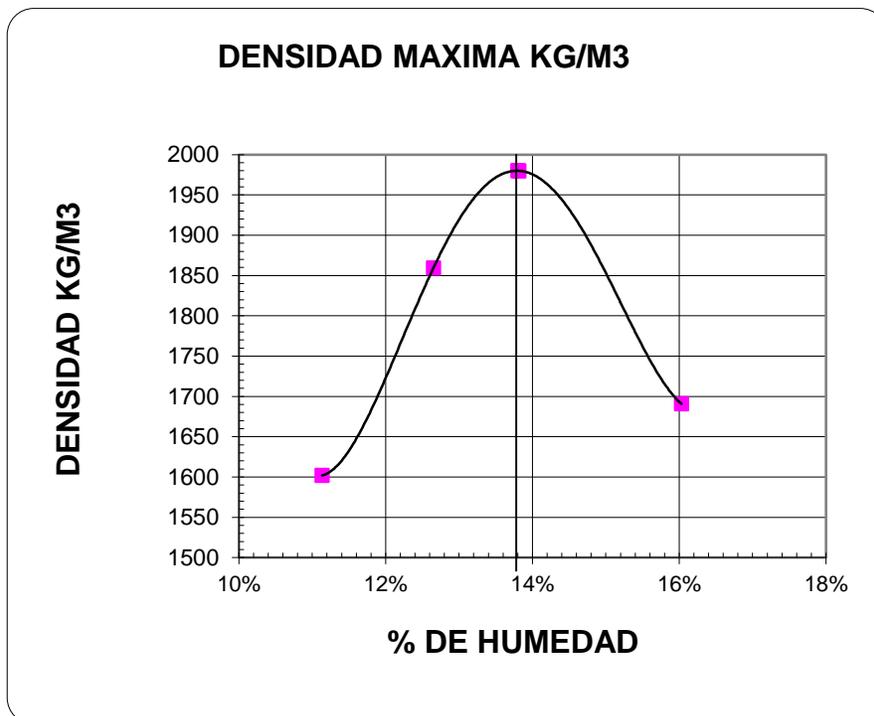
No. DE CAPAS 5	P. MARTILLO 10 LBS				ALT. CAIDA 18 PULG.
	1	2	3	4	5
MOLDE No.	1	2	3	4	5
MOLDE +SUELO HUM. (GR)	9.418	10.079	10.413	9.800	
PESO MOLDE (GR)	5.674	5.674	5.674	5.674	
PESO SUELO HUMEDO (GR)	3.744	4.405	4.739	4.126	
VOLUMEN MOLDE (CM3)	2.103	2.103	2.103	2.103	
DENSIDAD HUMEDA (KG/M3)	1.780	2.095	2.253	1.962	

MOLDE No.	1	2	3	4	
P. CAPSULA+SUELO HUM	70,15	62,96	51,99	53,75	
P. CAPSULA+SUELO SECO	63,80	56,66	46,52	47,25	
PESO CAPSULA	6,77	6,86	6,92	6,70	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	11,13%	12,65%	13,81%	16,03%	

DENSIDAD SECA (KG/M3)	1.602	1.859	1.980	1.691	
-----------------------	-------	-------	-------	-------	--

DENSIDAD MAXIMA (KG/M3)	1.980
-------------------------	-------

HUMEDAD OPTIMA	13,80%
----------------	--------





UNIVERSIDAD DE CUENCA

## LABORATORIO DE GEOTECNIA

PROYECTO : TESIS  
 MUESTRA: MINA DE CHIQUITA LOMA

### ENSAYO DE CBR

NUMERO DE CAPAS	5					
NUMERO DE GOLPES/CAPA	55		25		10	
	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
	REMOJO		REMOJO		REMOJO	
P. MUESTRA HUM. + MOLDE	13.901	13.931	13.499	13.573	13.311	13.444
PESO MOLDE	9.179	9.179	9.015	9.015	9.050	9.050
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2.103	2.103	2.101	2.101	2.100	2.100

### CONTENIDO DE AGUA

	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
P. MUESTRA HUM. + TARRO	76,15	72,29	71,22	67,23	78,05	75,15
P. MUESTRA SECA + TARRO	67,98	64,38	63,76	59,48	69,48	65,48
PESO DEL TARRO	7,18	7,77	7,72	7,53	7,64	8,28
% DE HUMEDAD	13,44%	13,97%	13,31%	14,92%	13,86%	16,91%
% DE HUMEDAD AGUA ABSORVIDA	0,53%		1,61%		3,05%	

	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
	REMOJO		REMOJO		REMOJO	
DENSIDAD HUMEDA	2,245	2,260	2,134	2,170	2,029	2,092
DENSIDAD SECA	1,979	1,983	1,883	1,888	1,782	1,789



UNIVERSIDAD DE CUENCA

## LABORATORIO DE GEOTECNIA

PROYECTO : TESIS

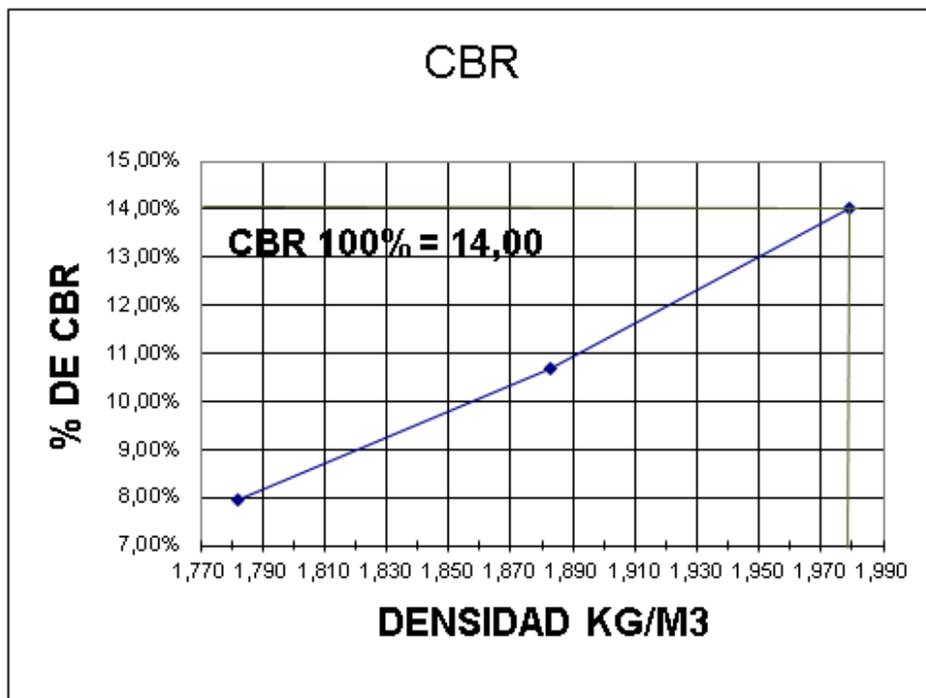
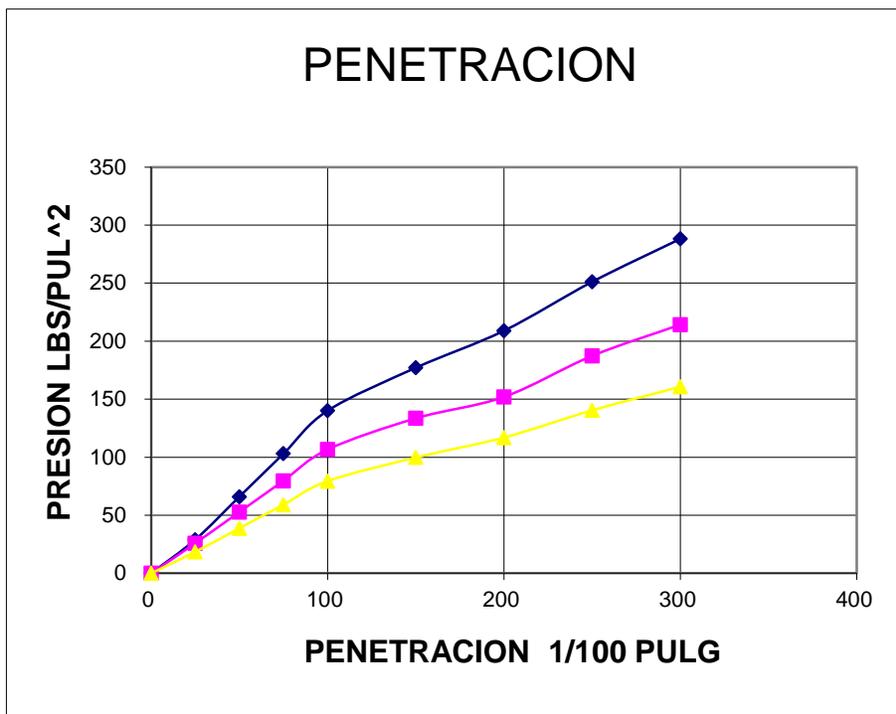
MUESTRA: MINA DE CHIQUITA LOMA

### ENSAYO DE ESPONJAMIENTO

ALT. DEL MOLDE		4,5 PULG.						AREA DEL PISTON				3 PULG.^2	
FECHA	TIEMPO TRANS. DIAS	No. GOLPES/CAPA 55,00			No. GOLPES/CAPA 25,00			No. GOLPES/CAPA 10,00					
		L.DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %	L.DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %	L.DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %			
	0,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%			
	1,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%			
	2,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%			
	3,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%			

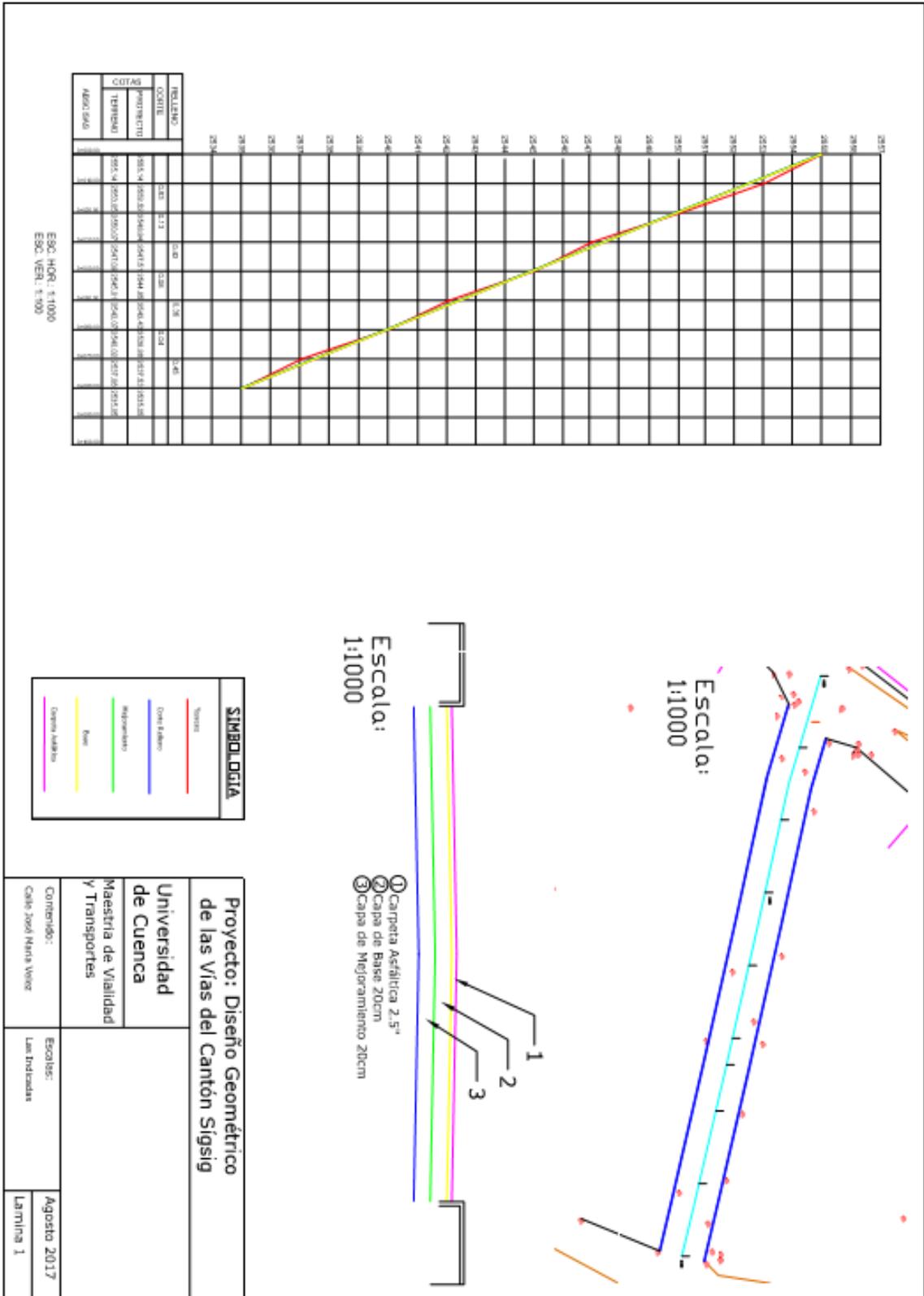
### ENSAYO DE PENETRACION

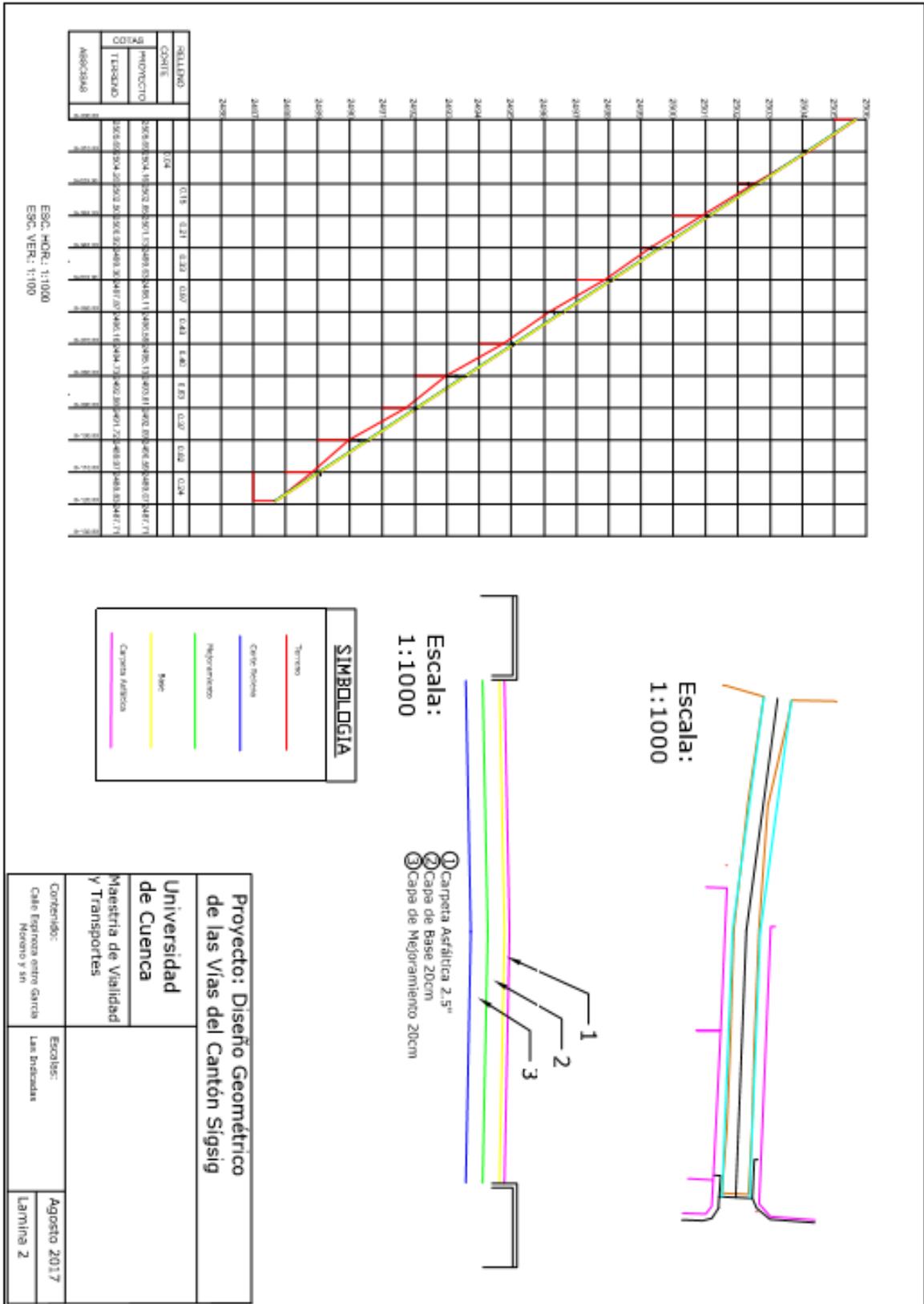
CONSTANTE DEL ANILLO				AREA DEL PISTON								3 PULG.^2		
PENET. EN PULG.	No. GOLPES/CAPA 55,00				No. GOLPES/CAPA 25,00				No. GOLPES/CAPA 10,00					
	CARGA LBS	PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR	CARGA LBS	PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR	CARGA LBS	PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR		
0	0	0			0	0			0	0				
25	87	29			78	26			56	19				
50	198	66			158	53			116	39				
75	309	103			239	80			177	59				
100	420	140	1.000	14,01%	320	107	1.000	10,66%	238	79	1.000	7,95%		
150	531	177			401	134			299	100				
200	627	209	1.500	13,93%	456	152	1.500	10,13%	351	117	1.500	7,80%		
250	754	251			562	187			421	140				
300	865	288			643	214			482	161				

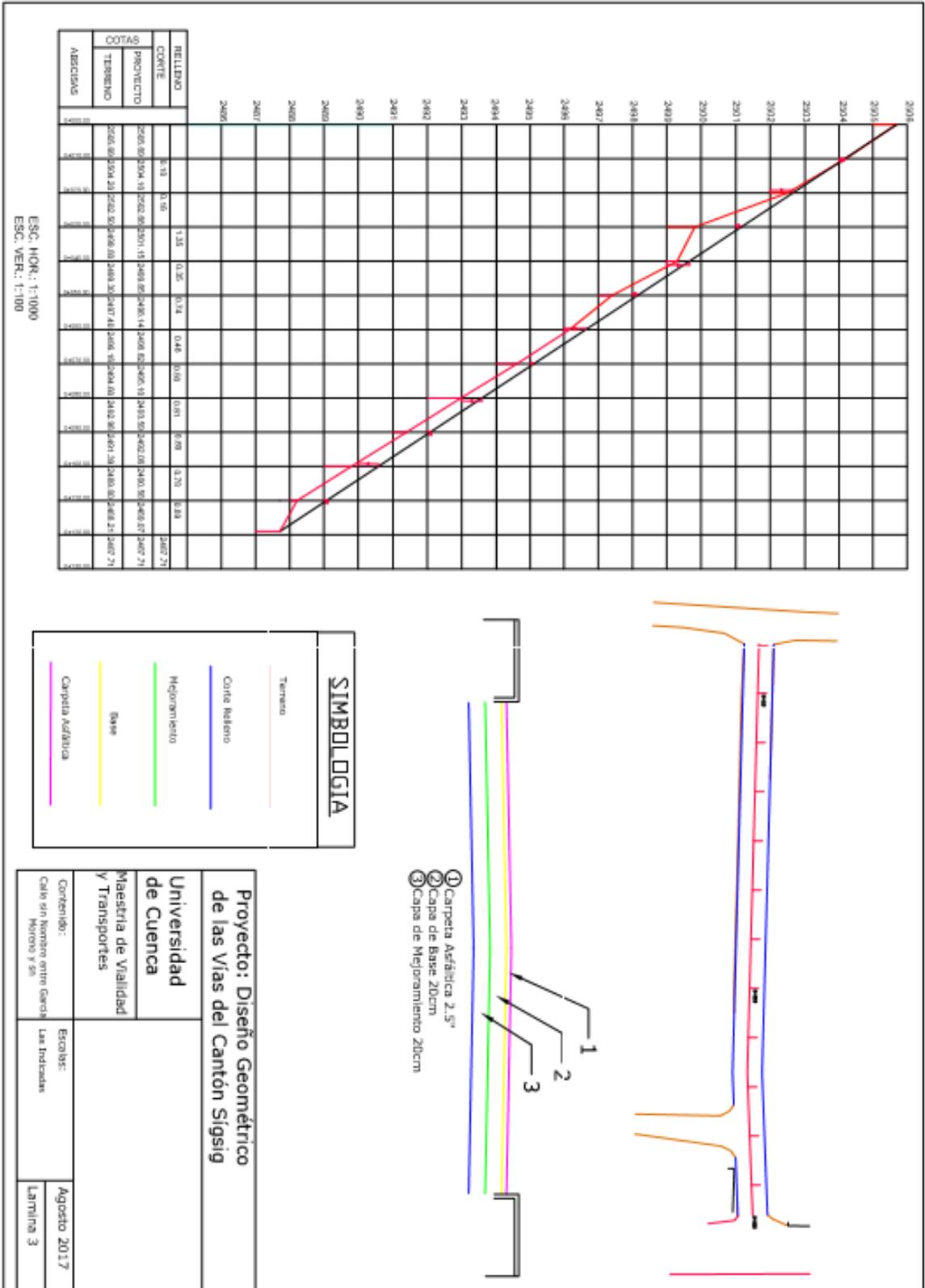


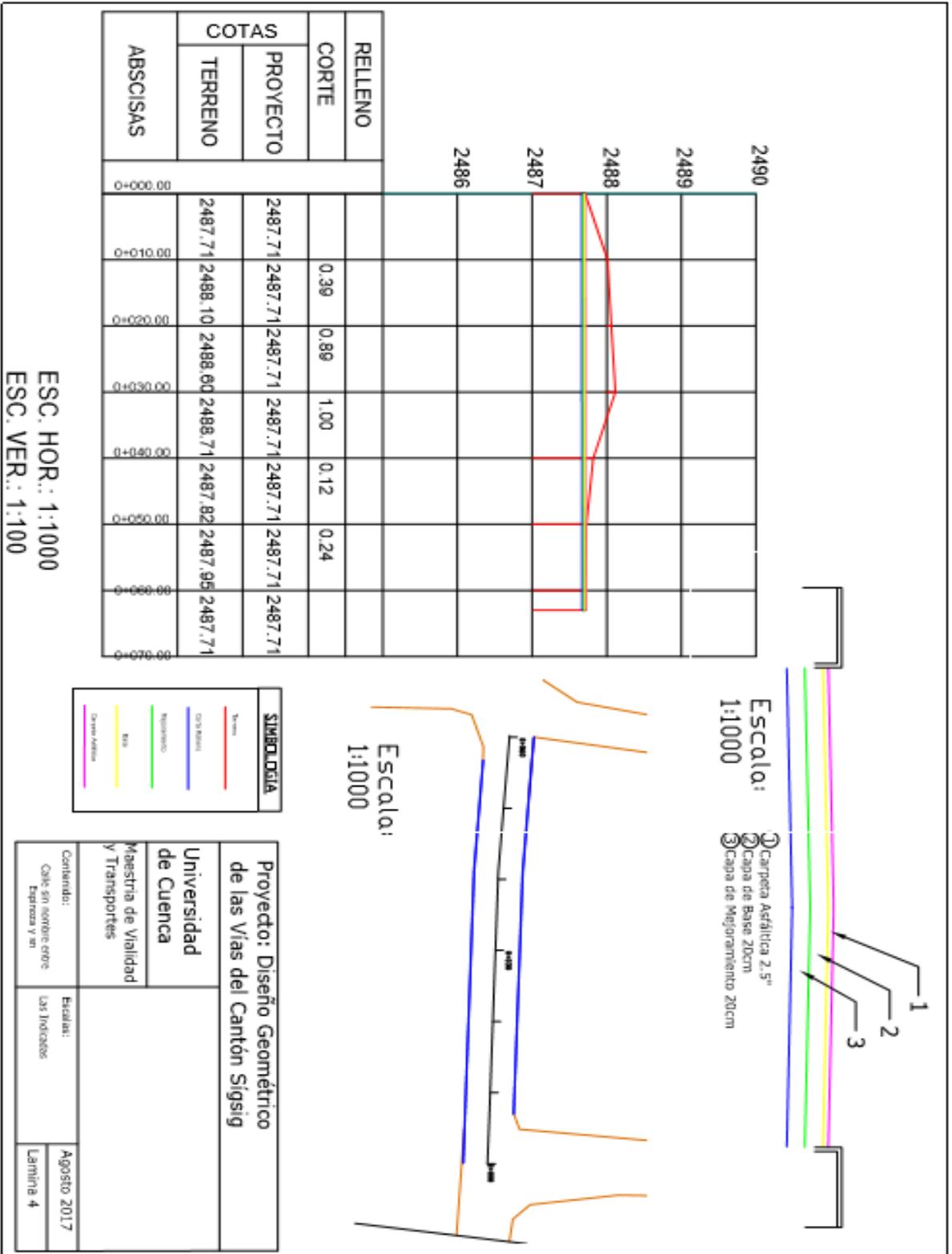


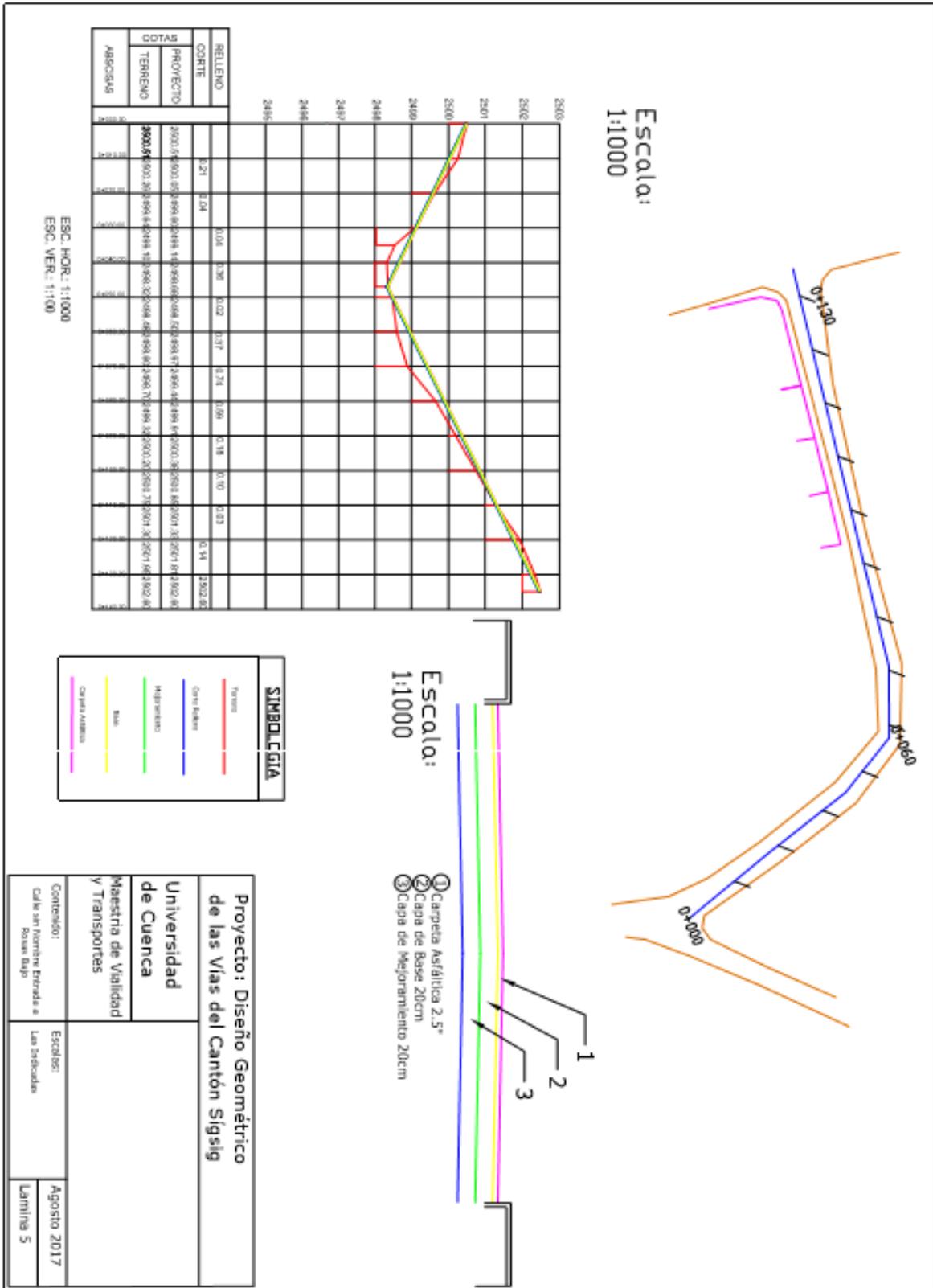
## **ANEXO 3. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS VÍAS EN ESTUDIO.**

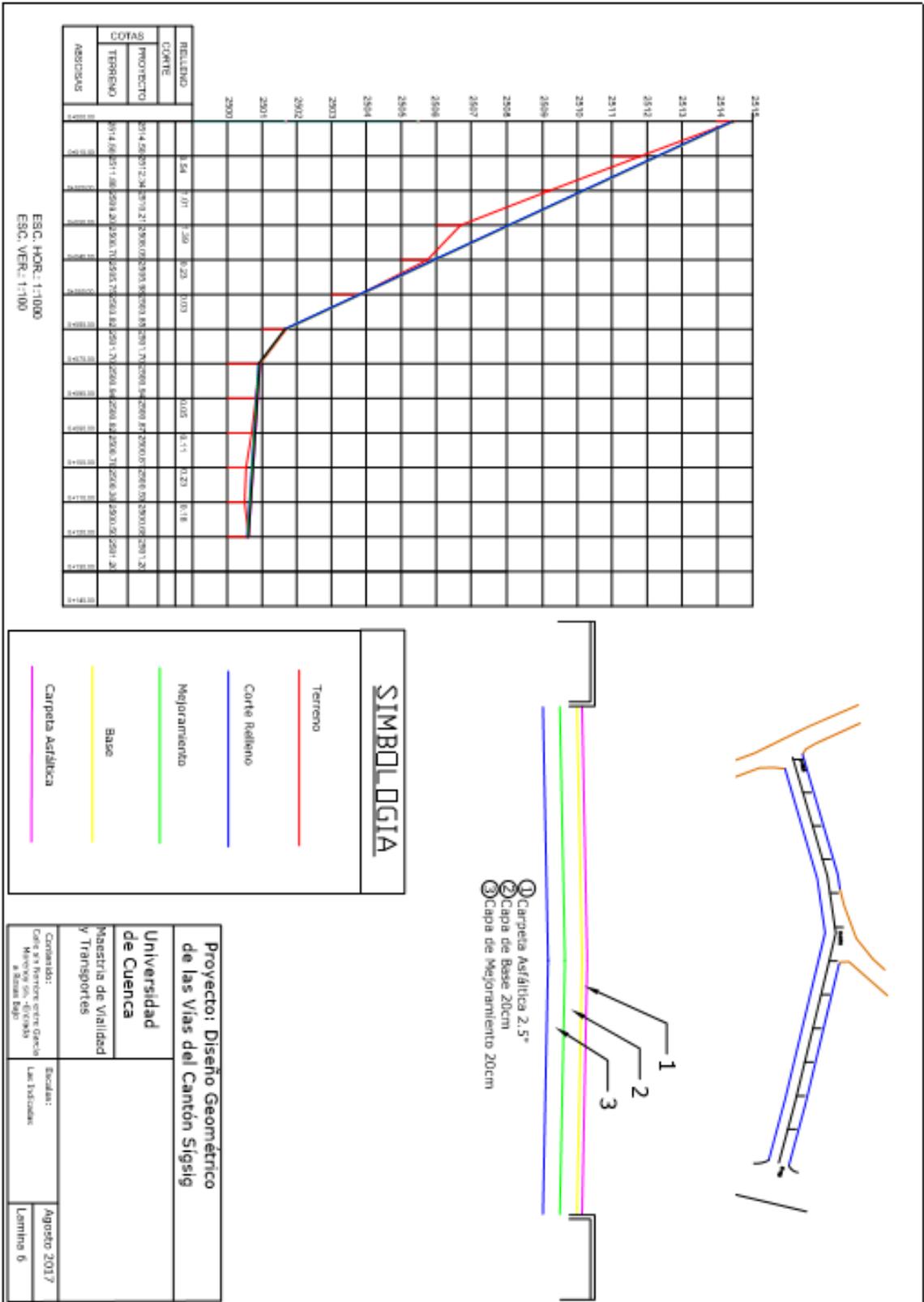


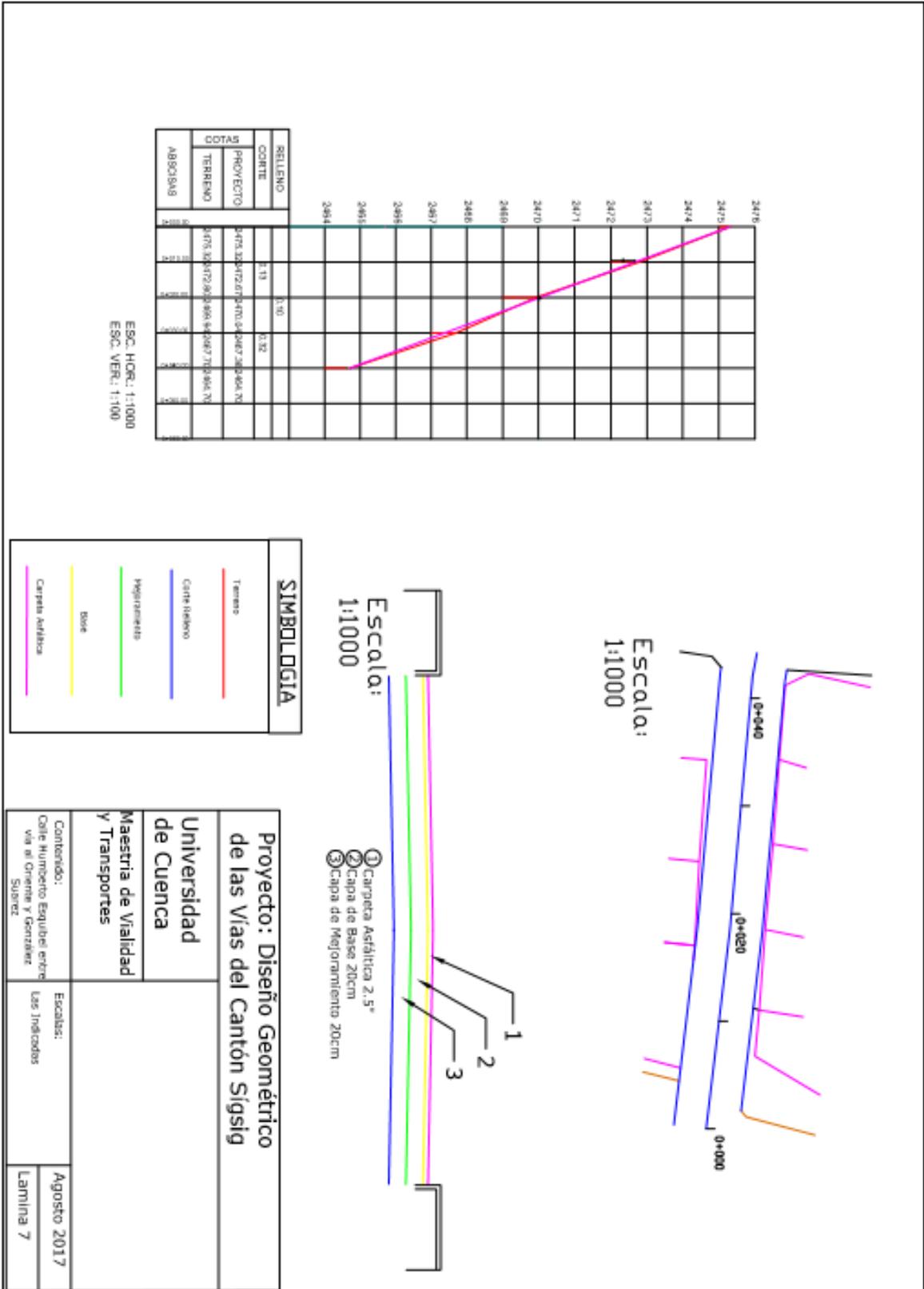


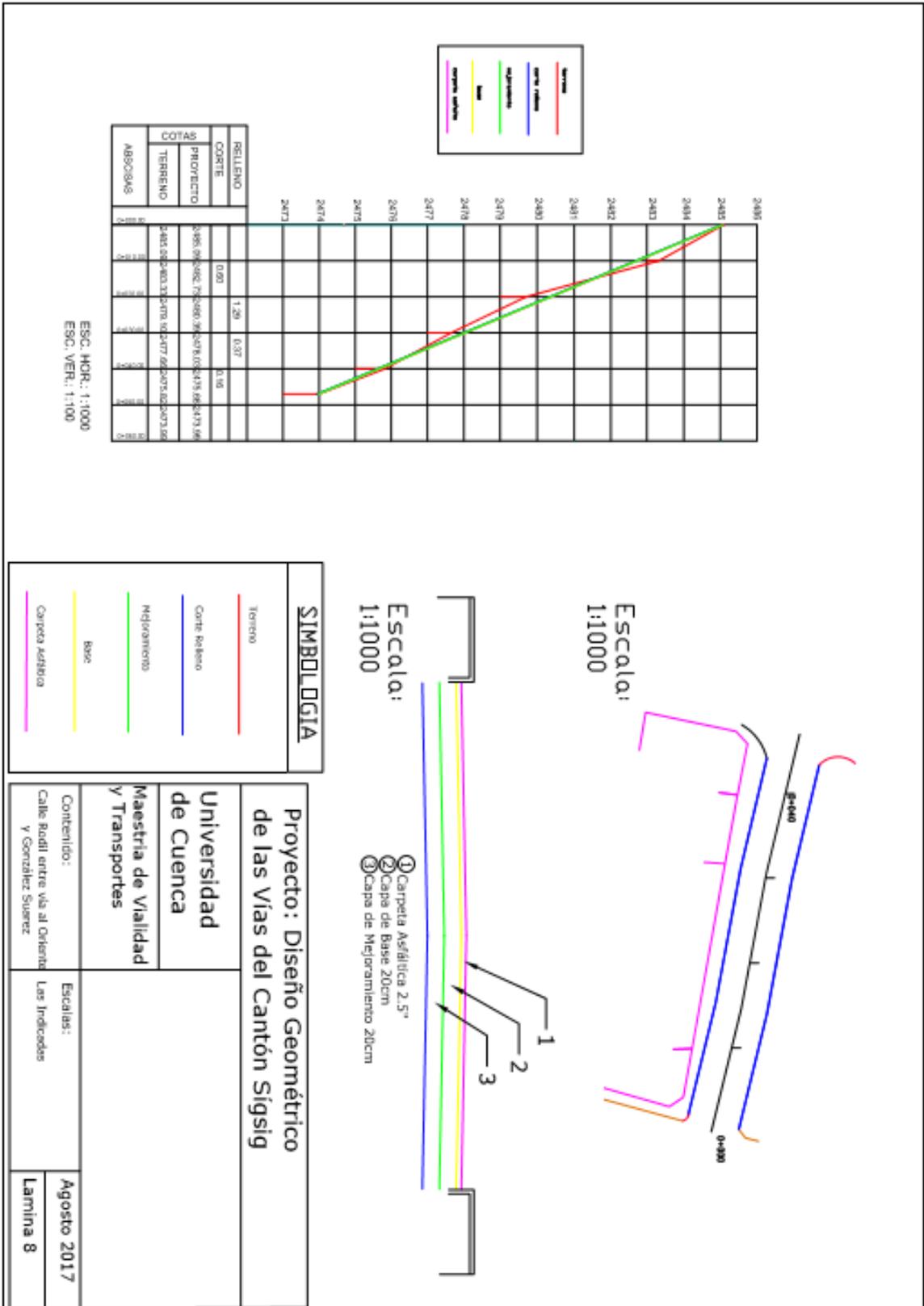




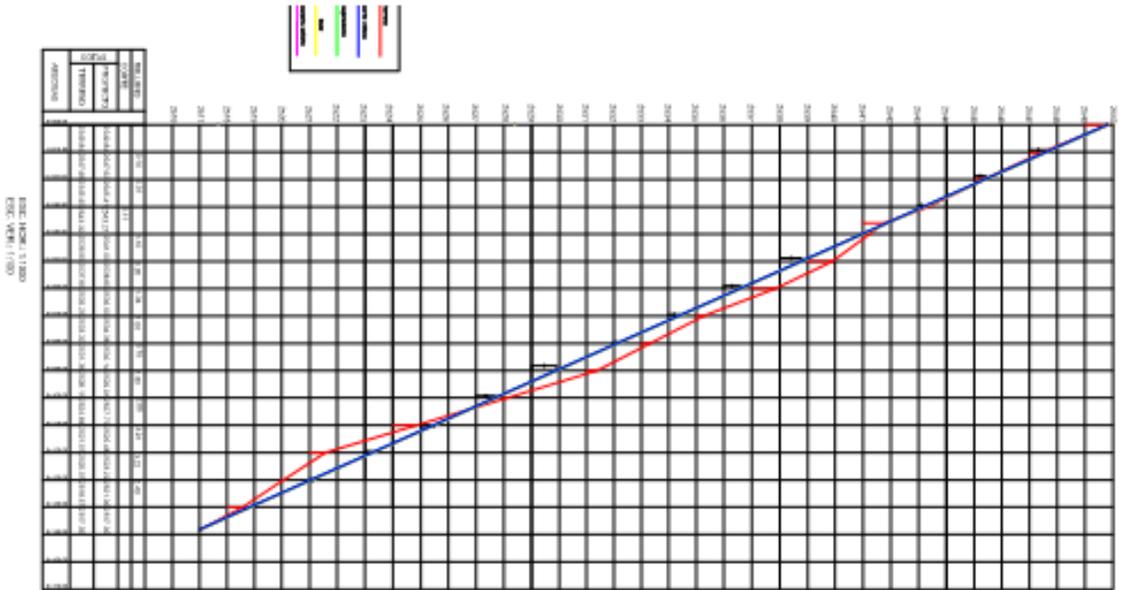






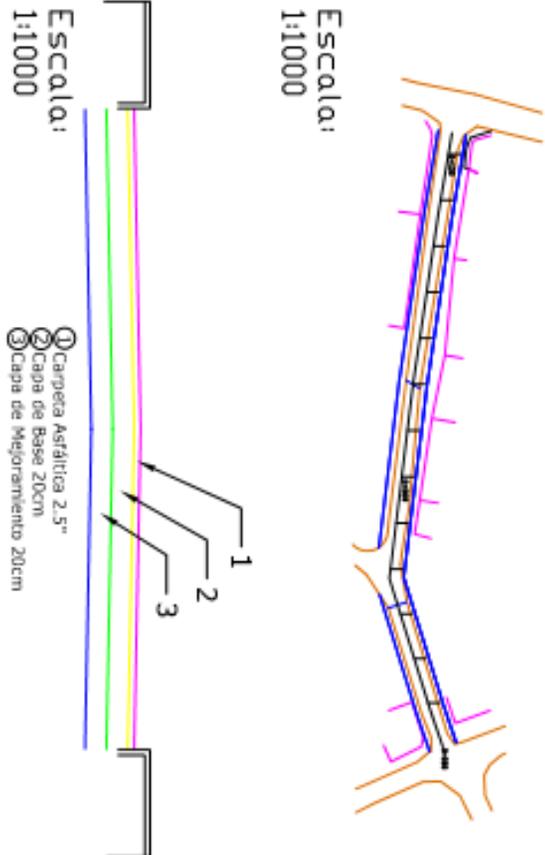


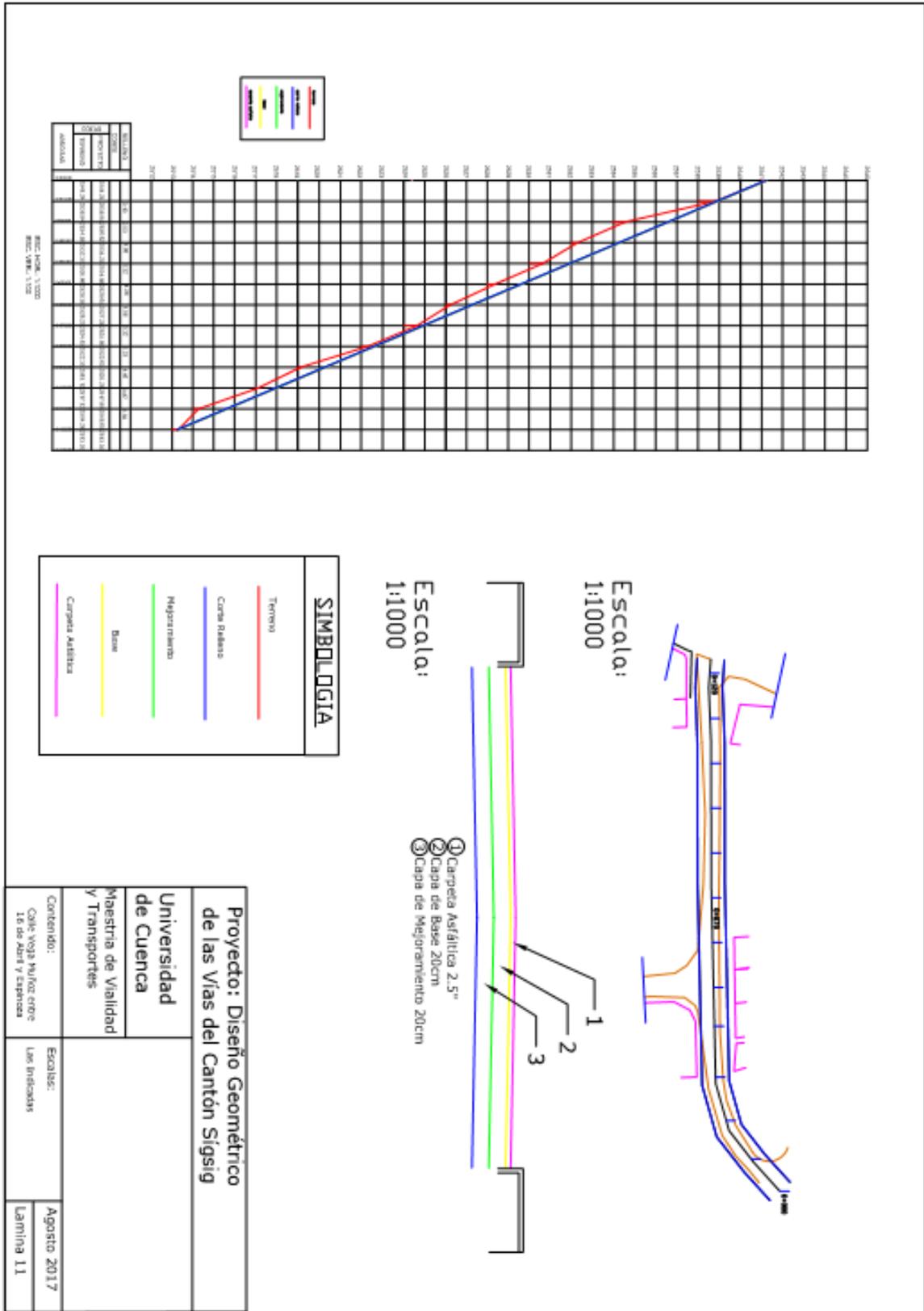


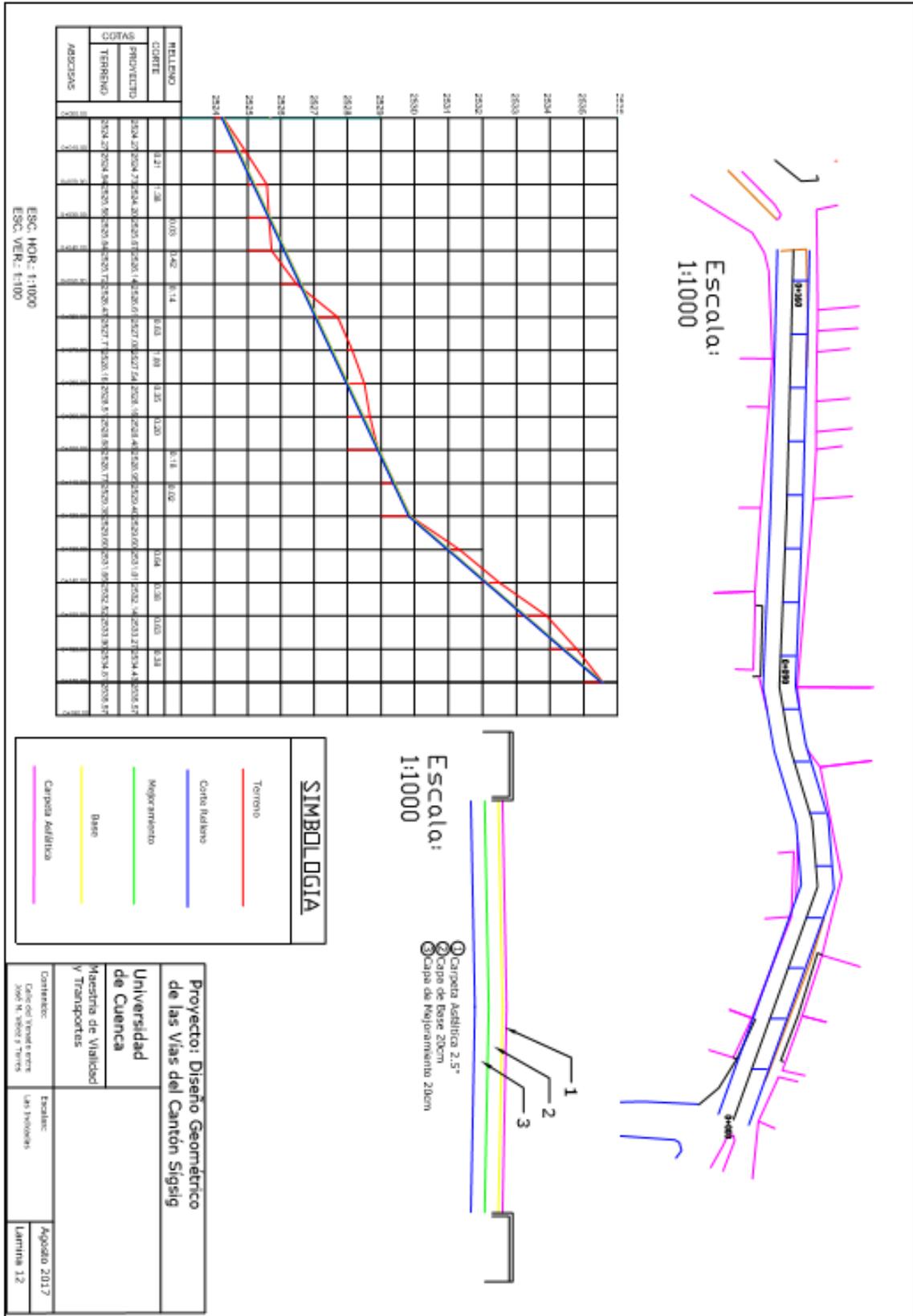


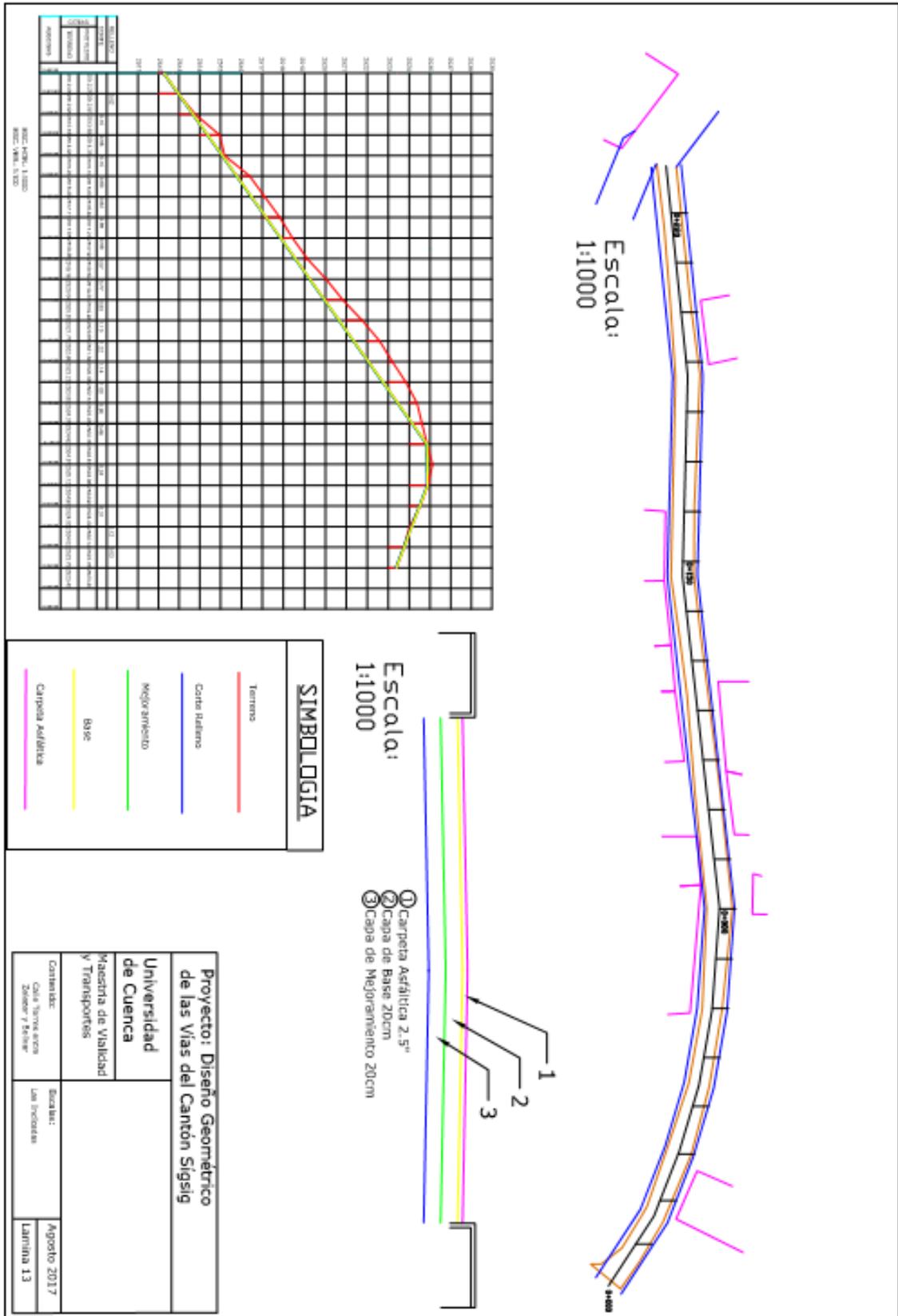
SIMBOLOGIA	
	Terreno
	Carretera
	Mejoramiento
	Base
	Carretera Asfáltica

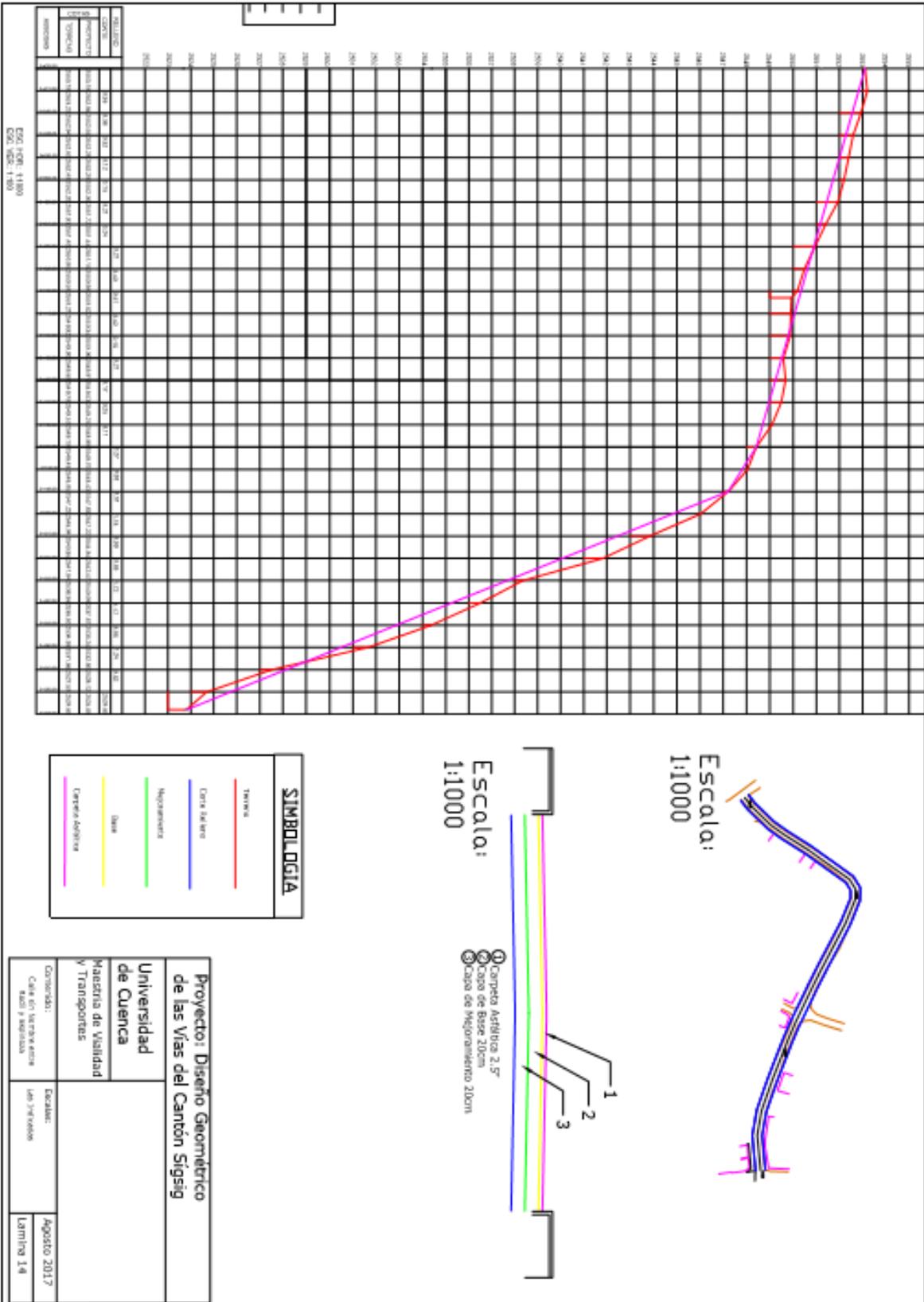
<b>Proyecto: Diseño Geométrico de las Vías del Cantón Sigüig</b>		
<b>Universidad de Cuenca</b>		<b>Maestría de Vialidad y Transportes</b>
<b>Contenido:</b> Calle 16 de Abril entre Espinoza y 9n		
<b>Escalas:</b> Las indicadas		<b>Agosto 2017</b> Lamina 10

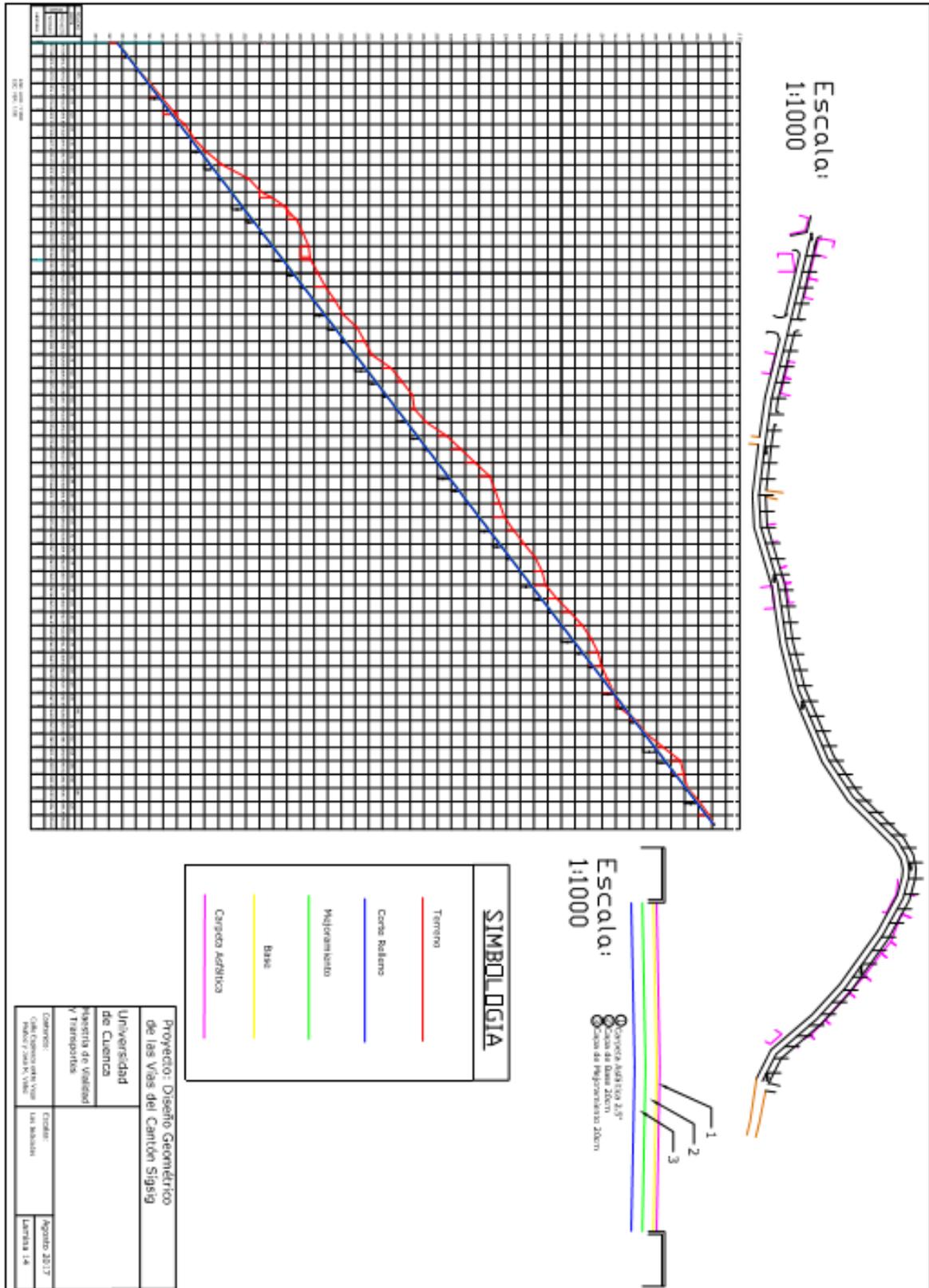


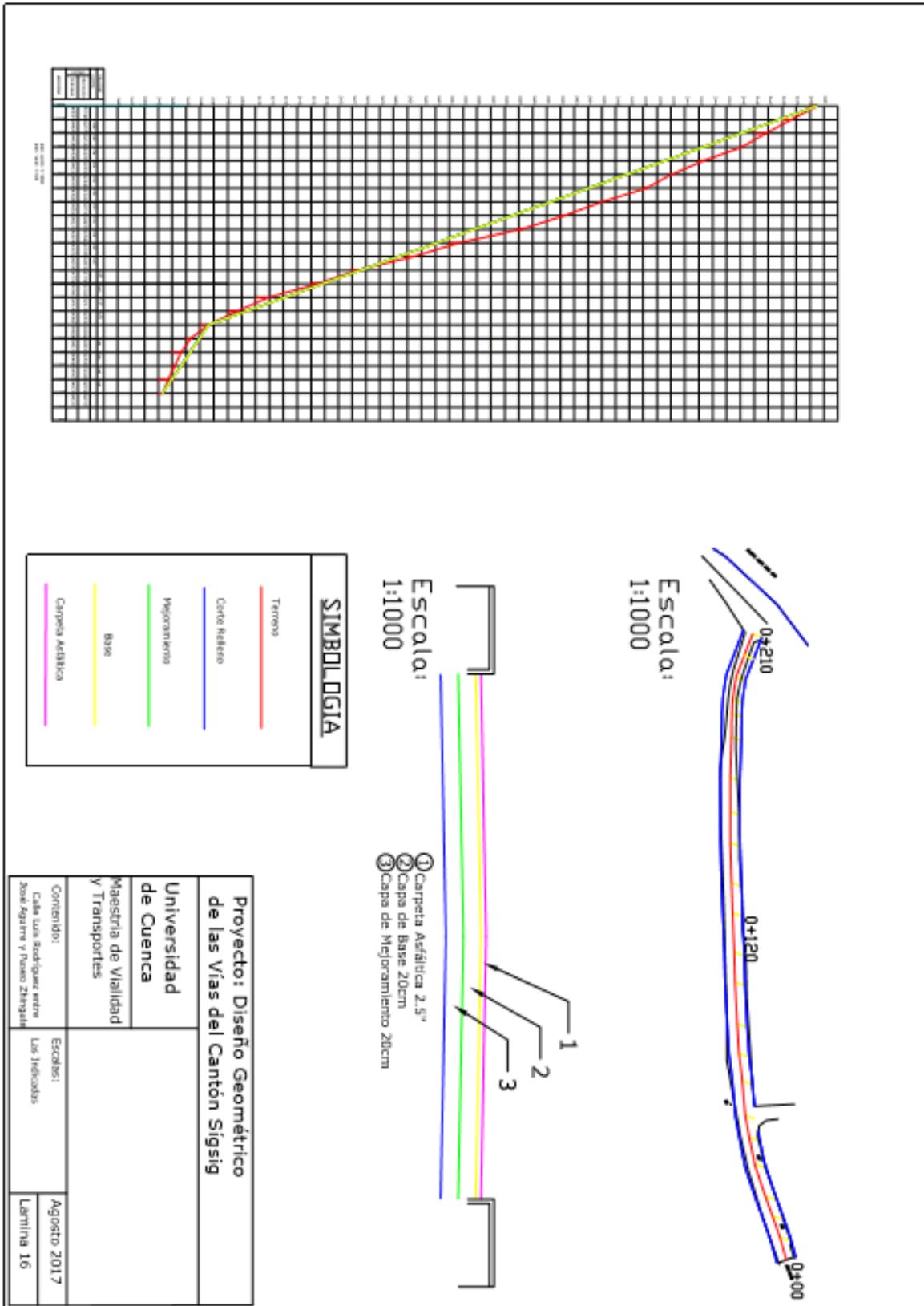


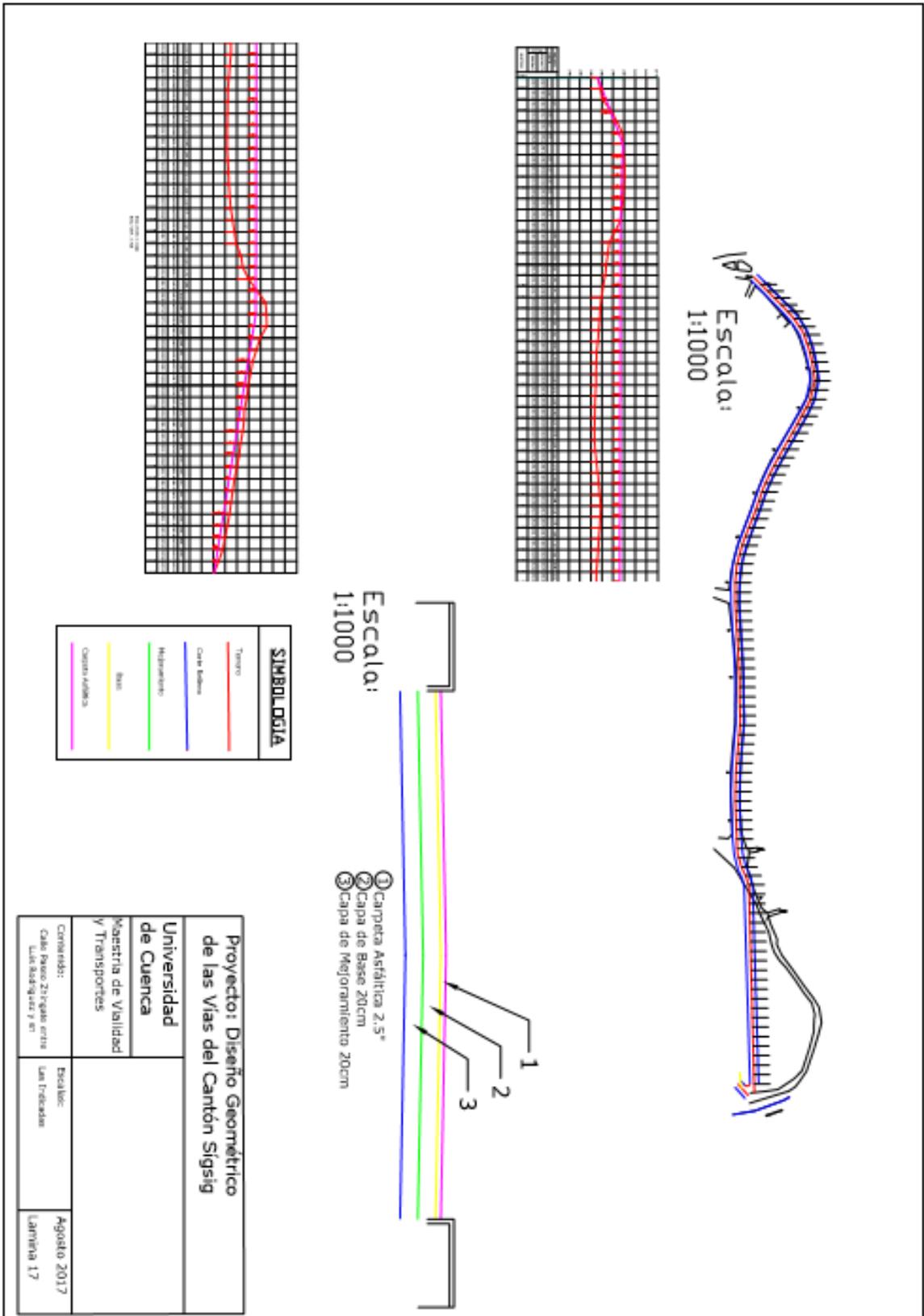














# **ANEXO 4. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.**

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Mezclado, Tendido y Compactado de Material de Mejoramiento (sin material)

UNIDAD: m<sup>3</sup>

## DETALLE:

<b>EQUIPOS</b>					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Motoniveladora	1	36	36	0,024	0,86
Rodillo vibratorio	1	25	25	0,024	0,6
Tanquero	1	15	15	0,024	0,36
<b>SUBTOTAL M</b>					1,82
<b>MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Estructura Ocupacional (grupo II)	1	3,39	3,39	0,024	0,08
Chofer Licencia tipo D	1	4,67	4,67	0,024	0,11
Op. Retroexcavadora	1	3,39	3,39	0,024	0,08
<b>SUBTOTAL N</b>					0,27
<b>MATERIALES</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
<b>SUBTOTAL O</b>					0
<b>TRANSPORTE</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
<b>SUBTOTAL P</b>					0
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					2,09
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %</b>					0,42
<b>OTROS INDIRECTOS: 0.00 %</b>					0
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					2,51
<b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.</b>					<b>VALOR OFERTADO</b>
					2,51

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Cargada y minada de material a maquina

UNIDAD: m<sup>3</sup>

DETALLE:

<b>EQUIPOS</b>					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta menor	1	0,4	0,4	0,035	0,01
Retroexcavadora 60 HP	1	25,5	25,5	0,035	0,89
<b>SUBTOTAL M</b>					0,9
<b>MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peon	1	3,18	3,18	0,035	0,11
Op. Retroexcavadora	1	3,39	3,39	0,035	0,12
<b>SUBTOTAL N</b>					0,23
<b>MATERIALES</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
<b>SUBTOTAL O</b>					0
<b>TRANSPORTE</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
<b>SUBTOTAL P</b>					0
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					1,13
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %</b>					0,23
<b>OTROS INDIRECTOS: 0.00 %</b>					0
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					1,36
<b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.</b>					<b>VALOR OFERTADO</b>
					1,36



UNIVERSIDAD DE CUENCA

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO:** Transporte de material hasta 5Km

**UNIDAD:** m3

**DETALLE:**

<b>EQUIPOS</b>					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Volqueta (8m3)	1	19,47	19,47	0,08	1,56
<b>SUBTOTAL M</b>					1,56
<b>MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Chofer Licencia Tipo E	1	4,67	4,67	0,08	0,37
<b>SUBTOTAL N</b>					0,37
<b>MATERIALES</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
<b>SUBTOTAL O</b>					0
<b>TRANSPORTE</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
<b>SUBTOTAL P</b>					0
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					1,93
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %</b>					0,39
<b>OTROS INDIRECTOS: 0.00 %</b>					0
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					2,32
<b>VALOR OFERTADO</b>					2,32

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Transporte de Material mas de 5 Km

UNIDAD: m3-km

## DETALLE:

<b>EQUIPOS</b>					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Volqueta (8m3)	1	19,47	19,47	0,008	0,16
<b>SUBTOTAL M</b>					0,16
<b>MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Chofer Licencia Tipo E	1	4,67	4,67	0,008	0,04
<b>SUBTOTAL N</b>					0,04
<b>MATERIALES</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
<b>SUBTOTAL O</b>					0
<b>TRANSPORTE</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
<b>SUBTOTAL P</b>					0
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					0,2
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %</b>					0,04
<b>OTROS INDIRECTOS: 0.00 %</b>					0
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					0,24
<b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.</b>					<b>VALOR OFERTADO</b>
					0,24



UNIVERSIDAD DE CUENCA

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO:** Base preparada material de Chiquita Loma y material de río porción:2 con 1Kg/m3 de terrasil **UNIDAD:** m3

**DETALLE:**

<b>EQUIPOS</b>					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Motoniveladora	1	36	36	0,0526	1,89
Rodillo vibratorio	1	25	25	0,0526	1,32
Tanquero	1	15	15	0,0526	0,79
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>4</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Estructura Ocupacional (grupo II)	1	3,39	3,39	0,0526	0,18
Chofer Licencia tipo D	1	4,67	4,67	0,0526	0,25
Op. Retroexcavadora	1	3,39	3,39	0,0526	0,18
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0,61</b>
<b>MATERIALES</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Terrasil	Kg	1	17	17	
<b>SUBTOTAL O</b>					<b>17</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
<b>SUBTOTAL P</b>					<b>0</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					<b>21,61</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %</b>					<b>4,32</b>
<b>OTROS INDIRECTOS: 0.00 %</b>					<b>0</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>25,93</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>25,93</b>

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO:** Base preparada material de Chiquita loma y material de rio porcion 1:2 con 3,0% cemento

**UNIDAD:** m<sup>3</sup>

**DETALLE:**

<b>EQUIPOS</b>					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Motoniveladora	1	36	36	0,0526	1,89
Rodillo vibratorio	1	25	25	0,0526	1,32
Tanquero	1	15	15	0,0526	0,79
<b>SUBTOTAL M</b>					4
<b>MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Estructura Ocupacional (grupo II)	1	3,39	3,39	0,0526	0,18
Chofer Licencia tipo D	1	4,67	4,67	0,0526	0,25
Op. Retroexcavadora	1	3,39	3,39	0,0526	0,18
<b>SUBTOTAL N</b>					0,61
<b>MATERIALES</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Cemento Portland	kg	60	0,14	8,4	
<b>SUBTOTAL O</b>					8,4
<b>TRANSPORTE</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
<b>SUBTOTAL P</b>					0
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					13,01
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %</b>					2,6
<b>OTROS INDIRECTOS: 0.00 %</b>					0
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					15,61
<b>VALOR OFERTADO</b>					15,61

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO:** Tendido de Base preparada material de Chiquita Loma y material de río porcion 1:2 con 0.5 Kg/m<sup>3</sup> de terrasil y 1,5% cemento

**UNIDAD:** m<sup>3</sup>

**DETALLE:**

<b>EQUIPOS</b>					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Motoniveladora	1	36	36	0,0526	1,89
Rodillo vibratorio	1	25	25	0,0526	1,32
Tanquero	1	15	15	0,0526	0,79
<b>SUBTOTAL M</b>					4
<b>MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Estructura Ocupacional (grupo II)	1	3,39	3,39	0,0526	0,18
Chofer Licencia tipo D	1	4,67	4,67	0,0526	0,25
Op. Retroexcavadora	1	3,39	3,39	0,0526	0,18
<b>SUBTOTAL N</b>					0,61
<b>MATERIALES</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Cemento Portland	kg	30	0,14	4,2	
Terrasil	Kg	0,5	17	8,5	
<b>SUBTOTAL O</b>					12,7
<b>TRANSPORTE</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
<b>SUBTOTAL P</b>					0
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					17,31
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %</b>					3,46
<b>OTROS INDIRECTOS: 0.00 %</b>					0
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					20,77
<b>VALOR OFERTADO</b>					20,77

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO:** Base preparada material de amorgeo y material de río porción 1:2 con 1Kg/m3 de terrasil

**UNIDAD:** m3

<b>DETALLE:</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Motoniveladora	1	36	36	0,0526	1,89
Rodillo vibratorio	1	25	25	0,0526	1,32
Tanquero	1	15	15	0,0526	0,79
<b>SUBTOTAL M</b>					4
<b>MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Estructura Ocupacional (grupo II)	1	3,39	3,39	0,0526	0,18
Chofer Licencia tipo D	1	4,67	4,67	0,0526	0,25
Op. Retroexcavadora	1	3,39	3,39	0,0526	0,18
<b>SUBTOTAL N</b>					0,61
<b>MATERIALES</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Terrasil	Kg	1	17	17	
<b>SUBTOTAL O</b>					17
<b>TRANSPORTE</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
<b>SUBTOTAL P</b>					0
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					21,61
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %</b>					4,32
<b>OTROS INDIRECTOS: 0.00 %</b>					0
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					25,93
<b>VALOR OFERTADO</b>					25,93

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO:** Base preparada material de Amorgeo y material de río porcion1:2 con 3,0% cemento **UNIDAD:** m3

**DETALLE:**

<b>EQUIPOS</b>					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Motoniveladora	1	36	36	0,0526	1,89
Rodillo vibratorio	1	25	25	0,0526	1,32
Tanquero	1	15	15	0,0526	0,79
<b>SUBTOTAL M</b>					4
<b>MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Estructura Ocupacional (grupo II)	1	3,39	3,39	0,0526	0,18
Chofer Licencia tipo D	1	4,67	4,67	0,0526	0,25
Op. Retroexcavadora	1	3,39	3,39	0,0526	0,18
<b>SUBTOTAL N</b>					0,61
<b>MATERIALES</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Cemento Portland	kg	60	0,14	8,4	
<b>SUBTOTAL O</b>					8,4
<b>TRANSPORTE</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
<b>SUBTOTAL P</b>					0
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					13,01
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %</b>					2,6
<b>OTROS INDIRECTOS: 0.00 %</b>					0
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					15,61
<b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.</b>					<b>VALOR OFERTADO</b>
					15,61



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO:** Tendido de Base preparada material de Amorgeo y material de río porcion1:2 con 0.5 Kg/m3 de terrasil y 1,5% cemento **UNIDAD:** m3

**DETALLE:**

<b>EQUIPOS</b>					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Motoniveladora	1	36	36	0,0526	1,89
Rodillo vibratorio	1	25	25	0,0526	1,32
Tanquero	1	15	15	0,0526	0,79
<b>SUBTOTAL M</b>					4
<b>MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Estructura Ocupacional (grupo II)	1	3,39	3,39	0,0526	0,18
Chofer Licencia tipo D	1	4,67	4,67	0,0526	0,25
Op. Retroexcavadora	1	3,39	3,39	0,0526	0,18
<b>SUBTOTAL N</b>					0,61
<b>MATERIALES</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Cemento Portland	kg	30	0,14	4,2	
Terrasil	Kg	0,5	17	8,5	
<b>SUBTOTAL O</b>					12,7
<b>TRANSPORTE</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
<b>SUBTOTAL P</b>					0
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					17,31
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %</b>					3,46
<b>OTROS INDIRECTOS: 0.00 %</b>					0
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					20,77
<b>VALOR OFERTADO</b>					20,77

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO:** Base clase 1. Tipo "B", D < 1 1/2" tendido y compactado

**UNIDAD:** m2

**DETALLE:**

<b>EQUIPOS</b>					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Motoniveladora	1	36	36	0,0526	1,89
Rodillo vibratorio	1	25	25	0,0526	1,32
Tanquero	1	15	15	0,0526	0,79
<b>SUBTOTAL M</b>					4
<b>MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Estructura Ocupacional (grupo II)	1	3,39	3,39	0,0526	0,18
Chofer Licencia tipo D	1	4,67	4,67	0,0526	0,25
Op. Retroexcavadora	1	3,39	3,39	0,0526	0,18
<b>SUBTOTAL N</b>					0,61
<b>MATERIALES</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Material de Base Clase 1	m3	1	17,5	17,5	
<b>SUBTOTAL O</b>					17,5
<b>TRANSPORTE</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
<b>SUBTOTAL P</b>					0
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					22,11
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %</b>					4,42
<b>OTROS INDIRECTOS: 0.00 %</b>					0
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					26,53
<b>VALOR OFERTADO</b>					26,53

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.