

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE CIVIL**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO CON MATERIAL**

**RECICLADO DE LA PROVINCIA DE PICHINCHA Y**

**RECOMENDACIONES EN SUS USOS.**

**AUTORES:**

**MAURICIO SEBASTIAN ALMEIDA CENTENO**

**KEVIN JOSHUA SEGURA CHICO**

**DIRECTOR:**

**ING. GUSTAVO YÁNEZ**

**QUITO, 2022**

## **Dedicatoria**

A mi madre Rita, hoy no solo quiero agradecerte por darme la vida, sino también por estar junto a mi todos estos años, con tu amor, trabajo, paciencia y sacrificio que me han permitido cumplir un sueño más, por ser la figura más importante de mi vida, por ser la mejor amiga y consejera. Gracias madrecita hermosa. El título no es solo mío, también es tuyo.

A mi padre Mauricio, a su esposa Luly y a mi hermana Doménica, por ser el apoyo que todo hijo desea tener, por ser la razón y el más grande aliento de ejemplo para elegir tu profesión que hoy significa orgullo para ti y también para mí.

A mis hermanos, Brian, Vero y Nico por estar siempre pendientes de mí, por su ayuda, apoyo incondicional y amor en todos esos momentos difíciles de mi vida.

**Por Sebastian Almeida**

## **Dedicatoria**

A mis padres, quienes me dieron la oportunidad de estudiar esta carrera que tantas alegrías me ha brindado, y quienes me han dado el ejemplo de luchar por mis sueños.

A mis hermanas Kimberly y Kelly, quienes han sido un apoyo enorme para levantarme cada día y buscar ser inspiración para ellas.

A Samy, quien me ha incentivado a ser mejor profesional, mejor estudiante y sobre todo mejor persona, además de brindarme su amor incondicional.

A mi familia, quienes han estado pendientes de cada paso que he dado, han orado por mí, y no han dudado en apoyarme cada vez que lo necesitaba.

**Por Kevin Segura**

## **Agradecimiento**

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, la Facultad de Ingeniería, a sus docentes y a todos sus colaboradores, por brindarnos todo el conocimiento para ser grandes profesionales, por darnos la oportunidad de adquirir gratas experiencias y amistades únicas, además de todas las herramientas necesarias para ejercer la profesión.

Al Ingeniero Gustavo Yáñez, nuestro director del Trabajo de Titulación, por su guía en la realización de este trabajo, por su valioso tiempo, y por compartirnos su conocimiento para que culminemos el proyecto de la mejor manera.

Al Gobierno Provincial de Pichincha, al Ingeniero Alex Rivera, y a todos sus colaboradores, por abrirnos sus puertas y guiarnos en la realización de los ensayos de laboratorio necesarios para nuestro Trabajo de Titulación, con los cuales fue posible basar todo el proyecto.

**Por Sebastian Almeida y Kevin Segura**

## Índice

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Índice .....                                                    | 1  |
| Índice de Tablas.....                                           | 7  |
| Índice de figuras .....                                         | 11 |
| 1. Introducción.....                                            | 14 |
| 1.1. Planteamiento del problema.....                            | 15 |
| 1.2. Justificación.....                                         | 16 |
| 1.3. Objetivos .....                                            | 16 |
| 1.3.1. Objetivo general.....                                    | 16 |
| 1.3.2. Objetivos específicos .....                              | 16 |
| 1.4. Alcance.....                                               | 17 |
| 2. Revisión de literatura técnica o fundamentación teórica..... | 18 |
| 2.1. Antecedentes .....                                         | 18 |
| 2.1.1. Estado vial de la Provincia de Pichincha .....           | 18 |
| 2.1.2. Métodos de diseño de Pavimentos reciclados.....          | 24 |
| 2.1.3. Método de diseño Marshall.....                           | 25 |
| 2.1.3.1. Metodología .....                                      | 25 |
| 2.1.3.2. Granulometría.....                                     | 27 |
| 2.2. Marco conceptual .....                                     | 27 |
| 2.2.1. Agregado.....                                            | 27 |
| 2.2.2. Tipos de Mezclas asfálticas .....                        | 28 |

|        |                                                                                           |    |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.3. | Pavimento Flexible .....                                                                  | 28 |
| 2.2.6. | Emulsiones Asfálticas .....                                                               | 36 |
| 2.2.7. | Varias Aplicaciones de las Emulsiones Asfálticas .....                                    | 40 |
| 2.3.   | Marco legal.....                                                                          | 41 |
| 3.     | Identificación de los Materiales.....                                                     | 42 |
| 3.1.   | Material Reciclado del fresado.....                                                       | 42 |
| 3.2.   | Identificación de Emulsiones en el mercado ecuatoriano .....                              | 42 |
| 3.2.1. | Mezcla Agua, Asfalto y Agente emulsivo .....                                              | 42 |
| 3.2.2. | Emulsión de CHOVA .....                                                                   | 43 |
| 3.2.3. | Emulsión de EMULDEC .....                                                                 | 44 |
| 4.     | Ensayos de Laboratorio .....                                                              | 45 |
| 4.1.   | Calidad de las emulsiones .....                                                           | 45 |
| 4.1.1. | Ensayo del tamiz N°20 (ASTM D 6933, INEN 906) .....                                       | 45 |
| 4.1.2. | Ensayo de residuo por evaporación (ASTM D 6934, INEN 905) .                               | 46 |
| 4.1.3. | Ensayo de estabilidad de almacenamiento 24h (ASTM D 6930,<br>UNE-EN-1430, INEN 909) ..... | 46 |
| 4.1.4. | Ensayo de Viscosidad Saybolt-Furol (ASTM D 7496, ASTM D88,<br>UNE 10428, INEN 1981) ..... | 46 |
| 4.1.5. | Ensayo de mezcla con cemento (ASTM D 6935, INEN 904) .....                                | 47 |
| 4.1.6. | Ensayo de carga de partícula (ASTM D 7402, UNE-EN-1430, INEN<br>908)                      | 47 |

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1.7. Ensayo de asentamiento 5 días (ASTM D 6930, UNE-EN-12847, INEN 910)              | 47 |
| 4.1.8. Ensayo de Penetración en el residuo a 25°C (ASTM D 5, UNE-104-281, NTE INEN 918) | 48 |
| 4.1.9. Ensayo de Ductilidad a 25°C (ASTM D 113, INEN 916)                               | 48 |
| 4.1.10. Ensayo de solubilidad en tricloroetileno (ASTM D 2042, UNE-EN-12592, INEN 915)  | 48 |
| 4.2. Calidad del fresado (R.A.P)                                                        | 50 |
| 4.2.1. Ensayo de Granulometría (ASTM D 421, ASTM D 422)                                 | 50 |
| 4.2.2. Ensayo de Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso (C 128, INEN 857)  | 56 |
| 4.2.3. Ensayo de Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino (C 127, INEN 856)    | 59 |
| 4.2.4. Ensayo de Peso Unitario (ASTM C 29, INEN 858)                                    | 63 |
| 4.2.5. Ensayo Asfalto Residual (ASTM D-2172, AASHTO T-164)                              | 68 |
| 5. Diseño de la mezcla asfáltica                                                        | 71 |
| 5.1. Ensayos de laboratorio de mezclas asfálticas                                       | 71 |
| 5.1.1. Determinación del contenido tentativo de emulsión                                | 71 |
| 5.1.2. Ensayo de recubrimiento                                                          | 73 |
| 5.1.3. Ensayo RICE                                                                      | 76 |
| 5.1.3.1. Resultados RICE IMPTEK (CHOVA)                                                 | 79 |
| 5.1.3.2. Resultados RICE EMULDEC                                                        | 79 |

|          |                                                                                    |     |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1.4.   | Ensayos Marshall .....                                                             | 79  |
| 5.1.4.1. | Definición y Objetivos del Ensayo Marshall .....                                   | 79  |
| 5.1.4.2. | Estabilidad y Flujo .....                                                          | 80  |
| 5.1.4.3. | Preparación de las Muestras para el ensayo Marshall.....                           | 80  |
| 5.1.4.4. | Procedimiento de Mezclado .....                                                    | 81  |
| 5.1.4.5. | Procedimiento de Compactación.....                                                 | 82  |
| 5.1.4.6. | Ensayo de las Muestras compactadas.....                                            | 85  |
| 5.1.4.7. | Datos previos a la rotura.....                                                     | 88  |
| 5.1.4.8. | Briquetas entre la mezcla de la Emulsión IMPTEK (CHOVA) y material reciclado ..... | 94  |
| 5.1.4.9. | Briquetas entre la mezcla de la Emulsión EMULDEC y material reciclado              | 102 |
| 6.       | Análisis de resultados en función de los ensayos de laboratorio.....               | 108 |
| 6.1.     | Discusión para la obtención de la mezcla con mejores características               | 108 |
| 6.1.1.   | Obtención del porcentaje óptimo de asfalto.....                                    | 108 |
| 6.1.2.   | Pérdida de estabilidad .....                                                       | 110 |
| 6.1.3.   | Análisis técnico en función de los resultados obtenidos.....                       | 112 |
| 7.       | Análisis económico.....                                                            | 117 |
| 7.1.     | Información General .....                                                          | 117 |
| 7.2.     | Características de la vía.....                                                     | 118 |
| 7.3.     | Presupuesto con material granular virgen .....                                     | 119 |

|          |                                                                                          |     |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.4.     | Presupuesto con material granular reciclado.....                                         | 121 |
| 7.5.     | Análisis comparativo.....                                                                | 122 |
| 8.       | Análisis de Impacto Ambiental .....                                                      | 126 |
| 8.1.     | Identificación de impactos ambientales para la construcción de la vía propuesta          | 131 |
| 8.1.1.   | Listado de impactos ambientales generales .....                                          | 132 |
| 8.1.1.1. | Fase Previa .....                                                                        | 132 |
| 8.1.1.2. | Fase de Construcción .....                                                               | 132 |
| 8.1.1.3. | Etapas de cierre.....                                                                    | 134 |
| 8.1.1.4. | Etapas de Operación y Mantenimiento.....                                                 | 134 |
| 8.1.2.   | Listado de impactos ambientales realizando mezcla asfáltica con material reciclado ..... | 135 |
| 8.1.2.1. | Fase Previa .....                                                                        | 135 |
| 8.1.2.2. | Fase de construcción .....                                                               | 135 |
| 8.1.3.   | Listado de impactos ambientales realizando mezcla asfáltica con material virgen          | 135 |
| 8.1.3.1. | Fase Previa .....                                                                        | 135 |
| 8.1.3.2. | Fase de construcción .....                                                               | 136 |
| 8.2.     | Evaluación de Impacto Ambiental .....                                                    | 136 |
| 8.2.1.   | Matriz cualitativa para mezcla asfáltica con material reciclado ..                       | 137 |
| 8.2.2.   | Matriz cualitativa con mezcla asfáltica con material virgen.....                         | 143 |

|        |                                                                           |     |
|--------|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.3.   | Comparación del Impacto Ambiental entre las mezclas asfálticas analizadas | 148 |
| 9.     | Recomendaciones de uso de la mezcla asfáltica con material reciclado      | 150 |
| 9.1.   | Uso en construcción de carreteras                                         | 150 |
| 9.1.1. | Caminos agrícolas y forestales                                            | 151 |
| 9.1.2. | Caminos básicos                                                           | 151 |
| 9.1.3. | Carretera Convencional Básica                                             | 152 |
| 9.1.4. | Carretera de Mediana Capacidad                                            | 152 |
| 9.2.   | Mantenimiento y rehabilitación vial                                       | 153 |
| 9.2.1. | Pérdida de agregado                                                       | 154 |
| 9.2.2. | Pérdida de la capa de rodadura                                            | 154 |
| 9.2.3. | Exposición de agregados                                                   | 154 |
| 9.2.4. | Deterioro de la estructura (Roderas)                                      | 155 |
| 9.2.5. | Bacheo profundo y superficial                                             | 155 |
| 9.2.6. | Grietas longitudinales y transversales (Fisuras solas o en malla)         | 156 |
| 9.2.7. | Deterioro por defectos constructivos                                      | 157 |
| 10.    | Conclusiones y Recomendaciones                                            | 157 |
| 10.1.  | Conclusiones                                                              | 157 |
| 10.2.  | Recomendaciones                                                           | 162 |
|        | Bibliografía                                                              | 164 |
|        | Anexos                                                                    | 168 |

## Índice de Tablas

|                                                                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 2.1. Red vial provincial de Pichincha, por categoría y estado.....                                                                                                                         | 18 |
| Tabla 2.2. Tipos de vías.....                                                                                                                                                                    | 19 |
| Tabla 2.3. Sistema vial provincial de Pichincha por tipo de vía y cantón.....                                                                                                                    | 20 |
| Tabla 2.4. Superficie de rodadura por cantón (km).....                                                                                                                                           | 21 |
| Tabla 2.5. Estado de superficie de rodadura por cantón (km).....                                                                                                                                 | 22 |
| Tabla 2.6. Necesidades de conservación vial por cantón (km). ....                                                                                                                                | 22 |
| Tabla 2.7. Costo de las intervenciones consideradas de conservación,<br>mejoramiento y .....                                                                                                     | 24 |
| Tabla 2.8. Métodos de procesos de reciclaje.....                                                                                                                                                 | 33 |
| Tabla 2.9. Clasificación de las Emulsiones Asfálticas .....                                                                                                                                      | 37 |
| Tabla 2.10. Distintos tipos de emulsiones en el tipo de construcciónFuente: Libro:<br>Manual Básico de Emulsiones Asfálticas. (Asphalt Emulsion Manufacturers Association<br>(AEMA), 1976). .... | 39 |
| Tabla 3.1. Método de Instalación Emulsión IMPTEK.Fuente: Ficha técnica CSS-<br>1h. (IMPTEK (CHOVA), 2021).....                                                                                   | 44 |
| Tabla 3.2. Método de Instalación Emulsión EMULDEC.....                                                                                                                                           | 45 |
| Tabla 4.1. Ficha técnica emulsión CSS-1h (IMPTEK-CHOVA)Fuente: Ficha<br>técnica IMPTEK. (IMPTEK (CHOVA), 2021).....                                                                              | 49 |
| Tabla 4.2. Ficha técnica emulsión CSS-1h (EMULDEC).....                                                                                                                                          | 50 |
| Tabla 4.3. Requisitos de Graduación para Agregados en Mezclas Asfálticas<br>Densas (Marshall) (Tabla 404-4.1).....                                                                               | 52 |

|                                                                                                                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 4.4. Requisitos de Graduación para Agregados en Mezclas Asfálticas Densas (Marshall) (Tabla 811-4.4).Fuente: Libro: Manual NEVI-12 Volumen 3. Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. (NEVI-12-MTOP, 2013)..... | 52 |
| Tabla 4.5. Agregados para Mezclas, con Emulsión, de Granulometría Cerrada (Tabla 7.2)Fuente: Libro: Manual Básico de Emulsiones Asfálticas. (Asphalt Emulsion Manufacturers Association (AEMA), 1976) .....                                         | 53 |
| Tabla 4.6. Granulometría antes del ensayo de porcentaje de asfalto residual ....                                                                                                                                                                    | 54 |
| Tabla 4.7. Granulometría después del ensayo de porcentaje de asfalto residual                                                                                                                                                                       | 55 |
| Tabla 4.8. Capacidad del depósito medidor (molde) en función del tamaño máximo nominal del agregado .....                                                                                                                                           | 64 |
| Tabla 4.9. Requisitos para los moldes .....                                                                                                                                                                                                         | 64 |
| Tabla 4.10. Densidad del agua.....                                                                                                                                                                                                                  | 65 |
| Tabla 5.1. Resultados RICE IMPTEK.....                                                                                                                                                                                                              | 79 |
| Tabla 5.2. Resultados RICE EMULDEC .....                                                                                                                                                                                                            | 79 |
| Tabla 5.3. Factores de corrección de estabilidad.....                                                                                                                                                                                               | 93 |
| Tabla 5.4. Gravedad específica bulk (briqueta).....                                                                                                                                                                                                 | 94 |
| Tabla 5.5. Gravedad específica bulk (Agregado total) .....                                                                                                                                                                                          | 95 |
| Tabla 5.6. Gravedad específica aparente (Agregado total) .....                                                                                                                                                                                      | 95 |
| Tabla 5.7. Gravedad específica máxima teórica.....                                                                                                                                                                                                  | 95 |
| Tabla 5.8. Gravedad específica efectiva (agregado).....                                                                                                                                                                                             | 96 |
| Tabla 5.9. Asfalto absorbido.....                                                                                                                                                                                                                   | 96 |

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 5.10. Asfalto efectivo de la mezcla .....                           | 96  |
| Tabla 5.11. Relación Filler/Asfalto .....                                 | 97  |
| Tabla 5.12. Porcentaje en volumen .....                                   | 97  |
| Tabla 5.13. Resultados de estabilidad y flujo .....                       | 98  |
| Tabla 5.14. Resultados Gravedad específica Bulk (briqueta) .....          | 102 |
| Tabla 5.15. Resultados Gravedad específica Bulk (Agregado total).....     | 102 |
| Tabla 5.16. Resultados Gravedad específica aparente (Agregado total)..... | 103 |
| Tabla 5.17. Resultados Gravedad específica máxima teórica .....           | 103 |
| Tabla 5.18. Resultados Gravedad específica efectiva (Agregado).....       | 103 |
| Tabla 5.19. Resultados Asfalto absorbido .....                            | 104 |
| Tabla 5.20. Resultados Asfalto efectivo de la mezcla.....                 | 104 |
| Tabla 5.21. Relación Filler/Asfalto .....                                 | 104 |
| Tabla 5.22. Porcentaje en volumen .....                                   | 105 |
| Tabla 5.23. Resultados de Estabilidad y Flujo .....                       | 105 |
| Tabla 6.1. Resultados de Perdida de Estabilidad.....                      | 112 |
| Tabla 6.2. Porcentaje de Perdida de Estabilidad. ....                     | 112 |
| Tabla 6.3. Control de calidad de mezclas asfálticas.....                  | 113 |
| Tabla 6.4. VAM mínimo Tabla 405 – 5.5. ....                               | 116 |
| Tabla 7.1. Presupuesto Calle San Martin con material virgen .....         | 119 |
| Tabla 7.2. Presupuesto Calle San Martin con material reciclado.....       | 121 |
| Tabla 7.3. Diferencia en porcentaje de presupuestos .....                 | 122 |

|                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 7.4. Actividad: Carpeta asfáltica en Frío .....                                                    | 124 |
| Tabla 7.5. Actividad: Carpeta asfáltica en Frío con material reciclado .....                             | 125 |
| Tabla 7.5. Diferencia en porcentaje entre presupuesto 1 y 2.....                                         | 126 |
| Tabla 8.1. Actividades en Calle San Martin .....                                                         | 132 |
| Tabla 8.2. Matriz cualitativa de Impactos Ambientales para mezcla asfáltica con material reciclado ..... | 137 |
| Tabla 8.3. Matriz cualitativa de Impactos Ambientales para mezcla asfáltica con material virgen.....     | 143 |
| Tabla 9.1. Tabla 405.5.4 MOP- 001 - F .....                                                              | 150 |

## Índice de figuras

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2.1. Ensayos de Punto de inflamación, Ductilidad, Viscosidad, Resistencia al impacto ..... | 30 |
| Figura 2.2. Esquema pavimento flexible .....                                                      | 31 |
| Figura 2.3. Esquema de reciclaje de asfalto .....                                                 | 34 |
| Figura 3.1. Autopista General Rumiñahui.....                                                      | 42 |
| Figura 4.1. Realización de ensayo de granulometría.....                                           | 51 |
| Figura 4.2. Granulometría antes del ensayo de porcentaje de asfalto residual...                   | 54 |
| Figura 4.3. Granulometría después del ensayo de porcentaje de asfalto residual .....              | 55 |
| Figura 4.4. Realización de ensayo de gravedad específica de agregado grueso                       | 56 |
| Figura 4.5. Realización de ensayo de gravedad específica de agregado grueso                       | 57 |
| Figura 4.6. Realización de ensayo de gravedad específica de agregado fino.....                    | 60 |
| Figura 4.7. Realización de ensayo de gravedad específica de agregado fino.....                    | 60 |
| Figura 4.8. Realización de ensayo de gravedad específica de agregado fino.....                    | 61 |
| Figura 4.9. Realización de ensayo de peso unitario .....                                          | 65 |
| Figura 4.10. Realización de ensayo de peso unitario .....                                         | 67 |
| Figura 4.11. Realización de ensayo de asfalto residual.....                                       | 68 |
| Figura 4.12. Realización de ensayo de asfalto residual.....                                       | 69 |
| Figura 4.13. Realización de ensayo de asfalto residual.....                                       | 69 |
| Figura 5.1. Obtención de muestra representativa .....                                             | 74 |

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 5.2. Peso de muestra representativa .....                                             | 75 |
| Figura 5.3. Mezcla realizada.....                                                            | 75 |
| Figura 5.4. Calibración del recipiente .....                                                 | 76 |
| Figura 5.5. Mezcla realizada en reposo .....                                                 | 77 |
| Figura 5.6. Colocación de 1200 g de mezcla en frasco .....                                   | 77 |
| Figura 5.7. Peso de frasco + agua + mezcla + tapa de vidrio .....                            | 78 |
| Figura 5.8. Preparación de mezcla (material reciclado + emulsión) .....                      | 81 |
| Figura 5.9. Mezcla lista para realización de briquetas .....                                 | 81 |
| Figura 5.10. Colocación de aceite en tambor, martillo y molde.....                           | 82 |
| Figura 5.11. Proceso de compactación manual .....                                            | 83 |
| Figura 5.12. Proceso de compactación mecánico.....                                           | 84 |
| Figura 5.13. Desmolde de briquetas .....                                                     | 84 |
| Figura 5.14. Peso seco de briqueta .....                                                     | 85 |
| Figura 5.15. Obtención de peso sumergido y sumergido con superficie seca....                 | 86 |
| Figura 5.16. Obtención de peso sumergido (izquierda) y volumen de briqueta<br>(derecha)..... | 86 |
| Figura 5.17. Baño María de especímenes.....                                                  | 87 |
| Figura 5.18. Rotura de briquetas .....                                                       | 87 |
| Figura 5.19. Lectura de estabilidad y flujo.....                                             | 88 |
| Figura 5.20. Gravedad Bulk vs Porcentaje de Bitumen .....                                    | 99 |
| Figura 5.21. Estabilidad vs Porcentaje de Bitumen.....                                       | 99 |

|                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 5.22. Vv vs Porcentaje de Bitumen .....                                                                    | 100 |
| Figura 5.23. Flujo vs Porcentaje de Bitumen .....                                                                 | 100 |
| Figura 5.24. VAM vs Porcentaje de Bitumen .....                                                                   | 101 |
| Figura 5.25. Gravedad Bulk vs Porcentaje de Bitumen .....                                                         | 106 |
| Figura 5.26. Estabilidad vs Porcentaje de Bitumen.....                                                            | 106 |
| Figura 5.27. Vv vs Porcentaje de Bitumen.....                                                                     | 107 |
| Figura 5.28. Flujo vs Porcentaje de Bitumen .....                                                                 | 107 |
| Figura 5.29. VAM vs Porcentaje de Bitumen .....                                                                   | 108 |
| Figura 6.1. Estabilidad vs Porcentaje de Bitumen.....                                                             | 109 |
| Figura 6.2. Estabilidad vs Porcentaje de Bitumen.....                                                             | 109 |
| Figura 7.1. Calle San Martin .....                                                                                | 117 |
| Figura 7.2. Calle San Martin vista satelital .....                                                                | 118 |
| Figura 7.3. Porcentajes de presupuesto de cada etapa.....                                                         | 120 |
| Figura 7.4. Porcentajes de presupuesto de cada etapa.....                                                         | 122 |
| Figura 7.5. Porcentajes de presupuesto de cada etapa, Presupuesto 1 (Izquierda) y<br>Presupuesto 2 (Derecha)..... | 123 |
| Figura 8.1. Calle San Martin .....                                                                                | 131 |
| Figura 9.1. Camino agrícola y forestal .....                                                                      | 151 |
| Figura 9.2. Camino básico.....                                                                                    | 151 |
| Figura 9.3. Carretera convencional básica.....                                                                    | 152 |
| Figura 9.4. Carretera de mediana capacidad.....                                                                   | 152 |

## **1. Introducción**

Las vías han significado un avance en todos los niveles del bienestar humano, se podría decir que el auge de la creación como ciencia fue en la antigua Roma, sin embargo, existen hechos históricos de su aplicación en Babilonia (2500 A.C.) y Egipto (650 A.C.), y ha ido evolucionando con el pasar del tiempo donde la conexión entre pueblos y la rapidez de la llegada a los diferentes destinos incrementó la eficiencia en cuanto a geopolítica, ciencia, economía y cultura. Sin embargo, para lograr dichos avances fue necesario que la ingeniería implemente mejores técnicas de obtención de materiales que permitieran la creación de mejores vías.

El uso de “macadam” fue la primera técnica implementada para la construcción de carreteras. Actualmente, muchos países realizan estudios y crean o actualizan normativas para la ejecución correcta de diseño, construcción y fiscalización de obras viales, permitiendo que cada vez se integren nuevos materiales y tecnologías, y se optimice el impacto y uso de materiales no renovables.

La nueva generación de asfaltos está en auge, nuevas técnicas y tecnologías se están desarrollando con el fin de mejorar la vida útil de las carreteras, disminuir el nivel de contaminación e impacto ambiental y sustituir materiales no renovables principalmente de componentes derivados de petróleo (los cuales en los últimos años se ha está intentando disminuir su explotación por la devastación ambiental que genera) por elementos sustentables.

Económicamente, el valor de los productos derivados del petróleo ha ido en alzas y bajas a través de los años, muchas veces alcanzando valores muy altos lo cual encarecía a su vez la realización de carreteras, además de la obtención de agregados pétreos con explotación excesiva de canteras ocasionando su agotamiento. Cabe recalcar que la

obtención de estas materias primas para la realización de mezclas asfálticas causa un impacto ecológico negativo (Montejo, 1997)

La importancia que ha tomado la conciencia ambiental, además del limitado presupuesto de las entidades públicas permiten que la implementación de diseños de mezclas asfálticas de material reciclado sea ideal para la reconstrucción, conservación y rehabilitación de la red vial en el Ecuador y con fines de estudio específicamente en la Provincia de Pichincha.

El Consejo Provincial de Pichincha nace en la constitución de 1843 donde se determinó un régimen de manejo por cada provincia con el fin de ser un auxiliar al Gobernador Político quien fue establecido en la constitución de 1830. En 1845 se suprimió el consejo para ser delegado como Juntas Provinciales en el año de 1861. Para el año de 1945 se refundaron los Consejos Provinciales y se declaró a un representante en cada capital de provincia. En 1967 se conformó al Prefecto quien será la persona encargada del manejo del Consejo Provincial el cual es escogido mediante votación popular y formaría parte de la función ejecutiva.

En la actualidad, la ley Orgánica de Régimen Provincial del año 2010 es quien maneja a los Consejos Provinciales quienes gozan de autonomía y de descentralización administrativa. (Gestión de Comunicación MA, 2017)

### **1.1. Planteamiento del problema**

El uso de pavimentos reciclados no es significativo en el Ecuador, en países europeos no se desperdicia este material, al contrario, en este continente se lo vuelve a usar varias veces, esto se debe a que tienen la normativa UNE-EN 13108-1:2019 en el cual establecen métodos estandarizados para mezclas asfálticas en frío que mejoran el pavimento reciclado.

El país necesita de mezclas asfálticas en frío que otorguen los mejores resultados en conjunto con el pavimento reciclado para el uso en carreteras. Actualmente el Gobierno Provincial de Pichincha usa los pavimentos reciclados mezclados con emulsiones de manera empírica, es decir sin estudios previos de la calidad de las mezclas, por lo cual en la presente investigación se usarán 2 tipos de emulsiones para las mezclas asfálticas en frío, en las cuales se variará el porcentaje de los componentes de cada mezcla, y a través de ensayos se determinarán las más relevantes que se podrían usar en carreteras.

## **1.2. Justificación**

Las obras de repavimentación de vías en la Provincia de Pichincha han ido en alza en los últimos años, el Gobierno Provincial de Pichincha tiene planificada la ejecución de varios proyectos a corto y a largo plazo, por lo cual el uso de pavimentos reciclados de calidad será de gran importancia para estos proyectos. La investigación se centrará en encontrar las combinaciones que mejoren notablemente las propiedades del material reciclado con emulsión.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Diseñar mezclas asfálticas por medio de 2 tipos de emulsiones diferentes con pavimentos reciclados que doten de las mejores características a la mezcla asfáltica en frío para su uso en carreteras.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Identificar los distintos tipos de emulsiones disponibles en el mercado a nivel provincial y el material residual resultado del fresado del pavimento flexible de la provincia, que está almacenado por el Consejo Provincial de Pichincha.

- Realizar y especificar los ensayos de laboratorio necesarios para la determinación de propiedades del material residual, emulsiones y las mezclas asfálticas en frío.
- Realizar un análisis de resultados y escoger las mezclas cuyo diseño mejoraron la calidad del pavimento reciclado dotado por el Consejo Provincial de Pichincha.
- Determinar el impacto ambiental causado por la creación de las mezclas asfálticas en frío con material reciclado y compararlo con la realización de una mezcla asfáltica en frío o en caliente estándar.
- Comparar económicamente las mezclas asfálticas con material reciclado con mezclas asfálticas en frío y caliente estandarizadas.
- Determinar el uso que se le asignará a cada mezcla dependiendo de la clasificación según el desempeño de la Carretera de acuerdo con el Manual NEVI-12.

#### **1.4. Alcance**

El trabajo de titulación propuesto desarrollará un análisis mediante ensayos de laboratorio de emulsiones con muestras de pavimento reciclado con el fin de determinar las mejores combinaciones empleando 2 tipos de emulsiones para la aplicación en asfalto en frío, para ello se realizarán al menos 12 briquetas ensayadas mediante el método Marshall. Dicho análisis va a ser realizado mediante el auspicio del Consejo Provincial de Pichincha.

## 2. Revisión de literatura técnica o fundamentación teórica

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Estado vial de la Provincia de Pichincha

El desarrollo integral de la provincia de Pichincha depende íntimamente del mantenimiento vial y de la realización de nuevas vías. La provincia de Pichincha cuenta con una red vial primaria la cual incluye los caminos más relevantes debido a su gran flujo vehicular, que suman un total de 90,52 km las cuales en vista de su condición biofísica y climática tienen una gran vulnerabilidad al daño; una red vial secundaria que incluye los caminos de cabeceras cantonales que se unen a las redes estatal y primaria, que suman un total de 536,17 km, de las cuales más de 277,32 km tienen superficies de rodadura en mal estado; una red vial terciaria que incluyen caminos de menor importancia que unen las cabeceras parroquiales entre sí o con la red primaria y secundaria, que suman un total de 603,66 km; finalmente una red de caminos vecinales los cuales incluyen otros caminos de menor importancia, los mismos que no se encuentran en áreas pobladas y son aprovechadas para el desarrollo agropecuario, que suman un total de 2.429,65 km. (CONGOPE, 2019)

A partir del estudio realizado por el CONGOPE se obtuvo un cuadro resumen que describe el estado de la red vial de la Provincia de Pichincha.

Tabla 2.1. Red vial provincial de Pichincha, por categoría y estado.

| Estado       | Primaria     |            | Secundaria    |            | Terciaria     |            | Vecinal       |            | Total          |            |
|--------------|--------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|----------------|------------|
|              | Km           | %          | Km            | %          | Km            | %          | Km            | %          | Km             | %          |
| Bueno        | 14,32        | 15,8       | 61,5          | 11,5       | 76,2          | 12,6       | 152,10        | 21,05      | 304,12         | 18,03      |
| Regular      | 72,7         | 80,3       | 197,35        | 36,8       | 222,27        | 36,8       | 1766,11       | 72,69      | 2258,43        | 61,33      |
| Malo         | 3,5          | 3,9        | 277,32        | 51,7       | 305,19        | 50,6       | 511,44        | 6,26       | 1097,45        | 20,64      |
| <b>Total</b> | <b>90,52</b> | <b>100</b> | <b>536,17</b> | <b>100</b> | <b>603,66</b> | <b>100</b> | <b>2429,7</b> | <b>100</b> | <b>3660,00</b> | <b>100</b> |

*Fuente: Plan de desarrollo vial integral de la Provincia de Pichincha. (CONGOPE, 2019)*

A su vez el CONGOPE clasificó en diferentes tipos de vías dependiendo de su unión al sistema vial provincial que suma un total de 4.688,78 km. Teniendo los siguientes tipos y sus respectivas longitudes:

*Tabla 2.2. Tipos de vías.*

| Tipo de vía                                     | Longitud (km) |
|-------------------------------------------------|---------------|
| ASENTAMIENTO HUMANO A ASENTAMIENTO HUMANO       | 1536,7        |
| CABECERA PARROQUIAL RURAL A ASENTAMIENTO HUMANO | 503,0         |
| CANTON A CANTON                                 | 386,9         |
| ESTATAL CON ASENTAMIENTO HUMANO                 | 789,8         |
| ESTATAL CON CABECERA CANTONAL                   | 1,5           |
| ESTATAL CON CABECERA PARROQUIAL                 | 56,9          |
| OTROS                                           | 45,9          |
| PARROQUIA RURAL A PARROQUIA RURAL               | 1368,1        |
|                                                 | <b>4688,8</b> |

*Fuente: Plan de desarrollo vial integral de la Provincia de Pichincha. (CONGOPE, 2019)*

De igual manera el estudio realizado clasificó las carreteras en dependencia de los cantones y los tipos de vía teniendo de esta manera el siguiente cuadro:

Tabla 2.3. Sistema vial provincial de Pichincha por tipo de vía y cantón.

| Tipo de vía                                     | Cantón        |               |               |                         |               |                |               |                     | TOTAL          |
|-------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|-------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------------|----------------|
|                                                 | Cayambe       | Mejía         | Pedro Moncayo | Pedro Vicente Maldonado | Puerto Quito  | Quito          | Rumiñahui     | S. M. de Los Bancos |                |
| Cantón a cantón                                 | 6.72          | 25.46         | 10.38         | 127                     | 100.21        | 51.65          | 23.61         | 41.9                | 386.93         |
| Parroquia Rural a parroquia Rural               | 161.82        | 92.73         | 146.69        | -                       |               | 900.03         | 55.01         | 11.82               | 1368.1         |
| Cabecera Parroquial Rural a Asentamiento Humano | 56.4          | 59.41         | 43.21         | -                       | 38.88         | 279.43         | 9.27          | 16.36               | 502.96         |
| Asentamiento humano a Asentamiento Humano       | 293.41        | 174.5         | 34.17         | 83.07                   | 140.05        | 709.02         | 18.23         | 84.3                | 1536.75        |
| Estatual con Cabecera Cantonal                  | -             | -             | -             | -                       | -             | -              | 1.51          | -                   | 1.51           |
| Estatual con Asentamiento humano                | 61.48         | 157.29        | 34.69         | 1.62                    | 131.68        | 224.66         | -             | 178.4               | 789.82         |
| Estatual con Cabecera Parroquial                | 7.1           | 15.41         | 11.94         | -                       | -             | 22.41          | -             | -                   | 56.86          |
| Otros                                           | 1.69          | 25.31         | 0.73          | 4.84                    | 5.3           | 6.28           | 1.69          | -                   | 45.84          |
| <b>TOTAL</b>                                    | <b>588.62</b> | <b>550.11</b> | <b>281.81</b> | <b>216.53</b>           | <b>416.12</b> | <b>2193.48</b> | <b>109.32</b> | <b>332.78</b>       | <b>4688.78</b> |

Fuente: Plan de desarrollo vial integral de la Provincia de Pichincha. (CONGOPE, 2019)

La provincia de Pichincha cuenta con una gran variedad de superficies de rodadura, contando en su mayoría con lastre con 2.096,33 km, la superficie del resto de vías son 1.234,64 km de empedrado, 644,53 km de suelo natural, 514,45 km de pavimento flexible, 148,78 km de adoquín, 33,6 km de vías mixtas, 14,83 km de doble tratamiento bituminoso y un 2,06 km de pavimento rígido. (CONGOPE, 2019) Asimismo, el estudio detalla el tipo de superficie de rodadura por cantón, lo cual se observa en el siguiente cuadro:

Tabla 2.4. Superficie de rodadura por cantón (km).

| Cantón                   | Superficie de rodadura |              |                |                |              |                    |                  |               |
|--------------------------|------------------------|--------------|----------------|----------------|--------------|--------------------|------------------|---------------|
|                          | Adoquín                | DTB          | Empedrado      | Lastre         | Mixto        | Pavimento flexible | Pavimento rígido | Suelo natural |
| Cayambe                  | 23.25                  | -            | 370.22         | 60.46          | 11.75        | 23.35              | -                | 99.6          |
| Mejía                    | 11.63                  | 2.67         | 217.12         | 234.94         | -            | 13.92              | -                | 69.83         |
| Pedro Moncayo            | 15.68                  | 2.68         | 55.67          | 58.89          | -            | 28                 | -                | 120.89        |
| Pedro Vicente Maldonado  | -                      | -            | -              | 199.78         | -            | 16.76              | -                | -             |
| Puerto Quito             | -                      | -            | -              | 386.84         | -            | 29.28              | -                | -             |
| Quito                    | 87.97                  | 9.48         | 525.25         | 845.92         | 21.41        | 347.19             | 2.06             | 354.21        |
| Rumiñahui                | 10.25                  | -            | 66.38          | 15.65          | -            | 17.03              | -                | -             |
| San Miguel de Los Bancos | -                      | -            | -              | 293.85         | -            | 38.94              | -                | -             |
| <b>TOTAL</b>             | <b>148.78</b>          | <b>14.83</b> | <b>1234.64</b> | <b>2096.33</b> | <b>33.16</b> | <b>514.47</b>      | <b>2.06</b>      | <b>644.53</b> |

Fuente: Plan de desarrollo vial integral de la Provincia de Pichincha. (CONGOPE, 2019)

De igual manera es importante conocer el estado de las superficies de rodadura en la provincia, el estudio señala que en su mayoría se encuentran en estado regular con 2.751,48 km, seguido de 1.492,16 km de vías en mal estado, y 445,14 km de vías en buen estado. Teniendo de esta forma la siguiente clasificación en función del cantón estudiado:

Tabla 2.5. Estado de superficie de rodadura por cantón (km).

| Cantón                   | Superficie de rodadura |                |                |
|--------------------------|------------------------|----------------|----------------|
|                          | Bueno                  | Malo           | Regular        |
| Cayambe                  | 25.7                   | 196.99         | 365.94         |
| Mejía                    | 74.16                  | 134.85         | 341.09         |
| Pedro Moncayo            | 16.86                  | 77.7           | 187.26         |
| Pedro Vicente Maldonado  | 16.76                  | 3.75           | 196.03         |
| Puerto Quito             | 16.82                  | 39.3           | 360            |
| Quito                    | 269.05                 | 960.31         | 964.12         |
| Rumiñahui                | 15.55                  | 26.63          | 67.12          |
| San Miguel de Los Bancos | 10.24                  | 52.63          | 269.92         |
| <b>TOTAL</b>             | <b>445.14</b>          | <b>1492.16</b> | <b>2751.48</b> |

Fuente: Plan de desarrollo vial integral de la Provincia de Pichincha. (CONGOPE, 2019)

Una vez conocido el estado vial de la provincia se debe evaluar las necesidades de cada cantón para la realización de mantenimientos o rehabilitación de las vías en cuestión. Para ello se clasifica entre mantenimiento periódico, mantenimiento rutinario y rehabilitación.

Tabla 2.6. Necesidades de conservación vial por cantón (km).

| Cantón                   | Mantenimiento periódico | Mantenimiento rutinario | Rehabilitación |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
| Cayambe                  | 365.94                  | 25.7                    | 196.99         |
| Mejía                    | 341.09                  | 74.16                   | 134.85         |
| Pedro Moncayo            | 187.26                  | 16.86                   | 77.7           |
| Pedro Vicente Maldonado  | 196.03                  | 16.76                   | 3.75           |
| Puerto Quito             | 360                     | 16.82                   | 39.3           |
| Quito                    | 964.12                  | 269.05                  | 960.31         |
| Rumiñahui                | 67.12                   | 15.55                   | 26.63          |
| San Miguel de Los Bancos | 269.92                  | 10.24                   | 52.63          |
| <b>TOTAL</b>             | <b>2751.48</b>          | <b>445.13</b>           | <b>1492.17</b> |

Fuente: Plan de desarrollo vial integral de la Provincia de Pichincha. (CONGOPE, 2019)

El estudio realizado por el CONGOPE, después de la recopilación de datos, determinación de la importancia de las redes viales, estudios socioeconómicos, entre otros, determina que para cada superficie de rodadura se deberán realizar diferentes tipos de mantenimientos o rehabilitaciones necesarias como recapeos, tratamientos bituminosos, bacheo, slurry Seal, micropavimento, doble tratamiento bituminoso, entre otros, los cuales fueron evaluados por el CONGOPE (2019) con el programa HDM-4 en el aspecto técnico-económico, permitiendo conocer el costo de cada intervención planificada.

El Plan de Desarrollo Vial Integral de la Provincia de Pichincha, permite conocer los valores establecidos y compararlos con el costo de la realización de dichos tratamientos con materiales reciclados.

Tabla 2.7. Costo de las intervenciones consideradas de conservación, mejoramiento y mantenimiento rutinario.

| COSTE DE ACTUACIONES REFERENCIALES MTOP (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS) |            |                                                                               | PROVINCIA TIPO |            |                |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------|----------------|
| Tipo                                                                                | Superficie | Detalle                                                                       | ECONÓMICO      | FINANCIERO | UNIDAD         |
| CONSERVACIÓN                                                                        | CA         | Mantenimiento rutinario                                                       | \$ 319.35      | \$ 391.84  | KM*AÑO         |
|                                                                                     |            | Recapeo 4 cm                                                                  | \$ 4.48        | \$ 5.50    | m <sup>2</sup> |
|                                                                                     |            | Fresado 3 cm + reposición 3 cm                                                | \$ 3.74        | \$ 4.60    | m <sup>2</sup> |
|                                                                                     |            | Slurry                                                                        | \$ 1.12        | \$ 1.37    | m <sup>2</sup> |
|                                                                                     |            | Bacheo                                                                        | \$ 117.12      | \$ 143.70  | m <sup>3</sup> |
|                                                                                     | TB         | Mantenimiento rutinario                                                       | \$ 530.16      | \$ 650.50  | KM*AÑO         |
|                                                                                     |            | Doble tratamiento superficial                                                 | \$ 2.43        | \$ 2.98    | m <sup>2</sup> |
|                                                                                     |            | Tratamiento superficial                                                       | \$ 1.79        | \$ 2.20    | m <sup>2</sup> |
|                                                                                     |            | Bacheo                                                                        | \$ 117.12      | \$ 143.70  | m <sup>2</sup> |
|                                                                                     | GR         | Mantenimiento rutinario                                                       | \$ 1544.63     | \$ 1895.26 | KM*AÑO         |
|                                                                                     |            | Recargo 10 cm                                                                 | \$ 6.29        | \$ 7.72    | m <sup>3</sup> |
|                                                                                     |            | Perfilado (regularización)                                                    | \$ 0.24        | \$ 0.29    | m <sup>2</sup> |
|                                                                                     |            | Bacheo                                                                        | \$ 6.29        | \$ 7.72    | m <sup>3</sup> |
| MEJORAMIENTO                                                                        | GR         | Doble Tratamiento Bituminoso Superficial                                      | \$ 3.24        | \$ 3.98    | m <sup>2</sup> |
|                                                                                     |            | Doble Tratamiento Bituminoso Superficial sobre base estabilizada con emulsión | \$ 4.56        | \$ 5.59    | m <sup>2</sup> |

Fuente: Plan de desarrollo vial integral de la Provincia de Pichincha. (CONGOPE, 2019)

### 2.1.2. Métodos de diseño de Pavimentos reciclados

El uso de Pavimentos reciclados ha sido estudiado desde hace décadas, es por esta razón que en algunos países existen normativas, regulaciones y procedimientos que se deben cumplir al momento de realizar una mezcla asfáltica en frío con material reciclado. Incluso existen métodos para el diseño estructural del reciclado en frío:

Método del Instituto del Asfalto (Asphalt Institute): Es un método empírico que busca determinar el espesor de la capa con material reciclado, basándose en el TPDA, capacidad de la subrasante (CBR), y el tipo de mezcla según el tipo de agregado y la forma de mezclado. (Thenoux & García, 2000)

Método AASHTO: El método se especifica en la “Guía para el diseño de estructuras de pavimento” en la cual se debe modificar el coeficiente “a2” siguiendo las recomendaciones que la guía proporciona para bases tratadas con materiales bituminosos, las cuales se basan en correlaciones entre el módulo resiliente o la estabilidad Marshall y el coeficiente “a2” (Thenoux & García, 2000)

Métodos de diseño mecanicistas: Estos métodos son mucho más confiables, debido a que usan análisis elástico-lineal, elasto-plástico, o elástico-no lineal y para ello se usan programas computacionales como ELSYM5, CHEV, WESLEA, CIRCLY, NSTRESS y SHELL para determinar las respuestas del pavimento, en términos de deflexiones, tensiones y deformaciones en cada una de las capas del pavimento. (Thenoux & García, 2000)

A pesar de la existencia de los métodos, actualmente el país no cuenta con emulsiones que den un resultado perfecto para poder reusar en la totalidad el material obtenido del fresado, sin embargo, se usa parte de este componente, realizando mezclas asfálticas con el material reciclado de manera empírica.

### **2.1.3. Método de diseño Marshall**

#### *2.1.3.1. Metodología*

La formulación del método Marshall fue realizado por Bruce Marshall, ingeniero de asfaltos del Departamento de Autopistas del estado de Mississippi. Posterior a esa formulación el cuerpo de ingenieros de Estados Unidos creyó prudente realizar estudios más avanzados para que de esta manera obtengan un método óptimo para el diseño de mezclas asfálticas, es así que después de una larga investigación, establecieron correlaciones, incrementaron algunos aspectos en el procedimiento del ensayo Marshall

y estableció un criterio para el diseño de mezclas asfálticas con esta metodología. (Garnica et al., 2004)

El ensayo Marshall original fue formulado para aplicarlo en mezclas asfálticas en caliente para pavimentos que tengan agregados con un tamaño máximo nominal de 25 mm o 1 pulgada. No obstante, la Universidad de Illinois desarrollo una modificación en la cual el tamaño máximo de agregados está por encima de 38 mm o 1.5 pulgadas. Los ensayos fueron creados para un diseño en laboratorio y control de campo de mezclas asfálticas en caliente con graduación densa. Esto se debe a que el ensayo de estabilidad es un método empírico, y si se quiere evaluar este parámetro en campo los resultados pueden verse afectados significativamente, por ello no se debe modificar los procedimientos estándar. (Garnica et al., 2004)

Según la norma ASTM D 1559 (1998) el método Marshall utiliza briquetas de prueba con dimensiones estándar de 64 mm de altura con un diámetro de 102 mm. Los especímenes se los prepara siguiendo un proceso en el cual se debe calentar, luego mezclar y compactar las mezclas de asfalto – agregado. Los parámetros importantes que se obtienen para el análisis y obtención de la mezcla óptima son la densidad – análisis de vacíos, estabilidad y flujo de las briquetas. (Garnica et al., 2004)

La estabilidad es un parámetro que mide la cohesión de la briketa compactada y con una temperatura de 60 °C, y se mide mediante una prueba de máxima resistencia en lb o (N). El flujo es un parámetro que mide la fricción interna de la briketa, el cual es una deformación medida en 0.01 pulgadas o (0.25 mm) que se toma desde antes de aplicar la carga hasta que ocurra la carga máxima. (Garnica et al., 2004)

### 2.1.3.2. *Granulometría*

El ensayo Marshall establece una gráfica semilogarítmica en la cual a través de límites superiores e inferiores se fija una franja de trabajo. Esta franja en el eje de las ordenadas se encuentra el porcentaje de material pasante para las mallas definidas y en el eje de las abscisas se encuentra el tamaño de abertura de las mallas definidas en forma logarítmica. (Garnica et al., 2004)

Para elegir la curva granulométrica para el diseño de la mezcla asfáltica cerrada, se deberán evaluar dos criterios, el primero es el tamaño máximo nominal de la partícula y el segundo es la franja granulométrica. (Garnica et al., 2004)

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Agregado**

Agregado: Material mineral inerte obtenido como materia prima para los distintos tipos de construcción y usos.

Agregado Fino: Material retenido en el tamiz No. 200 y que pasa por el tamiz No.4

Agregado Grueso: Material retenido en el tamiz No. 4

Granulometría Cerrada: Esta graduada lo cual permite tener una mezcla asfáltica con relación de vacíos controlada y con gran estabilidad.

Granulometría Abierta: Con poco o nada de Filler, por lo cual lo vacíos son relativamente grandes.

Suelo Arenoso: Consiste principalmente en partículas de agregado fino en su gran mayoría y usualmente contiene limos o arcillas que pasan por el tamiz No. 200

permitiéndole tener propiedades plásticas (Asphalt Emulsion Manufacturers Association (AEMA), 1976)

### **2.2.2. Tipos de Mezclas asfálticas**

Aplicación Asfáltica: Riego de material asfáltico sin agregados creando una capa fina sobre la superficie aplicada.

Aplicación Asfalto-Agregado: La aplicación de material asfáltico a una base de agregados preparada o a una superficie de pavimentos seguida de la aplicación de agregados.

Cape Seal: Un tratamiento de superficie en el que el tratamiento superficial simple es seguido de una aplicación de lechada asfáltica o de micro pavimento.

### **2.2.3. Pavimento Flexible**

#### *Definición*

Se denomina flexible aquel pavimento debido a la forma en que se transfieren las cargas aplicadas desde la capa de rodadura (capa bituminosa), la cual está conformada por cemento asfáltico, hacia la subrasante. (Becerra, 2012)

#### *Características del Pavimento flexible*

Debido a que la capa asfáltica no disipa totalmente las fuerzas producidas por los vehículos, necesita mayor número de capas intermedias para transferir las cargas hacia la subrasante. No obstante, el asfalto tiene otras funciones tales como la durabilidad, el comportamiento al cambio de temperatura y demás condiciones externas sometidas en la zona. Para ello, el asfalto debe tener un sinnúmero de características específicas que

satisfagan las solicitudes mediante ensayos los cuales en su gran mayoría son:  
(Mercado, Bracho, & Avendaño, 2008)

- *Penetración*

Ensayo que permite determinar la dureza a una temperatura específica del asfalto. Consiste en un ensayo donde una punta cónica estandarizada está en contacto con el asfalto a una fuerza determinada y medir luego de un tiempo cuanto ha logrado ingresar dentro de la capa.

- *Punto de Ablandamiento*

Debido a que el asfalto no tiene un punto de fusión definida y a medida que la temperatura aumenta este tiende a ser cada vez más blando. El ensayo consiste en una esfera de acero que pasa por un anillo que es sometida a un aumento de temperatura progresivo cada 5 grados por minuto. Este proceso dura hasta que la esfera crezca por el anillo y se entiende que el punto de ablandamiento es a esa temperatura.

- *Ductilidad*

Es una propiedad del asfalto que le permite deformarse sin romperse. El ensayo consiste en estirar lentamente una muestra hasta que la rotura indica cuál es su ductilidad.

- *Punto de Inflamación*

Debido a que se utilizan hidrocarburos para la conformación del asfalto, es necesario medir el nivel de peligrosidad cuando es sometido a altas temperaturas mediante el método de copa abierta o Cleveland.

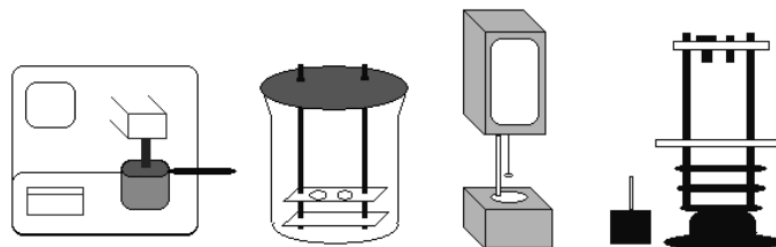
- *Viscosidad*

Debido a que el asfalto es sometido a una alta temperatura al momento de su aplicación y gran parte de sus materiales son sólidos, se debe determinar su desempeño mediante un viscosímetro estandarizado.

- *Resistencia al Impacto*

Debido a que el asfalto está en constante contacto con Cargas vivas, estas pueden convertirse en cargas de impacto, Para medir la resistencia se realiza un ensayo en el cual un disco de asfalto estándar es sometido a impactos con masas de distintos pesos hasta su rotura.

*Figura 2.1. Ensayos de Punto de inflamación, Ductilidad, Viscosidad, Resistencia al impacto*



*Fuente: Libro: Emulsiones Asfálticas de la Universidad de los Andes.*

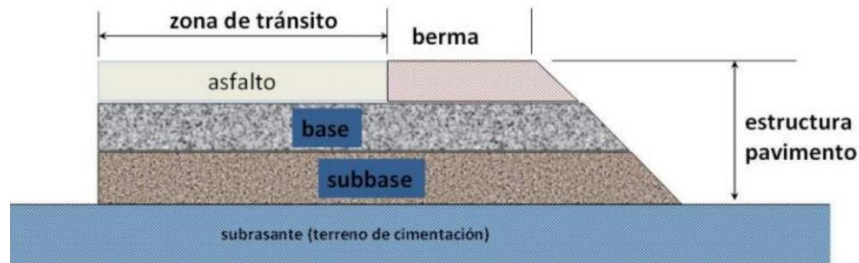
### *Estructura del Pavimento Flexible*

El pavimento flexible está compuesto por:

- Subrasante: Suelo compactado utilizado como base para la estructura del pavimento.
- Subbase: Su función principal es transmitir los esfuerzos hacia la subrasante de manera correcta y de ser necesario, drenar el agua que logre pasar las capas superiores

- Base: Tiene como función principal generar un elemento resistente que permita transmitir los esfuerzos producidos por los vehículos y la capa de rodadura hacia la subbase y subrasante. (Becerra, 2012)

*Figura 2.2. Esquema pavimento flexible*



*Fuente: Libro: Tópicos de Pavimentos de Concreto*

#### **2.2.4. Reciclaje de Pavimento Flexible (RAP)**

##### *Definición*

Se define como la reutilización de ciertos componentes de la capa asfáltica con el fin de disminuir el impacto ambiental como desechos y a su vez tener un ahorro económico de recursos y materiales.

##### *Desecho de Pavimento Flexible*

Los pavimentos flexibles están estructurados por una mezcla de agregados y cemento asfáltico donde en función de su utilidad y resistencia se realiza su diseño. Estos se desgastan y después de un tiempo es necesario reparar o incluso eliminar la capa y sobreponer una nueva.

Estos desechos que salen del proceso de rehabilitación aún tienen propiedades mineralógicas que pueden ser reutilizados. Incluso, pueden ser vistos como una fuente de

materiales para una nueva etapa de construcción de la carpeta asfáltica. Así se define como Reciclaje de Pavimentos.

Para la obtención de estos materiales es necesario la utilización de maquinaria pesada que logre romper y recortar la capa para que de esta manera sea reparada luego de un tiempo. Este proceso es netamente mecánico. (Rojas, 2017)

#### *Proceso De Disgregación*

Este proceso empieza desde el retiro de la capa asfáltica donde el material se obtiene en grandes pedazos de la carpeta asfáltica, luego es necesario empezar con el rompimiento de la mezcla para poder separar los agregados del cemento asfáltico.

Para el rompimiento existe algunos tipos de maquinaria que pueden ser in situ o en laboratorio y que pueden ser de distintas geometrías. Eso depende de que se quiera obtener para el método de reciclaje deseado.

Se sabe que las fracciones de los agregados van desde 0.3 cm a los 15 cm de diámetro cuando se utiliza maquinaria especial para la obtención de la capa. (Rojas, 2017)

#### *Procesos Constructivos*

Existen en el mercado ya algunos métodos que se están utilizando para el proceso de reciclaje. Los más conocidos son los siguientes: (Rojas, 2017)

Tabla 2.8. Métodos de procesos de reciclaje.

| Por su lugar                                                                                             | Por su temperatura                                                           | Por su tipo de ligante                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• In Situ</li> <li>• Planta</li> <li>• Patio de Mezcla</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frío</li> <li>• Caliente</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cemento</li> <li>• Cemento-Cal</li> <li>• Emulsiones</li> <li>• Emulsiones-Cemento</li> </ul> |

Fuente: Libro: *Reciclaje Aspectos básicos en Pavimentos*. (Rojas, 2017)

#### *Proceso de Reciclado en Frío*

Este proceso puede ser realizado en cualquier lugar, ya sea en planta, In situ o en Patio de mezcla.

#### *Reciclado en Planta*

Se lo realiza siempre y cuando se necesite mezclarlos con materiales vírgenes y con ciertas condiciones que el diseño lo solicita. Es un proceso con mejor control de calidad y con mayor precisión en la mezcla. Además, se puede almacenar de mejor manera y pueden ser ensayados en cualquier momento, así como realizar distintas mezclas para obtener la más adecuada. (Wirtgen, 2004)

Este proceso tiene beneficios vs el proceso in situ los cuales son:

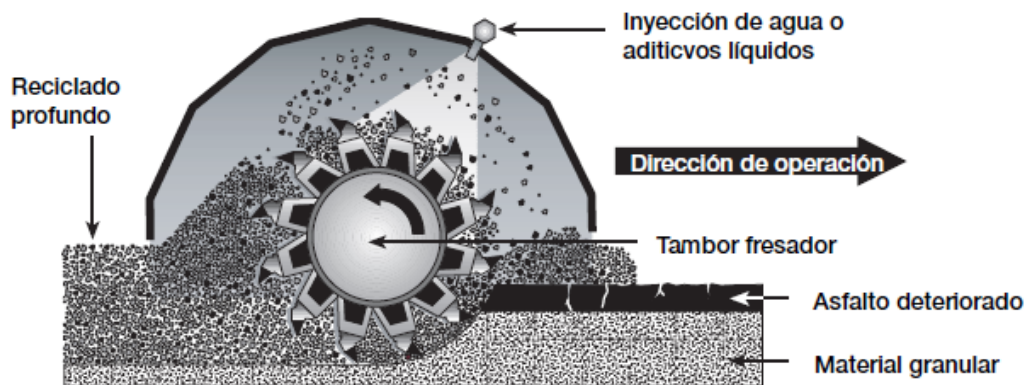
- Control de calidad en los materiales antes y después de la mezcla
- Calidad de la mezcla con el fin de obtener la mejor y de ser necesaria puede ser modificada

- Se lo puede realizar en masa por lo que no es necesario realizar grandes cantidades de ensayos.

### *Reciclado In situ*

Este proceso se lo realiza mediante la aplicación de maquinaria especial la cual ha ido evolucionando y tiene como beneficio especial la reducción de costos en transporte y tiempo. Este proceso funciona mediante aspas que van separando los agregados del cemento y convirtiendo en una solución acuosa la cual se produce gracias a una lechada de agua o aditivos líquidos. Además, el aspa genera una presión sobre las capas permitiendo que sea uniforme la disgregación de los materiales. (Wirtgen, 2004)

*Figura 2.3. Esquema de reciclaje de asfalto*



*Fuente: Libro: Manual de Reciclaje en Frio de Wirtgen. (Wirtgen, 2004)*

### **2.2.5. Ventajas de la Utilización del RAP**

El RAP es denominado al material pétreo retirado que ya cumplió su etapa de uso o de vida y debe ser almacenada de manera responsable para evitar contaminación. Normalmente se suele tender una nueva capa asfáltica sin considerar las ventajas que este material pueden brindar al momento de realizar un nuevo diseño. (Compañía de Trabajos Urbanos S.A.S., 2020)

A continuación, las principales ventajas:

*- Reutilización de material*

Se puede reutilizar el RAP para micro pavimento o mezclas en frío.

*- Disminución del volumen de botaderos*

Los lugares destinados a esta actividad contaminan la zona y no tienen un debido proceso de mantenimiento o tratado.

*- Reducción de costos en pavimentación*

Cuando no se tiene una planta cerca, la adquisición de agregados vírgenes incide en valores muy altos en su traslado, con el RAP se lo puede obtener in situ, lo cual eliminaría ese costo de traslado.

*- Ahorro en extracción de materia prima*

La materia prima obtenida para la creación de capas de rodadura suele ser no renovable lo cual incide en problemas ambientales a futuro.

*- Conservación del material virgen*

El material virgen se mantiene intacto lo cual es beneficioso para el medio ambiente y ayuda a que nuevas canteras no sean abiertas.

*- Disminución en los tiempos de intervención en la vía*

Como el material está en la zona, disminuye tiempos de construcción y obra.

*- Reducción de costos de construcción asociados con materiales y transporte*

Definitivamente, elimina o disminuye valores de acarreo y de explotación del material virgen (Compañía de Trabajos Urbanos S.A.S., 2020)

## **2.2.6. Emulsiones Asfálticas**

### *Definición*

Una emulsión Asfáltica es una mezcla donde existe una separación de gotas de Asfalto invariables sobre un estado acuoso (agua) con un elemento emulsificante teniendo como resultado un fluido. Esta mezcla está conformada principalmente por agua, asfalto y un elemento emulsificante, de ser necesario puede contener aditivos para mejorar las condiciones de la mezcla. El objetivo de una mezcla emulsiva es que se pueda separar de manera estable el cemento asfáltico en el agua con el fin de ser almacenada por largos periodos de tiempo y mezclada en un futuro. (Asphalt Emulsion Manufacturers Association (AEMA), 1976)

### *Componentes de las Emulsiones Asfálticas*

- Agua

El agua es un fluido rico en minerales y tiene como función transmitir sus características a la mezcla permitiéndole a la emulsión tener las propiedades acuosas deseadas. Hay que tener en cuenta que el agua potable u contaminada no son adecuadas para la aplicación debido a que tienen una composición química que puede ser perjudicial para los otros componentes de la mezcla.

- Asfalto

Es el principal elemento de las emulsiones y constituyen cerca del 50% al 75% de la mezcla. El asfalto es un material pétreo por lo que es imposible que se mezcle con el agua, al menos por sí solos. Se debe refinar al petróleo para obtener un cemento asfáltico, además que existe un mercado muy amplio donde la calidad del petróleo varia.

- Emulsificante

Es un compuesto que varía en función de su composición química. Tiene como objetivo el de mantener una suspensión estable de las partículas del asfalto sobre el agua gracias a su agente surfactante. Tiene varias clasificaciones:

#### *Clasificación de las Emulsiones Asfálticas*

Las emulsiones tienen múltiples clasificaciones sin embargo las principales se muestran en la tabla 2.9:

*Tabla 2.9. Clasificación de las Emulsiones Asfálticas*

| <b>Según el Surfactante</b>                | <b>Según la concentración</b>                                                                                                                                           | <b>Según la tasa de sedimentación</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| -Aniónicos.<br>-No-Iónicos.<br>-Catódicos. | -Emulsión Directa: Cuando existe un medio acuoso donde las partículas están dispersas.<br><br>-Emulsión Inversa o Alta Flotación: El medio acuoso es el propio asfalto. | -RS (Rotura Rápida): Utilizada para tratamiento de la capa. Produce asfaltos de alta viscosidad y resistencia. Se rompe al tener contacto con el agregado rápidamente.<br><br>-MS (Rotura Media): Utilizada para mezclas en frío y caliente principalmente en reciclaje de pavimento. No se rompe al tener contacto con el agregado rápidamente.<br><br>-SS (Rotura Lenta): Utilizada para mezclas que necesitan gran tiempo y manipulación. No se rompe al tener contacto con el agregado por un periodo largo de tiempo. |

*Fuente: Libro: Cuaderno FIRP S365A Emulsiones Asfálticas. (Mercado, Bracho, & Avendaño, 2008)*

### *Aplicaciones de las Emulsiones Asfálticas*

Las emulsiones asfálticas tienen un gran campo de aplicaciones dentro de la construcción, debido a su gran variabilidad en su composición puede ser utilizada de distintas maneras y según el Cuaderno FIRP S365A Emulsiones Asfálticas establece la siguiente clasificación: (Mercado, Bracho, & Avendaño, 2008)

#### *Con Agregados:*

- Tratamiento Superficiales
- Tratamiento
- Lechadas
- Mezclas en Frío
- Reciclaje

#### *Sin Agregados:*

- Riego
- Tratamiento y Sellado

### *Uso General de las Emulsiones Asfálticas*

La siguiente tabla presenta un resumen de la aplicación de los distintos tipos de emulsiones en el tipo de construcción. (Asphalt Emulsion Manufacturers Association (AEMA), 1976)

Tabla 2.10. Distintos tipos de emulsiones en el tipo de construcción

| Tipo de Construcción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | ASTM D977 / AASHTO M208 |      |        |              |              |                |         |      | ASTM D2397 / AASHTO M 140 |       |       |       |        |       |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------|--------|--------------|--------------|----------------|---------|------|---------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | RS-1                    | RS-2 | HFRS-2 | MS-1, HFMS-1 | MS-2, HFMS-2 | MS-2h, HFMS-2h | HFMS-2s | SS-1 | SS-1h                     | CRS-1 | CRS-2 | CMS-2 | CMS-2h | CSS-1 | CSS-1h |
| <b>Mezclas de asfalto y agregados:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |      |        |              |              |                |         |      |                           |       |       |       |        |       |        |
| Mezcla en Planta (en caliente)                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |      |        |              |              | XA             |         |      |                           |       |       |       |        |       |        |
| <b>Mezcla en Planta (en frío)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |      |        |              |              |                |         |      |                           |       |       |       |        |       |        |
| Granulometría abierta                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |      |        |              | X            | X              |         |      |                           |       |       | X     | X      |       |        |
| Granulometría cerrada                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |      |        |              |              |                | X       | X    | X                         |       |       |       |        | X     | X      |
| Arena                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |      |        |              |              |                | X       | X    | X                         |       |       |       |        | X     | X      |
| <b>Mezclado In-Situ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |      |        |              |              |                |         |      |                           |       |       |       |        |       |        |
| Granulometría abierta                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |      |        |              | X            | X              |         |      |                           |       |       | X     | X      |       |        |
| Granulometría cerrada                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |      |        |              |              |                | X       | X    | X                         |       |       |       |        | X     | X      |
| Arena                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |      |        |              |              |                | X       | X    | X                         |       |       |       |        | X     | X      |
| Suelo Arenoso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |      |        |              |              |                | X       | X    | X                         |       |       |       |        | X     | X      |
| <b>Aplicaciones de Asfalto y Agregado</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |      |        |              |              |                |         |      |                           |       |       |       |        |       |        |
| Tratamiento Superficiales (S y M)                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | X                       | X    | X      |              |              |                |         |      |                           | X     | X     |       |        |       |        |
| Sellado con Arena (Sand Seal)                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | X                       | X    | X      | X            |              |                |         |      |                           | X     | X     |       |        |       |        |
| Lechada Asfáltica (Slurry Seal)                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |      |        |              |              |                | X       | X    | X                         |       |       |       |        | X     | X      |
| Micro-aglomerado (Micro-sufac.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |      |        |              |              |                |         |      |                           |       |       |       |        |       | XE     |
| Sallado Doble (Sándwich seal)                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         | X    | X      |              |              |                |         |      |                           |       | X     |       |        |       |        |
| Capa Seal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         | X    |        |              |              |                |         |      |                           |       | X     |       |        |       |        |
| <b>Aplicaciones de Asfálticas</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |      |        |              |              |                |         |      |                           |       |       |       |        |       |        |
| Riego Pulverizado (Fog Seal)                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |      |        | XB           |              |                |         | XC   | XC                        |       |       |       |        | XC    | XC     |
| Imprimación (Prime coat)                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |      |        |              |              |                |         | XD   | XD                        |       |       |       |        | XD    | XD     |
| Riego de Adherencia (Tack Coat)                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |      |        |              |              |                |         | XC   | XC                        |       |       |       |        | XC    | XC     |
| Control de Polvo (Dust Palliative)                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |      |        |              |              |                |         | XC   | XC                        |       |       |       |        | XC    | XC     |
| Protección con Asfalto (Mulch treta.)                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |      |        |              |              |                |         | XC   | XC                        |       |       |       |        | XC    | XC     |
| Sellado de Fisuras (crack filler)                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |      |        |              |              |                |         | X    | X                         |       |       |       |        | X     | X      |
| <b>Mezclas de Mantenimiento</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |      |        |              |              |                |         |      |                           |       |       |       |        |       |        |
| Uso inmediato                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |      |        |              |              |                |         | X    |                           |       |       |       |        | X     | X      |
| Acopio                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |      |        |              |              |                |         | X    |                           |       |       |       |        |       |        |
| <p>A Pueden emplearse otros grados que el HFMS- 2h cuando la experiencia demuestre que han tenido un comportamiento satisfactorio</p> <p>B Diluido en agua por el fabricante</p> <p>C Diluido con agua</p> <p>D Mezclado solo para imprimación</p> <p>E El polímero debe incorporarse durante o previamente a la emulsificación</p> |                         |      |        |              |              |                |         |      |                           |       |       |       |        |       |        |

Fuente: Libro: Manual Básico de Emulsiones Asfálticas. (Asphalt Emulsion Manufacturers Association

(AEMA), 1976).

### **2.2.7. Varias Aplicaciones de las Emulsiones Asfálticas**

- *Reparación y Relleno de Baches.*

El método consiste en generar una mezcla en frío con material virgen o reciclado y las emulsiones de rotura media o rápida la cual puede ser realizada in situ. Si tiende la mezcla sobre el bache y luego con un rodillo se compacta. Se lo puede utilizar para bacheo superficial o profundo teniendo grandes resultados. (Asphalt Emulsion Manufacturers Association (AEMA), 1976)

- *Micro pavimento para rehabilitación Vial (reparación de grietas):*

Se considera una mezcla asfáltica de alto rendimiento que permite ser vertida sobre el asfalto envejecido con el fin de mejorar el estado de vial principalmente sellando las grietas superficiales. Se lo puede utilizar con material reciclado el cual se lo puede obtener de la misma vía reduciendo costos. (Porton & Luis, 2012)

- *Carpeta Asfáltica Con Material Reciclado*

Principalmente se lo utiliza en vías de segundo y tercer orden donde el tráfico y la demanda es baja. Se lo utiliza principalmente por su bajo costo y se puede utilizar el mismo RAP que ya estaba colocado en el caso de que existiera. Consta de una mezcla asfáltica en frío con emulsión y material reciclado y rodillos para la compactación. (Asphalt Emulsion Manufacturers Association (AEMA), 1976)

### **2.3. Marco legal**

El presente trabajo de titulación se rige de acuerdo al Reglamento de Régimen Académico Consejo Educación Superior de la reforma del año 2017, debido a que es un proyecto de investigación, el cual es aceptado como trabajo de titulación por el artículo 21 de la ley antes mencionada. Además, el desarrollo de la investigación debe cumplir con normativa ecuatoriana e internacional para el diseño de mezclas asfálticas en frío.

#### *Normativa para diseño de Mezclas Asfálticas en Frío*

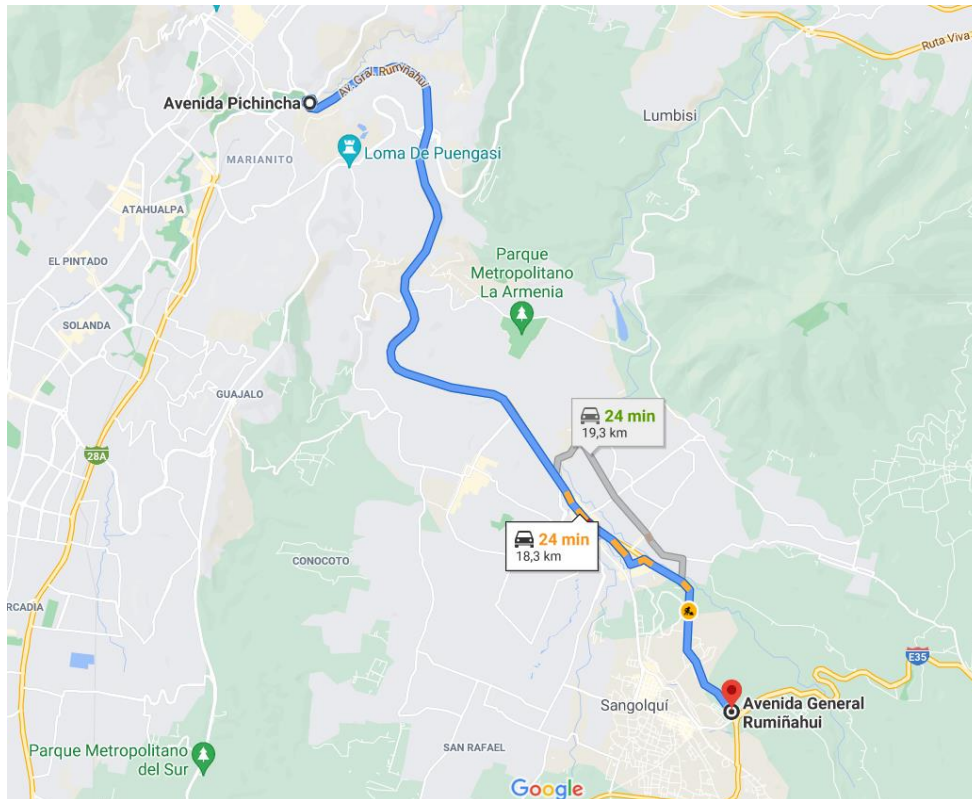
La normativa para el diseño de mezclas asfálticas son las Especificaciones Generales Para La Construcción De Caminos y Puentes MOP -001-F 2002 y la Normativa Ecuatoriana Vial NEVI-12 MTOP del año 2013, en las cuales mencionan que los procedimientos para el diseño de mezclas asfálticas en frío deben desarrollarse de acuerdo a los manuales MS-19 “The Basic Asphalt Emulsion Manual” y MS-14 “Asphalt Cold Mix” del Instituto del Asfalto, las cuales utilizan el método de mezcla Marshall Modificado de la Universidad de Illinois, igualmente los procedimientos de los ensayos de áridos se realizan de acuerdo las normativas ASTM, AASHTO y NTE INEN.

### 3. Identificación de los Materiales

#### 3.1. Material Reciclado del fresado

El material escogido para realizar el análisis es proveniente de la Autopista General Rumiñahui, la cual une a los cantones Quito y Rumiñahui, consta de 18.3 km de longitud.

Figura 3.1. Autopista General Rumiñahui



Fuente: Google Maps

#### 3.2. Identificación de Emulsiones en el mercado ecuatoriano

##### 3.2.1. Mezcla Agua, Asfalto y Agente emulsivo

Las emulsiones asfálticas están compuestas de tres componentes básicos: agua, asfalto y un agente emulsivo, varias veces se podrán añadir aditivos con el fin de mejorar ciertas características y su manejabilidad, ya sean estos estabilizadores, mejoradores de adherencia, mejoradores de recubrimiento, o agentes de control de rotura. (Asphalt Emulsion Manufacturers Association (AEMA), 1976)

La emulsión se crea de manera que se logre una dispersión estable del cemento asfáltico en el agua, y de esta forma sea almacenada durante tiempo prolongado para posteriormente ser mezclada con agregados o sin agregados, una vez que se realice la mezcla o sea distribuida la emulsión sobre una superficie, esta se rompe, es decir, se separa el agua del asfalto, sin embargo, en el curado el residuo asfáltico es el que mantiene la capacidad adhesiva, durabilidad y resistencia al agua del cemento asfáltico con el cual fue elaborado. (Asphalt Emulsion Manufacturers Association (AEMA), 1976).

La emulsión asfáltica a escoger dependerá del tipo de mezcla a realizar, en el presente trabajo de titulación se llevará a cabo una mezcla asfáltica en frío por lo cual la emulsión asfáltica escogida es un tipo CSS-1h, la cual es una emulsión catiónica de rotura lenta cuyo uso principal es la realización de mezclas asfálticas en frío.

### **3.2.2. Emulsión de CHOVA**

La emulsión asfáltica de IMPTEK (CHOVA), cuya presentación es un líquido bituminoso suministrado al granel y en envases, es una emulsión catiónica de rotura lenta adicionada aceites plastificantes y aditivos de adherencia con asfalto duro de baja penetración. (IMPTEK (CHOVA), 2021)

Los principales usos son los siguientes:

- Ligante asfáltico de agregados para realizar mezclas asfálticas en frío.
- Recuperación y reciclado de pavimentos existentes fatigados.
- Estabilización de bases, estabilización de suelos.
- Sellos asfálticos como Sand seal, Fog Seal, Slurry Seal tipo 1, 2 y 3.
- Imprimante de superficies.

- Riegos de adherencia.

Sus beneficios incluyen que es de fácil aplicación y se considera ecológico debido a que no contiene solventes.

La casa comercial IMPTEK recomienda cantidades aproximadas de la emulsión para diferentes usos de la misma, los cuales se describen en la tabla a continuación:

*Tabla 3.1. Método de Instalación Emulsión IMPTEK.*

| Propiedad                                                                                                      | Cantidad aproximada | Unidad | Observación de aplicación                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mezcla asfáltica con agregado virgen                                                                           | 35 a 40             | gal/m3 |                                                                                            |
| Mezcla con materiales reciclados                                                                               | 18 a 23             | gal/m3 |                                                                                            |
| Slurry Seal                                                                                                    | 1.8 a 2.0           | lt/m2  |                                                                                            |
| Sello asfáltico                                                                                                | 1.0 a 1.5           | lt/m2  |                                                                                            |
| Imprimación                                                                                                    | 1.0 a 1.5           | lt/m2  | Diluir la emulsión en agua en proporción de 1:1 a 1:10 Temperatura de aplicación Máx. 45°C |
| Riego de adherencia                                                                                            | 0.3 a 0.6           | lt/m2  |                                                                                            |
| Todos los tratamientos requieren de un diseño de laboratorio para determinar la cantidad de emulsión necesaria |                     |        |                                                                                            |

*Fuente: Ficha técnica CSS-1h. (IMPTEK (CHOVA), 2021)*

### **3.2.3. Emulsión de EMULDEC**

La emulsión asfáltica de EMULDEC es una emulsión asfáltica catiónica de curado lento, formulada con un asfalto de baja penetración NORMALIZADO con Asfalplus y promotores de adherencia basados en nanotecnología (Zycotherm) y está diseñada para ser utilizada en ambientes climáticos diversos. (EMULDEC, 2021)

Los principales usos son los siguientes:

- Riegos de imprimación, de liga o adherencia (tack coat).
- Estabilización de suelos.

- Mezclas asfálticas con material reciclado de pavimento (incluyendo bases).
- Riegos de niebla (Fog seal).
- Entre otras aplicaciones especiales.

La casa comercial EMULDEC recomienda cantidades aproximadas de la emulsión para diferentes usos de la misma, los cuales se describen en la tabla a continuación:

*Tabla 3.2. Método de Instalación Emulsión EMULDEC.*

| Propiedad                                                                                                      | Cantidad aproximada | Unidad             | Observación de aplicación                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------------------------------|
| Riegos de Liga                                                                                                 | 0.35 a 0.65         | kg/m <sup>2</sup>  |                                             |
| Riegos de Imprimación                                                                                          | 0.8 a 1.5           | kg/m <sup>2</sup>  |                                             |
| Fog Seal (Riego de niebla)                                                                                     | 0.30 a 0.65         | kg/m <sup>2</sup>  |                                             |
| Slurry seal o morteros asfálticos                                                                              | 2.0 a 2.5           | kg/m <sup>2</sup>  |                                             |
| Estabilización de suelos o Bases/Reciclaje de Pavimentos en frío                                               | 55 a 95             | kg/m <sup>3</sup>  |                                             |
| Mezcla asfáltica en frío                                                                                       | 35 a 45             | gal/m <sup>3</sup> | galones por metro cúbico de agregado pétreo |
| Todos los tratamientos requieren de un diseño de laboratorio para determinar la cantidad de emulsión necesaria |                     |                    |                                             |

*Fuente: Ficha técnica CSS-1h. (EMULDEC, 2021)*

## **4. Ensayos de Laboratorio**

### **4.1. Calidad de las emulsiones**

#### **4.1.1. Ensayo del tamiz N°20 (ASTM D 6933, INEN 906)**

El ensayo del tamiz N°20 o ensayo de tamizado permite obtener la cantidad excesiva de partículas sobre los tamices, lo cual permitirá determinar problemas en la manipulación o aplicación del material, adicionalmente es un indicador de si se realizó una buena emulsión. El porcentaje aceptable debe estar entre 0% y 0.1% (INEN 906, 2013)

#### **4.1.2. Ensayo de residuo por evaporación (ASTM D 6934, INEN 905)**

El ensayo de residuo por evaporación cubre la determinación cuantitativa del residuo de emulsiones asfálticas, compuestas principalmente por una base asfáltica líquida o semisólida, agua y un agente emulsificante, se lo debe realizar con el fin de obtener las características de composición de la emulsión asfáltica, como mínimo deberá tener 57% de residuo de emulsión asfáltica. (INEN 905, 2013).

#### **4.1.3. Ensayo de estabilidad de almacenamiento 24h (ASTM D 6930, UNE-EN-1430, INEN 909)**

El ensayo de estabilidad al almacenamiento 24h permite evaluar la capacidad de la emulsión asfáltica a permanecer como una dispersión uniforme durante el almacenamiento, es una medida del grado de dispersión de la emulsión en función del tiempo, se aplica a emulsiones compuestas principalmente por una base asfáltica líquida o semisólida, agua y un agente emulsificante, este grado de dispersión debe estar entre 0% y 1%. (INEN 909, 2013)

#### **4.1.4. Ensayo de Viscosidad Saybolt-Furol (ASTM D 7496, ASTM D88, UNE 10428, INEN 1981)**

El ensayo de viscosidad Saybolt – Furol es útil en la caracterización de algunos productos derivados del petróleo como un parámetro para establecer la uniformidad en el transporte y las fuentes de suministro. Esta viscosidad se define como el tiempo corregido de flujo, en segundos, de 60 mL de muestra, a través de un orificio Furol, calibrado a condiciones normalizadas, el rango en el cual puede variar el tiempo está entre 20 y 100 segundos. (INEN 1981, 2013)

#### **4.1.5. Ensayo de mezcla con cemento (ASTM D 6935, INEN 904)**

El ensayo de mezclado con cemento consiste en identificar una emulsión de rotura lenta, siendo un tipo SS (emulsión asfáltica de rotura lenta) o un tipo CSS (emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta) para ello se emplea un material finamente dividido y de gran área superficial, es decir un cemento portland tipo III, de alta resistencia inicial, el cual al mezclarse con la emulsión en un porcentaje entre 0% y 2% no debe romper la emulsión. (INEN 904, 2013)

#### **4.1.6. Ensayo de carga de partícula (ASTM D 7402, UNE-EN-1430, INEN 908)**

El ensayo de carga de partícula consiste en identificar si la emulsión asfáltica es catiónica o aniónica, para ello se utilizan electrodos y se aplica una corriente eléctrica y al observar cuál de los dos se recubre con mayor cantidad de asfalto se determina si tiene una carga positiva o negativa. (INEN 908, 2013)

#### **4.1.7. Ensayo de asentamiento 5 días (ASTM D 6930, UNE-EN-12847, INEN 910)**

El ensayo de asentamiento en 5 días consiste en determinar la capacidad de almacenamiento que tiene una emulsión asfáltica en un tiempo relativamente corto, es una medida de dispersión de la emulsión en función del tiempo, se aplica a emulsiones compuestas principalmente por una base asfáltica líquida o semisólida, agua y un agente emulsificante, este grado de dispersión debe estar entre 0% y 5%. (INEN 910, 2013)

#### **4.1.8. Ensayo de Penetración en el residuo a 25°C (ASTM D 5, UNE-104-281, NTE INEN 918)**

Este ensayo se utiliza para convertir térmicamente asfalto reducido, aceite de motor o asfalto semisólido, con una penetración superior a 100, en un residuo de penetración específica. Se aplica principalmente a asfaltos reducidos de curado lento. Para determinar el porcentaje de residuo de penetración específica se lo debe realizar a 100 g/5s y a 25°C, esa penetración debe estar entre 40 a 90 dmm. (INEN 918, 2013)

#### **4.1.9. Ensayo de Ductilidad a 25°C (ASTM D 113, INEN 916)**

Este ensayo consiste en estirar un material bituminoso midiendo la distancia que se alarga antes de la ruptura a una velocidad y temperatura específicas, en este caso se deberá realizar a una velocidad de 5cm/min y a una temperatura de 25°C, la distancia mínima que debe estirarse para cumplir con la ductilidad es de 40 cm. (INEN 916, 2013)

#### **4.1.10. Ensayo de solubilidad en tricloroetileno (ASTM D 2042, UNE-EN-12592, INEN 915)**

Este ensayo consiste en determinar el grado de solubilidad de los materiales asfálticos que tienen poco o nada de material mineral en tricloroetileno, la porción que es soluble representa a los componentes activos de cimentación. El porcentaje mínimo de grado de solubilidad debe ser 97.5%.

## Ficha técnica emulsión IMPTEK (CHOVA)

Tabla 4.1. Ficha técnica emulsión CSS-1h (IMPTEK-CHOVA)

| Propiedad                          | Norma                                              | Unidad | Especificación | Norma  |
|------------------------------------|----------------------------------------------------|--------|----------------|--------|
| Residuo por evaporación            | ASTM D 6934<br>INEN 905                            | %      | Mín. 57        | CUMPLE |
| Viscosidad Saybolt-Furol a 25°C    | ASTM D 7496<br>ASTM D 88<br>UNE 10428<br>INEN 1981 | SFF    | 20-100         | CUMPLE |
| Mezcla con cemento                 | ASTM D 6935<br>INEN 904                            | %      | 0-2            | CUMPLE |
| Carga de partícula                 | ASTM D 7402<br>UNE-EN-1430<br>INEN 909             | -      | Positiva       | CUMPLE |
| Estabilidad de almacenamiento 24 h | ASTM D 6930<br>UNE-EN-12847<br>INEN 909            | %      | 0-1            | CUMPLE |
| Asentamiento 5 días                | ASTM D 6930<br>UNE-EN-12847<br>INEN 910            | %      | 0-5            | CUMPLE |
| Prueba del tamiz N°20              | ASTM D 6933<br>INEN 906                            | %      | 0-0.1          | CUMPLE |
| Penetración en el residuo a 25°C   | ASTM D 5<br>UNE 104-281<br>NTE-INEN-918            | dmm    | 40-90          | CUMPLE |
| Ductilidad a 25°C                  | ASTM D113<br>INEN 916                              | cm     | Mín. 40        | CUMPLE |
| Solubilidad en tricloroetileno     | ASTM D 2042<br>UNE-EN 12592<br>INEN 915            | %      | Mín. 97.5      | CUMPLE |

Fuente: Ficha técnica IMPTEK. (IMPTEK (CHOVA), 2021)

## Ficha técnica emulsión EMULDEC

Tabla 4.2. Ficha técnica emulsión CSS-1h (EMULDEC)

| Propiedad                          | Norma                                              | Unidad | Especificación | Norma  |
|------------------------------------|----------------------------------------------------|--------|----------------|--------|
| Residuo por evaporación            | ASTM D 6934<br>INEN 905                            | %      | Mín. 57        | CUMPLE |
| Viscosidad Saybolt-Furol a 25°C    | ASTM D 7496<br>ASTM D 88<br>UNE 10428<br>INEN 1981 | SFF    | 20-100         | CUMPLE |
| Mezcla con cemento                 | ASTM D 6935<br>INEN 904                            | %      | 0-2            | CUMPLE |
| Carga de partícula                 | ASTM D 7402<br>UNE-EN-1430<br>INEN 909             | -      | Positiva       | CUMPLE |
| Estabilidad de almacenamiento 24 h | ASTM D 6930<br>UNE-EN-12847<br>INEN 909            | %      | 0-1            | CUMPLE |
| Asentamiento 5 días                | ASTM D 6930<br>UNE-EN-12847<br>INEN 910            | %      | 0-5            | CUMPLE |
| Prueba del tamiz N°20              | ASTM D 6933<br>INEN 906                            | %      | 0-0.1          | CUMPLE |
| Penetración en el residuo a 25°C   | ASTM D 5<br>UNE 104-281<br>NTE-INEN-918            | dmm    | 40-90          | CUMPLE |
| Ductilidad a 25°C                  | ASTM D113<br>INEN 916                              | cm     | Mín. 40        | CUMPLE |
| Solubilidad en tricloroetileno     | ASTM D 2042<br>UNE-EN 12592<br>INEN 915            | %      | Mín. 97.5      | CUMPLE |

Fuente: Ficha técnica EMULDEC. (EMULDEC, 2021)

### 4.2. Calidad del fresado (R.A.P)

#### 4.2.1. Ensayo de Granulometría (ASTM D 421, ASTM D 422)

El ensayo de granulometría consiste en el procedimiento manual o mecánico de separación de partículas de agregado según su tamaño mediante una serie de tamices, los cuales constan de mallas de diferente abertura, de esta forma se conoce la cantidad en

peso que se retiene en cada tamiz. Una vez conocido el peso retenido se procede a obtener el porcentaje retenido y con ello se acumulan los porcentajes y finalmente se obtiene el porcentaje que pasa acumulado con el cuál se realiza la curva granulométrica, (% pasa vs abertura del tamiz). (Universidad Centroamericana, 1996)

*Figura 4.1. Realización de ensayo de granulometría*



La importancia de este ensayo radica en los porcentajes que pasan a través de los tamices, debido a que influyen directamente en las propiedades mecánicas y dinámicas de la mezcla asfáltica. (Reyes & Camacho, 2008).

La granulometría del material fresado deberá guardar cierta similitud con los requisitos establecidos en las siguientes normativas:

- Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes (MOP – 001 – F 2002)

Tabla 4.3. Requisitos de Graduación para Agregados en Mezclas Asfálticas Densas (Marshall)

(Tabla 404-4.1).

| Tamiz            | Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada |          |          |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------|----------|
|                  | A                                                                     | B        | C        |
| 2" (50.8 mm)     | 100                                                                   | -        | -        |
| 1 1/2" (38.1 mm) | 70 - 100                                                              | 100      | -        |
| 1" (25.4 mm)     | 55 - 85                                                               | 70 - 100 | 100      |
| 3/4" (19.0 mm)   | 50 - 80                                                               | 60 - 90  | 70 - 100 |
| 3/8" (9.5 mm)    | 40 - 70                                                               | 45 - 75  | 50 - 80  |
| N°4 (4.75 mm)    | 30 - 60                                                               | 30 - 60  | 35 - 65  |
| N°10 (2.00 mm)   | 20 - 50                                                               | 20 - 50  | 25 - 50  |
| N°40 (0.425 mm)  | 5 - 30                                                                | 5 - 30   | 10 - 30  |
| N°200 (0.075 mm) | 0 - 5                                                                 | 0 - 5    | 0 - 5    |

Fuente: Libro: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. (MOP -

001 - F, 2002)

- Norma Ecuatoriana Vial (NEVI – 12 – MTOP)

Tabla 4.4. Requisitos de Graduación para Agregados en Mezclas Asfálticas Densas (Marshall)

(Tabla 811-4.4).

| Tamaño Tamiz [mm] | Tamaño Nominal Máximo del agregado [mm]                               |          |          |          |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|
|                   | 19.0                                                                  | 12.5     | 9.5      | 4.75     |
|                   | Material más fino que cada tamiz (malla cuadrada), % que pasa en peso |          |          |          |
| 25.0              | 100                                                                   |          |          |          |
| 19.0              | 90 a 100                                                              | 100      |          |          |
| 12.5              |                                                                       | 90 a 100 | 100      |          |
| 9.50              | 56 a 80                                                               |          | 90 a 100 | 100      |
| 4.75              | 35 a 65                                                               | 44 a 74  | 55 a 85  | 80 a 100 |
| 2.36              | 23 a 49                                                               | 28 a 58  | 32 a 67  | 65 a 100 |
| 1.18              |                                                                       |          |          | 40 a 80  |
| 0.60              |                                                                       |          |          | 25 a 65  |
| 0.30              | 5 a 19                                                                | 5 a 21   | 7 a 23   | 7 a 40   |
| 0.15              |                                                                       |          |          | 3 a 20   |
| 0.075             | 2 a 8                                                                 | 2 a 10   | 2 a 10   | 2 a 10   |

Fuente: Libro: Manual NEVI-12 Volumen 3. Especificaciones Generales para la Construcción de

Caminos y Puentes. (NEVI-12-MTOP, 2013)

- Manual Básico de Emulsiones Asfálticas MS N°19

*Tabla 4.5. Agregados para Mezclas, con Emulsión, de Granulometría Cerrada (Tabla 7.2)*

| Tamaño del tamiz                | Mat. Semi-procesado de trituración, de cantera o de río | Granulometrías para Mezclas Asfálticas Cerradas, porcentaje pasante en peso |         |         |         |         |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| 50 mm (2 pulg.)                 | -                                                       | 100                                                                         | -       | -       | -       | -       |
| 37.5 mm (1-1/2 pulg.)           | 100                                                     | 90-100                                                                      | 100     | -       | -       | -       |
| 25.0 mm (1 pulg.)               | 80-90                                                   | -                                                                           | 90-100  | 100     | -       | -       |
| 19.0 mm (3/4 pulg.)             | -                                                       | 60-80                                                                       | -       | 90-100  | 100     | -       |
| 12.5 mm (1/2 pulg.)             | -                                                       | -                                                                           | 60-80   | -       | 90-100  | 100     |
| 9.5 mm (3/8 pulg.)              | -                                                       | -                                                                           | -       | 60-80   | -       | 90-100  |
| 4.75 mm (No. 4)                 | 25-85                                                   | 20-55                                                                       | 25-60   | 35-65   | 45-70   | 60-80   |
| 2.36 mm (No. 8)                 | -                                                       | 10-40                                                                       | 15-45   | 20-50   | 25-55   | 35-65   |
| 1.18 mm (No. 16)                | -                                                       | -                                                                           | -       | -       | -       | -       |
| 600 µm (No. 30)                 | -                                                       | -                                                                           | -       | -       | -       | -       |
| 300 µm (No. 50)                 | -                                                       | 2-16                                                                        | 3-18    | 3-20    | 5-20    | 6-25    |
| 150 µm (No. 100)                | -                                                       | -                                                                           | -       | -       | -       | -       |
| 75 µm (No. 200)                 | 3-15                                                    | 0-5                                                                         | 1-7     | 2-8     | 2-9     | 2-10    |
| Equivalente de arena, en %      | mín. 30                                                 | mín. 35                                                                     | mín. 35 | mín. 35 | mín. 35 | mín. 35 |
| Ensayo de los Ángeles, @500 rev | -                                                       | máx. 40                                                                     | máx. 40 | máx. 40 | máx. 40 | máx. 40 |
| Porcentaje de caras trituradas  | -                                                       | mín. 65                                                                     | mín. 65 | mín. 65 | mín. 65 | mín. 65 |

*Fuente: Libro: Manual Básico de Emulsiones Asfálticas. (Asphalt Emulsion Manufacturers Association (AEMA), 1976)*

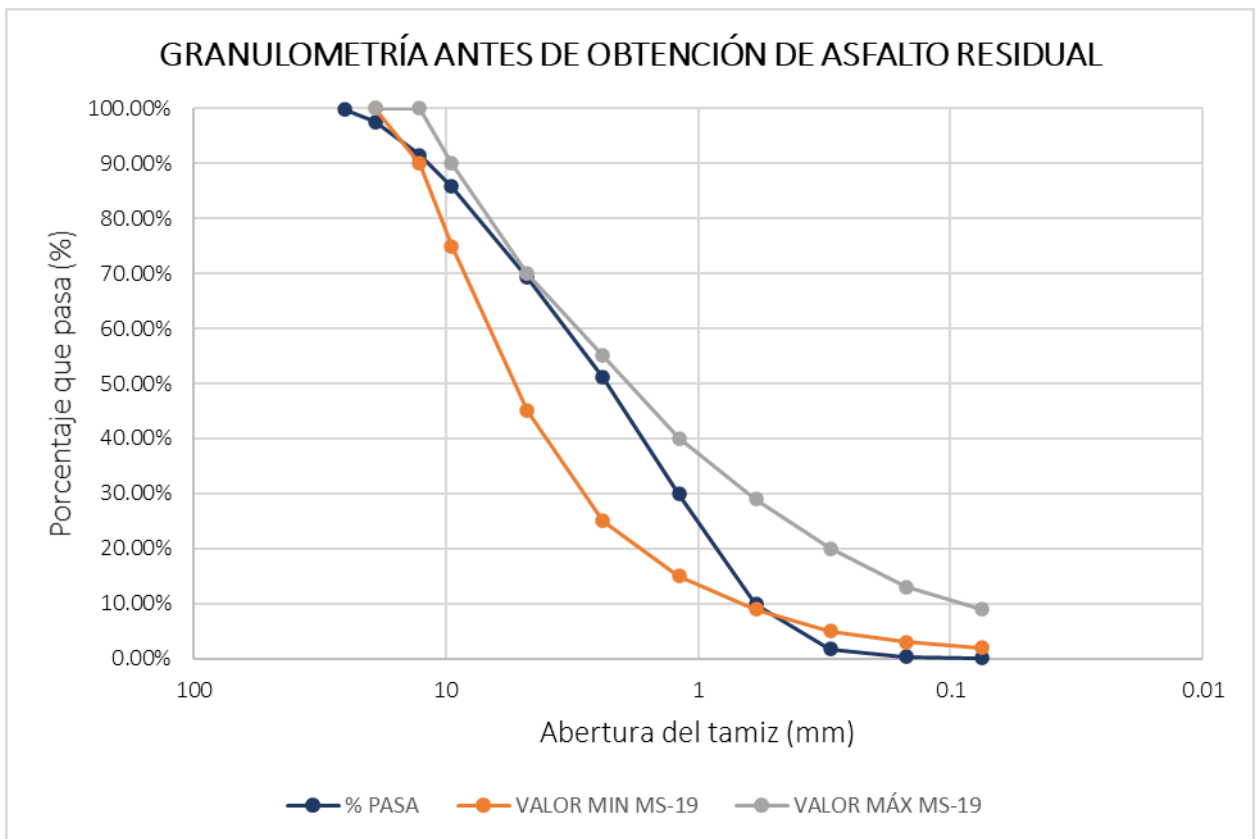
Es necesario observar la granulometría del material fresado antes y después de la obtención del porcentaje de asfalto residual de la muestra, los resultados obtenidos se muestran a continuación:

- Granulometría antes del ensayo de porcentaje de asfalto residual

Tabla 4.6. Granulometría antes del ensayo de porcentaje de asfalto residual

| TAMIZ        | in    | mm    | RETENIDO (kg) | R. ACUM (kg) | % R.ACUM | PASA (kg) | % PASA |
|--------------|-------|-------|---------------|--------------|----------|-----------|--------|
|              | 1     | 25    | 0.021         | 0.021        | 0.21%    | 9.992     | 99.79% |
|              | 0.75  | 19    | 0.227         | 0.248        | 2.48%    | 9.765     | 97.52% |
|              | 0.5   | 12.7  | 0.606         | 0.854        | 8.53%    | 9.159     | 91.47% |
|              | 0.375 | 9.5   | 0.571         | 1.425        | 14.23%   | 8.588     | 85.77% |
| TAMIZ N°4    | 0.187 | 4.75  | 1.649         | 3.074        | 30.70%   | 6.939     | 69.30% |
| TAMIZ N°8    | 0.094 | 2.38  | 1.826         | 4.900        | 48.94%   | 5.113     | 51.06% |
| TAMIZ N°16   | 0.047 | 1.19  | 2.116         | 7.016        | 70.07%   | 2.997     | 29.93% |
| TAMIZ N°30   | 0.023 | 0.59  | 2.010         | 9.026        | 90.14%   | 0.987     | 9.86%  |
| TAMIZ N°50   | 0.012 | 0.3   | 0.816         | 9.842        | 98.29%   | 0.171     | 1.71%  |
| TAMIZ N° 100 | 0.006 | 0.15  | 0.134         | 9.976        | 99.63%   | 0.037     | 0.37%  |
| TAMIZ N° 200 | 0.003 | 0.075 | 0.031         | 10.007       | 99.94%   | 0.006     | 0.06%  |
| IMPUREZAS    |       | 0     | 0.006         | 10.013       | 100.00%  | 0.000     | 0.00%  |

Figura 4.2. Granulometría antes del ensayo de porcentaje de asfalto residual

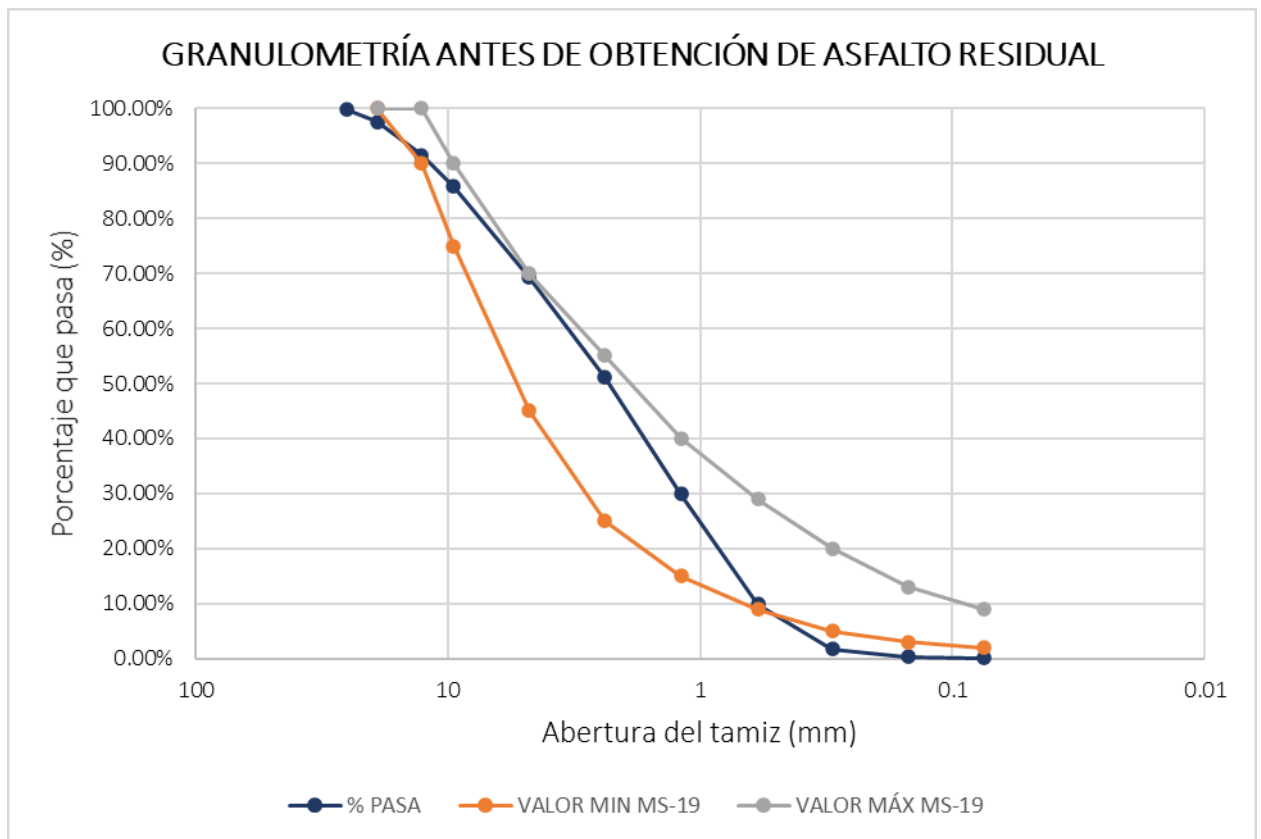


- Granulometría después del ensayo de porcentaje de asfalto residual

Tabla 4.7. Granulometría después del ensayo de porcentaje de asfalto residual

| TAMIZ        | in    | mm    | RETENIDO (g) | R. ACUM (g) | % R.ACUM | PASA (g) | % PASA  |
|--------------|-------|-------|--------------|-------------|----------|----------|---------|
|              | 1     | 25    | 0            | 0.00        | 0.00%    | 1450.00  | 100.00% |
|              | 0.75  | 19    | 15.96        | 15.96       | 1.10%    | 1434.04  | 98.90%  |
|              | 0.5   | 12.7  | 127.92       | 143.88      | 9.92%    | 1306.12  | 90.08%  |
|              | 0.375 | 9.5   | 74.74        | 218.62      | 15.08%   | 1231.38  | 84.92%  |
| TAMIZ N°4    | 0.187 | 4.75  | 238.84       | 457.46      | 31.55%   | 992.54   | 68.45%  |
| TAMIZ N°8    | 0.094 | 2.38  | 248.79       | 706.25      | 48.71%   | 743.75   | 51.29%  |
| TAMIZ N°16   | 0.047 | 1.19  | 221.08       | 927.33      | 63.95%   | 522.67   | 36.05%  |
| TAMIZ N°30   | 0.023 | 0.59  | 190.32       | 1117.65     | 77.08%   | 332.35   | 22.92%  |
| TAMIZ N°50   | 0.012 | 0.3   | 167.34       | 1284.99     | 88.62%   | 165.01   | 11.38%  |
| TAMIZ N° 100 | 0.006 | 0.15  | 91.99        | 1376.98     | 94.96%   | 73.02    | 5.04%   |
| TAMIZ N° 200 | 0.003 | 0.075 | 45.45        | 1422.43     | 98.10%   | 27.57    | 1.90%   |
| IMPUREZAS    |       | 0     | 27.57        | 1450.00     | 100.00%  | 0.00     | 0.00%   |

Figura 4.3. Granulometría después del ensayo de porcentaje de asfalto residual



#### 4.2.2. Ensayo de Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso (C 128, INEN 857)

El ensayo consiste en determinar la gravedad específica Bulk, la gravedad específica saturada con superficie seca, la gravedad específica aparente y la absorción del agregado grueso. Esto se lo realiza con una muestra de 5 kg la cual debe ser lavada para eliminar el polvo o las impurezas superficiales de las partículas, posteriormente se deja secar en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  durante 24 horas, al siguiente día se saca la muestra del horno y se la coloca en agua durante 24 horas, después de ello se saca la muestra del agua y se la hace rodar sobre un paño grande absorbente, hasta que la película de agua haya desaparecido de la superficie, en esta acción se debe evitar la evaporación.

*Figura 4.4. Realización de ensayo de gravedad específica de agregado grueso*



Una vez que se realiza esto se pesa la muestra y se obtiene la masa saturada con superficie seca, a continuación, se coloca la muestra en una cesta de alambre y se la sumerge en agua de tal manera que se determine la masa de la muestra sumergida. Para culminar con el ensayo se saca la muestra del agua y se deja secar en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  se debe determinar su masa en intervalos de dos horas hasta

que no exista variación de masa en dos intervalos consecutivos, finalmente se saca la muestra del horno y se deja enfriar, de manera que se determine la masa de la muestra en estado seco.

*Figura 4.5. Realización de ensayo de gravedad específica de agregado grueso*



### **Cálculos**

1. La gravedad específica Bulk, se calcula con la siguiente relación:

$$Ge = \frac{A}{B - C} \quad \text{Ecuación 4.1}$$

En donde:

Ge = Gravedad específica Bulk

A = Masa de la muestra seca (g.)

B = Masa de la muestra saturada con superficie seca (g.)

C = Masa de la muestra sumergida en el agua (g.)

Reemplazando los valores obtenidos en laboratorio:

$$Ge = \frac{4896}{4977 - 2815.3} = 2.265$$

2. La gravedad específica saturada con superficie seca, se calcula con la siguiente formula:

$$Ges = \frac{B}{B - C} \quad \text{Ecuación 4.2}$$

En donde:

Ges = gravedad específica del material saturado con superficie seca.

Reemplazando los valores obtenidos en laboratorio:

$$Ges = \frac{4977}{4977 - 2815.3} = 2.302$$

3. La gravedad específica aparente, se calcula con la siguiente relación:

$$Gea = \frac{A}{A - C} \quad \text{Ecuación 4.3}$$

En donde:

Gea = Gravedad específica aparente

Reemplazando los valores obtenidos en laboratorio:

$$Ges = \frac{4896}{4896 - 2815.3} = 2.353$$

4. Se calcula el porcentaje de absorción con la siguiente relación:

$$Ab = \frac{B - A}{A} \cdot 100 \quad \text{Ecuación 4.4}$$

En donde:

Ab = Porcentaje de absorción

Reemplazando los valores obtenidos en laboratorio:

$$Ab = \frac{4977 - 4896}{4896} \cdot 100 = 1.654$$

#### **4.2.3. Ensayo de Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino (C 127, INEN 856)**

El ensayo consiste en determinar la gravedad específica Bulk, la gravedad específica saturada con superficie seca, la gravedad específica aparente y la absorción del agregado fino. Esto se lo realiza con una muestra de 500 g la cual debe ser secada en el horno, luego se coloca dentro de un recipiente lleno de agua y se deja reposar la muestra por un período de 24 horas en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Al siguiente día se saca la muestra sobre una superficie seca y se lo mueve para obtener un secado uniforme.

*Figura 4.6. Realización de ensayo de gravedad específica de agregado fino*



Luego se utiliza un molde cónico el cual se llena del material y con una barra compactadora se da 25 golpes a una altura de 5 mm.

*Figura 4.7. Realización de ensayo de gravedad específica de agregado fino*



Se debe retirar la muestra y esta debe quedar desparramada manteniendo un poco la forma cónica. Una vez realizado esto, se pone la muestra dentro del matraz y se llena de agua poco a poco hasta la marca de 300 ml y a una temperatura de 20 grados se saca

lentamente el aire atrapado hasta que no exista burbujas y se vuelve a llenar hasta la marca de 300 ml. Se pesa la muestra dentro del matraz y luego se saca todo el material para secarlo en el horno en un intervalo de 2 horas hasta que la masa no varíe.

Figura 4.8. Realización de ensayo de gravedad específica de agregado fino



### Cálculos

1. Se determina la masa de agua añadida al matraz, con la siguiente relación:

$$Ma = Mmw - (Mm + B) \quad \text{Ecuación 4.5}$$

En donde:

Ma = Masa de agua añadida al matraz (g.)

Mm = Masa del matraz (g.)

Mmw = Masa del conjunto matraz, agua y muestra (g.)

B = Masa de la muestra saturada con superficie  
seca (g.)

Reemplazando los valores obtenidos en laboratorio:

$$Ma = 931.21g - (151.57g + 500g) = 279.64g$$

2. Se calcula la gravedad específica Bulk, con la siguiente relación:

$$Ge = \frac{A}{500 - Ma} \quad \text{Ecuación 4.6}$$

En donde:

Ge = Gravedad específica Bulk

A = Masa de la muestra seca (g.)

Reemplazando los valores obtenidos en laboratorio:

$$Ge = \frac{488}{500 - 279.64}$$

$$Ge = 2.2145$$

3. La gravedad específica saturada con superficie seca se calcula con la siguiente relación:

$$Ges = \frac{B}{500 - Ma} \quad \text{Ecuación 4.7}$$

En donde:

Ges = gravedad específica del material saturado con superficie seca

Reemplazando los valores obtenidos en laboratorio:

$$Ges = \frac{500}{500 - 279.64}$$

$$Ges = 2.269$$

4. La gravedad específica aparente se calcula con la siguiente fórmula:

$$Gea = \frac{A}{500 + A + Mm - Mmw} \quad \text{Ecuación 4.8}$$

En donde:

Gea = gravedad específica aparente

Reemplazando los valores obtenidos en laboratorio:

$$Gea = \frac{488}{500 + 488 + 151.57 - 931.21}$$

$$Gea = 2.342$$

5. Se calcula el porcentaje de absorción con la siguiente relación:

$$Ab = \frac{B - A}{A} * 100 \quad \text{Ecuación 4.9}$$

En donde:

Ab = Porcentaje de absorción

Reemplazando los valores obtenidos en laboratorio:

$$Ab = \frac{500 - 488}{488} * 100$$

$$Ab = 2.46 \%$$

#### **4.2.4. Ensayo de Peso Unitario (ASTM C 29, INEN 858)**

Este ensayo consiste en determinar la masa unitaria (peso volumétrico) del árido en condición compactada o suelta y calcular los vacíos entre los áridos, fino o grueso o

una mezcla entre ellos. Para ello se debe conocer el tamaño máximo nominal del agregado con el cual se escoge el recipiente según la tabla 19 y sus requisitos en la tabla 20.

*Tabla 4.8. Capacidad del depósito medidor (molde) en función del tamaño máximo nominal del agregado*

| Tamaño máximo nominal del agregado |      | Capacidad del depósito |     |                   |
|------------------------------------|------|------------------------|-----|-------------------|
| Pulgadas                           | mm   | pie <sup>3</sup>       | L   | (m <sup>3</sup> ) |
| 1/2                                | 12.5 | 1/10                   | 2.8 | (0.0028)          |
| 1                                  | 25   | 1/3                    | 9.3 | (0.0093)          |
| 1 1/2                              | 37.5 | 1/2                    | 14  | (0.014)           |
| 3                                  | 75   | 1                      | 28  | (0.028)           |
| 4                                  | 100  | 2 1/2                  | 70  | (0.070)           |
| 5                                  | 125  | 3 1/2                  | 100 | (0.100)           |

*Fuente: Determinación de la masa unitaria (Peso Volumétrico) y el Porcentaje de Vacíos. (INEN 858, 2010)*

*Tabla 4.9. Requisitos para los moldes*

| Capacidad del molde                    | Espesor mínimo del metal |                                           |                   |
|----------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------|-------------------|
|                                        | Fondo                    | 38 mm superiores de la pared <sup>A</sup> | Resto de la pared |
| Menor que 11 litros                    | 5.0 mm                   | 2.5 mm                                    | 2.5 mm            |
| De 11 litros a 42 litros incluidos     | 5.0 mm                   | 5.0 mm                                    | 3.0 mm            |
| Sobre 42 litros a 80 litros incluidos  | 10.0 mm                  | 6.4 mm                                    | 3.8 mm            |
| Sobre 80 litros a 133 litros incluidos | 13.0 mm                  | 7.6 mm                                    | 5.0 mm            |

<sup>A</sup> El espesor adicional, se puede obtener mediante la colocación de una banda de refuerzo en la parte superior del molde

*Fuente: Determinación de la masa unitaria (Peso Volumétrico) y el Porcentaje de Vacíos. (INEN 858, 2010)*

En primer lugar, se escoge el molde, observando la granulometría se determina que el tamaño máximo del agregado es de 25 mm, por lo cual se escogió un molde de 9.3 Litros.

Figura 4.9. Realización de ensayo de peso unitario



Se procede a la calibración, para ello se determina su masa y la masa de una placa de vidrio con aproximación de 0.05 kg, posteriormente se coloca una capa fina de grasa en el borde del molde para evitar la fuga de agua, a continuación se llena el molde con agua a temperatura ambiente y se lo cubre con la placa de vidrio de manera que se eliminen las burbujas y se evite el exceso de agua, seguidamente se determina la masa del agua, placa de vidrio y el molde, luego se determina la temperatura del agua y se obtiene su densidad con la tabla 21, de esta manera se determina el volumen del recipiente.

Tabla 4.10. Densidad del agua

| Temperatura °C | Densidad kg/m <sup>3</sup> |
|----------------|----------------------------|
| 15.0           | 999.19                     |
| 17.0           | 998.86                     |
| 19.0           | 998.49                     |
| 21.0           | 998.08                     |
| 23.0           | 997.62                     |
| 25.0           | 997.13                     |
| 27.0           | 996.59                     |
| 29.0           | 996.02                     |
| 31.0           | 995.41                     |

Fuente: Determinación de la masa unitaria y el Porcentaje de Vacíos. (INEN 858, 2010)

## Masas

*Molde: 3.460 kg*

*Placa de vidrio: 0.486 kg*

*Molde + placa de vidrio + agua = 13.832 kg*

## Cálculos

*agua = 13.832 – 0.486 – 3.460 = 9.886 kg*

Se observó que el agua se encontraba a 15°C, de la tabla 21 se obtiene la densidad de 999.19 kg/m<sup>3</sup> con ello se calcula el volumen de la siguiente manera:

$$V = \frac{W - M}{D} \quad \text{Ecuación 4.10}$$

Donde:

V = volumen del molde, m<sup>3</sup>

W = masa del agua, placa de vidrio y molde, kg

M = masa de la placa de vidrio y molde, kg

D = densidad del agua para la temperatura de medición, kg/m<sup>3</sup>

$$V = \frac{13.832 - 3.946}{999.19} = 0.009894 \text{ m}^3$$

$$V = 9.894 \text{ L}$$

A continuación, se escoge el procedimiento a realizar para la compactación de la muestra, en base a la INEN 858 se escoge el procedimiento por varillado debido a que

aplica para áridos que tienen un tamaño máximo nominal de 37.5 mm o menos. (INEN 858, 2010).

El procedimiento por varillado consiste en llenar en 3 capas el molde con la muestra y compactar cada capa realizando 25 golpes con la varilla de compactación, todas las capas deberán nivelarse con los dedos antes de su compactación, se debe tomar en cuenta que en la compactación de la primera capa no se debe permitir que la varilla golpee fuertemente el fondo del molde y en las dos capas siguientes la varilla no deberá penetrar a la capa subyacente al momento de golpear. Finalmente se determina la masa del molde y su contenido.

*Figura 4.10. Realización de ensayo de peso unitario*



**Masa:**

$$\text{Molde} + \text{Muestra} = 16.984 \text{ kg}$$

**Cálculos:**

$$M = \frac{G - T}{V}$$

*Ecuación 4.11*

Donde:

M = masa unitaria (peso volumétrico) del árido, kg/m<sup>3</sup>

G = masa del árido más el molde, kg

T = masa del molde, kg

V = volumen del molde, m<sup>3</sup>

$$M = \frac{16.984 - 3.460}{0.009894} = 1366.889 \frac{kg}{m^3}$$

#### 4.2.5. Ensayo Asfalto Residual (ASTM D-2172, AASHTO T-164)

Este ensayo consiste en eliminar el asfalto residual de RAP mediante la utilización de un equipo llamado centrifuga la cual mediante un filtro y gasolina elimina el asfalto existente en el material reciclado ensayado.

*Figura 4.11. Realización de ensayo de asfalto residual*



Primero se escoge una muestra de 1500 g por cuarteo y se lo divide en 3 grupos de 500 g, además se necesitan 3500 mililitros de gasolina para cada grupo. Luego se

ingresa la muestra dentro de la maquina y se llena con 1000 mililitros de gasolina, posteriormente se coloca el filtro y luego la tapa.

*Figura 4.12. Realización de ensayo de asfalto residual*



Se enciende la centrifuga por unos 2 minutos lentamente y luego se agregan 500 mililitros y se repite este proceso una vez más para cada grupo.

*Figura 4.13. Realización de ensayo de asfalto residual*



Una vez realizado ese proceso, se debe secar en el horno la muestra al igual que el filtro y luego se pesa el filtro y la muestra. El porcentaje de masa faltante es el asfalto residual.

**Cálculos:**

$$Af = Ff - Fo \quad \text{Ecuación 4.12}$$

Donde:

Ff = Peso del filtro después del ensayo

Fo = Peso del filtro antes del ensayo

Af = Masa detenida en el filtro

$$Af = 20.87 - 19.97 = 0.9$$

**Cálculos:**

$$Mf = Mr + Af + Fc \quad \text{Ecuación 4.13}$$

Donde:

Mf = Masa libre de asfalto

Mr = Masa después del ensayo

Af = Masa detenida en el filtro

Fc = Factor de Corrección

$$Mf = 1466.4 + 0.9 + 3.5 = 1470.8$$

**Cálculos:**

$$AR = \frac{M_o - M_f}{M_o} * 100$$

*Ecuación 4.14*

Donde:

AR = Asfalto Residual obtenido mediante la centrifuga

Mo = Masa inicial de la muestra

Mf = Masa libre de asfalto

$$AR = \frac{1500 - 1470.8}{1500} * 100 = 1.95\%$$

## **5. Diseño de la mezcla asfáltica**

Los ensayos de laboratorio realizados permitieron determinar que el diseño requerido para la granulometría obtenida es de tipo cerrada, debido a que este tipo de diseño se lo realiza en mezclas frías con emulsión asfáltica, con un tamaño máximo del agregado de 25 mm y una emulsión de rotura lenta, como la escogida (CSS – 1h). Este diseño es aplicable en mezclas elaboradas in situ o en planta, a temperatura ambiente y de colocación inmediata o acopiadas para ser usadas más tarde. (Asphalt Emulsion Manufacturers Association (AEMA), 1976)

### **5.1. Ensayos de laboratorio de mezclas asfálticas**

#### **5.1.1. Determinación del contenido tentativo de emulsión**

El punto de partida para realizar el diseño de una mezcla cerrada, deberá comenzar con un porcentaje de emulsión que se coloca en función de la granulometría obtenida posterior a la obtención del asfalto residual y el porcentaje de residuo en la emulsión, esto se lo realiza mediante la siguiente fórmula:

$$\%Asfalto = 0.035 \cdot a + 0.045 \cdot b + k \cdot c + F \quad \text{Ecuación 5.1}$$

Donde:

$$a = \% \text{ material } > \#8$$

$$b = \% \text{ material entre } \#8 - \#200$$

$$c = \% \text{ material } < \#200$$

$$k = 0.15 \quad \text{si } c \text{ está entre } 11 \text{ y } 15\%$$

$$k = 0.18 \quad \text{si } c \text{ está entre } 6 \text{ y } 10\%$$

$$k = 0.20 \quad \text{si } c < 6\%$$

F = 0.0 a 2.0 según el material pétreo y su absorción. (0.7 valor recomendado).

(Yanez, 2020)

Reemplazando los valores en la fórmula con la granulometría después de la obtención del asfalto residual se obtiene lo siguiente:

$$\%Asfalto = 0.035 \cdot 48.71 + 0.045 \cdot 49.39 + 0.2 \cdot 1.90 + 0.7$$

$$\%Asfalto = 1.70485 + 2.22255 + 0.38 + 0.7$$

$$\%Asfalto = 5.0074 \%$$

Para obtener el porcentaje de emulsión que necesita la mezcla asfáltica se utiliza la siguiente fórmula:

$$\% E = \frac{\% Asfalto}{\% Residuo emulsión} \quad \text{Ecuación 5.2}$$

$$\% E = \frac{5.0074 \%}{0.6}$$

$$\% E = 8.35\%$$

En el capítulo anterior se obtuvo el porcentaje de asfalto residual del material reciclado el cual es 1.95%, con ello el porcentaje tentativo a colocar será el siguiente:

$$\% E = 8.35\% - \frac{1.95\%}{0.60}$$

$$\% E = 5.10 \%$$

### **5.1.2. Ensayo de recubrimiento**

Para realizar una evaluación inicial de cada emulsión asfáltica escogida para el diseño se debe realizar el ensayo de recubrimiento. El porcentaje de emulsión obtenido en 5.1.1 se debe mezclar con el material reciclado en condición húmeda, corregida a peso seco. El recubrimiento del asfalto al material reciclado se debe estimar mediante una inspección visual, dando resultado satisfactorio o insatisfactorio. (Asphalt Emulsion Manufacturers Association (AEMA), 1976)

Existen casos en que se puede requerir un porcentaje de agua adicional a la mezcla, este porcentaje se denomina agua de premezclado, esto sucede cuando en la mezcla inicial se observa que el agregado fino y la emulsión se apelotonan, en ese caso se deberá añadir agua hasta observar un resultado satisfactorio. (Asphalt Emulsion Manufacturers Association (AEMA), 1976)

#### *- Procedimiento del ensayo de recubrimiento*

Asphalt Emulsion Manufacturers Association (AEMA), (1976) describe el siguiente procedimiento:

1. Determine el contenido de humedad de una muestra representativa del agregado. Debe ponerse cuidado en conservar la humedad en la muestra de

campo. Si el agregado se recibe seco o se ha secado para realizar la composición granulométrica, se debe agregar a las muestras del agregado o de los agregados individuales combinados, 24 horas antes de realizar cualquier ensayo, la humedad se estima presente en el acopio.

*Figura 5.1. Obtención de muestra representativa*



2. Pese el equivalente de 500 gramos de agregado seco (500 gramos + humedad) en un bol de mezclado apropiado.

*Figura 5.2. Peso de muestra representativa*



3. De ser necesario, pese el agua de premezclado y mezcle manualmente durante 10 segundos o hasta que tenga apariencia de dispersión uniforme.
4. Pese el contenido de emulsión asfáltica a la temperatura de uso prevista y agréguelo al agregado húmedo, mezcle manualmente en forma vigorosa durante 60 segundos o hasta que ha tenido lugar una dispersión suficiente en la totalidad de la mezcla.

*Figura 5.3. Mezcla realizada*



5. Coloque la mezcla sobre una superficie plana y estime visualmente el grado de recubrimiento. [...]

En el presente trabajo de titulación al tener un bajo porcentaje de finos en el material reciclado no se necesitó este porcentaje de agua adicional (agua de premezclado). La humedad natural del material obtenido es de 0.5%.

### 5.1.3. Ensayo RICE

El ensayo RICE permite la determinación de la densidad teórica máxima de la mezcla asfáltica a una temperatura de 25 grados y de la gravedad específica de las briquetas, datos que son utilizados para el análisis del ensayo Marshall.

Para este ensayo se utilizó, un frasco volumétrico tipo B con una capacidad de 2000 mililitros, una tapa de vidrio rectangular, un aspirador de agua manual y una balanza, se escogió 1200 gramos de muestra siendo 1000 gramos la cantidad mínima.

1. Se debe calibrar el frasco por lo cual se pesa el recipiente lleno de agua más la tapa de vidrio.

*Figura 5.4. Calibración del recipiente*



2. Se mezcla los 1200 gramos con la emulsión y se la deja reposar a temperatura ambiente.

*Figura 5.5. Mezcla realizada en reposo*



3. Se agrega agua en el frasco hasta la mitad y luego se ingresa el material

*Figura 5.6. Colocación de 1200 g de mezcla en frasco*



4. Se llena el frasco con lo que queda de agua y se procede a retirar todos los vacíos de aire en la mezcla mediante la utilización de una bomba que genere 4kPa por 15 minutos o hasta que no salga burbujas.
5. Se agita el frasco sin perder nada de agua en intervalos de 2 minutos.
6. Se procede a poner la tapa de vidrio logrando no dejar ningún vacío de aire ni burbujas.
7. Se pesa el frasco con el material y el agua más la tapa.

*Figura 5.7. Peso de frasco + agua + mezcla + tapa de vidrio*



Cálculos

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

*Ecuación 5.3*

Donde:

A= Peso de la Mezcla

B=Peso frasco + mezcla + agua

C= Peso frasco + agua

(ASTM D 2041M-19, 2019)

#### 5.1.3.1. Resultados RICE IMPTEK (CHOVA)

Tabla 5.1. Resultados RICE IMPTEK

| Grupo de briquetas | Bitumen | A       | C       | B       | Gmm  |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|------|
| #                  | %       | g       | g       | g       |      |
| 1                  | 3.75    | 1200.00 | 5596.00 | 6258.70 | 2.23 |
| 2                  | 4.35    | 1200.00 | 5596.00 | 6252.00 | 2.21 |
| 3                  | 4.95    | 1200.00 | 5596.00 | 6259.00 | 2.23 |
| 4                  | 5.55    | 1200.00 | 5596.00 | 6251.20 | 2.20 |
| 5                  | 6.15    | 1200.00 | 5596.00 | 6248.80 | 2.19 |

#### 5.1.3.2. Resultados RICE EMULDEC

Tabla 5.2. Resultados RICE EMULDEC

| Grupo de briquetas | Bitumen | A       | C       | B       | Gmm  |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|------|
| #                  | %       | g       | g       | g       |      |
| 1                  | 3.75    | 1200.00 | 5596.00 | 6258.20 | 2.23 |
| 2                  | 4.35    | 1200.00 | 5596.00 | 6251.80 | 2.21 |
| 3                  | 4.95    | 1200.00 | 5596.00 | 6253.40 | 2.21 |
| 4                  | 5.55    | 1200.00 | 5596.00 | 6250.90 | 2.20 |
| 5                  | 6.15    | 1200.00 | 5596.00 | 6248.10 | 2.19 |

### 5.1.4. Ensayos Marshall

#### 5.1.4.1. Definición y Objetivos del Ensayo Marshall

- Definición:

El ensayo Marshall consiste en obtener el porcentaje óptimo de asfalto en una mezcla asfáltica ya sea en caliente o en frío con emulsiones. Además, este ensayo permite

dar un panorama definitivo del diseño en el laboratorio para que posteriormente no existan inconvenientes en la aplicación en campo.

- **Objetivos:**

El ensayo Marshall se lo realiza por 2 razones:

1. Analizar la relación de densidad/volumen de vacíos.
2. Determinar la estabilidad y flujo de una briqueta.

*5.1.4.2. Estabilidad y Flujo*

- **Estabilidad**

Se denomina la máxima carga en libras que puede resistir una briqueta ya sea mezcla en caliente (60 °C) y mezcla en frío con emulsión (22 °C) cuando se realiza el ensayo de rotura.

- **Flujo:**

Es la deformación final de una briqueta que se produce antes de la rotura y se la denota desde que comienza la aplicación de la carga hasta la carga máxima.

*5.1.4.3. Preparación de las Muestras para el ensayo Marshall.*

Primero se prepara el material calentándolo y separándolo manualmente para que no queden grandes pedazos unidos que pueda complicar con la granulometría con el cual se diseñó. Se deja reposar 24h para que se enfríe.

Se determinó realizar 3 briquetas para cada porcentaje de emulsión aplicada, en este caso se sabe que en un diseño normal puede variar desde 4% hasta un 6% de asfalto.

Con este dato se decidió tomar 5 distintas mezclas partiendo desde el 3 % hasta el 7% separadas por una unidad porcentual.

#### *5.1.4.4. Procedimiento de Mezclado*

Se uso un tazón grande donde aproximadamente deben entrar 3mil gramos de material. Se encera el recipiente y se ubica exactamente 3mil gramos. Se prepara la emulsión y sobre la balanza se ubica el porcentaje correspondiente a las 3 briquetas de cada mezcla.

*Figura 5.8. Preparación de mezcla (material reciclado + emulsión)*



Se deja reposar unos segundos y con una varilla se mezcla aproximadamente por 60 segundos o hasta notar que la emulsión se haya esparcido lo suficiente en la mezcla.

*Figura 5.9. Mezcla lista para realización de briquetas*



#### *5.1.4.5. Procedimiento de Compactación*

Se recomienda airear o secar la mezcla unos minutos para que logre activarse o pegarse en el material. Es importante el uso de aceite especial para que la briqueta no se adhiera al molde y no existan complicaciones al momento de cambiar de cara para realizar la compactación de la briqueta en el martillo Marshall.

1. Se pone una capa fina de aceite en el martillo, en el tambor y en el molde para evitar que el espécimen se adhiera. Este proceso debe repetirse en cada briqueta.

*Figura 5.10. Colocación de aceite en tambor, martillo y molde*



2. Se ubica el molde sobre el tambor y se coloca la muestra hasta la mitad del collarín, luego se realiza un proceso de compactado manual con una espátula redondeada dando 15 punzadas en los alrededores del molde y 10 punzadas en el centro del molde.

*Figura 5.11. Proceso de compactación manual*



3. Se retira el collarín y se enrasa para evitar que algún agregado de gran tamaño sobresalga en una de las caras y así se evita una compactación desfavorable.
4. Al ser una mezcla en frío la norma MOP – 001 – F en la Tabla 405.5.4 específica que se deben realizar 50 golpes en cada cara de la briqueta. Se ajusta el molde y se ubica el martillo en la máquina y se enciende el motor para que proceda a realizar los 50 golpes, la altura normada según ASTM D 1559 es de 45.7 cm.

*Figura 5.12. Proceso de compactación mecánica*



5. Se procede a retirar la muestra y se coloca una capa más de aceite sobre la cara del tambor y el martillo.
6. Se da la vuelta a la muestra y se procede a dar los 50 golpes faltantes.
7. Se retira la briqueta del Martillo Marshall y con una prensa hidráulica manual se desmolda.

*Figura 5.13. Desmolde de briquetas*



8. Una vez desmoldados los especímenes se colocan a temperatura ambiente por 24 horas
9. Se deja secar por 72 horas a 41°C en el horno, o hasta que no exista variación en peso.

#### *5.1.4.6. Ensayo de las Muestras compactadas*

Una vez secos los especímenes, se procede a pesarlos en seco, sumergidos y sumergidos con superficie seca y se toman las medidas en altura y en diámetro.

*Figura 5.14. Peso seco de briqueta*



Figura 5.15. Obtención de peso sumergido y sumergido con superficie seca

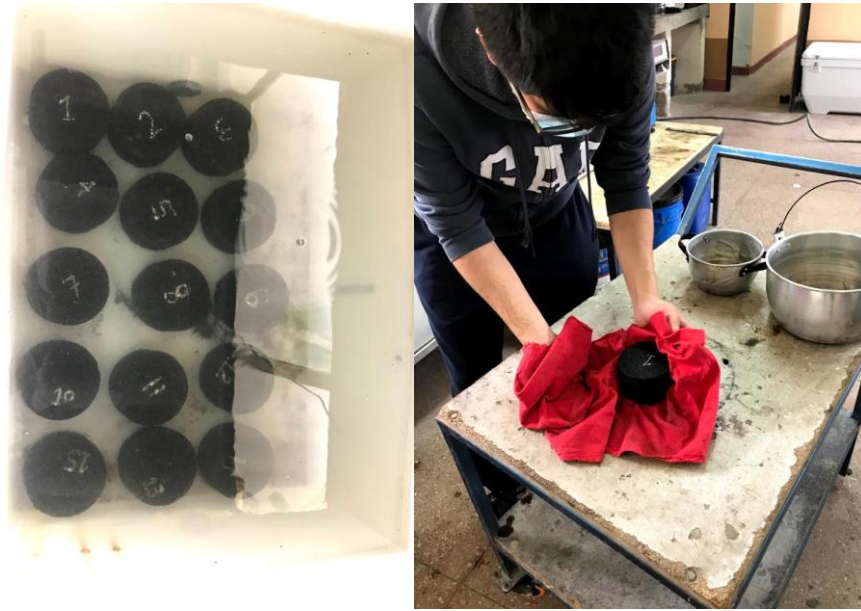


Figura 5.16. Obtención de peso sumergido (izquierda) y volumen de briqueta (derecha)



1. Una vez secos y pesados, se los deja reposa en baño María a 22.2 °C por una hora.

*Figura 5.17. Baño María de especímenes*



2. Se lo ubica en la prensa de Rotura y en la maquina se escoge la opción de Marshall, se encera y luego empieza la rotura.

*Figura 5.18. Rotura de briquetas*



3. La carga rompe la briqueta y se obtienen como datos la Estabilidad y Flujo justo antes de la rotura. (ASTM D 1559, 1998)

Figura 5.19. Lectura de estabilidad y flujo



#### 5.1.4.7. Datos previos a la rotura

- Gravedad específica Bulk (briqueta)

$$Gb = \frac{Wa}{W_{ss} - W_w} \quad \text{Ecuación 5.4}$$

Dónde:

$W_a$  = Peso seco en el aire

$W_{ss}$  = Peso saturado con superficie seca

$W_w$  = Peso sumergido en el agua

$$V = W_{ss} - W_w$$

- Gravedad Específica Bulk (Agregado total)

$$Gsb = \frac{100}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \quad \text{Ecuación 5.5}$$

Dónde:

P<sub>1, n</sub> = Porcentajes de la mezcla

G<sub>1, n</sub> = Gravedad específica Bulk de cada material.

- Gravedad Específica Aparente (Agregado Total)

$$G_{sa} = \frac{100}{\frac{P_1}{g_1} + \frac{P_2}{g_2} + \dots + \frac{P_n}{g_n}}$$

*Ecuación 5.6*

Dónde:

P<sub>1, n</sub> = Porcentajes de la mezcla

g<sub>1, n</sub> = Gravedad específica aparente de cada material.

- Gravedad Específica Máxima Teórica:

$$G_{mt} = \frac{100}{\frac{P_s}{G_{sb}} + \frac{P_b}{G_{asf}}}$$

*Ecuación 5.7*

Dónde:

P<sub>s</sub> = Porcentaje de agregado en la mezcla

G<sub>sb</sub> = Gravedad específica Bulk agregado total

P<sub>b</sub> = Porcentaje de asfalto en la mezcla

G<sub>asf</sub> = Gravedad específica del asfalto

- Gravedad específica efectiva (Agregado)

$$G_{se} = \frac{100 - P_b}{\frac{100}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_{asf}}} \quad \text{Ecuación 5.8}$$

Dónde:

$G_{mm}$  = Gravedad específica máxima medida

$P_b$  = Porcentaje de asfalto en la mezcla

$G_{asf}$  = Gravedad específica del asfalto.

NOTA:  $G_{sa} > G_{se} > G_{sb}$

- Asfalto absorbido

$$P_{ba} = 100 \cdot \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{se} \cdot G_{sb}} \cdot G_{asf} \quad \text{Ecuación 5.9}$$

Dónde:

$G_{se}$  = Gravedad específica efectiva del agregado

$G_{sb}$  = Gravedad específica Bulk agregado total

$G_{asf}$  = Gravedad específica del asfalto

- Asfalto efectivo de la mezcla

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} \cdot P_s \quad \text{Ecuación 5.10}$$

Dónde:

$P_b$  = Porcentaje de asfalto en la mezcla

$P_{ba}$  = Asfalto absorbido

Ps = Porcentaje de agregado en la mezcla

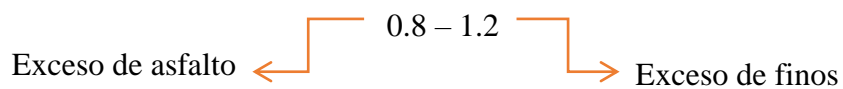
- Relación Filler/Asfalto:

$$f/a = \frac{\% \text{ pasa tamiz \# 200}}{P_{be}} \quad \text{Ecuación 5.11}$$

Dónde:

Pbe = Porcentaje de asfalto efectivo

Recomendación:



- % Vacíos con aire:

$$V_v = \left(1 - \frac{G_b}{G_{mm}}\right) \cdot 100 \quad \text{Ecuación 5.12}$$

Dónde:

Gb = Gravedad Bulk briqueta

Gmm = Gravedad Específica Máxima Medida

- % en volumen agregado vs Volumen Total

$$V_{agre} = \frac{P_s \cdot G_b}{G_{sb}} \quad \text{Ecuación 5.13}$$

Dónde:

Ps = Porcentaje de agregado en la mezcla

G<sub>b</sub> = Gravedad Bulk briqueta

G<sub>sb</sub> = Gravedad específica Bulk agregado total

- % Vacíos de agregado mineral

$$V_{am} = 100 - V_{agre} \quad \text{Ecuación 5.14}$$

Dónde:

V<sub>agre</sub> = Volumen de agregado vs Volumen Total

(ASTM D 1559, 1998), (Yanez, 2020)

- Estabilidad Corregida

Según la norma ASTM D 1559 (1998), existe una tabla que permite corregir los valores de estabilidad obtenidos de la rotura de las briquetas mediante coeficientes que se escogen en función del volumen del espécimen. La tabla se detalla a continuación:

Tabla 5.3. Factores de corrección de estabilidad.

| Volumen de la<br>briqueta en cm <sup>3</sup> | Factor de<br>Corrección | Volumen de la<br>briqueta en cm <sup>3</sup> | Factor de<br>Corrección |
|----------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|
| 200 – 213                                    | 5.56                    | 421 – 431                                    | 1.39                    |
| 214 – 225                                    | 5.00                    | 432 – 443                                    | 1.32                    |
| 226 – 237                                    | 4.55                    | 444 – 456                                    | 1.25                    |
| 238 – 250                                    | 4.17                    | 457 – 470                                    | 1.19                    |
| 251 – 264                                    | 3.85                    | 471 – 482                                    | 1.14                    |
| 265 – 276                                    | 3.57                    | 483 – 495                                    | 1.09                    |
| 277 – 289                                    | 3.33                    | 496 – 508                                    | 1.04                    |
| 290 – 301                                    | 3.03                    | 509 – 522                                    | 1.00                    |
| 302 – 316                                    | 2.78                    | 523 – 535                                    | 0.96                    |
| 317 – 328                                    | 2.50                    | 536 – 546                                    | 0.93                    |
| 329 – 340                                    | 2.27                    | 547 – 559                                    | 0.89                    |
| 341 – 353                                    | 2.08                    | 560 – 573                                    | 0.86                    |
| 354 – 367                                    | 1.92                    | 574 – 585                                    | 0.83                    |
| 368 – 379                                    | 1.79                    | 586 – 598                                    | 0.81                    |
| 380 – 392                                    | 1.67                    | 599 – 610                                    | 0.78                    |
| 393 – 405                                    | 1.56                    | 611 – 625                                    | 0.76                    |
| 406 – 420                                    | 1.47                    |                                              |                         |

Fuente: *Test Method for Resistance of Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus*

(Withdrawn 1998). (ASTM D 1559, 1998)

5.1.4.8. Briquetas entre la mezcla de la Emulsión IMPTEK (CHOVA) y material reciclado

- Resultados de datos previos
  - Gravedad específica Bulk (briqueta)

Tabla 5.4. Gravedad específica bulk (briqueta)

| Mezcla          | Bitumen | Peso (g) |         |         | Volumen | G.Bulk      |
|-----------------|---------|----------|---------|---------|---------|-------------|
| #               | %       | Seco     | S.S.S   | Sumerg. | cm3     |             |
| 1               | 3.75    | 901.3    | 927.73  | 457.36  | 470.37  | 1.92        |
| 2               |         | 966.2    | 984.46  | 520.26  | 464.20  | 2.08        |
| 3               |         | 913.2    | 926.64  | 469.66  | 456.98  | 2.00        |
| <b>Promedio</b> |         |          |         |         |         | <b>2.00</b> |
| 4               | 4.35    | 832.4    | 846.65  | 428.49  | 418.16  | 1.99        |
| 5               |         | 878.8    | 886.21  | 465.75  | 420.46  | 2.09        |
| 6               |         | 855.9    | 867.40  | 451.72  | 415.68  | 2.06        |
| <b>Promedio</b> |         |          |         |         |         | <b>2.05</b> |
| 7               | 4.95    | 886.6    | 896.11  | 471.73  | 424.38  | 2.09        |
| 8               |         | 827.1    | 830.75  | 437.81  | 392.94  | 2.10        |
| 9               |         | 917.8    | 922.87  | 499.10  | 423.77  | 2.17        |
| <b>Promedio</b> |         |          |         |         |         | <b>2.12</b> |
| 10              | 5.55    | 877.7    | 884.55  | 467.26  | 417.28  | 2.10        |
| 11              |         | 871.3    | 876.90  | 458.08  | 418.82  | 2.08        |
| 12              |         | 878.7    | 883.37  | 459.98  | 423.39  | 2.08        |
| <b>Promedio</b> |         |          |         |         |         | <b>2.09</b> |
| 13              | 6.15    | 944.5    | 955.85  | 493.70  | 462.15  | 2.04        |
| 14              |         | 956.4    | 969.61  | 503.66  | 465.94  | 2.05        |
| 15              |         | 1010.5   | 1019.01 | 528.64  | 490.37  | 2.06        |
| <b>Promedio</b> |         |          |         |         |         | <b>2.05</b> |

- Gravedad específica Bulk (Agregado total)

*Tabla 5.5. Gravedad específica bulk (Agregado total)*

| Grupo de briquetas | Bitumen | % Agg grueso | % Agg fino | Ge agg grueso | Ge agg fino | Gsb  |
|--------------------|---------|--------------|------------|---------------|-------------|------|
| #                  | %       |              |            |               |             |      |
| 1                  | 3.75    | 14.51        | 81.74      | 2.27          | 2.21        | 2.31 |
| 2                  | 4.35    | 14.42        | 81.23      | 2.27          | 2.21        | 2.32 |
| 3                  | 4.95    | 14.33        | 80.72      | 2.27          | 2.21        | 2.34 |
| 4                  | 5.55    | 14.24        | 80.21      | 2.27          | 2.21        | 2.35 |
| 5                  | 6.15    | 14.15        | 79.70      | 2.27          | 2.21        | 2.37 |

- Gravedad específica aparente (Agregado total)

*Tabla 5.6. Gravedad específica aparente (Agregado total)*

| Grupo de briquetas | Bitumen | % Agg grueso | % Agg fino | Ge agg grueso | Ge agg fino | Gsa  |
|--------------------|---------|--------------|------------|---------------|-------------|------|
| #                  | %       |              |            |               |             |      |
| 1                  | 3.75    | 14.51        | 81.74      | 2.27          | 2.21        | 2.43 |
| 2                  | 4.35    | 14.42        | 81.23      | 2.27          | 2.21        | 2.45 |
| 3                  | 4.95    | 14.33        | 80.72      | 2.27          | 2.21        | 2.47 |
| 4                  | 5.55    | 14.24        | 80.21      | 2.27          | 2.21        | 2.48 |
| 5                  | 6.15    | 14.15        | 79.70      | 2.27          | 2.21        | 2.50 |

- Gravedad específica máxima teórica

*Tabla 5.7. Gravedad específica máxima teórica*

| Grupo de briquetas | Bitumen | G Asfalto | % Agg grueso | % Agg fino | Gsb  | Gmt  |
|--------------------|---------|-----------|--------------|------------|------|------|
| #                  | %       | g/cm3     |              |            |      |      |
| 1                  | 3.75    | 1         | 14.51        | 81.74      | 2.31 | 2.20 |
| 2                  | 4.35    | 1         | 14.42        | 81.23      | 2.32 | 2.20 |
| 3                  | 4.95    | 1         | 14.33        | 80.72      | 2.34 | 2.19 |
| 4                  | 5.55    | 1         | 14.24        | 80.21      | 2.35 | 2.19 |
| 5                  | 6.15    | 1         | 14.15        | 79.70      | 2.37 | 2.18 |

- Gravedad específica efectiva (Agregado)

*Tabla 5.8. Gravedad específica efectiva (agregado)*

| Grupo de briquetas | Bitumen | G Asfalto         | Gmm  | Gse  |
|--------------------|---------|-------------------|------|------|
| #                  | %       | g/cm <sup>3</sup> |      |      |
| 1                  | 3.75    | 1                 | 2.23 | 2.35 |
| 2                  | 4.35    | 1                 | 2.21 | 2.33 |
| 3                  | 4.95    | 1                 | 2.23 | 2.39 |
| 4                  | 5.55    | 1                 | 2.20 | 2.37 |
| 5                  | 6.15    | 1                 | 2.19 | 2.38 |

- Asfalto absorbido

*Tabla 5.9. Asfalto absorbido*

| Grupo de briquetas | Bitumen | G Asfalto         | Gse  | Gsb  | Pba  |
|--------------------|---------|-------------------|------|------|------|
| #                  | %       | g/cm <sup>3</sup> |      |      |      |
| 1                  | 3.75    | 1                 | 2.35 | 2.31 | 0.69 |
| 2                  | 4.35    | 1                 | 2.33 | 2.32 | 0.20 |
| 3                  | 4.95    | 1                 | 2.39 | 2.34 | 0.90 |
| 4                  | 5.55    | 1                 | 2.37 | 2.35 | 0.32 |
| 5                  | 6.15    | 1                 | 2.38 | 2.37 | 0.20 |

- Asfalto efectivo de la mezcla

*Tabla 5.10. Asfalto efectivo de la mezcla*

| Grupo de briquetas | Bitumen | % Agg grueso | % Agg fino | Pba  | Pbe  |
|--------------------|---------|--------------|------------|------|------|
| #                  | %       |              |            |      |      |
| 1                  | 3.75    | 14.51        | 81.74      | 0.69 | 3.08 |
| 2                  | 4.35    | 14.42        | 81.23      | 0.20 | 4.16 |
| 3                  | 4.95    | 14.33        | 80.72      | 0.90 | 4.09 |
| 4                  | 5.55    | 14.24        | 80.21      | 0.32 | 5.25 |
| 5                  | 6.15    | 14.15        | 79.70      | 0.20 | 5.96 |

- Relación Filler/Asfalto

*Tabla 5.11. Relación Filler/Asfalto*

| Grupo de briquetas | Bitumen | % pasa tamiz 200 | Pbe  | f/a  |
|--------------------|---------|------------------|------|------|
| #                  | %       |                  |      |      |
| 1                  | 3.75    | 1.90             | 3.08 | 0.62 |
| 2                  | 4.35    | 1.90             | 4.16 | 0.46 |
| 3                  | 4.95    | 1.90             | 4.09 | 0.46 |
| 4                  | 5.55    | 1.90             | 5.25 | 0.36 |
| 5                  | 6.15    | 1.90             | 5.96 | 0.32 |

- % en Volumen

*Tabla 5.12. Porcentaje en volumen*

| Grupo de briquetas | Bitumen | Volumen (%) |       |       |
|--------------------|---------|-------------|-------|-------|
|                    |         | Vv          | Vagr  | VAM   |
| 1                  | 3.75    | 10.51       | 83.33 | 16.67 |
| 2                  | 4.35    | 7.22        | 84.27 | 15.73 |
| 3                  | 4.95    | 5.13        | 86.20 | 13.80 |
| 4                  | 5.55    | 5.28        | 83.76 | 16.24 |
| 5                  | 6.15    | 6.41        | 81.35 | 18.65 |

- Resultados de Estabilidad y Flujo

Tabla 5.13. Resultados de estabilidad y flujo

| Mezcla          | Bitumen | Factor  | Volumen | Estabilidad |             | Flujo    |
|-----------------|---------|---------|---------|-------------|-------------|----------|
| #               | %       | Correc. | cm3     | Medida      | Correg.     | 0.01"    |
| 1               | 3.75    | 0.93    | 470.37  | 1231        | 1145        | 5        |
| 2               |         | 0.93    | 464.20  | 1487        | 1383        | 6        |
| 3               |         | 0.96    | 456.98  | 1429        | 1372        | 5        |
| <b>Promedio</b> |         |         |         |             | <b>1300</b> | <b>5</b> |
| 4               | 4.35    | 1.14    | 418.16  | 1517        | 1729        | 6        |
| 5               |         | 1.04    | 420.46  | 1495        | 1555        | 5        |
| 6               |         | 1.09    | 415.68  | 1521        | 1658        | 5        |
| <b>Promedio</b> |         |         |         |             | <b>1647</b> | <b>5</b> |
| 7               | 4.95    | 1.04    | 424.38  | 1836        | 1909        | 6        |
| 8               |         | 1.19    | 392.94  | 1769        | 2105        | 7        |
| 9               |         | 1.04    | 423.77  | 1904        | 1980        | 7        |
| <b>Promedio</b> |         |         |         |             | <b>1998</b> | <b>7</b> |
| 10              | 5.55    | 1.09    | 417.28  | 1692.9      | 1845        | 7        |
| 11              |         | 1.09    | 418.82  | 1771.2      | 1931        | 8        |
| 12              |         | 1.09    | 423.39  | 1773        | 1933        | 8        |
| <b>Promedio</b> |         |         |         |             | <b>1903</b> | <b>8</b> |
| 13              | 6.15    | 0.96    | 462.15  | 1917        | 1840        | 9        |
| 14              |         | 0.96    | 465.94  | 1751.4      | 1681        | 8        |
| 15              |         | 0.89    | 490.37  | 1984        | 1766        | 9        |
| <b>Promedio</b> |         |         |         |             | <b>1762</b> | <b>9</b> |

- Gráficos de obtención de porcentaje óptimo del Diseño Marshall

Figura 5.20. Gravedad Bulk vs Porcentaje de Bitumen

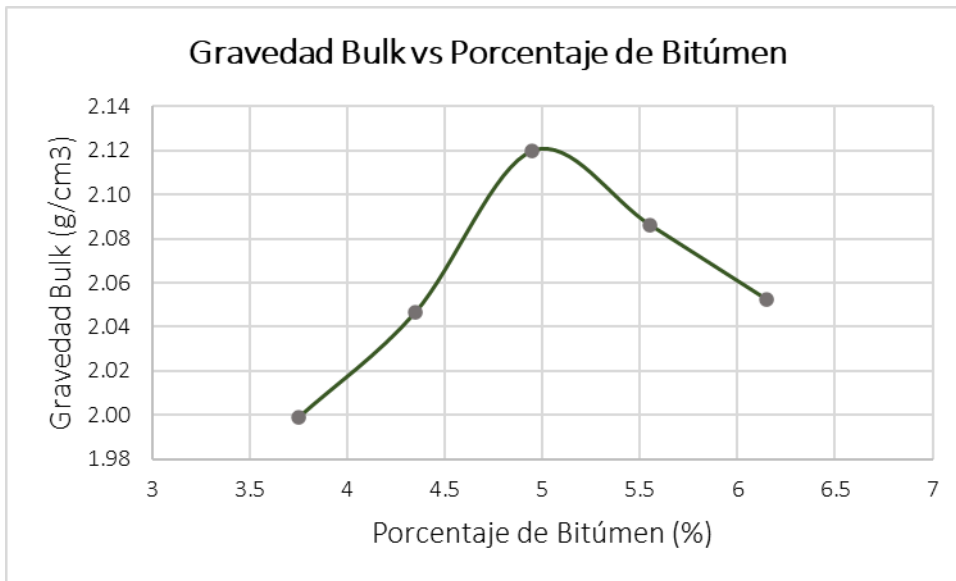


Figura 5.21. Estabilidad vs Porcentaje de Bitumen

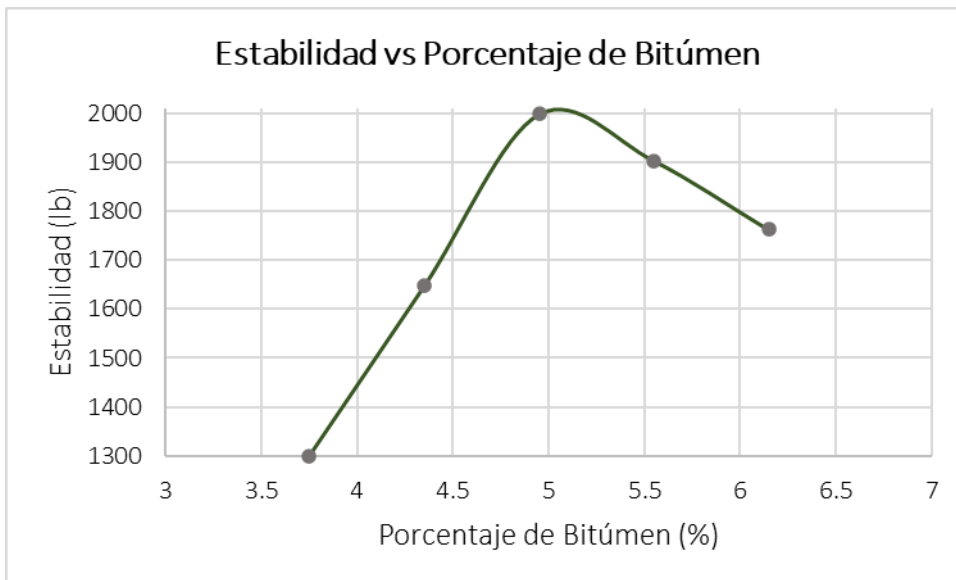


Figura 5.22. Vv vs Porcentaje de Bitumen

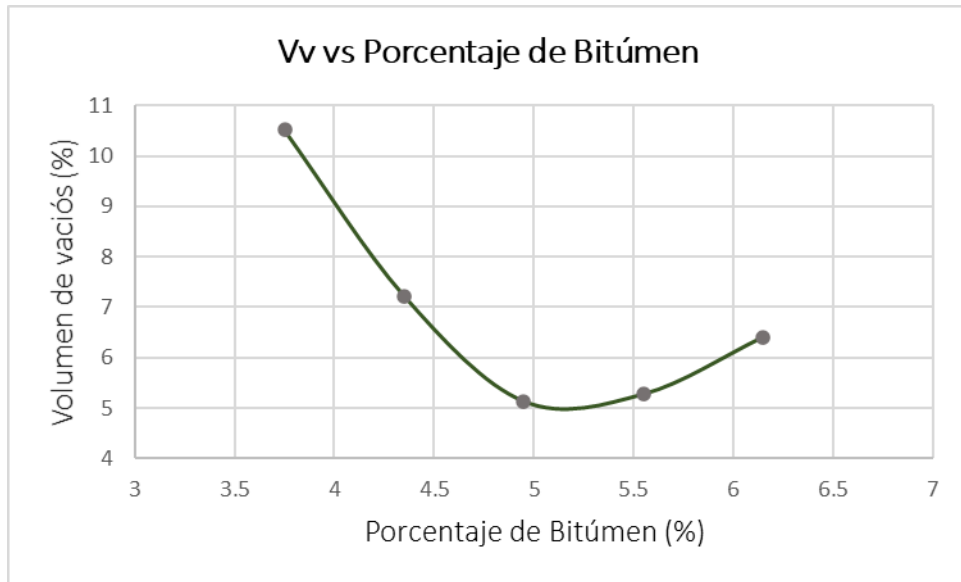


Figura 5.23. Flujo vs Porcentaje de Bitumen

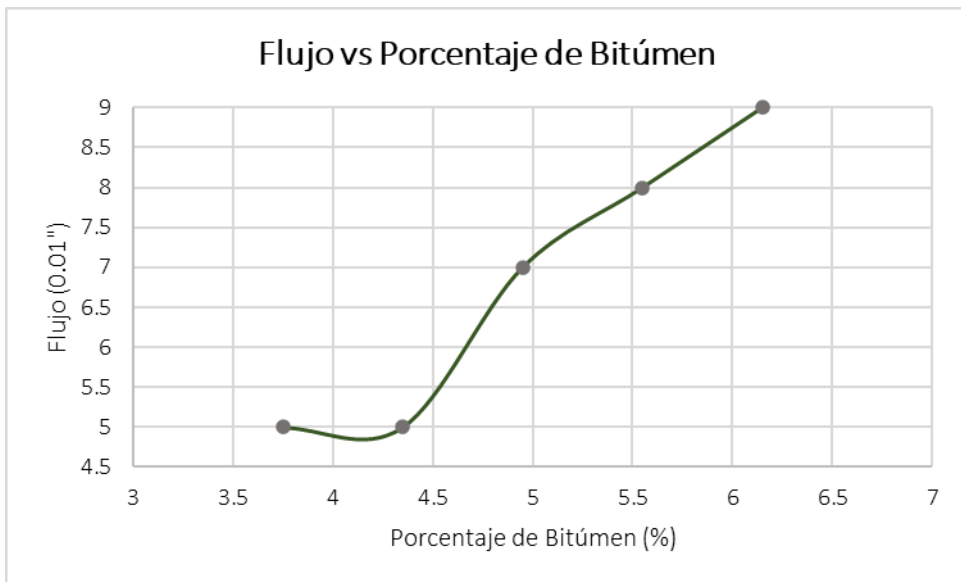
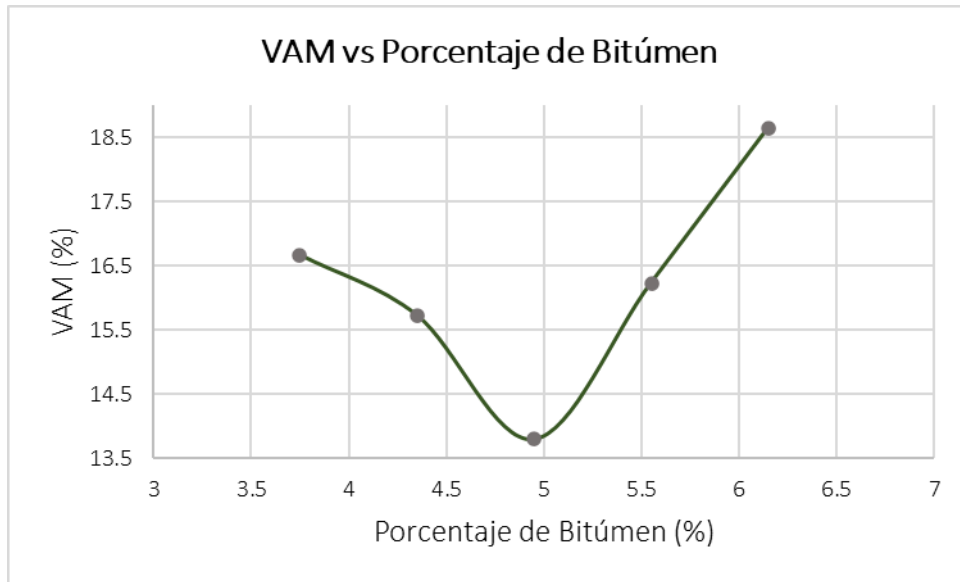


Figura 5.24. VAM vs Porcentaje de Bitumen



5.1.4.9. Briquetas entre la mezcla de la Emulsión EMULDEC y material reciclado

- Gravedad específica Bulk (briqueta)

Tabla 5.14. Resultados Gravedad específica Bulk (briqueta)

| Mezcla          | Bitumen | Peso (g) |       |         | Volumen | G.Bulk      |
|-----------------|---------|----------|-------|---------|---------|-------------|
| #               | %       | Seco     | S.S.S | Sumerg. | cm3     |             |
| 1               | 3.75    | 851.1    | 864.1 | 426.5   | 437.6   | 1.94        |
| 2               |         | 929.8    | 935.6 | 482.5   | 453.0   | 2.05        |
| 3               |         | 928.0    | 929.7 | 477.4   | 452.4   | 2.05        |
| <b>Promedio</b> |         |          |       |         |         | <b>2.02</b> |
| 4               | 4.35    | 894.8    | 907.9 | 469.6   | 438.4   | 2.04        |
| 5               |         | 906.9    | 917.7 | 472.0   | 445.8   | 2.03        |
| 6               |         | 916.9    | 921.5 | 474.0   | 447.5   | 2.05        |
| <b>Promedio</b> |         |          |       |         |         | <b>2.04</b> |
| 7               | 4.95    | 879.6    | 890.8 | 451.9   | 438.9   | 2.00        |
| 8               |         | 898.1    | 907.6 | 479.6   | 428.0   | 2.10        |
| 9               |         | 894.6    | 905.0 | 486.2   | 418.8   | 2.14        |
| <b>Promedio</b> |         |          |       |         |         | <b>2.08</b> |
| 10              | 5.55    | 886.4    | 922.4 | 475.4   | 446.9   | 1.98        |
| 11              |         | 880.3    | 907.1 | 466.1   | 441.1   | 2.00        |
| 12              |         | 861.9    | 869.5 | 465.5   | 404.0   | 2.13        |
| <b>Promedio</b> |         |          |       |         |         | <b>2.04</b> |
| 13              | 6.15    | 875.0    | 905.7 | 468.0   | 437.7   | 2.00        |
| 14              |         | 874.6    | 904.9 | 465.2   | 439.7   | 1.99        |
| 15              |         | 906.8    | 936.8 | 501.1   | 435.7   | 2.08        |
| <b>Promedio</b> |         |          |       |         |         | <b>2.02</b> |

- Gravedad específica Bulk (Agregado total)

Tabla 5.15. Resultados Gravedad específica Bulk (Agregado total)

| Grupo de briquetas | Bitumen | % Agg grueso | % Agg fino | Ge agg grueso | Ge agg fino | Gsb  |
|--------------------|---------|--------------|------------|---------------|-------------|------|
| #                  | %       |              |            |               |             |      |
| 1                  | 3.75    | 14.51        | 81.74      | 2.27          | 2.21        | 2.31 |
| 2                  | 4.35    | 14.42        | 81.23      | 2.27          | 2.21        | 2.32 |
| 3                  | 4.95    | 14.33        | 80.72      | 2.27          | 2.21        | 2.34 |
| 4                  | 5.55    | 14.24        | 80.21      | 2.27          | 2.21        | 2.35 |
| 5                  | 6.15    | 14.15        | 79.70      | 2.27          | 2.21        | 2.37 |

- Gravedad específica aparente (Agregado total)

*Tabla 5.16. Resultados Gravedad específica aparente (Agregado total)*

| Grupo de briquetas | Bitumen | % Agg grueso | % Agg fino | Ge agg grueso | Ge agg fino | Gsa  |
|--------------------|---------|--------------|------------|---------------|-------------|------|
| #                  | %       |              |            |               |             |      |
| 1                  | 3.75    | 14.51        | 81.74      | 2.27          | 2.21        | 2.43 |
| 2                  | 4.35    | 14.42        | 81.23      | 2.27          | 2.21        | 2.45 |
| 3                  | 4.95    | 14.33        | 80.72      | 2.27          | 2.21        | 2.47 |
| 4                  | 5.55    | 14.24        | 80.21      | 2.27          | 2.21        | 2.48 |
| 5                  | 6.15    | 14.15        | 79.70      | 2.27          | 2.21        | 2.50 |

- Gravedad específica máxima teórica

*Tabla 5.17. Resultados Gravedad específica máxima teórica*

| Grupo de briquetas | Bitumen | G Asfalto | % Agg grueso | % Agg fino | Gsb  | Gmt  |
|--------------------|---------|-----------|--------------|------------|------|------|
| #                  | %       | g/cm3     |              |            |      |      |
| 1                  | 3.75    | 1         | 14.51        | 81.74      | 2.31 | 2.20 |
| 2                  | 4.35    | 1         | 14.42        | 81.23      | 2.32 | 2.20 |
| 3                  | 4.95    | 1         | 14.33        | 80.72      | 2.34 | 2.19 |
| 4                  | 5.55    | 1         | 14.24        | 80.21      | 2.35 | 2.19 |
| 5                  | 6.15    | 1         | 14.15        | 79.70      | 2.37 | 2.18 |

- Gravedad específica efectiva (Agregado)

*Tabla 5.18. Resultados Gravedad específica efectiva (Agregado)*

| Grupo de briquetas | Bitumen | G Asfalto | Gmm  | Gse  |
|--------------------|---------|-----------|------|------|
| #                  | %       | g/cm3     |      |      |
| 1                  | 3.75    | 1         | 2.23 | 2.34 |
| 2                  | 4.35    | 1         | 2.21 | 2.33 |
| 3                  | 4.95    | 1         | 2.21 | 2.36 |
| 4                  | 5.55    | 1         | 2.20 | 2.37 |
| 5                  | 6.15    | 1         | 2.19 | 2.38 |

- Asfalto absorbido

*Tabla 5.19. Resultados Asfalto absorbido*

| Grupo de briquetas | Bitumen | G Asfalto         | Gse  | Gsb  | Pba  |
|--------------------|---------|-------------------|------|------|------|
| #                  | %       | g/cm <sup>3</sup> |      |      |      |
| 1                  | 3.75    | 1                 | 2.34 | 2.31 | 0.65 |
| 2                  | 4.35    | 1                 | 2.33 | 2.32 | 0.18 |
| 3                  | 4.95    | 1                 | 2.36 | 2.34 | 0.41 |
| 4                  | 5.55    | 1                 | 2.37 | 2.35 | 0.29 |
| 5                  | 6.15    | 1                 | 2.38 | 2.37 | 0.14 |

- Asfalto efectivo de la mezcla

*Tabla 5.20. Resultados Asfalto efectivo de la mezcla*

| Grupo de briquetas | Bitumen | % Agg grueso | % Agg fino | Pba  | Pbe  |
|--------------------|---------|--------------|------------|------|------|
| #                  | %       |              |            |      |      |
| 1                  | 3.75    | 14.51        | 81.74      | 0.65 | 3.12 |
| 2                  | 4.35    | 14.42        | 81.23      | 0.18 | 4.18 |
| 3                  | 4.95    | 14.33        | 80.72      | 0.41 | 4.56 |
| 4                  | 5.55    | 14.24        | 80.21      | 0.29 | 5.28 |
| 5                  | 6.15    | 14.15        | 79.70      | 0.14 | 6.02 |

- Relación Filler/Asfalto

*Tabla 5.21. Relación Filler/Asfalto*

| Grupo de briquetas | Bitumen | % pasa tamiz 200 | Pbe  | f/a  |
|--------------------|---------|------------------|------|------|
| #                  | %       |                  |      |      |
| 1                  | 3.75    | 1.90             | 3.12 | 0.61 |
| 2                  | 4.35    | 1.90             | 4.18 | 0.46 |
| 3                  | 4.95    | 1.90             | 4.56 | 0.42 |
| 4                  | 5.55    | 1.90             | 5.28 | 0.36 |
| 5                  | 6.15    | 1.90             | 6.02 | 0.32 |

- % en Volumen

Tabla 5.22. Porcentaje en volumen

| Grupo de briquetas | Bitumen | Volumen (%) |      |       |       |
|--------------------|---------|-------------|------|-------|-------|
|                    |         | #           | %    | Vv    | Vagr  |
| 1                  | 3.75    |             | 9.64 | 84.06 | 15.94 |
| 2                  | 4.35    |             | 7.41 | 84.06 | 15.94 |
| 3                  | 4.95    |             | 5.97 | 84.55 | 15.45 |
| 4                  | 5.55    |             | 7.45 | 81.80 | 18.20 |
| 5                  | 6.15    |             | 7.62 | 80.20 | 19.80 |

- Resultados de Estabilidad y Flujo

Tabla 5.23. Resultados de Estabilidad y Flujo

| Mezcla          | Bitumen | Factor | Volumen | Estabilidad |             | Flujo     |
|-----------------|---------|--------|---------|-------------|-------------|-----------|
|                 |         |        |         | #           | %           |           |
| 1               | 3.75    | 0.96   | 437.6   | 1350        | 1296        | 6         |
| 2               |         | 0.86   | 453.0   | 1670        | 1436        | 7         |
| 3               |         | 0.86   | 452.4   | 1500        | 1290        | 7         |
| <b>Promedio</b> |         |        |         |             | <b>1341</b> | <b>7</b>  |
| 4               | 4.35    | 0.93   | 438.4   | 1680        | 1562        | 7         |
| 5               |         | 0.89   | 445.8   | 1690        | 1504        | 7         |
| 6               |         | 0.89   | 447.5   | 1720        | 1531        | 8         |
| <b>Promedio</b> |         |        |         |             | <b>1532</b> | <b>7</b>  |
| 7               | 4.95    | 0.93   | 438.9   | 1840        | 1711        | 9         |
| 8               |         | 0.93   | 428.0   | 1907        | 1774        | 8         |
| 9               |         | 0.96   | 418.8   | 2030        | 1949        | 9         |
| <b>Promedio</b> |         |        |         |             | <b>1811</b> | <b>9</b>  |
| 10              | 5.55    | 0.96   | 446.9   | 1962        | 1884        | 10        |
| 11              |         | 0.96   | 441.1   | 1668        | 1601        | 10        |
| 12              |         | 1      | 404.0   | 1736        | 1736        | 10        |
| <b>Promedio</b> |         |        |         |             | <b>1740</b> | <b>10</b> |
| 13              | 6.15    | 0.96   | 437.7   | 1608        | 1544        | 10        |
| 14              |         | 1      | 439.7   | 1688        | 1688        | 11        |
| 15              |         | 0.96   | 435.7   | 1728        | 1659        | 11        |
| <b>Promedio</b> |         |        |         |             | <b>1630</b> | <b>11</b> |

- Gráficos de obtención de porcentaje óptimo del Diseño Marshall

Figura 5.25. Gravedad Bulk vs Porcentaje de Bitumen

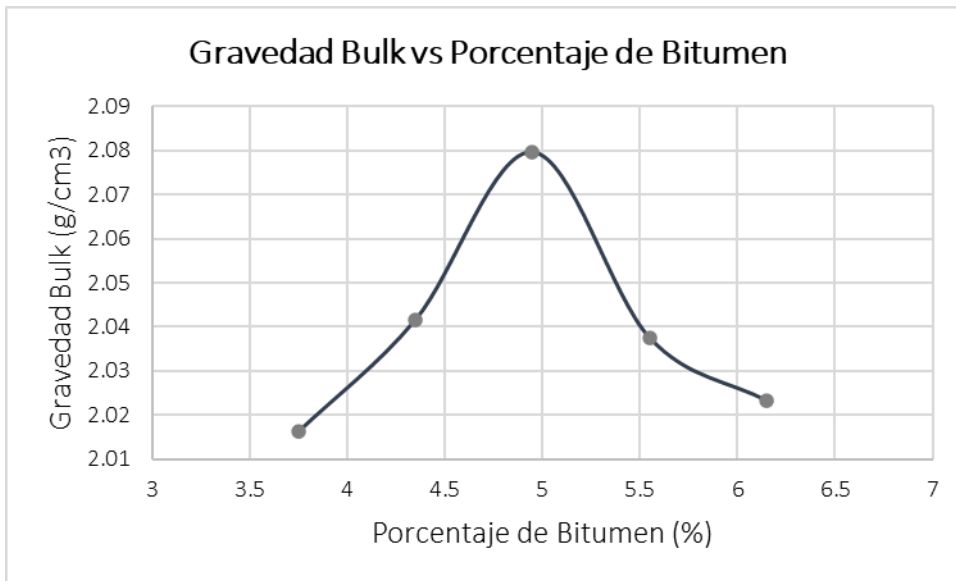


Figura 5.26. Estabilidad vs Porcentaje de Bitumen

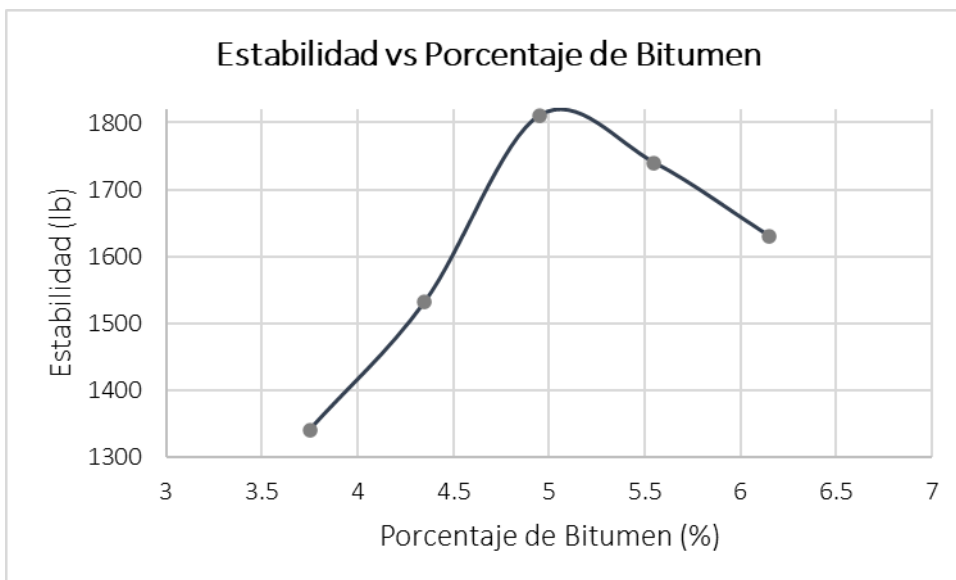


Figura 5.27. Vv vs Porcentaje de Bitumen

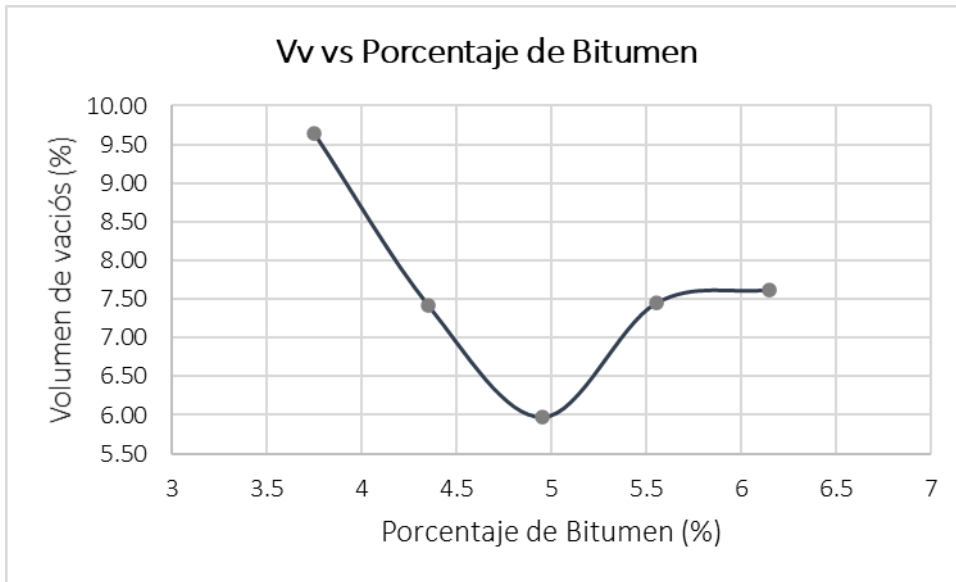


Figura 5.28. Flujo vs Porcentaje de Bitumen

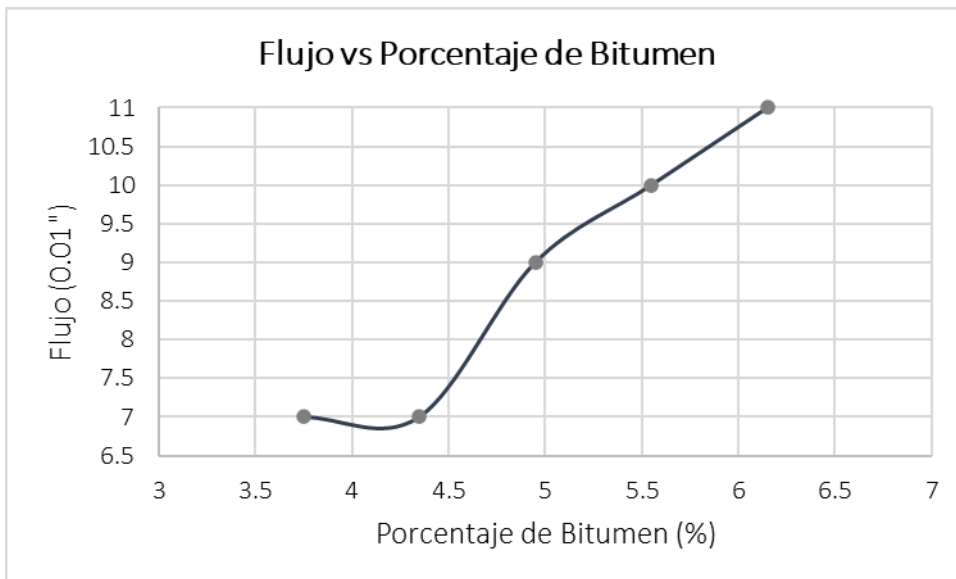
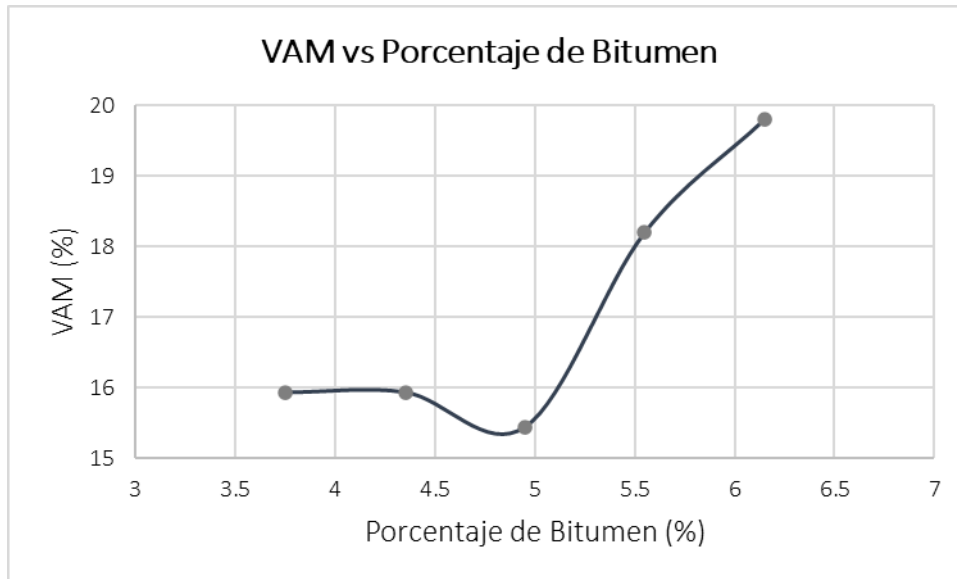


Figura 5.29. VAM vs Porcentaje de Bitumen



## 6. Análisis de resultados en función de los ensayos de laboratorio

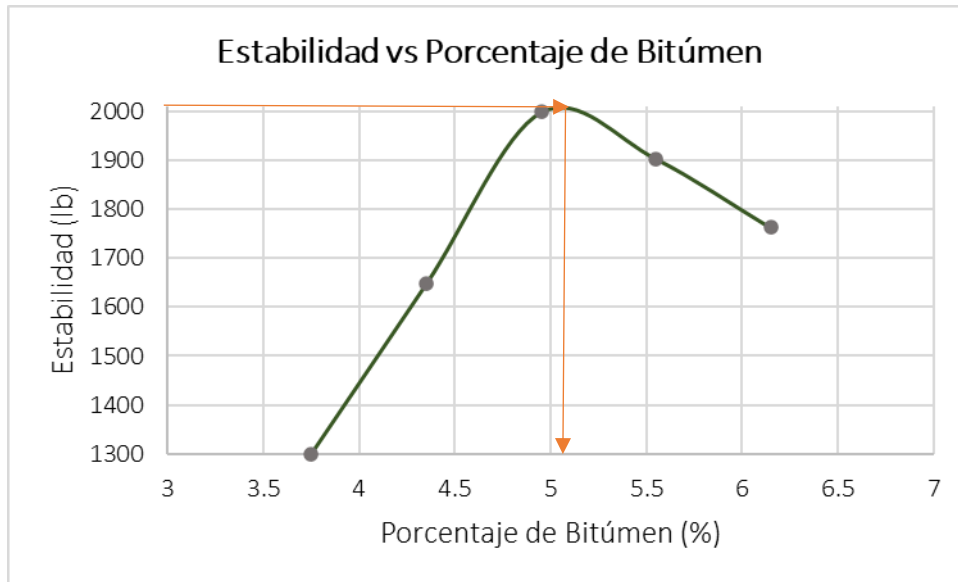
### 6.1. Discusión para la obtención de la mezcla con mejores características

La norma ASTM D 1559 (1998) establece que, para la obtención del porcentaje óptimo de asfalto con el Ensayo Marshall, se debe ingresar en el gráfico de % de Volumen de vacíos vs % de Bitumen con un valor de 4% de Vv. Sin embargo, esta norma fue realizada para diseño de mezclas en caliente, por lo cual, en el presente trabajo de titulación al realizar una mezcla en frío con material reciclado los valores de la relación de vacíos son más altos, por lo cual los parámetros escogidos para obtener el porcentaje óptimo de asfalto son los de Estabilidad y Gravedad bulk basándose en los máximos valores en las gráficas presentadas en el capítulo 5.

#### 6.1.1. Obtención del porcentaje óptimo de asfalto

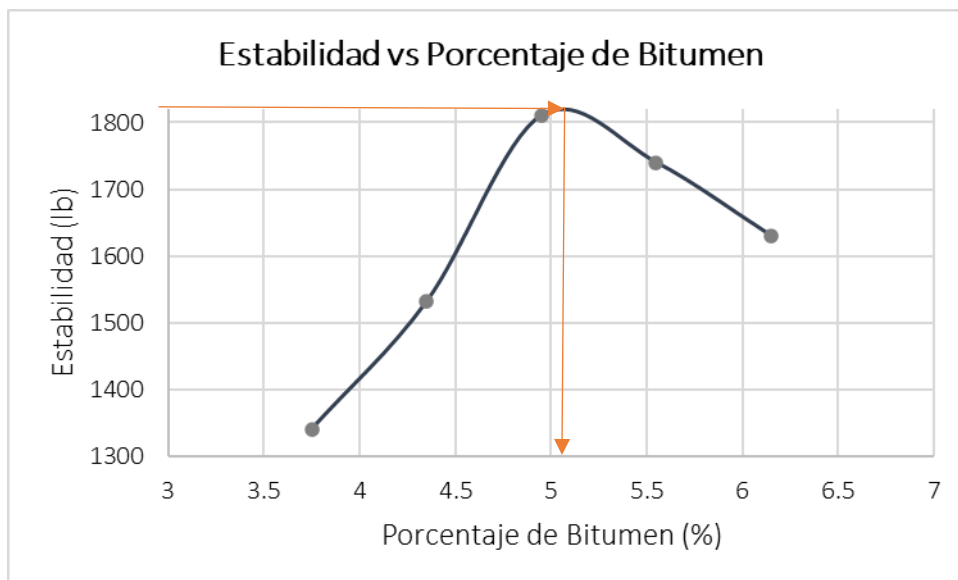
Se escoge el porcentaje óptimo de bitumen ingresando con el máximo valor de estabilidad.

Figura 6.1. Estabilidad vs Porcentaje de Bitumen



Se observa que el porcentaje óptimo de Bitumen para la mezcla con la emulsión de IMPTEK (CHOVA) es de 5.1 %

Figura 6.2. Estabilidad vs Porcentaje de Bitumen



Se observa que el porcentaje óptimo de Bitumen para la mezcla con la emulsión de EMULDEC es de 5.1 %.

Para obtener el porcentaje de emulsión que se debe colocar para la evaluación de la pérdida de estabilidad se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$\%E = \frac{\%A}{\%R.E} \quad \text{Ecuación 6.1}$$

Dónde:

% E = Porcentaje de emulsión

% A = Porcentaje de Asfalto (Bitumen)

% R.E = Porcentaje de residuo en la emulsión

Reemplazando los valores obtenidos se tiene lo siguiente:

$$\%E = \frac{5.1\% - 1.95\%}{0.60}$$

$$\%E = 5.25\%$$

### **6.1.2. Pérdida de estabilidad**

La pérdida de Estabilidad es un indicador que permite verificar cuanta capacidad pierde el espécimen cuando es sometido a una prueba de inmersión a temperaturas altas comparada con la briqueta estándar.

Este ensayo se lo realiza una vez haya finalizado la obtención del porcentaje óptimo de bitumen en el diseño de la mezcla. Al concluir con dicho paso, se compactó 6 briquetas adicionales por cada marca de emulsión.

El proceso de mezclado y compactación es igual a las briquetas realizadas previamente. El siguiente paso consiste en ingresar las 6 briquetas en el horno por 3 días a 41 °C. o hasta que la masa no varíe.

Una vez que se haya evaporado toda el agua de la mezcla, se procedió a sumergir las primeras 3 briquetas en el agua a 22 °C. por 2 horas y luego se realizó el ensayo Marshall donde se obtuvieron los datos de estabilidad. De igual manera con los 3 especímenes faltantes, se sumergieron a 60 °C. por 24 horas y se realizó el Marshall donde también se obtuvo datos de estabilidad.

El proceso se lo realizo de igual manera para las dos distintas marcas comerciales de Emulsión.

Para el cálculo del porcentaje de perdida de Estabilidad se utilizó la siguiente fórmula.

$$\%P.E. = \frac{Eseca - Esum}{Eseca} \cdot 100 \quad \text{Ecuación 6.2}$$

Donde:

%P.E.=Porcentaje de Perdida Estabilidad

Eseca=Estabilidad en briqueta Seca

Esum=Estabilidad en Briqueta Sumergida

Tabla 6.1. Resultados de Perdida de Estabilidad

| Mezcla                        | Emulsión | Factor  | Volumen | Estabilidad |             |
|-------------------------------|----------|---------|---------|-------------|-------------|
| #                             | %        | Correc. | cm3     | Medida      | Correg.     |
| <b>EMULDEC 5% 2H A 22 °C</b>  |          |         |         |             |             |
| 1                             | 5.25     | 1.14    | 473.9   | 1652        | 1883        |
| 2                             |          | 1.04    | 498.4   | 1552        | 1614        |
| 3                             |          | 1.19    | 457.6   | 1544        | 1837        |
| <b>Promedio</b>               |          |         |         |             | <b>1778</b> |
| <b>EMULDEC 5% 22H A 60 °C</b> |          |         |         |             |             |
| 4                             | 5.25     | 1.25    | 449.4   | 865         | 1081        |
| 5                             |          | 0.96    | 523.0   | 985         | 946         |
| 6                             |          | 1.04    | 498.4   | 866         | 901         |
| <b>Promedio</b>               |          |         |         |             | <b>976</b>  |
| <b>IMPTEK 5% 2H A 22 °C</b>   |          |         |         |             |             |
| 1                             | 5.25     | 1.04    | 498.4   | 1665        | 1732        |
| 2                             |          | 1.04    | 498.4   | 1665        | 1732        |
| 3                             |          | 1.19    | 457.6   | 1651        | 1965        |
| <b>Promedio</b>               |          |         |         |             | <b>1809</b> |
| <b>IMPTEK 5% 22H A 60 °C</b>  |          |         |         |             |             |
| 4                             | 5.25     | 1.04    | 498.4   | 978         | 1017        |
| 5                             |          | 0.96    | 523.0   | 945         | 907         |
| 6                             |          | 1.14    | 482.1   | 884         | 1008        |
| <b>Promedio</b>               |          |         |         |             | <b>977</b>  |

Tabla 6.2. Porcentaje de Perdida de Estabilidad.

| PERDIDA EMULDEC |      | PERDIDA IMPTEK |      |
|-----------------|------|----------------|------|
| 22 H            | 2 H  | 22 H           | 2 H  |
| 976             | 1778 | 977            | 1809 |
| 45%             |      | 46%            |      |

### 6.1.3. Análisis técnico en función de los resultados obtenidos

La calidad de las mezclas realizadas se deberá evaluar a partir de parámetros establecidos en normativas nacionales e internacionales, debido a ello a continuación se presenta una tabla comparativa entre los resultados de la mezcla con la emulsión de IMPTEK (CHOVA) y la emulsión de EMULDEC y las respectivas especificaciones que avalen su calidad.

Tabla 6.3. Control de calidad de mezclas asfálticas.

|                                    | Resultados obtenidos en laboratorio |         | Especificaciones          |                |                                            |                |                   |             |
|------------------------------------|-------------------------------------|---------|---------------------------|----------------|--------------------------------------------|----------------|-------------------|-------------|
|                                    | IMPTEK                              | EMULDEC | MOP-001-F (Tráfico medio) | Observación    | Diseño Marshall Modificado Método Illinois | Observación    | Asphalt Institute | Observación |
| Estabilidad (lb) en seco           | 1809                                | 1778    | mín 1200                  | CUMPLEN        | mín 750                                    | CUMPLEN        | mín 2224          | NO CUMPLEN  |
| Estabilidad (lb) sumergido         | 977                                 | 976     | -                         | -              | -                                          | -              | -                 | -           |
| Estabilidad perdida (%)            | 46%                                 | 45%     | -                         | -              | máx 50 %                                   | CUMPLEN        | máx 50 %          | CUMPLEN     |
| Resistencia conservada (%)         | 54%                                 | 55%     | mín 50 %                  | CUMPLEN        | mín 50 %                                   | CUMPLEN        | mín 50 %          | CUMPLEN     |
| Cubrimiento de agregado            | 100                                 | 100     | -                         | CUMPLEN        | mín 95 %                                   | CUMPLEN        | mín 50 %          | CUMPLEN     |
| Flujo (0.01")                      | 7                                   | 9       | 8 - 16                    | CUMPLE EMULDEC | 8 - 18                                     | CUMPLE EMULDEC | -                 | -           |
| Volumen vacíos Capa Rodadura (%)   | 5.13                                | 5.97    | 3 - 5                     | NO CUMPLEN     | 3 - 5                                      | NO CUMPLEN     | -                 | -           |
| Volumen vacíos Capa Intermedia (%) | 5.13                                | 5.97    | 3 - 8                     | CUMPLEN        | -                                          | -              | -                 | -           |
| Volumen vacíos Capa de base (%)    | 5.13                                | 5.97    | 3 - 9                     | CUMPLEN        | -                                          | -              | -                 | -           |
| Volumen vacíos agregados (%)       | 13.8                                | 15.45   | mín 13 %                  | CUMPLEN        | -                                          | -              | -                 | -           |
| Relación Filler/Asfalto            | 0.46                                | 0.42    | 0.8 - 1.2                 | NO CUMPLEN     | -                                          | -              | -                 | -           |

La estabilidad es un indicador de la cohesión de la mezcla asfáltica compactada, se puede observar que la estabilidad en seco de las dos mezclas asfálticas escogidas con IMPTEK (CHOVA) y EMULDEC cumplen con la especificación MOP – 001 – F y la del Diseño Marshall Modificado Método Illinois, sin embargo, no lo hacen con la del Instituto del Asfalto MS-19, a partir de ello si se compara entre mezclas, se observa que la mezcla con IMPTEK tiene un mayor índice de cohesión que la de EMULDEC.

La pérdida de estabilidad indica la pérdida de cohesión de la briqueta al sumergirle en agua, este parámetro es importante debido a que al realizar una vía estará sometida a todo tipo de condiciones climáticas que incluyen lluvias, siendo esta condición la más influyente al momento de evaluar la calidad de la vía, si se observan las especificaciones del Diseño Marshall Modificado Método Illinois y el Instituto del Asfalto se infiere que las mezclas realizadas con los dos tipos de emulsiones tienen un resultado satisfactorio, obteniendo una pérdida de estabilidad menor al 50 %.

El cubrimiento del agregado al ser un ensayo visual se puede determinar de manera rápida y simple cuan recubierto se encuentra el agregado con la mezcla asfáltica y agua, en este caso la humedad natural del material reciclado y el 5 % de emulsión fueron suficientes para observar un recubrimiento total.

El flujo es un indicador de la fricción de la mezcla asfáltica, si observamos las especificaciones del MOP – 001 – F y del Diseño Marshall Modificado Método Illinois, tienen un rango en el cual puede variar el flujo para que la mezcla tenga resultado satisfactorio, en el caso del presente trabajo de titulación, la mezcla asfáltica con IMPTEK (CHOVA) se encuentra por debajo del valor mínimo de los rangos, los cuales se encuentran en un valor de 8 (0.01”), la mezcla se encuentra con un valor de 7 (0.01”), de manera que no cumple las especificaciones mencionadas, por lo cual la fricción interna de esta mezcla asfáltica es muy alta. Por otro lado, la mezcla asfáltica con la emulsión de la casa comercial EMULDEC tiene un valor de 9 (0.01”) teniendo de esta forma menor fricción interna en la mezcla lo cual le permite cumplir con las dos especificaciones.

El volumen de vacíos para las dos mezclas asfálticas se encuentra con porcentajes altos según las especificaciones del MOP – 001 – F y del Diseño Marshall Modificado Método Illinois, esto se debe a que al ser una mezcla asfáltica en frío no se logra obtener

una compactación suficiente que le permita ser más densa la mezcla. A esto se le debe añadir que el porcentaje de finos que pasan por el tamiz No. 200 es menor al de la especificación del Instituto del Asfalto, lo cual infiere en la cantidad de vacíos presente en las briquetas ensayadas. Sin embargo, la normativa ecuatoriana contempla distintos rangos de relación de vacíos para diferentes usos, para el caso de capas de rodadura el volumen de vacíos es alto, pero en el caso de una capa intermedia y una capa base el rango de porcentaje de volumen de vacíos está entre 3 % y 8 %, 3% y 9% respectivamente, de esta manera se podrían utilizar las mezclas asfálticas con material reciclado en esas capas.

Garnica et al. (2004) describe la relación entre un porcentaje de vacíos altos y la estabilidad satisfactoria:

Altos contenidos de vacíos se asocian frecuentemente con mezclas con alta permeabilidad; al permitir la circulación de aire y agua a través del pavimento pueden ocasionar endurecimiento prematuro del asfalto, desprendimiento del agregado, o posible desprendimiento del asfalto en el agregado. Aun cuando la estabilidad es satisfactoria, se deberán realizar ajustes para reducir los vacíos. Pequeñas reducciones se lograrán mediante la adición de polvo mineral a la mezcla. Podría ser necesario seleccionar o combinar agregados para lograr una graduación, la cual deberá estar cerca de la curva de máxima densidad. (p. 7)

El contenido de vacíos incide directamente en propiedades importantes de la capa de rodadura, esto se debe a que contenidos de vacíos altos reducen la resistencia a la fatiga, de igual manera reducen la resistencia a la deformación, y a su vez la durabilidad de la carpeta asfáltica. (Yanez, 2020)

La normativa ecuatoriana MOP – 001 – F (2002) indica un valor mínimo de Vacíos del Agregado Mineral (VAM) que se basa en la siguiente tabla:

*Tabla 6.4. VAM mínimo Tabla 405 – 5.5.*

| Tipo de mezcla | VAM Mín. (%) |
|----------------|--------------|
| A (3/4")       | 16           |
| B (1/2")       | 15           |
| C, D (3/8")    | 14           |
| E (#4)         | 13           |

*Fuente: Especificaciones Generales para la construcción de caminos y puentes. (MOP - 001 - F, 2002). (pg IV – 106)*

En el diseño realizado la granulometría se asemejaba a un tipo de mezcla “E” por lo cual el VAM mínimo es de 13%, la razón del porque es importante establecer un valor mínimo es debido a que el VAM es un indicador de los vacíos de aire entre las partículas de agregado incluyendo los espacios rellenos de asfalto, es decir es el espacio aprovechable para que el volumen efectivo de asfalto y el volumen de vacíos sean acomodados en la mezcla asfáltica. Los valores obtenidos en laboratorio de VAM para la mezcla asfáltica con IMPTEK (CHOVA) y EMULDEC, son de 13.80 % y 15.45 % respectivamente, con ello se puede inferir que las dos mezclas asfálticas cumplen con la especificación mínima de la normativa, sin embargo, si se debe recomendar una de las dos mezclas en este apartado se deberá escoger la de EMULDEC debido a que con el porcentaje obtenido de laboratorio se logrará crear un espesor durable de película de asfalto.

En la relación Filler/Asfalto se observa que los valores obtenidos en las dos mezclas están por debajo del valor mínimo recomendado por la normativa ecuatoriana MOP – 001 – F, este valor es un indicativo del exceso de asfalto en las mezclas, que a su vez se complementa con la relación de vacíos obtenida, debido a que la falta de agregado

fino afecta directamente los dos parámetros, sin embargo, esta relación de Filler/Asfalto incide directamente en propiedades de la capa de rodadura tales como la resistencia a la fatiga, resistencia a la deformación y durabilidad. Debido al exceso de asfalto la capa de rodadura aumenta su resistencia a la fatiga, de igual manera aumenta su durabilidad, pero disminuyen la resistencia a la deformación. (Yanez, 2020)

## **7. Análisis económico**

### **7.1. Información General**

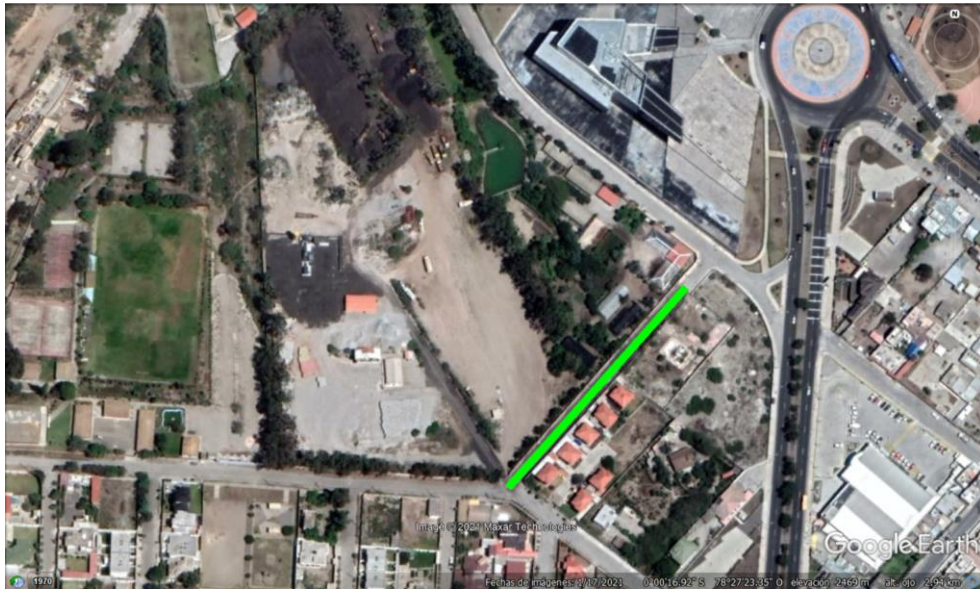
Para el análisis económico se tomó una calle de lastre denominada San Martín en la parroquia de San Antonio de Pichincha, ciudad de Quito muy cercana al monumento de la Mitad del Mundo, con el fin de ejecutar un presupuesto con una mezcla fría con material virgen y una mezcla fría con material reciclado, para posteriormente analizar si existe una brecha entre los dos presupuestos.

*Figura 7.1. Calle San Martín*



*Fuente: Google Earth*

*Figura 7.2. Calle San Martin vista satelital*



*Fuente: Google Earth*

## **7.2. Características de la vía**

- Tipo de Vía: Vía de Lastre
- Tipo de Terreno: Plano
- Distancia: 170 metros
- Ancho de Vía: 7 metros
- Sección Transversal: 2 calzadas de 3 metros cada una
- Ubicación: Calle San Martin, San Antonio de Pichincha a una cuadra del redondel de la Mitad del Mundo sentido Norte-Sur.

Para el análisis se tomará en cuenta un diseño de Subbase, Base y Capa Asfáltica.

### 7.3. Presupuesto con material granular virgen

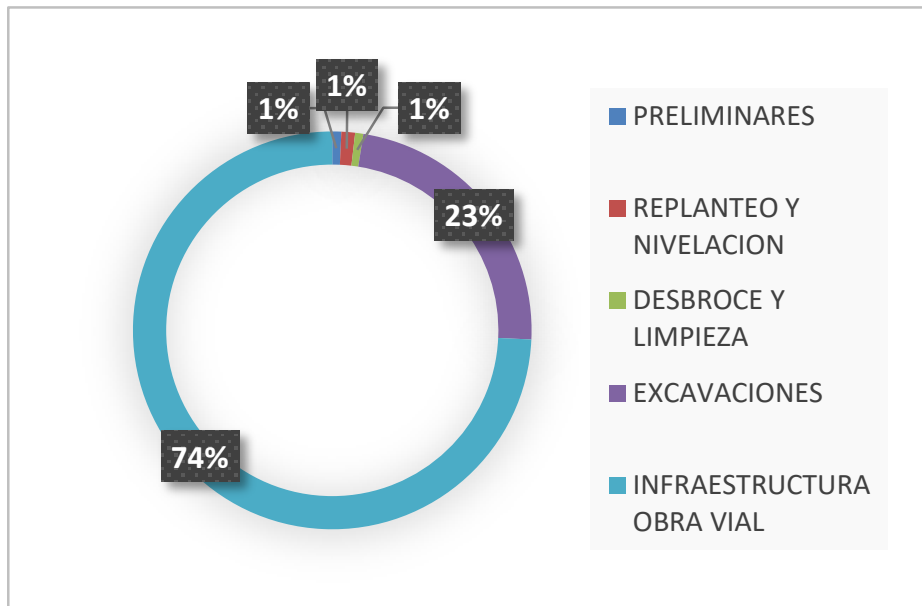
El siguiente presupuesto se lo realizó utilizando el diseño de una carpeta asfáltica típica de las zonas urbanas mediante la utilización de mezcla en frío con emulsión.

Tabla 7.1. Presupuesto Calle San Martin con material virgen

| No.                              | Descripción                                               | Unidad | Cantidad | P. unitario | Precio total     |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------|----------|-------------|------------------|
| <b>PRELIMINARES</b>              |                                                           |        |          |             | <b>247.45</b>    |
| 1                                | Bateria sanitaria Obreros de 1 hasta 10 personas          | mes    | 1        | 142.19      | 142.19           |
| 2                                | Letrero de obra                                           | u      | 2        | 52.63       | 105.26           |
| <b>REPLANTEO Y NIVELACION</b>    |                                                           |        |          |             | <b>375.7</b>     |
| 3                                | Replanteo y nivelacion                                    | m2     | 170      | 2.21        | 375.7            |
| <b>DESBROCE Y LIMPIEZA</b>       |                                                           |        |          |             | <b>225.9</b>     |
| 4                                | Desbroce y limpieza                                       | m2     | 170      | 1.08        | 183.6            |
| 5                                | Acarreo manual de material distancia=100m                 | m3     | 10       | 4.23        | 42.3             |
| <b>EXCAVACIONES</b>              |                                                           |        |          |             | <b>7,888.17</b>  |
| 6                                | Excavacion a maquina (excavadora)                         | m3     | 357      | 10.03       | 3,580.71         |
| 7                                | Desbanque manual                                          | m3     | 136      | 9.79        | 1,331.44         |
| 8                                | Excavacion a pulso                                        | m3     | 17       | 8.56        | 145.52           |
| 9                                | Acarreo de material distancia promedio de 30 mts          | m3     | 510      | 5.55        | 2,830.50         |
| <b>INFRAESTRUCTURA OBRA VIAL</b> |                                                           |        |          |             | <b>25,219.74</b> |
| 10                               | Perfilado manual del terreno                              | m2     | 340      | 2.91        | 989.4            |
| 11                               | Acarreo mecanico de Sub-Base distancia=1km                | m3     | 357      | 1.15        | 410.55           |
| 12                               | Sub-Base Clase 3                                          | m3     | 357      | 7.95        | 2,838.15         |
| 13                               | Acarreo mecanico de material distancia=1km                | m3     | 136      | 1.15        | 156.4            |
| 14                               | Base Clase 3                                              | m3     | 136      | 14.13       | 1,921.68         |
| 15                               | Acarreo mecanico de material virgen                       | m3     | 200      | 3.84        | 768              |
| 16                               | Carpeta asfáltica en frío de 10 cm                        | m2     | 1,190.00 | 8.08        | 9,615.20         |
| 17                               | Acera de hormigon fc=10kg/cm2 E=10cm (incluye transporte) | m2     | 510      | 9.07        | 4,625.70         |
| 18                               | Pintura de trafico                                        | m2     | 200      | 3.12        | 624              |
| 19                               | Limpieza final de la obra                                 | m2     | 1,190.00 | 2.66        | 3,165.40         |
| 20                               | Señaletica                                                | u      | 2        | 52.63       | 105.26           |
| <b>Total</b>                     |                                                           |        |          |             | <b>33956.96</b>  |

En el presupuesto, se tomó en cuenta el acarreo y su tendido en distintos rubros con el fin de verificar cuanto inciden en el valor final. Además, el APU del rubro N° 17 es un diseño de mezcla en frío con emulsión de EMULDEC el cual tiene una fábrica a unos 10 km de distancia del proyecto.

Figura 7.3. Porcentajes de presupuesto de cada etapa



Se denota que el grupo de actividades o rubros más fuertes son de infraestructura vial y de excavación los cuales tienen incidencia en un 74% y 23% respectivamente, y que los grupos de actividades restantes son relativamente iguales o menores al 1% dando a entender que su participación es prácticamente nula y un cambio sobre la marcha no afectará en el presupuesto presentado.

#### 7.4. Presupuesto con material granular reciclado

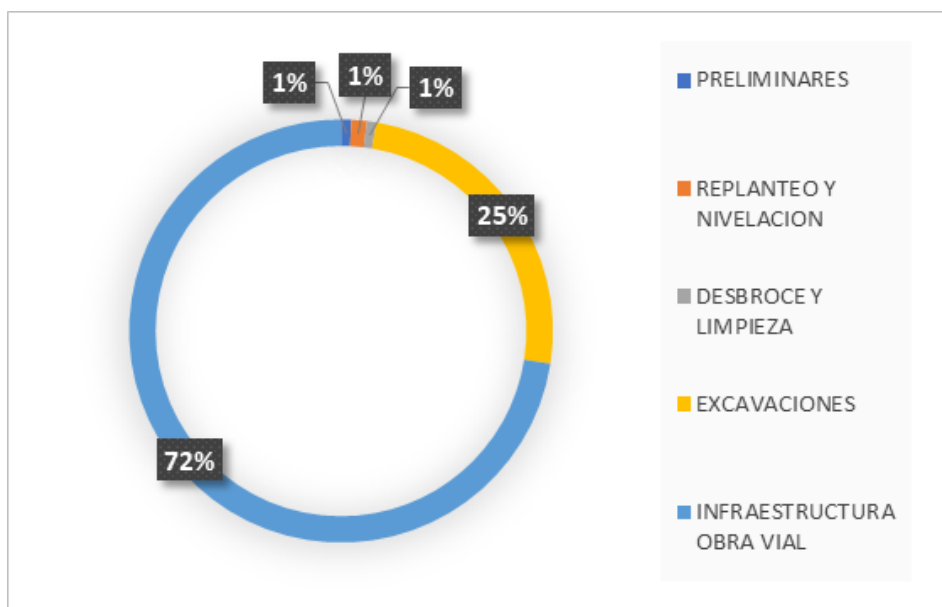
El siguiente presupuesto se lo realizó utilizando el diseño de una carpeta asfáltica típica de las zonas urbanas mediante la utilización de mezcla en frío con emulsión y RAP.

Tabla 7.2. Presupuesto Calle San Martin con material reciclado

| No.          | Descripción                                               | Unidad | Cantidad | P. unitario | Precio total     |
|--------------|-----------------------------------------------------------|--------|----------|-------------|------------------|
|              | <b>PRELIMINARES</b>                                       |        |          |             | <b>247.45</b>    |
| 1            | Bateria sanitaria Obreros de 1 hasta 10 personas          | mes    | 1        | 142.19      | 142.19           |
| 2            | Letrero de obra                                           | u      | 2        | 52.63       | 105.26           |
|              | <b>REPLANTEO Y NIVELACION</b>                             |        |          |             | <b>375.7</b>     |
| 3            | Replanteo y nivelacion                                    | m2     | 170      | 2.21        | 375.7            |
|              | <b>DESBROCE Y LIMPIEZA</b>                                |        |          |             | <b>225.9</b>     |
| 4            | Desbroce y limpieza                                       | m2     | 170      | 1.08        | 183.6            |
| 5            | Acarreo manual de material distancia=100m                 | m3     | 10       | 4.23        | 42.3             |
|              | <b>EXCAVACIONES</b>                                       |        |          |             | <b>7,888.17</b>  |
| 6            | Excavacion a maquina (excavadora)                         | m3     | 357      | 10.03       | 3,580.71         |
| 7            | Desbanque manual                                          | m3     | 136      | 9.79        | 1,331.44         |
| 8            | Excavacion a pulso                                        | m3     | 17       | 8.56        | 145.52           |
| 9            | Acarreo de material distancia promedio de 30 mts          | m3     | 510      | 5.55        | 2,830.50         |
|              | <b>INFRAESTRUCTURA OBRA VIAL</b>                          |        |          |             | <b>23,071.34</b> |
| 10           | Perfilado manual del terreno                              | m2     | 340      | 2.91        | 989.4            |
| 11           | Acarreo mecanico de Sub-Base distancia=1km                | m3     | 357      | 1.15        | 410.55           |
| 12           | Sub-Base Clase 3                                          | m3     | 357      | 7.95        | 2,838.15         |
| 13           | Acarreo mecanico de material distancia=1km                | m3     | 136      | 1.15        | 156.4            |
| 14           | Base Clase 3                                              | m3     | 136      | 14.13       | 1,921.68         |
| 15           | Acarreo de material 30 mts                                | m3     | 119      | 3.9         | 464.1            |
| 16           | Carpeta asfáltica en frío de 10 cm con material reciclado | m2     | 1,190.00 | 6.53        | 7,770.70         |
| 17           | Acera de hormigon fc=10kg/cm2 E=10cm (incluye transporte) | m2     | 510      | 9.07        | 4,625.70         |
| 18           | Pintura de trafico                                        | m2     | 200      | 3.12        | 624              |
| 19           | Limpieza final de la obra                                 | m2     | 1,190.00 | 2.66        | 3,165.40         |
| 20           | Señaletica                                                | u      | 2        | 52.63       | 105.26           |
| <b>TOTAL</b> |                                                           |        |          |             | <b>31,808.56</b> |

En el presupuesto, se tomó en cuenta el acarreo y su tendido en distintos rubros con el fin de verificar en cuanto inciden en el valor final. Además, el APU del rubro N° 16 es un diseño de mezcla en frío con emulsión de EMULDEC y material de RAP almacenado a unos pocos metros del proyecto.

Figura 7.4. Porcentajes de presupuesto de cada etapa



Es evidente que el grupo de actividades o rubros más fuertes son de infraestructura vial y de excavación los cuales tienen incidencia en un 72% y 25% respectivamente y que los grupos de actividades restantes son relativamente iguales o menores al 1% por lo que, de igual manera, como en el presupuesto con Material Virgen no afectará si estos rubros tienen a cambiar sobre la marcha.

### 7.5. Análisis comparativo

Se describirá al presupuesto con material virgen como “Presupuesto 1” y con material reciclado como “Presupuesto 2” por fines explicativos.

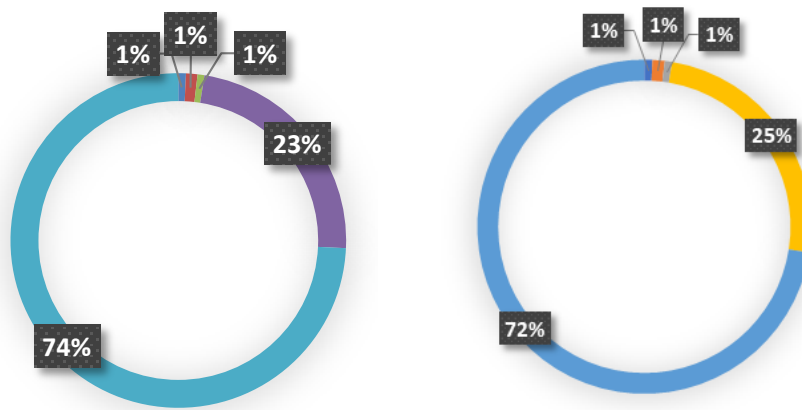
Tabla 7.3. Diferencia en porcentaje de presupuestos

| Análisis     | Material Virgen | Material Reciclado |
|--------------|-----------------|--------------------|
| Presupuesto  | 33956.96        | 31808.56           |
| Valor por m  | 28.54           | 26.73              |
| Por m lineal | 199.75          | 187.11             |
| Diferencia % | 6.33%           |                    |

Como se observa en el cuadro, notamos que los presupuestos son diferentes en un 6.33% siendo el diseño con material reciclado el valor más bajo. Cabe recalcar que los APU's son idénticos hasta el rubro de carpeta asfáltica el cual es el tema para analizar.

El 6.33% de depreciación presupuestaria es positivo considerando todos los beneficios técnicos, ambientales y de uso siendo una opción clara y viable económicamente. Es importante entender cuál es la incidencia de los rubros y cuanto varía el uno con el otro con el fin de determinar donde existió el cambio y a qué medida porcentual se dio. Para aquello se comparará la incidencia de los dos presupuestos.

Figura 7.5. Porcentajes de presupuesto de cada etapa, Presupuesto 1 (Izquierda) y Presupuesto 2 (Derecha)



En el caso del Presupuesto 1 se ve un incremento en el porcentaje de participación del grupo de actividades de infraestructura vial del 2 % en comparación al Presupuesto 2 lo cual genera que la incidencia de los rubros sea aún más importante

Para un análisis más exhaustivo, se identificó los rubros de los 2 presupuestos que cambian significativamente:





Tabla 7.6. Diferencia en porcentaje entre presupuesto 1 y 2

| Análisis     | Presupuesto 1 | Presupuesto 2 |
|--------------|---------------|---------------|
| Rubro        | 8.08          | 6.53          |
| Diferencia % | 19.18%        |               |

Queda en evidencia que el uso del material reciclado beneficia económicamente a un proyecto, teniendo características similares como si fuese diseñada con materia granular de cantera. Sin embargo, se debe tomar en cuenta si el rubro del acarreo es muy alto pues esto puede ser un factor negativo, además, otro inconveniente que se puede generar es el estado triturado del agregado cuando este está con una granulometría homogénea y de gran tamaño, debe ser triturado nuevamente con el fin de obtener una granulometría óptima para el diseño y eso requeriría un rubro adicional el cual puede superar al diseño normal con material virgen.

## **8. Análisis de Impacto Ambiental**

Impacto Ambiental es una acción que perjudica a una ecosistema o medio ambiente y depende de cuanto se ha intervenido en la zona para determinar su afectación.

En el caso de la construcción de una vía, la afectación puede ser tan perjudicial que puede generar daños irreparables como erosión o extinción de especies endémicas de la zona. Para evitar eso, en el Ecuador existe un ente regulador manejado por el gobierno central llamado Ministerio del Ambiente o semejante. Esta entidad es la encargada de preservar a la fauna y flora del país ante cualquier actividad ya sea agrícola, minera, o construcción de cualquier tipo.

La construcción de una vía conlleva grandes cambios para el ecosistema propio de la zona por lo cual mitigar el impacto ambiental es un objetivo primordial al momento

de ejecutar dicha obra, incluso no solo por el tema ambiental sino también por lo económico. (Silván, 2020)

#### Identificación del Impacto ambiental generado por Recapeo vial.

El Recapeo vial consiste en la aplicación de una mezcla asfáltica ya sea sobre una capa ya existente o se procede a retirar la capa asfáltica para ser aplicada una nueva. El proceso es mucho más económico y se lo suele realizar en vías que no tienen gran demanda. (Cindy Martinez, 2017)

Los problemas ambientales generados por esta actividad son:

- Grandes distancias de acarreo de Material

En obras viales se suele trasladar mucho material y por lo general las fábricas de mezcla asfáltica y canteras suelen ser lejanas al proyecto por lo que el material debe ser transportado por Camiones a Diesel que contaminan el ambiente mediante la emisión de gases, por lo general un camión suele ser utilizado para varios acarreos en un día, además de que en las obras se tiene no solo una Volqueta sino una flota de automotores los cuales generan una importante contaminación.

- Eliminación de Desechos

El material que fue retirado de la carpeta antigua debe ser destinado a lugares especiales debido a que el asfalto es un material que proviene del petróleo y sus derivados los cuales son bien conocidos como peligrosos para la salud. Según un estudio del NIOSH, indica que la exposición a este material puede generar múltiples problemas de piel como dermatitis o complicaciones respiratorias como problemas pulmonares, en garganta y nariz. (NIOSH, 2017).

#### - Explotación de Material Virgen

El material utilizado para realizar las mezclas ya sea en frío o en caliente debe ser extraído de zonas cercanas al proyecto, el cual debe cumplir con los parámetros necesarios establecidos en el diseño, sin embargo, esto implica que se deba destruir ecosistemas eliminando prácticamente la fauna y flora de donde se va a realizar dicha actividad además de que el material es un recurso natural no renovable. La extracción del material contamina el aire debido a que los materiales volátiles se suspenden en el aire, y pueden generar afectaciones a las personas. También la contaminación de ríos, lagos o cuerpos hídricos en el caso de existir cerca se da al momento de mezclar el agregado de manera accidental con el agua provocando cambios en el pH o algún mineral que pueda ser tóxico para la fauna y flora. (OSORIO, 2010)

#### Disminución del Impacto ambiental reutilizando el RAP.

El material reciclado se lo puede utilizar con una mezcla en caliente o frío para distintos fines. Por lo tanto, se pueden establecer parámetros que benefician al medio ambiente:

#### Reutilización de material

Los beneficios son muchos, permite la conservación del material virgen, evita la contaminación por monóxido de carbono al momento del acarreo, elimina el establecimiento de botaderos y lugares de almacenamiento que contaminan el lugar, además de que evita que el suelo se vuelva inerte y afecte a las condiciones normales de lugar.

El RAP simplemente debe ser triturado y disgregado en función de la granulometría deseada, además se puede generar nuevas vías en donde se puede utilizar material almacenado de otras redes viales.

#### Disminución del volumen de botaderos

En las ciudades urbanas, el espacio para esta actividad es cada vez menor debido a los distintos desechos que salen de las urbes, además de que a altas temperaturas el material reciclado proveniente de una carpeta asfáltica genera problemas de salud lo cual conlleva a buscar lugares en los exteriores de la ciudad con lo que se genera aun una mayor contaminación. Con la reutilización del material podemos disminuir este proceso el cual beneficia en distribuir los espacios destinados a esta actividad a otras acciones. (Marina López Chávez, Celso Nazario Purihuamán Leonardo, 2018)

#### Conservación del material virgen

La explotación de canteras es una actividad necesaria para obtener el material esencial en la construcción, pero esta acción destruye las zonas donde se las realiza, por ello es evidente que se genera una contaminación que afecta al ecosistema, a la salud y en el caso de existir accidentes grandes multas. Además, el material toma cientos de años para lograr tener las características necesarias para su utilización lo cual, al momento de explotar todo el material posible de una cantera, tomará un gran tiempo en retomar sus condiciones normales. Según un estudio ambiental realizado por la Universidad de Caldas, se estableció que la explotación incide directamente en:

1. Aire: El ruido causa una contaminación auditiva no solo por la utilización de la maquinaria, también se suele utilizar explosivos desencadenando en problemas de salud en animales que pueden ser sensibles al ruido como mamíferos o aves. También la contaminación por gases y polvos provenientes

de la utilización de maquinaria pesada destinadas a la realización de actividades.

2. Agua: Cambio en las propiedades físicas y química del agua, como su composición, temperatura y pH.
3. Suelo: Alteraciones en topografía y en la morfología de la zona sobre todo en sus procesos de formación. Además, la erosión de los suelos vuelve inestable a la zona y puede generar derrumbes causando aun mayor contaminación.
4. Flora: Destrucción de la vegetación propia de la zona quizás únicas del lugar, convirtiéndose en un lugar estéril libre de flora.
5. Fauna: Destrucción de hábitats, y cadenas alimenticias obligando a los animales a mudarse de la zona.
6. Paisaje: Alteraciones importantes del horizonte de la zona, incluso siendo responsable de los cambios climáticos de la zona. Incremento del tráfico terrestre. (Hernández, Ulloa, Almaguer, & Rosario, 2013)

El análisis de Impacto ambiental se evaluará con una vía existente ubicada en los exteriores de la ciudad de Quito, específicamente en la Mitad del Mundo, esta vía actualmente se encuentra lastrada, y pertenece al cantón Quito.

*Figura 8.1. Calle San Martin*



*Fuente: Google Earth*

La vía en cuestión tiene una longitud de 170 m y un ancho de 7 m.

El objetivo de realizar un Análisis de Impacto Ambiental de la calle San Martin entre San Francisco de la Pita y 21 de marzo es determinar las diferencias entre realizar un proyecto con una mezcla en frío con material reciclado y una mezcla en frío estándar con material virgen. Con el estudio de Impacto Ambiental se lograrán establecer parámetros que permitan la cuantificación, análisis y efectos de los impactos ambientales beneficiosos y adversos que se presenten en el proyecto.

### **8.1. Identificación de impactos ambientales para la construcción de la vía propuesta**

En un proyecto vial existen una gran cantidad de actividades a realizar, debido a ello se realizó una tabla resumen que contiene la etapa del proyecto y la actividad a desarrollar en orden cronológico.

Tabla 8.1. Actividades en Calle San Martín

| Etapa                     | Actividad | Descripción                                                                                                                           |
|---------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Construcción              | 1         | Construcción de campamentos                                                                                                           |
|                           | 2         | Replanteo y nivelación                                                                                                                |
|                           | 3         | Limpieza de la vía existente                                                                                                          |
|                           | 4         | Movimiento de tierras para llegar al nivel de rasante de la vía                                                                       |
|                           | 5         | Colocación de subbase, base                                                                                                           |
|                           | 6         | Acumulación de escombros                                                                                                              |
|                           | 7         | Desalojo de material hacia sitios autorizados                                                                                         |
|                           | 8         | Construcción de obras de drenaje                                                                                                      |
|                           | 9         | Transporte y almacenamiento de materia prima para carpeta asfáltica                                                                   |
|                           | 10        | Colocación de carpeta asfáltica y acabado de obra básica                                                                              |
|                           | 11        | Colocación de señalización vertical y horizontal                                                                                      |
|                           | 12        | Arborización                                                                                                                          |
| Cierre                    | 1         | Retiro y desmontaje de campamentos                                                                                                    |
|                           | 2         | Transporte hacia disposición final de escombros                                                                                       |
| Operación y mantenimiento | 1         | Permitir paso de vehículos                                                                                                            |
|                           | 2         | Mantenimiento vial: Bacheo asfáltico, sellado de fisuras, recapeo, limpieza de cunetas y alcantarillas, mantenimiento de señalización |
|                           | 3         | Mejoramiento de carpeta asfáltica                                                                                                     |
|                           | 4         | Desarrollo de actividades habitacionales e inmobiliarias                                                                              |

### 8.1.1. Listado de impactos ambientales generales

#### 8.1.1.1. Fase Previa

- a) Afectaciones en infraestructura localizada en derecho de vía

#### 8.1.1.2. Fase de Construcción

- a) Interrupción de servicios básicos en las zonas residenciales aledañas.
- b) Afectación estética en las zonas residenciales debido a la colocación del campamento para los obreros.
- c) Afectación en la calidad del suelo y agua de escorrentía debido a desechos generados por los obreros en cuanto a alimentación y aseo.

- d) Afectación en el bienestar de la comunidad aledaña a la calle San Martín debido a la generación de polvo, generación de gases por combustión, ruido debido a maquinaria pesada.
- e) Riesgo de accidentes para los peatones que transitan hacia sus hogares debido a la construcción de la vía.
- f) Riesgos de accidentes laborales debido a actos subestándar (situaciones peligrosas creadas por trabajadores) y condiciones subestándares (situaciones peligrosas debido a falta de señalización o malas condiciones de trabajo) en la construcción de la vía
- g) Interrupción del tránsito vehicular ocasionando molestias a los conductores y transeúntes.
- h) Contaminación del agua
- i) Contaminación del suelo y vegetación debido al almacenamiento de materiales pétreos para mezcla asfáltica.
- j) Contaminación del suelo y agua debido a mala disposición de desechos líquidos y sólidos.
- k) Contaminación del suelo y agua debido a derrames de combustible y aceites en zona de maniobra de maquinaria y taller de campamento.
- l) Contaminación del aire debido a la utilización de generadores de electricidad móviles o vibradores para concreto.
- m) Instalación de elementos y estructuras en el terreno natural.
- n) Afectación a la fauna.

- o) Generación de empleo.
- p) Afectación al microclima debido a pavimentación.
- q) Cambios en superficies y nivel de permeabilidad de la zona al colocar capa asfáltica afectando a la escorrentía superficial.

#### *8.1.1.3. Etapa de cierre*

- a) Contaminación de aire debido a transporte de escombros y retiro de campamento

#### *8.1.1.4. Etapa de Operación y Mantenimiento*

- a) Contaminación de aire debido al tránsito vehicular.
- b) Contaminación del ruido debido al tránsito vehicular.
- c) Contaminación del suelo y agua debido a desechos ocasionados por el tránsito vehicular.
- d) Riesgo de accidentes de tránsito.
- e) Incremento en la demanda de bienes y servicios.
- f) Aumento de la plusvalía en las zonas aledañas a la vía realizada.
- g) Contaminación del aire, suelo y agua debido a programas de mantenimiento rutinario.
- h) Generación de empleo.

## **8.1.2. Listado de impactos ambientales realizando mezcla asfáltica con material reciclado**

### *8.1.2.1. Fase Previa*

- a) No se realiza explotación de canteras, por lo cual se mantiene el medio ambiente.
- b) No se modifica la topografía en zonas de canteras de material virgen.

### *8.1.2.2. Fase de construcción*

- a) Reducción de emisión de gases al tener el material reciclado en un lugar cercano.

## **8.1.3. Listado de impactos ambientales realizando mezcla asfáltica con material virgen**

### *8.1.3.1. Fase Previa*

- a) Contaminación del aire, suelo y agua debido a la explotación de canteras.
- b) Modificación de la topografía del terreno natural.
- c) Cambios en el microclima.
- d) Contaminación de ruido debido a la maquinaria.
- e) Afectación del hábitat de fauna silvestre.
- f) Modificación del paisaje.
- g) Generación de empleos.

### 8.1.3.2. Fase de construcción

- a) Contaminación del aire debido a distancias de acarreo más largas por explotación de material virgen.

(Martínez & Damián, 1999)

## 8.2. Evaluación de Impacto Ambiental

Lo principal en un análisis de Impacto Ambiental es la creación de una matriz de riesgo, en la cual a través de una evaluación cualitativa se podrá determinar el impacto ambiental estimado del proyecto en función de sus dos variables: Mezcla asfáltica con material reciclado y Mezcla asfáltica con material virgen.

Debido a la cantidad de métodos existentes para la creación de matrices de riesgo, en el presente Trabajo de Titulación se creará una matriz estándar, la cual establece la relación entre acciones y efectos mediante las siguientes cualidades:

- **SIGNO**, si es positivo (+) o negativo (-)
- **MAGNITUD** del impacto, si es alto (1), medio (2) o bajo (3)
- **PERSISTENCIA** en el tiempo, si es corto (1), mediano (2) o largo (3).
- **ALCANCE** del mismo, si es restringido (1), local (2) o global (3)
- **OCURRENCIA** del mismo, si ocurre a veces (1), a menudo (2), o frecuente (3)

## 8.2.1. Matriz cualitativa para mezcla asfáltica con material reciclado

Tabla 8.2. Matriz cualitativa de Impactos Ambientales para mezcla asfáltica con material reciclado

| Obtención de materiales pétreos |       |          |              |            |         |           |
|---------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|-----------|
| EFFECTOS                        | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL     |
| Evitar explotación de canteras  | +     | 3        | 3            | 3          | 2       | 11        |
| No modificación de topografía   | +     | 3        | 3            | 3          | 2       | 11        |
| No afectación en hábitat        | +     | 3        | 3            | 3          | 2       | 11        |
| <b>SUMA</b>                     |       |          |              |            |         | <b>33</b> |

| Construcción de campamentos                      |       |          |              |            |         |            |
|--------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|------------|
| EFFECTOS                                         | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL      |
| Afectación en infraestructura                    | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Interrupción de servicios básicos                | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Afectación estética                              | -     | 1        | 1            | 3          | 1       | -6         |
| Afectación en la calidad del suelo               | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Afectación en la calidad del agua de escorrentía | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Generación de empleo                             | +     | 3        | 1            | 3          | 1       | 8          |
| <b>SUMA</b>                                      |       |          |              |            |         | <b>-18</b> |

| Limpieza de la vía existente  |       |          |              |            |         |            |
|-------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|------------|
| EFFECTOS                      | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL      |
| Afectación en infraestructura | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Afectación estética           | -     | 1        | 1            | 3          | 1       | -6         |
| <b>SUMA</b>                   |       |          |              |            |         | <b>-11</b> |

| Movimiento de tierras                                                 |       |          |              |            |             |            |
|-----------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|-------------|------------|
| EFFECTOS                                                              | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE     | TOTAL      |
| Afectación en la calidad del suelo                                    | -     | 1        | 1            | 2          | 1           | -5         |
| Afectación en la calidad del agua de escorrentía                      | -     | 1        | 1            | 2          | 1           | -5         |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria     | -     | 1        | 2            | 2          | 1           | -6         |
| Afectación a la salud de la comunidad debido a la generación de polvo | -     | 1        | 1            | 1          | 1           | -4         |
| Contaminación de ruido debido a maquinaria pesada                     | -     | 1        | 1            | 2          | 1           | -5         |
| Riesgo de accidentes para peatones                                    | -     | 2        | 1            | 1          | 1           | -5         |
| Riesgo de accidentes laborales                                        | -     | 2        | 1            | 1          | 1           | -5         |
| Interrupción del tránsito vehicular                                   | -     | 1        | 2            | 3          | 1           | -7         |
| Generación de empleo                                                  | +     | 3        | 1            | 3          | 1           | 8          |
|                                                                       |       |          |              |            | <b>SUMA</b> | <b>-34</b> |

| Colocación de subbase y base                                          |       |          |              |            |             |            |
|-----------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|-------------|------------|
| EFFECTOS                                                              | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE     | TOTAL      |
| Afectación en la calidad del suelo                                    | -     | 1        | 1            | 2          | 1           | -5         |
| Afectación en la calidad del agua de escorrentía                      | -     | 1        | 1            | 2          | 1           | -5         |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria     | -     | 1        | 2            | 2          | 1           | -6         |
| Afectación a la salud de la comunidad debido a la generación de polvo | -     | 1        | 1            | 1          | 1           | -4         |
| Contaminación de ruido debido a maquinaria pesada                     | -     | 1        | 1            | 2          | 1           | -5         |
| Riesgo de accidentes para peatones                                    | -     | 2        | 1            | 1          | 1           | -5         |
| Riesgo de accidentes laborales                                        | -     | 2        | 1            | 1          | 1           | -5         |
| Interrupción del tránsito vehicular                                   | -     | 1        | 2            | 3          | 1           | -7         |
| Generación de empleo                                                  | +     | 3        | 1            | 3          | 1           | 8          |
|                                                                       |       |          |              |            | <b>SUMA</b> | <b>-34</b> |

| Acumulación de escombros                                              |       |          |              |            |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|------------|
| EFFECTOS                                                              | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL      |
| Afectación en la calidad del suelo                                    | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Afectación en la calidad del agua de escorrentía                      | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria     | -     | 1        | 2            | 2          | 1       | -6         |
| Afectación a la salud de la comunidad debido a la generación de polvo | -     | 1        | 1            | 1          | 1       | -4         |
| Contaminación de ruido debido a maquinaria pesada                     | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Riesgo de accidentes para peatones                                    | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Riesgo de accidentes laborales                                        | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Interrupción del tránsito vehicular                                   | -     | 1        | 2            | 3          | 1       | -7         |
| Generación de empleo                                                  | +     | 3        | 1            | 3          | 1       | 8          |
| <b>SUMA</b>                                                           |       |          |              |            |         | <b>-34</b> |

| Desalojo de material hacia sitios autorizados                     |       |          |              |            |         |           |
|-------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|-----------|
| EFFECTOS                                                          | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL     |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria | -     | 2        | 2            | 2          | 1       | -7        |
| <b>SUMA</b>                                                       |       |          |              |            |         | <b>-7</b> |

| Construcción de obras de drenaje                                                   |       |          |              |            |         |            |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|------------|
| EFFECTOS                                                                           | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL      |
| Afectación a la salud de la comunidad debido a la generación de polvo              | -     | 1        | 1            | 1          | 1       | -4         |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria liviana y pesada | -     | 1        | 2            | 2          | 1       | -6         |
| Contaminación al suelo debido a derrames de combustible y aceites                  | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Contaminación al agua debido a derrames de combustible y aceites                   | -     | 3        | 3            | 1          | 3       | -10        |
| Riesgo de accidentes para peatones                                                 | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Riesgo de accidentes laborales                                                     | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Generación de empleo                                                               | +     | 3        | 1            | 3          | 1       | 8          |
| <b>SUMA</b>                                                                        |       |          |              |            |         | <b>-27</b> |

| Transporte y almacenamiento de materia prima para carpeta asfáltica |       |          |              |            |         |           |
|---------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|-----------|
| EFFECTOS                                                            | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL     |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria   | -     | 1        | 2            | 2          | 1       | -6        |
| Afectación en la calidad del suelo                                  | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5        |
| Afectación en la calidad del agua de escorrentía                    | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5        |
| Generación de empleo                                                | +     | 3        | 1            | 3          | 1       | 8         |
| <b>SUMA</b>                                                         |       |          |              |            |         | <b>-8</b> |

| Colocación de carpeta asfáltica y acabado de obra básica          |       |          |              |            |         |            |
|-------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|------------|
| EFFECTOS                                                          | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL      |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria | -     | 2        | 2            | 2          | 1       | -7         |
| Afectación en la calidad del suelo                                | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Contaminación de ruido debido a maquinaria pesada                 | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Afectación a la fauna                                             | -     | 1        | 1            | 1          | 1       | -4         |
| Afectación al microclima                                          | -     | 1        | 1            | 1          | 1       | -4         |
| Cambios en superficie y nivel de permeabilidad                    | -     | 3        | 3            | 3          | 1       | -10        |
| Riesgo de accidentes para peatones                                | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Riesgo de accidentes laborales                                    | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Generación de empleo                                              | +     | 3        | 1            | 3          | 1       | 8          |
| <b>SUMA</b>                                                       |       |          |              |            |         | <b>-37</b> |

| Colocación de señalización vertical y horizontal                          |       |          |              |            |         |          |
|---------------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|----------|
| EFFECTOS                                                                  | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL    |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria liviana | -     | 1        | 2            | 1          | 1       | -5       |
| Riesgo de accidentes laborales                                            | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5       |
| Afectación estética                                                       | +     | 1        | 1            | 3          | 1       | 6        |
| Generación de empleo                                                      | +     | 3        | 1            | 3          | 1       | 8        |
| <b>SUMA</b>                                                               |       |          |              |            |         | <b>4</b> |

| Arborización         |       |          |              |            |         |           |
|----------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|-----------|
| EFFECTOS             | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL     |
| Afectación estética  | +     | 1        | 3            | 3          | 1       | 8         |
| Afectación al aire   | +     | 1        | 3            | 3          | 1       | 8         |
| Generación de empleo | +     | 3        | 1            | 2          | 1       | 7         |
| <b>SUMA</b>          |       |          |              |            |         | <b>23</b> |

| Retiro y desmontaje de campamentos                                |       |          |              |            |             |            |
|-------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|-------------|------------|
| EFFECTOS                                                          | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE     | TOTAL      |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria | -     | 1        | 2            | 2          | 1           | -6         |
| Riesgo de accidentes laborales                                    | -     | 2        | 1            | 1          | 1           | -5         |
|                                                                   |       |          |              |            | <b>SUMA</b> | <b>-11</b> |

| Transporte hacia disposición final de escombros                       |       |          |              |            |             |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|-------------|-----------|
| EFFECTOS                                                              | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE     | TOTAL     |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria     | -     | 1        | 2            | 2          | 1           | -6        |
| Afectación a la salud de la comunidad debido a la generación de polvo | -     | 1        | 1            | 1          | 1           | -4        |
| Riesgo de accidentes laborales                                        | -     | 2        | 1            | 1          | 1           | -5        |
| Generación de empleo                                                  | +     | 3        | 1            | 2          | 1           | 7         |
|                                                                       |       |          |              |            | <b>SUMA</b> | <b>-8</b> |

| Permitir paso de vehículos                                               |       |          |              |            |             |            |
|--------------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|-------------|------------|
| EFFECTOS                                                                 | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE     | TOTAL      |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por paso de vehículos | -     | 2        | 3            | 3          | 1           | -9         |
| Contaminación de ruido debido a paso de vehículos                        | -     | 1        | 3            | 2          | 1           | -7         |
| Afectación en la calidad del suelo                                       | -     | 1        | 1            | 3          | 1           | -6         |
| Afectación en la calidad del agua de escorrentía                         | -     | 1        | 1            | 3          | 1           | -6         |
| Riesgo de accidentes de tránsito                                         | -     | 1        | 1            | 1          | 1           | -4         |
| Incremento en la demanda de bienes y servicios                           | +     | 2        | 3            | 2          | 1           | 8          |
| Aumento de la plusvalía en zonas aledañas a la vía                       | +     | 2        | 3            | 3          | 1           | 9          |
|                                                                          |       |          |              |            | <b>SUMA</b> | <b>-15</b> |

| Mantenimiento vial                                                |       |          |              |            |         |            |
|-------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|------------|
| EFFECTOS                                                          | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL      |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria | -     | 1        | 2            | 2          | 1       | -6         |
| Afectación en la calidad del suelo                                | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Riesgo de accidentes para peatones                                | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Riesgo de accidentes laborales                                    | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Afectación en la calidad del agua de escorrentía                  | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Generación de empleo                                              | +     | 3        | 1            | 2          | 1       | 7          |
| <b>SUMA</b>                                                       |       |          |              |            |         | <b>-19</b> |

| Mejoramiento de carpeta asfáltica                                 |       |          |              |            |         |            |
|-------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|------------|
| EFFECTOS                                                          | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL      |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria | -     | 2        | 2            | 2          | 1       | -7         |
| Afectación en la calidad del suelo                                | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Contaminación de ruido debido a maquinaria pesada                 | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Afectación a la fauna                                             | -     | 1        | 1            | 1          | 1       | -4         |
| Afectación al microclima                                          | -     | 1        | 1            | 1          | 1       | -4         |
| Riesgo de accidentes para peatones                                | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Riesgo de accidentes laborales                                    | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Generación de empleo                                              | +     | 3        | 1            | 1          | 1       | 6          |
| <b>SUMA</b>                                                       |       |          |              |            |         | <b>-29</b> |

|              |             |
|--------------|-------------|
| <b>TOTAL</b> | <b>-232</b> |
|--------------|-------------|

(Martínez & Damián, 1999)

## 8.2.2. Matriz cualitativa con mezcla asfáltica con material virgen

Tabla 8.3. Matriz cualitativa de Impactos Ambientales para mezcla asfáltica con material virgen

| EFECTOS                                                           | Obtención de materiales pétreos |          |              |            |             |            |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------|--------------|------------|-------------|------------|
|                                                                   | SIGNO                           | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE     | TOTAL      |
| Afectación en la calidad del suelo                                | -                               | 3        | 3            | 3          | 2           | -11        |
| Afectación en la calidad del agua subterránea                     | -                               | 3        | 3            | 3          | 2           | -11        |
| Afectación en la calidad del agua de escorrentía                  | -                               | 3        | 3            | 3          | 2           | -11        |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria | -                               | 2        | 3            | 3          | 2           | -10        |
| Contaminación de ruido                                            | -                               | 3        | 3            | 2          | 1           | -9         |
| Afectación al microclima                                          | -                               | 1        | 1            | 1          | 1           | -4         |
| Modificación en la topografía                                     | -                               | 2        | 3            | 3          | 2           | -10        |
| Afectación del hábitat de fauna silvestre                         | -                               | 2        | 3            | 3          | 2           | -10        |
| Modificación del paisaje                                          | -                               | 2        | 3            | 3          | 2           | -10        |
| Generación de empleo                                              | +                               | 3        | 1            | 3          | 1           | 8          |
|                                                                   |                                 |          |              |            | <b>SUMA</b> | <b>-78</b> |

| EFECTOS                                          | Construcción de campamentos |          |              |            |             |            |
|--------------------------------------------------|-----------------------------|----------|--------------|------------|-------------|------------|
|                                                  | SIGNO                       | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE     | TOTAL      |
| Afectación en infraestructura                    | -                           | 1        | 1            | 2          | 1           | -5         |
| Interrupción de servicios básicos                | -                           | 1        | 1            | 2          | 1           | -5         |
| Afectación estética                              | -                           | 1        | 1            | 3          | 1           | -6         |
| Afectación en la calidad del suelo               | -                           | 1        | 1            | 2          | 1           | -5         |
| Afectación en la calidad del agua de escorrentía | -                           | 1        | 1            | 2          | 1           | -5         |
| Generación de empleo                             | +                           | 3        | 1            | 3          | 1           | 8          |
|                                                  |                             |          |              |            | <b>SUMA</b> | <b>-18</b> |

| EFECTOS                       | Limpieza de la vía existente |          |              |            |             |            |
|-------------------------------|------------------------------|----------|--------------|------------|-------------|------------|
|                               | SIGNO                        | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE     | TOTAL      |
| Afectación en infraestructura | -                            | 1        | 1            | 2          | 1           | -5         |
| Afectación estética           | -                            | 1        | 1            | 3          | 1           | -6         |
|                               |                              |          |              |            | <b>SUMA</b> | <b>-11</b> |

| Movimiento de tierras                                                 |       |          |              |            |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|------------|
| EFFECTOS                                                              | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL      |
| Afectación en la calidad del suelo                                    | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Afectación en la calidad del agua de escorrentía                      | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria     | -     | 1        | 2            | 2          | 1       | -6         |
| Afectación a la salud de la comunidad debido a la generación de polvo | -     | 1        | 1            | 1          | 1       | -4         |
| Contaminación de ruido debido a maquinaria pesada                     | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Riesgo de accidentes para peatones                                    | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Riesgo de accidentes laborales                                        | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Interrupción del tránsito vehicular                                   | -     | 1        | 2            | 3          | 1       | -7         |
| Generación de empleo                                                  | +     | 3        | 1            | 3          | 1       | 8          |
| <b>SUMA</b>                                                           |       |          |              |            |         | <b>-34</b> |

| Colocación de subbase y base                                          |       |          |              |            |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|------------|
| EFFECTOS                                                              | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL      |
| Afectación en la calidad del suelo                                    | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Afectación en la calidad del agua de escorrentía                      | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria     | -     | 1        | 2            | 2          | 1       | -6         |
| Afectación a la salud de la comunidad debido a la generación de polvo | -     | 1        | 1            | 1          | 1       | -4         |
| Contaminación de ruido debido a maquinaria pesada                     | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Riesgo de accidentes para peatones                                    | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Riesgo de accidentes laborales                                        | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Interrupción del tránsito vehicular                                   | -     | 1        | 2            | 3          | 1       | -7         |
| Generación de empleo                                                  | +     | 3        | 1            | 3          | 1       | 8          |
| <b>SUMA</b>                                                           |       |          |              |            |         | <b>-34</b> |

| Acumulación de escombros                                              |       |          |              |            |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|------------|
| EFFECTOS                                                              | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL      |
| Afectación en la calidad del suelo                                    | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Afectación en la calidad del agua de escorrentía                      | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria     | -     | 1        | 2            | 2          | 1       | -6         |
| Afectación a la salud de la comunidad debido a la generación de polvo | -     | 1        | 1            | 1          | 1       | -4         |
| Contaminación de ruido debido a maquinaria pesada                     | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Riesgo de accidentes para peatones                                    | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Riesgo de accidentes laborales                                        | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Interrupción del tránsito vehicular                                   | -     | 1        | 2            | 3          | 1       | -7         |
| Generación de empleo                                                  | +     | 3        | 1            | 3          | 1       | 8          |
| <b>SUMA</b>                                                           |       |          |              |            |         | <b>-34</b> |

| Desalojo de material hacia sitios autorizados                     |       |          |              |            |         |           |
|-------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|-----------|
| EFFECTOS                                                          | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL     |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria | -     | 2        | 2            | 2          | 1       | -7        |
| <b>SUMA</b>                                                       |       |          |              |            |         | <b>-7</b> |

| Construcción de obras de drenaje                                                   |       |          |              |            |         |            |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|------------|
| EFFECTOS                                                                           | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL      |
| Afectación a la salud de la comunidad debido a la generación de polvo              | -     | 1        | 1            | 1          | 1       | -4         |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria liviana y pesada | -     | 1        | 2            | 2          | 1       | -6         |
| Contaminación al suelo debido a derrames de combustible y aceites                  | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Contaminación al agua debido a derrames de combustible y aceites                   | -     | 3        | 3            | 1          | 3       | -10        |
| Riesgo de accidentes para peatones                                                 | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Riesgo de accidentes laborales                                                     | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Generación de empleo                                                               | +     | 3        | 1            | 3          | 1       | 8          |
| <b>SUMA</b>                                                                        |       |          |              |            |         | <b>-27</b> |

| Transporte y almacenamiento de materia prima para carpeta asfáltica |       |          |              |            |         |            |
|---------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|------------|
| EFFECTOS                                                            | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL      |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria   | -     | 2        | 2            | 2          | 2       | -8         |
| Afectación en la calidad del suelo                                  | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Afectación en la calidad del agua de escorrentía                    | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Generación de empleo                                                | +     | 3        | 1            | 3          | 1       | 8          |
| <b>SUMA</b>                                                         |       |          |              |            |         | <b>-10</b> |

| Colocación de carpeta asfáltica y acabado de obra básica          |       |          |              |            |         |            |
|-------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|------------|
| EFFECTOS                                                          | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL      |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria | -     | 2        | 2            | 2          | 1       | -7         |
| Afectación en la calidad del suelo                                | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Contaminación de ruido debido a maquinaria pesada                 | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Afectación a la fauna                                             | -     | 1        | 1            | 1          | 1       | -4         |
| Afectación al microclima                                          | -     | 1        | 1            | 1          | 1       | -4         |
| Cambios en superficie y nivel de permeabilidad                    | -     | 3        | 3            | 3          | 1       | -10        |
| Riesgo de accidentes para peatones                                | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Riesgo de accidentes laborales                                    | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Generación de empleo                                              | +     | 3        | 1            | 3          | 1       | 8          |
| <b>SUMA</b>                                                       |       |          |              |            |         | <b>-37</b> |

| Colocación de señalización vertical y horizontal                          |       |          |              |            |         |          |
|---------------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|----------|
| EFFECTOS                                                                  | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL    |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria liviana | -     | 1        | 2            | 1          | 1       | -5       |
| Riesgo de accidentes laborales                                            | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5       |
| Afectación estética                                                       | +     | 1        | 1            | 3          | 1       | 6        |
| Generación de empleo                                                      | +     | 3        | 1            | 3          | 1       | 8        |
| <b>SUMA</b>                                                               |       |          |              |            |         | <b>4</b> |

| Arborización         |       |          |              |            |         |           |
|----------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|-----------|
| EFFECTOS             | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL     |
| Afectación estética  | +     | 1        | 3            | 3          | 1       | 8         |
| Afectación al aire   | +     | 1        | 3            | 3          | 1       | 8         |
| Generación de empleo | +     | 3        | 1            | 2          | 1       | 7         |
| <b>SUMA</b>          |       |          |              |            |         | <b>23</b> |

| Retiro y desmontaje de campamentos                                |       |          |              |            |         |            |
|-------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|------------|
| EFFECTOS                                                          | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL      |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria | -     | 1        | 2            | 2          | 1       | -6         |
| Riesgo de accidentes laborales                                    | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| <b>SUMA</b>                                                       |       |          |              |            |         | <b>-11</b> |

| Transporte hacia disposición final de escombros                       |       |          |              |            |         |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|-----------|
| EFFECTOS                                                              | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL     |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria     | -     | 1        | 2            | 2          | 1       | -6        |
| Afectación a la salud de la comunidad debido a la generación de polvo | -     | 1        | 1            | 1          | 1       | -4        |
| Riesgo de accidentes laborales                                        | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5        |
| Generación de empleo                                                  | +     | 3        | 1            | 2          | 1       | 7         |
| <b>SUMA</b>                                                           |       |          |              |            |         | <b>-8</b> |

| Permitir paso de vehículos                                               |       |          |              |            |         |            |
|--------------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|------------|
| EFFECTOS                                                                 | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL      |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por paso de vehículos | -     | 2        | 3            | 3          | 1       | -9         |
| Contaminación de ruido debido a paso de vehículos                        | -     | 1        | 3            | 2          | 1       | -7         |
| Afectación en la calidad del suelo                                       | -     | 1        | 1            | 3          | 1       | -6         |
| Afectación en la calidad del agua de escorrentía                         | -     | 1        | 1            | 3          | 1       | -6         |
| Riesgo de accidentes de tránsito                                         | -     | 1        | 1            | 1          | 1       | -4         |
| Incremento en la demanda de bienes y servicios                           | +     | 2        | 3            | 2          | 1       | 8          |
| Aumento de la plusvalía en zonas aledañas a la vía                       | +     | 2        | 3            | 3          | 1       | 9          |
| <b>SUMA</b>                                                              |       |          |              |            |         | <b>-15</b> |

| Mantenimiento vial                                                |       |          |              |            |         |            |
|-------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|------------|
| EFFECTOS                                                          | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL      |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria | -     | 1        | 2            | 2          | 1       | -6         |
| Afectación en la calidad del suelo                                | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Riesgo de accidentes para peatones                                | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Riesgo de accidentes laborales                                    | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Afectación en la calidad del agua de escorrentía                  | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Generación de empleo                                              | +     | 3        | 1            | 2          | 1       | 7          |
| <b>SUMA</b>                                                       |       |          |              |            |         | <b>-19</b> |

| Mejoramiento de carpeta asfáltica                                 |       |          |              |            |         |            |
|-------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|---------|------------|
| EFFECTOS                                                          | SIGNO | MAGNITUD | PERSISTENCIA | OCURRENCIA | ALCANCE | TOTAL      |
| Afectación al aire debido a la generación de gases por maquinaria | -     | 2        | 2            | 2          | 1       | -7         |
| Afectación en la calidad del suelo                                | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Contaminación de ruido debido a maquinaria pesada                 | -     | 1        | 1            | 2          | 1       | -5         |
| Afectación a la fauna                                             | -     | 1        | 1            | 1          | 1       | -4         |
| Afectación al microclima                                          | -     | 1        | 1            | 1          | 1       | -4         |
| Riesgo de accidentes para peatones                                | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Riesgo de accidentes laborales                                    | -     | 2        | 1            | 1          | 1       | -5         |
| Generación de empleo                                              | +     | 3        | 1            | 1          | 1       | 6          |
| <b>SUMA</b>                                                       |       |          |              |            |         | <b>-29</b> |

|              |             |
|--------------|-------------|
| <b>TOTAL</b> | <b>-345</b> |
|--------------|-------------|

(Martínez & Damián, 1999)

### 8.3. Comparación del Impacto Ambiental entre las mezclas asfálticas analizadas

Los parámetros evaluados para la construcción de la calle San Martín en cuanto a Impacto ambiental, fueron calificados en función del efecto creado por la actividad. Por ello analizando los procesos constructivos se deberá determinar cuál causará un menor impacto ambiental.

Si se observan las actividades de las Tablas 7.2 y 7.3 se podrá notar que en la obtención de materiales pétreos es donde ocurre la gran diferencia, teniendo valores de (+33) y (-78) para mezclas asfálticas en frío con material reciclado y mezclas asfálticas en frío con material virgen respectivamente. Esto se debe a que el material reciclado específicamente para la calle San Martín se encuentra en un terreno al costado de la vía a construir, por otro lado, en la obtención de material virgen implica la explotación de canteras y eso a su vez varias actividades que generan efectos muy adversos al medio ambiente.

Otra actividad afectada es la del Transporte y almacenamiento de materia prima para carpeta asfáltica, se tienen valores de (-8) y (-10) para mezclas asfálticas en frío con material reciclado y mezclas asfálticas en frío con material virgen respectivamente. A pesar de que la diferencia es mínima, cabe mencionar que esto se debe a las distancias de acarreo de los materiales específicamente para la construcción de la calle San Martín.

Los resultados totales del análisis tienen una diferencia de (+113) a favor de la construcción de la calle con mezcla asfáltica en frío con material reciclado. Este valor obtenido mediante el análisis cualitativo indica que la reducción del Impacto Ambiental es bastante significativa al realizar una vía con material reciclado en comparación con material virgen, sin embargo, hay que realizar un análisis mucho más profundo para determinar valores cuantitativos de la afectación generada por la construcción de la vía para determinar medidas de mitigación necesarias de manera que se eviten complicaciones en el proceso constructivo y se prevean imprevistos que puedan afectar al presupuesto del proyecto.

## 9. Recomendaciones de uso de la mezcla asfáltica con material reciclado

Los resultados de laboratorio obtenidos de la creación de la mezcla asfáltica con material reciclado, permiten establecer ciertos usos para los cuales con ligeras variaciones existen una amplia posibilidad de opciones, en este capítulo se abarcarán varias aplicaciones en las cuales el diseño realizado sería de gran utilidad.

### 9.1. Uso en construcción de carreteras

Según el MOP – 001 – F (2002) los criterios que deben cumplir las mezclas asfálticas para el uso en carreteras se dictan según la siguiente tabla:

Tabla 9.1. Tabla 405.5.4 MOP- 001 - F

| TIPO DE TRÁFICO       | MUY PESADO        |      | PESADO |      | MEDIO |      | LIVIANO |      |
|-----------------------|-------------------|------|--------|------|-------|------|---------|------|
| CRITERIOS MARSHALL    | Mín.              | Máx. | Mín.   | Máx. | Mín.  | Máx. | Mín.    | Máx. |
| No. De golpes/cara    | 75                |      | 75     |      | 50    |      | 50      |      |
| Estabilidad (lb)      | 2200              | ---- | 1800   | ---- | 1200  | ---- | 1000    | 2400 |
| Flujo (0.01")         | 8                 | 14   | 8      | 14   | 8     | 16   | 8       | 16   |
| % de vacíos en mezcla |                   |      |        |      |       |      |         |      |
| Capa de rodadura      | 3                 | 5    | 3      | 5    | 3     | 5    | 3       | 5    |
| Capa intermedia       | 3                 | 8    | 3      | 8    | 3     | 8    | 3       | 8    |
| Capa de base          | 3                 | 9    | 3      | 9    | 3     | 9    | 3       | 9    |
| % vacíos agregados    | VER TABLA 405-5.5 |      |        |      |       |      |         |      |
| Relación filler/betún | 0.8               | 1.2  | 0.8    | 1.2  |       |      |         |      |

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. MOP – 001 – F (2002).

p. IV – 105.

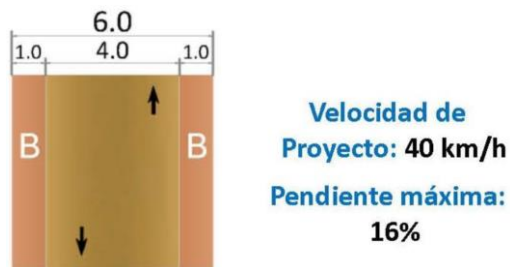
El diseño realizado se creó para un tipo de tráfico medio y liviano, esto indica que la cantidad de vehículos pesados que transitarán por la vía creada con este diseño serán

entre 50 a 200, cabe recalcar que los vehículos pesados no comprenden autos, camionetas ni tractores sin remolque. (MOP - 001 - F, 2002)

Según la Normativa Ecuatoriana Vial (NEVI-12) (2013) y su clasificación según el desempeño de carreteras se puede utilizar el diseño de la mezcla asfáltica en las siguientes superficies:

### 9.1.1. Caminos agrícolas y forestales

Figura 9.1. Camino agrícola y forestal



Fuente: Volumen N°2 – Libro A Norma para Estudios y Diseños Viales. Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. Norma Ecuatoriana Vial NEVI – 12 (2013), p. 65

### 9.1.2. Caminos básicos

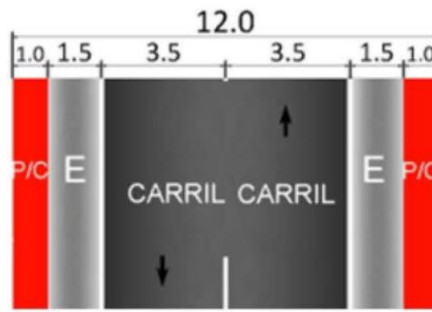
Figura 9.2. Camino básico



Fuente: Volumen N°2 – Libro A Norma para Estudios y Diseños Viales. Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. Norma Ecuatoriana Vial NEVI – 12 (2013), p. 65

### 9.1.3. Carretera Convencional Básica

Figura 9.3. Carretera convencional básica

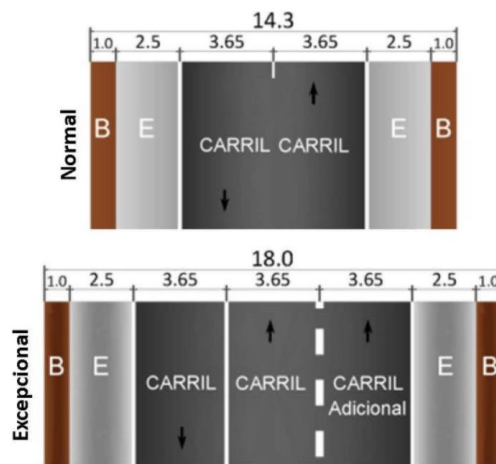


Velocidad de  
Proyecto: 80 km/h  
Pendiente máxima:  
10%

Fuente: Volumen N°2 – Libro A Norma para Estudios y Diseños Viales. Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. Norma Ecuatoriana Vial NEVI – 12 (2013). p. 65

### 9.1.4. Carretera de Mediana Capacidad

Figura 9.4. Carretera de mediana capacidad



Velocidad de  
Proyecto: 100 km/h  
Pendiente máxima:  
8%

Fuente: Volumen N°2 – Libro A Norma para Estudios y Diseños Viales. Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. Norma Ecuatoriana Vial NEVI – 12 (2013). p. 66

Es necesario aclarar que para la carpeta asfáltica en este tipo de caminos se deberá incrementar un porcentaje mínimo de material granular fino, de manera que la relación de vacíos se reduzca hasta cumplir el 5% máximo que menciona MOP – 001 – F.

En este tipo de superficies se puede usar para capas del pavimento que se colocan debajo de la carpeta de rodadura, ya sea base o subbase con el diseño obtenido en el capítulo 6 del presente trabajo de titulación.

## **9.2. Mantenimiento y rehabilitación vial**

El mantenimiento es una actividad que tiene como objetivo preservar la vía, alargar su vida útil y corregir problemas externos que pudieron haberse generado durante el tiempo constituido para ser utilizada la vía.

En este contexto, la mezcla con material reciclado tiene muchas aplicaciones dependiendo de la causa del daño y de las soluciones.

Hay que tomar en cuenta que el uso del material tiene sus limitaciones y no va a funcionar en todos los casos, los cuales pueden ser mucho más exigentes y donde la única solución sea el uso de materiales con el 100% de su capacidad que rindan mayores prestaciones.

Principalmente, la mezcla con material reciclado tiene principalmente aplicaciones de mantenimiento especiales aplicados en casos como deterioro de pavimento, daños en la estructura, baches o grietas los cuales serán presentados a continuación.

### **9.2.1. Pérdida de agregado**

#### Causa

Se presenta en capas asfálticas superiores a los 5 cm generalmente. Sucede cuando el agregado se desprende de la mezcla seca generando pequeños baches superficiales. En algunos casos pueden ser profundos. La causa más común es el esparcido irregular del ligante o la utilización del erróneo.

#### Aplicación

- Se puede aplicar como una capa asfáltica adicional mayor a los 5 cm.
- Reposición del material perdido con RAP de la zona y un tratamiento superficial adicional.

### **9.2.2. Pérdida de la capa de rodadura**

#### Causa

Desprendimiento o separación de la capa más delgada en mezclas como Slurry Seal o micro pavimentos. La causa más común es la mala aplicación del ligante acompañada de un pobre tratamiento previo a la aplicación de la capa. También puede ser por la utilización de asfaltos inadecuados.

#### Aplicación

- Aplicación de un micro pavimento mínimo de 5 cm de espesor posteriormente de un doble tratamiento para restaurar las capas expuestas al daño.

### **9.2.3. Exposición de agregados**

#### Causa

Problema generado cuando los agregados están parcialmente expuestos fuera de la mezcla asfáltica, Las causas más comunes tienen que ver con el tamaño excesivo de los agregados, adicional al desgaste del ligante superficial por el uso de llantas con clavos u otro tipo de sistema.

#### Aplicación

- Aplicación de una capa asfáltica sobre la zona de afectación adicional de mantenimiento preventivo periódico anual.
- Aplicación de micro pavimento en la zona afectada principalmente.

### **9.2.4. Deterioro de la estructura (Roderas)**

#### Causa

Son grandes deformaciones suscitadas a lo largo del perfil transversal por la pérdida de capacidad de soportar la demanda a la cual está sometida. Es causado por uso de agregados de bajo tamaño o de una deficiente distribución granulométrica en el rango de arenas.

#### Aplicación.

- Se fresa toda la capa de rodadura y se sustituye por una mezcla fría con el mismo RAP.
- Relleno con micro pavimento y mantenimiento continuo.

### **9.2.5. Bacheo profundo y superficial**

#### Causa

Hundimiento con rotura de la calzada con la pérdida parcial del material de carpeta. Es causada principalmente por mala estructuración de la carpeta, problemas externos como subdrenajes inadecuados, lluvias extremas o problemas al momento de su construcción.

#### Aplicación

- Recuperación de la capa de rodadura y base mediante la estabilización por mezcla en frío de material reciclado, adicional de una nueva capa de rodadura.
- Sin estabilización, nueva capa de rodadura en la zona afectada.
- Bacheo simple con material reciclado como micro pavimento.

#### **9.2.6. Grietas longitudinales y transversales (Fisuras solas o en malla)**

##### Causas

Son micro roturas o fisuras de la capa asfáltica presentes en cualquier dirección, los cuales pueden estar unidos o separados. Se consideran grietas aberturas mayores a 3 mm. Causada por el constante cambio de temperatura, así como el ingreso de agua debido a la pérdida o mala aplicación del ligante.

##### Aplicación

Dependiendo del tamaño y número de grietas en un tramo de 100m se debe tomar las siguientes recomendaciones.

- Para 15 grietas de tamaño medio o grande en un tramo de 100m se recomienda fresar el material y utilizar el RAP para una nueva capa.

- Para los otros casos donde las gritas son menores a 15 en el tramo de análisis, se recomienda el reasfaltado con micro pavimento acompañado de bacheo u otro mantenimiento rutinario.

### **9.2.7. Deterioro por defectos constructivos**

Son producidas por defectos en la ejecución de la obra, ya sean por materiales o baja calidad o con pésimos procesos constructivos. Esto puede generar cualquiera de los problemas previamente tratados anteriormente.

## **10. Conclusiones y Recomendaciones**

### **10.1. Conclusiones**

El método de diseño de Marshall Modificado realizado por la Universidad de Illinois es el método adecuado para el diseño de mezclas asfálticas en frío con material reciclado cuya aplicación será en carreteras de tráfico liviano y mediano, debido a que toma en cuenta factores que pueden afectar la estabilidad de la mezcla, en este caso la humedad, este método de ensayo permite conocer y dotar a la mezcla de resistencia, estabilidad y capacidad al flujo, posibilitando su realización en los Laboratorios del Consejo Provincial de Pichincha.

La evaluación de las emulsiones IMPTEK (CHOVA) y EMULDEC fueron satisfactorias, si se observan las fichas técnicas dotadas por las casas comerciales, sin embargo, en la aplicación del trabajo de titulación existieron ciertos parámetros que se diferenciaron significativamente, uno de ellos es la estabilidad, en la cual la mezcla asfáltica realizada con la emulsión de IMPTEK (CHOVA) obtuvo un valor de 1809 (lb) mientras que la estabilidad de EMULDEC obtuvo un valor de 1778 (lb), bajo este parámetro se puede considerar que con IMPTEK la briqueta obtiene mayor cohesión y por ende mayor resistencia. Como segundo parámetro importante se debe tener en cuenta

el flujo, valor en el cual la mezcla asfáltica de IMPTEK tuvo un valor de 7 (0.01”), mientras que la mezcla asfáltica de EMULDEC tuvo un valor de 9 (0.01”) lo cual indica un menor índice de fricción interna para la mezcla asfáltica de EMULDEC permitiendo de esta forma cumplir con la normativa. Siendo estos dos parámetros los más importantes para su evaluación se puede deducir que para el presente Trabajo de Titulación la emulsión de EMULDEC presento mejores características para su aplicación en carreteras.

La obtención de datos a partir de ensayos de laboratorio es de vital importancia para la realización del diseño Marshall, desde la obtención de fichas técnicas de las emulsiones empleadas, la realización de granulometría que permite determinar el porcentaje tentativo de emulsión a colocar en la mezcla, la obtención de gravedades específicas del material reciclado que permiten conocer los valores de datos previos a la rotura de las briquetas, el ensayo de peso unitario que permitió evaluar este parámetro para verificar el estado compactado previo a la realización de la mezcla asfáltica, finalmente el ensayo de asfalto residual, el cual es un parámetro indispensable para el diseño Marshall, debido a que con este valor se conoce la cantidad exacta de emulsión a colocar en cada porcentaje de Asfalto.

Luego de la obtención de datos para verificar el estado del agregado fresado mediante ensayos, se observó que el material mineral tiene un excedente de asfalto del 1.95%. Considerando del lugar donde fue obtenido el material (AGR) se evidencia una gran pérdida de bitumen a sabiendas de que la mezcla original debió tener porcentajes tres veces mayor a la residual. Una de las razones principales es su uso ya que la vía es la arteria principal que conecta la ciudad de Quito con Sangolquí recibiendo miles transportes livianos y pesados al día.

La importancia de una buena granulometría se evidenció claramente en el diseño de las mezclas asfálticas, la hipótesis planteada en el presente trabajo de titulación estableció que la totalidad del material reciclado podría ser empleado para mezclas asfálticas para su uso en carreteras, por ello a la granulometría obtenida no se le agregó material virgen, de esta manera se evidenció que la granulometría entraba en la franja granulométrica que se encuentra en el Manual Básico de Emulsiones Asfálticas MS-19, en su mayoría, sin embargo, si se observan los requerimientos de granulometría dotados por MOP – 001 – F (2002) y NEVI – 12 (2013) se puede observar que la granulometría del material reciclado no cumple, por ello en el diseño de la mezcla asfáltica en el capítulo 6 de Análisis de resultados se evidencia que el porcentaje de vacíos es mayor al especificado para carpeta asfáltica, no obstante, si su uso se lo aplica para capas adyacentes de la estructura del pavimento el porcentaje de vacíos es satisfactorio y la granulometría obtenida es de gran utilidad.

Luego de una exhaustivo y minucioso serie de ensayos donde se estudiaron los agregados reciclados y su mezcla en conjunto a una emulsión como se describen en el capítulo 5, se denota que, el diseño de la mezcla óptima con la utilización de las dos emulsiones de mercado (IMPTEK, EMULDEC) es igual al 5,1% de Bitumen en la mezcla. La razón por la cual se asumió dicho valor, parte desde la normativa ASTM D 1559 (1998) la cual indica que la obtención del porcentaje óptimo toma como referencia el gráfico de % de Volumen de vacíos vs % de Bitumen con un valor de 4% de Vv. Como se explica en el literal 6.1 en el capítulo 6, la mezcla tiene un volumen de vacíos más elevados por lo cual se determinó como referencia los parámetros máximos en las gráficas de la Estabilidad y Gravedad Bulk del capítulo 5 partiendo de un análisis sustentado en el capítulo 6. Adición, es evidente que el % de Bitumen es igual en las dos marcas, esto

no indica que sean de similares características como se evidencia en la tabla 6.3 donde se observa que EMULDEC tiene parámetros relativamente superiores a la otra emulsión.

Los parámetros para la obtención de la mezcla con mejores cualidades técnicas se evidenciaron en el capítulo 6, tomando en cuenta los resultados, y haciendo énfasis en el porcentaje de vacíos y el flujo se puede deducir que existen dos razones concretas por las cuales en dichos valores la mezcla asfáltica en frío de IMPTEK tuvo un menor desempeño que la mezcla asfáltica en frío de EMULDEC, la primera razón es la falta de agregado fino en la mezcla, y la segunda es la utilización de la mezcla asfáltica en frío, tomando en cuenta que cuando se tiene una granulometría uniforme y una mayor temperatura de trabajo, la compactación de las briquetas resulta mucho más efectiva lo cual incrementará su capacidad de deformación, resistencia y reducirá significativamente el volumen de vacíos en la mezcla. Pese a ello, la mezcla asfáltica en frío adicionando agregado fino a la mezcla será suficiente para mejorar las características mencionadas con fines de uso para carreteras con capacidad de tráfico liviano y mediano.

En el marco económico donde el transporte y movimiento de materiales participa como un rubro fuerte en el presupuesto de obras viales se concluye que la utilización de material reciclado presenta una disminución sustancial y relativa del rubro, esto principalmente debido a que el transporte o el valor de agregado natural disminuye o se elimina gracias a que el material se puede encontrar en la zona de aplicación. Evidentemente dependería de múltiples factores sin embargo se ejecutó una simulación en el capítulo 7 donde se optimizó un presupuesto con material reciclado obteniendo una disminución económica del 6.33% en el presupuesto, además se generó un reajuste en el % de participación del rubro en un 2% debido a que se suprimió el valor del agregado y del transporte. Es evidente que los datos pueden variar en cada proyecto incluso siendo perjudicial por lo cual es necesario realizar un buen análisis de factibilidad.

El análisis de Impacto Ambiental ayuda con gran relevancia en la planificación de proyectos viales, al contemplar actividades en orden lógico y estudiar sus posibles afectaciones en el medio ambiente, se pueden determinar las mejores opciones para el mismo fin, en el caso de la Calle San Martín es evidente que la mejor opción por Impacto Ambiental es la creación de la vía con la mezcla asfáltica en frío con material reciclado, la decisión de realizar la calle con este método constructivo se basa en la diferencia de afectación al medio ambiente en la fase previa, debido a que se evitará la explotación de canteras y eso a su vez omite varios procedimientos contraproducentes hacia el medio ambiente, la creación de la vía con la mezcla asfáltica con material reciclado sobrepasa por 133 puntos (+) a la creación de la vía con mezcla asfáltica con material virgen, incluyendo la diferencia en el transporte del material al punto de acopio en el cual al ser el material virgen llevado desde la cantera se tendrá mayor distancia de acarreo y a su vez mayores emisiones de gases contaminantes de parte de la flota encargada en su transporte.

Luego de haber establecido los parámetros de uso en el capítulo 9, se concluye que principalmente el material puede ser utilizado en la Provincia de Pichincha en dos ramas constructivas como son la construcción de vías y el mantenimiento. Para la construcción de vías se estableció como límite a vías de segundo orden o vecinales que sean de tráfico medio o bajo debido a que el material tiene características similares a mezclas de este tipo con agregado natural virgen que son utilizadas en estos proyectos, sin embargo, hay que tomar en cuenta el tipo de material reciclado existente, y cuál es su granulometría generada por la fresadora. La segunda rama es el mantenimiento donde tiene algunas funcionalidades y aplicaciones vías en la provincia. Se concluye que el uso puede ser en bacheo o recapeo gracias a que la mezcla tiene la capacidad de cumplir con las exigencias de Estabilidad y Flujo como se observa en capítulo 6, además de que se la puede realizar en el campo y se aplica al instante siendo una solución rápida y económica

para reparar vías sobre todo cuando existe cambios bruscos de clima (como la provincia de Pichincha) que pueden retrasar el mantenimiento y operabilidad de la vía generando molestias en los usuarios.

## **10.2. Recomendaciones**

El Consejo Provincial de Pichincha cuenta con una variedad de material reciclado provenientes de varios puntos de la provincia, el estudio a profundidad de los usos del material reciclado deberá ser colocado como prioridad para tener ahorros significativos en el aspecto económico y la reducción de afectación al medio ambiente, es decir, se deberán evaluar cada uno de los materiales provenientes de distintas carpetas asfálticas y seguir los ensayos y procedimientos puestos en práctica en el presente trabajo de titulación

Se deberán realizar ensayos con distintas emulsiones a las ocupadas en la investigación, dentro de los tipos de emulsiones existen las de rotura media, este tipo de emulsión es igual recomendada para el diseño de mezclas asfálticas en frío con material reciclado, además de ello se podría emplear emulsiones de diferentes casas comerciales con el fin de evaluar todas las posibilidades frente el objetivo específico el cual es la reutilización completa del material reciclado.

Para un diseño de mezcla asfáltica en frío con material reciclado que tenga un desempeño satisfactorio se deberá utilizarlo en carreteras con tráfico liviano e intermedio incluyendo mayor cantidad de agregado fino, si se requieren carreteras con tráfico pesado se deberá cambiar a un tipo de mezcla asfáltica en caliente.

El uso del material es amplio por lo que con los estudios necesarios se podría verificar que tan viable puede ser su utilización en obras nuevas con tráfico medianos o superiores, para ellos se recomienda enfocar su uso en el mantenimiento vial siendo

esencialmente el uso principal del material. Existe aplicaciones en vías del país por lo que se puede asegurar que una mezcla con datos de estabilidad y flujo altos va a funcionar para este tratamiento vial.

Cuando se conforma la mezcla y se debe llegar a una Estabilidad superior a la marcada, es recomendable realizar ensayos con mezclas mixtas donde se introduzca un mejoramiento de material virgen. Incluso se puede mejorar la granulometría para disminuir el volumen de vacíos con este material.

El uso del material es teórico, aunque ya existen algunas vías en el Ecuador donde se empleó este material en mantenimiento, mejoramiento o vías pequeñas. Está demostrado que la capacidad del material es buena y que puede ser utilizada, sin embargo, es recomendable realizar estudios específicos en su aplicación con el fin de detectar algún tipo de imperfección a corto, mediano y largo plazo.

Tomar en cuenta todas las recomendaciones de uso en el laboratorio, debido a que los materiales utilizados pueden ser perjudiciales para la salud, además de que muchos instrumentos son delicados y un mal trato puede generar datos erróneos que compliquen el estudio.

## **Bibliografía**

- Asphalt Emulsion Manufacturers Association (AEMA). (1976). *Manual básico de emulsiones asfálticas*. Asphalt Institute. Manual No. 19.
- ASTM D 1559. (1998). *Test Method for Resistance of Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus (Withdrawn 1998)*.
- Becerra, M. (2012). *Temas de Pavimentos de Concreto*. Ciudad de Lima: Flujo Libre.
- Compañía de Trabajos Urbanos S.A.S. (JUNIO de 2020). *CTU*. Obtenido de <https://ctu.com.co/ventajas-mezcla-asfaltica-con-rap/>
- CONGOPE. (2019). *Plan de Desarrollo Vial Integral de La Provincia de Pichincha*. Quito: Gobierno Provincial de Pichincha.
- EMULDEC. (2021). Ficha técnica CSS-1h. Quito.
- Garnica et al. (2004). *Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas*. Querétaro: Secretaria de Comunicaciones y Transportes.
- Gestión de Comunicación MA. (2017). *Reseña Histórica de los Consejos Provinciales*. Obtenido de <https://www.pichincha.gob.ec/la-institucion/datos-historicos/120-resena-historica-de-los-consejos-provinciales>
- IMPTEK (CHOVA). (2021). Ficha Técnica CSS-1h. Quito, Ecuador.
- INEN 1981. (2013). *Productos Derivados del Petróleo. Determinación de la Viscosidad Saybolt*. Quito, Ecuador.
- INEN 858. (2010). *Áridos. Determinación de la masa unitaria (Peso Volumétrico) y el Porcentaje de Vacíos*. Quito, Ecuador.


- INEN 904. (2013). Emulsiones asfálticas. Mezclado con Cemento. Quito, Ecuador.
- INEN 905. (2013). Emulsiones Asfálticas. Determinación del Residuo por Evaporación. Quito, Ecuador.
- INEN 906. (2013). Emulsiones Asfálticas. Determinación de Partículas de Gran Tamaño. Ensayo de Tamizado. Quito, Ecuador.
- INEN 908. (2013). Emulsiones Asfálticas. Identificación de la Emulsión Según la Polaridad de las Partículas. Quito, Ecuador.
- INEN 909. (2013). Emulsiones Asfálticas. Determinación de la Estabilidad al Almacenamiento. Quito, Ecuador.
- INEN 910. (2013). Emulsiones Asfálticas. Ensayo de Asentamiento. Quito, Ecuador.
- INEN 916. (2013). Materiales Bituminosos. Determinación de la Ductilidad. Quito, Ecuador.
- INEN 918. (2013). Materiales bituminosos. Determinación del Residuo de Penetración Específica. Quito, Ecuador.
- Martínez, A., & Damián, S. (1999). *Catalogo de Impactos Ambientales Generados por las Carreteras y sus Medidas de Mitigación*. Querétaro: Instituto Mexicano del Transporte.
- Mercado, R., Bracho, C., & Avendaño, J. (2008). *Cuaderno FIRP S365A Emulsiones Asfálticas*. Merida Venezuela: Laboratorio FIRP Escuela de INGENIERIA QUIMICA.
- Montejo, A. (1997). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*. Colombia: Universidad Católica de Colombia.

- MOP - 001 - F. (2002). Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes.
- NEVI-12-MTOP. (2013). *Volumen N° 3 Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes*. Quito.
- Porton, C., & Luis, B. (2012). *Diseño del micropavimento utilizando emulsión asfáltica modificada con polímero con agregado procedente de la Cantera Calagua de la Ciudad de San Miguel, Provincia de Bolívar*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/457>
- Reyes, O., & Camacho, J. (2008). *Influencia de la granulometría en la resistencia al ahuellamiento de mezclas asfálticas*. Bogotá: Ingeniería y Desarrollo.
- Rojas, R. V. (2017). *Reciclaje Aspectos Basicos en Pavimentos*. Bogota.
- Sánchez Angel, J. C. (2009). Estudio de las ventajas del reciclado in situ en caliente de pavimentos flexibles. Bogotá, Colombia: Universidad de La Salle.
- Thenoux, G., & García, G. (2000). Estudios de Técnicas de Reciclado en Frío: Segunda Parte (Etapas de Proyecto de Reciclado en Frío con Emulsión). *Revista Ingeniería de Construcción Volumen 15 No.1*, 5-6.
- Universidad Centroamericana. (1996). *Ánalisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino y grueso y determinación de material más fino que el tamiz No. 200 (75 um) en agregado mineral por lavado*. El Salvador.
- Universidad Mayor de San Simon, Facultad de Ingeniería Civil. (2004). *Pavimentos*. Cochabamba.
- Wirtgen. (2004). *Manual de Reciclado en Frio 2da Edicion*.

Yanez, G. (2020). Diseño Mezcla Asfáltica "Método Marshall". Quito, Pichincha,  
Ecuador.

## Anexos

### Ficha técnica de EMULDEC



EMULSIONES DEL ECUADOR

## Hoja de información del Producto

### Emulsión Asfáltica Catiónica de Curado Lento Tipo: CSS-1h

**Descripción y Propiedades Físicas:** CSS-1h es una emulsión asfáltica cationica de curado lento diseñada para ser usada en riegos de imprimación, de liga o adherencia (tack coat), estabilización de suelos, reciclaje de pavimentos (incluyendo bases), riegos tipo niebla (fog seal) y otras aplicaciones especiales. También se utiliza para sellos asfálticos (slurry seal) realizados con agregados muy reactivos o de no muy buena calidad. La emulsión asfáltica CSS-1h es formulada con un asfalto de baja penetración NORMALIZADO con **Asfalplus** y promotores de adherencia basados en nanotecnología (**Zycotherm**) y está diseñada para ser utilizada en ambientes climáticos diversos.

**Propiedades Físicas:** Designación: CSS-1h Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta

- Punto de Ebullición: 100°C
- Gravedad Específica: 1,00 (H2O=1.0) (1 litro es equivalente a 1 kilogramo).
- Materiales Volátiles: 0
- Solubilidad en Agua: Soluble
- Apariencia y Olor: Líquido Chocolate o Negro, Olor a Hidrocarburo imperceptible.
- Inflamabilidad: Base Acuosa. No inflamable.

**Uso Recomendado:** Para utilizar en una amplia variedad de propósitos. Las emulsiones asfálticas de curado lento son las más estables de las emulsiones fabricadas y pueden ser diluidas con agua y mezcladas sin problemas con fillers o rellenos minerales y agregados. En todos los casos, la temperatura del aire como la del pavimento a revestir, deberán estar lo suficientemente altas, para alcanzar un curado completo. Las especificaciones del MTOP establecen que los ligantes o tratamientos asfálticos no deberán ser aplicados cuando esté lloviendo o cuando se prevea lluvia inminente. Cuando se utilice como ligante en riegos de imprimación asfáltica o en riegos de liga o adherencia o Fog Seal, la emulsión se diluirá con una parte de agua limpia. **Consumo Típico:** Riegos de Liga: 0.35 a 0.65 kg/m<sup>2</sup>, Riegos de Imprimación: 0.8 a 1,5 kg/m<sup>2</sup>, Fog Seal (Riego de Niebla): 0.30 a 0.65 kg/m<sup>2</sup>, Slurry Seal o Morteros Asfálticos: 2.0 a 2.5 kg/m<sup>2</sup>, Estabilización de Suelos o Bases/Reciclaje de Pavimentos en Frío: 55 a 95 kg/m<sup>3</sup>, Mezcla Asfáltica en Frío: Entre 35 y 45 galones de emulsión por metro cúbico de agregado pétreo.

**Propiedades Físicas Típicas:** Ref.: Especificaciones MOP-001-F 2000 Tabla 810-4.2 / NTE INEN 2062 / ASTM D-2397

| Propiedad                                      | Procedimiento de Ensayo      | Min.         | Máx. |
|------------------------------------------------|------------------------------|--------------|------|
| Viscosidad, Saybolt Fural, 25°C, seg           | ASTM D-2397<br>NTE INEN 1981 | 20           | 100  |
| Ensayo Tamiz, %                                | ASTM D-2397<br>NTE INEN 906  | ---          | 0.1  |
| Mezcla con Cemento, %                          | ASTM D-2397<br>NTE INEN 904  | ---          | 2    |
| Estabilidad en Almacenamiento, 1 día, %        | ASTM D-2397<br>NTE INEN 909  | ---          | 1    |
| Asentamiento, 5 días                           | ASTM D-2397<br>NTE INEN 910  | ---          | 5    |
| Carga de Partícula                             | ASTM D-2397<br>NTE INEN 908  | Positivo (+) |      |
| <b>Ensayo Destilación:</b>                     |                              |              |      |
| Residuo por Destilación, % peso                | ASTM D-2397<br>NTE INEN 901  | 57           |      |
| Acete Destilado, % por volumen de emulsión     | ASTM D-2397<br>NTE INEN 901  | ---          | ---  |
| <b>Ensayo sobre el residuo de destilación:</b> |                              |              |      |
| Penetración, 25°C, 100 g, 5 seg                | ASTM D-2397<br>NTE INEN 917  | 40           | 90   |
| Solubilidad en Tricloroetileno, %              | ASTM D-2397<br>NTE INEN 915  | 97.5         | ---  |
| Ductilidad, 25°C, 5 cm/min., cm                | ASTM D-2397<br>NTE INEN 916  | 40           | ---  |

**Manejo y Almacenamiento:** La emulsión asfáltica es un producto basado en agua que no puede ser expuesto a temperaturas de congelamiento o sobrecalentamiento. La emulsión asfáltica cationica es un sistema químicamente estabilizado, por lo que se debe tener cuidado en no alterar ese sistema con contaminación con otros químicos, sobre exposición al aire o condiciones mecánicas o térmicas adversas. Antes de ser llenados los tanques, tambores o cisternas deberán ser examinadas y asegurar que no se encuentren posibles contaminantes. Las temperaturas recomendadas para su almacenamiento y su utilización se dan en la siguiente tabla:

| Temperaturas Recomendadas | Min. | Máx. |
|---------------------------|------|------|
| Almacenamiento            | 10°C | 60°C |
| Aplicación                | 10°C | 70°C |

**Calidad de los Productos:** Emuldec Cia. Ltda. ofrece una importante gama de productos asfálticos. Adicionalmente, Ud. recibe asistencia técnica personalizada en la selección del producto correcto para su aplicación. Nuestros laboratorios bien equipados, aseguran que los productos, cumplan las especificaciones establecidas. Los productos son entregados a tiempo y en la calidad esperada. Estamos en la capacidad de facilitar el transporte, si es requerido. Para mayor información, contactese con nosotros a [info@emuldec.com.ec](mailto:info@emuldec.com.ec) ó al 5932 2306 489 - 593 984 058 867 o visite nuestra página web: [www.emuldec.com.ec](http://www.emuldec.com.ec)

Hoja de Información del Producto: CSS-1h

# Productos Viales

## Ficha Técnica

Emulsión catiónica de rotura lenta con aceites plastificantes y aditivos de adherencia con asfalto duro (baja penetración)

### Uso Principal

- Ligante asfáltico de agregados para realizar mezclas asfálticas en frío.
- Recuperación y reciclado de pavimentos existentes fatigados.
- Estabilización de bases, estabilización de suelos.
- Sellos asfálticos como Sand seal, Fog Seal, Slurry Seal tipo 1, 2 y 3.
- Imprimante de superficies.
- Riegos de adherencia.

### Presentación

Líquido bituminoso suministrado al granel y en envases.

### Información Técnica

| Propiedad                                 | Norma                                            | Unidad | Especificación | Norma  |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------|----------------|--------|
| Residuo por evaporación                   | ASTM D6934<br>INEN 905                           | %      | Min. 57        | CUMPLE |
| Viscosidad saybolt-furol a 25°C           | ASTM D7496<br>ASTM D88<br>UNE 10428<br>INEN 1981 | SFF    | 20 - 100       | CUMPLE |
| Mezcla con cemento                        | ASTM D6935<br>INEN 904                           | %      | 0 - 2          | CUMPLE |
| Carga de partícula                        | ASTM D7402<br>UNE-EN-1430<br>INEN 908            | -      | Positiva       | CUMPLE |
| Estabilidad de almacenamiento<br>24 horas | ASTM D6930<br>UNE-EN 12847<br>INEN 909           | %      | 0 - 1          | CUMPLE |
| Asentamiento 5 días                       | ASTM D6930<br>UNE-EN 12847<br>INEN 910           | %      | 0 - 5          | CUMPLE |
| Prueba del tamiz N°20                     | ASTM D6933<br>INEN 906                           | %      | 0 - 0.1        | CUMPLE |
| Penetración en el residuo a 25°C          | ASTM D5<br>UNE 104 281<br>NTE-INEN-918           | dmm    | 40 - 90        | CUMPLE |
| Ductilidad a 25°C                         | ASTM D113<br>INEN 916                            | cm     | Min. 40        | CUMPLE |
| Solubilidad en tricloroetileno            | ASTM D2042<br>UNE-EN 12592<br>INEN 915           | %      | Min. 97.5      | CUMPLE |

## Normas de Referencia

- Ministerio de Obras Públicas del Ecuador MOP-001-F-2002 (Ecu)
- ASTM-D2397
- NTE-INEN-2062:96

## Beneficios

- Fácil aplicación.
- Ecológico debido a que no contiene solventes

## Almacenaje

No se debe almacenar a temperatura inferior a 5°C, ni al sol durante largo tiempo, preferible almacenar bajo sombra. Si el período de almacenamiento es muy largo, se recomienda agitación del producto, usando métodos que no generen espuma.

## Condiciones para instalación

- Temperatura de aplicación: 20 – 60 °C
- No se deben mezclar emulsiones de diferente naturaleza.
- Transportar en envases adecuados.
- En el caso de asentamiento agitar.

## Método de Instalación

| Propiedad                                                                                                       | Cantidad aproximada | Unidad             | Observación de aplicación                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mezcla asfáltica con agregado virgen                                                                            | 35 a 40             | gal/m <sup>3</sup> |                                                                                            |
| Mezcla con materiales reciclados                                                                                | 18 a 23             | gal/m <sup>3</sup> |                                                                                            |
| Slurry seal                                                                                                     | 1.8 a 2.0           | lt/m <sup>2</sup>  |                                                                                            |
| Sello asfáltico                                                                                                 | 1.0 a 1.5           | lt/m <sup>2</sup>  |                                                                                            |
| Imprimación                                                                                                     | 1 a 1.5             | lt/m <sup>2</sup>  | Diluir la emulsión en agua en proporción de 1:1 a 1:10 Temperatura de aplicación Max. 45°C |
| Riego de asherencia                                                                                             | 0.3 a 0.6           | lt/m <sup>2</sup>  |                                                                                            |
| Todos los tratamientos requieren de un diseño de laboratorio para determinar la cantidad de emulsión necesaria. |                     |                    |                                                                                            |

## Certificación

NTE-INEN-2062:96

## Seguridad

- Consultar hoja de Seguridad del producto

## Referencia Instructivo de calidad Imptek

-IT-CDQ-03.04.01

\*NOTA: La información suministrada corresponde a datos obtenidos en nuestros propios laboratorios en las determinaciones necesarias para la verificación y certificación. Este producto mantendrá estas características como promedio, y en cualquier caso las muestras individuales estarán bajo referencia a los valores indicados en las Normas técnicas UNE-EN, INEN o ASTM aplicables al producto. CHOVA DEL ECUADOR S.A. se reserva el derecho de modificar o anular algún parámetro sin previo aviso. Esta ficha técnica quedará anulada por revisiones posteriores.

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |                                    |        |                                                  |                   |               |
|------------------------------------------------|------------------------------------|--------|--------------------------------------------------|-------------------|---------------|
|                                                | <b>Proyecto</b>                    | :      | APU MATERIAL VIRGEN                              |                   |               |
|                                                | <b>Actividad</b>                   | :      | Bateria sanitaria Obreros de 1 hasta 10 personas |                   |               |
|                                                | <b>Cantidad</b>                    | :      | 1.00                                             |                   |               |
|                                                | <b>Unidad</b>                      | :      | mes                                              |                   |               |
|                                                | <b>Moneda</b>                      | :      | Dólares                                          |                   |               |
| 1. MATERIALES                                  |                                    |        |                                                  |                   |               |
|                                                | Descripción                        | Unidad | Cantidad                                         | Precio productivo | Costo total   |
| 1930461                                        | Cabaña SENCILLA sanitaria RENTECO  | mes    | 1.00                                             | 134.40            | 134.40        |
|                                                |                                    |        |                                                  |                   |               |
|                                                |                                    |        |                                                  |                   |               |
|                                                |                                    |        |                                                  |                   |               |
|                                                |                                    |        |                                                  |                   |               |
|                                                |                                    |        |                                                  |                   |               |
|                                                |                                    |        |                                                  |                   |               |
|                                                |                                    |        |                                                  |                   |               |
|                                                |                                    |        |                                                  |                   |               |
| <b>Total materiales</b>                        |                                    |        |                                                  |                   | <b>134.40</b> |
| 2. MANO DE OBRA                                |                                    |        |                                                  |                   |               |
|                                                | Descripción                        | Unidad | Cantidad                                         | Precio productivo | Costo total   |
| 1930459                                        | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)            | Hora   | 1.00                                             | 3.60              | 3.60          |
| 1930460                                        | Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. C1) | Hora   | 1.00                                             | 3.82              | 3.82          |
|                                                |                                    |        |                                                  |                   |               |
|                                                |                                    |        |                                                  |                   |               |
|                                                |                                    |        |                                                  |                   |               |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                                    |        |                                                  |                   | <b>7.42</b>   |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |                                    |        |                                                  |                   |               |
|                                                | Descripción                        | Unidad | Cantidad                                         | Precio productivo | Costo total   |
|                                                |                                    |        |                                                  |                   |               |
|                                                |                                    |        |                                                  |                   |               |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |                                    |        |                                                  |                   | <b>0.00</b>   |
|                                                |                                    |        |                                                  | Herramientas      | 5.00%         |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                                    |        |                                                  |                   | <b>0.37</b>   |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |                                    |        |                                                  |                   |               |
| 5. UTILIDAD                                    |                                    |        |                                                  |                   |               |
| 6. IMPUESTOS                                   |                                    |        |                                                  |                   |               |
| <b>Total precio unitario</b>                   |                                    |        |                                                  |                   | <b>142.19</b> |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |                                           |        |                     |                   |              |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------|---------------------|-------------------|--------------|
|                                                | <b>Proyecto</b>                           | :      | APU MATERIAL VIRGEN |                   |              |
|                                                | <b>Actividad</b>                          | :      | Letrero de obra     |                   |              |
|                                                | <b>Cantidad</b>                           | :      | 2.00                |                   |              |
|                                                | <b>Unidad</b>                             | :      | u                   |                   |              |
|                                                | <b>Moneda</b>                             | :      | Dólares             |                   |              |
| 1. MATERIALES                                  |                                           |        |                     |                   |              |
|                                                | Descripción                               | Unidad | Cantidad            | Precio productivo | Costo total  |
| 1930463                                        | Letrero de obra                           | u      | 1.00                | 45.00             | 45.00        |
|                                                |                                           |        |                     |                   |              |
|                                                |                                           |        |                     |                   |              |
|                                                |                                           |        |                     |                   |              |
|                                                |                                           |        |                     |                   |              |
|                                                |                                           |        |                     |                   |              |
|                                                |                                           |        |                     |                   |              |
|                                                |                                           |        |                     |                   |              |
| <b>Total materiales</b>                        |                                           |        |                     |                   | <b>45.00</b> |
| 2. MANO DE OBRA                                |                                           |        |                     |                   |              |
|                                                | Descripción                               | Unidad | Cantidad            | Precio productivo | Costo total  |
| 1930462                                        | Ayudante de perforador (ESTRUC. OCUP. D2) | Hora   | 1.00                | 3.45              | 3.45         |
| 1930460                                        | Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. C1)        | Hora   | 1.00                | 3.82              | 3.82         |
|                                                |                                           |        |                     |                   |              |
|                                                |                                           |        |                     |                   |              |
|                                                |                                           |        |                     |                   |              |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                                           |        |                     |                   | <b>7.27</b>  |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |                                           |        |                     |                   |              |
|                                                | Descripción                               | Unidad | Cantidad            | Precio productivo | Costo total  |
|                                                |                                           |        |                     |                   |              |
|                                                |                                           |        |                     |                   |              |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |                                           |        |                     |                   | <b>0.00</b>  |
|                                                |                                           |        |                     | Herramientas      | 5.00%        |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                                           |        |                     |                   | <b>0.36</b>  |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |                                           |        |                     |                   |              |
| 5. UTILIDAD                                    |                                           |        |                     |                   |              |
| 6. IMPUESTOS                                   |                                           |        |                     |                   |              |
| <b>Total precio unitario</b>                   |                                           |        |                     |                   | <b>52.63</b> |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |                              |                  |          |                        |             |
|------------------------------------------------|------------------------------|------------------|----------|------------------------|-------------|
|                                                |                              | <b>Proyecto</b>  | :        | APU MATERIAL VIRGEN    |             |
|                                                |                              | <b>Actividad</b> | :        | Replanteo y nivelacion |             |
|                                                |                              | <b>Cantidad</b>  | :        | 170.00                 |             |
|                                                |                              | <b>Unidad</b>    | :        | m2                     |             |
|                                                |                              | <b>Moneda</b>    | :        | Dólares                |             |
| 1. MATERIALES                                  |                              |                  |          |                        |             |
|                                                | Descripción                  | Unidad           | Cantidad | Precio productivo      | Costo total |
| 1930467                                        | Tiras                        | u                | 0.20     | 0.90                   | 0.18        |
|                                                |                              |                  |          |                        |             |
|                                                |                              |                  |          |                        |             |
|                                                |                              |                  |          |                        |             |
|                                                |                              |                  |          |                        |             |
|                                                |                              |                  |          |                        |             |
|                                                |                              |                  |          |                        |             |
|                                                |                              |                  |          |                        |             |
| <b>Total materiales</b>                        |                              |                  |          |                        | <b>0.18</b> |
| 2. MANO DE OBRA                                |                              |                  |          |                        |             |
|                                                | Descripción                  | Unidad           | Cantidad | Precio productivo      | Costo total |
| 1930465                                        | Cadenero (ESTRUC. OCUP. D2)  | Hora             | 0.14     | 3.45                   | 0.48        |
| 1930466                                        | Topografo (ESTRUC. OCUP. C1) | Hora             | 0.14     | 3.82                   | 0.53        |
|                                                |                              |                  |          |                        |             |
|                                                |                              |                  |          |                        |             |
|                                                |                              |                  |          |                        |             |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                              |                  |          |                        | <b>1.02</b> |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |                              |                  |          |                        |             |
|                                                | Descripción                  | Unidad           | Cantidad | Precio productivo      | Costo total |
| 1930468                                        | Teodolito                    | hora             | 0.14     | 6.88                   | 0.96        |
|                                                |                              |                  |          |                        |             |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |                              |                  |          |                        | <b>0.96</b> |
|                                                |                              |                  |          | Herramientas           | 5.00%       |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                              |                  |          |                        | <b>1.01</b> |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |                              |                  |          |                        |             |
| 5. UTILIDAD                                    |                              |                  |          |                        |             |
| 6. IMPUESTOS                                   |                              |                  |          |                        |             |
| <b>Total precio unitario</b>                   |                              |                  |          |                        | <b>2.21</b> |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

| <b>DATOS GENERALES</b>                         |                         |        |                     |                   |             |
|------------------------------------------------|-------------------------|--------|---------------------|-------------------|-------------|
| <b>Proyecto</b>                                |                         | :      | APU MATERIAL VIRGEN |                   |             |
| <b>Actividad</b>                               |                         | :      | Desbroce y limpieza |                   |             |
| <b>Cantidad</b>                                |                         | :      | 170.00              |                   |             |
| <b>Unidad</b>                                  |                         | :      | m2                  |                   |             |
| <b>Moneda</b>                                  |                         | :      | Dólares             |                   |             |
| <b>1. MATERIALES</b>                           |                         |        |                     |                   |             |
| Descripción                                    |                         | Unidad | Cantidad            | Precio productivo | Costo total |
|                                                |                         |        |                     |                   |             |
|                                                |                         |        |                     |                   |             |
|                                                |                         |        |                     |                   |             |
|                                                |                         |        |                     |                   |             |
|                                                |                         |        |                     |                   |             |
|                                                |                         |        |                     |                   |             |
|                                                |                         |        |                     |                   |             |
|                                                |                         |        |                     |                   |             |
|                                                |                         |        |                     |                   |             |
| <b>Total materiales</b>                        |                         |        |                     |                   | <b>0.00</b> |
| <b>2. MANO DE OBRA</b>                         |                         |        |                     |                   |             |
| Descripción                                    |                         | Unidad | Cantidad            | Precio productivo | Costo total |
| 1930459                                        | Peón (ESTRUC. OCUP. E2) | Hora   | 0.29                | 3.60              | 1.03        |
|                                                |                         |        |                     |                   |             |
|                                                |                         |        |                     |                   |             |
|                                                |                         |        |                     |                   |             |
|                                                |                         |        |                     |                   |             |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                         |        |                     |                   | <b>1.03</b> |
| <b>3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>    |                         |        |                     |                   |             |
| Descripción                                    |                         | Unidad | Cantidad            | Precio productivo | Costo total |
|                                                |                         |        |                     |                   |             |
|                                                |                         |        |                     |                   |             |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |                         |        |                     |                   | <b>0.00</b> |
| Herramientas                                   |                         |        |                     | 5.00%             | 0.05        |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                         |        |                     |                   | <b>0.05</b> |
| <b>4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>   |                         |        |                     |                   |             |
| <b>5. UTILIDAD</b>                             |                         |        |                     |                   |             |
| <b>6. IMPUESTOS</b>                            |                         |        |                     |                   |             |
| <b>Total precio unitario</b>                   |                         |        |                     |                   | <b>1.08</b> |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |                         |               |                                           |                          |                    |
|------------------------------------------------|-------------------------|---------------|-------------------------------------------|--------------------------|--------------------|
|                                                | <b>Proyecto</b>         | :             | APU MATERIAL VIRGEN                       |                          |                    |
|                                                | <b>Actividad</b>        | :             | Acarreo manual de material distancia=100m |                          |                    |
|                                                | <b>Cantidad</b>         | :             | 10.00                                     |                          |                    |
|                                                | <b>Unidad</b>           | :             | m3                                        |                          |                    |
|                                                | <b>Moneda</b>           | :             | Dólares                                   |                          |                    |
| 1. MATERIALES                                  |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                           | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |                         |               |                                           |                          |                    |
| <b>Total materiales</b>                        |                         |               |                                           |                          | <b>0.00</b>        |
| 2. MANO DE OBRA                                |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                           | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1930459                                        | Peón (ESTRUC. OCUP. E2) | Hora          | 1.12                                      | 3.60                     | 4.03               |
|                                                |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |                         |               |                                           |                          |                    |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                         |               |                                           |                          | <b>4.03</b>        |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                           | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |                         |               |                                           |                          |                    |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |                         |               |                                           |                          | <b>0.00</b>        |
|                                                |                         |               |                                           | Herramientas             | 5.00%              |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                         |               |                                           |                          | <b>0.20</b>        |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |                         |               |                                           |                          |                    |
| 5. UTILIDAD                                    |                         |               |                                           |                          |                    |
| 6. IMPUESTOS                                   |                         |               |                                           |                          |                    |
| <b>Total precio unitario</b>                   |                         |               |                                           |                          | <b>4.23</b>        |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------|
|                                                |  | <b>Proyecto</b>                                         | :             | APU MATERIAL VIRGEN               |                          |                    |
|                                                |  | <b>Actividad</b>                                        | :             | Excavacion a maquina (excavadora) |                          |                    |
|                                                |  | <b>Cantidad</b>                                         | :             | 357.00                            |                          |                    |
|                                                |  | <b>Unidad</b>                                           | :             | m3                                |                          |                    |
|                                                |  | <b>Moneda</b>                                           | :             | Dólares                           |                          |                    |
| 1. MATERIALES                                  |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                                      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                   | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
| <b>Total materiales</b>                        |  |                                                         |               |                                   |                          | <b>0.00</b>        |
| 2. MANO DE OBRA                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                                      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                   | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1930459                                        |  | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)                                 | Hora          | 0.17                              | 3.60                     | 0.61               |
| 1930460                                        |  | Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. C1)                      | Hora          | 0.02                              | 3.82                     | 0.08               |
| 1930474                                        |  | Operadores Equipo Pesado (ESTRUC. OCUP. C1 G1)          | Hora          | 0.17                              | 3.82                     | 0.65               |
| 1930476                                        |  | Engrasador o abastecedor responsable (ESTRUC. OCUP. D2) | Hora          | 0.17                              | 3.55                     | 0.60               |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
| <b>Total mano de obra</b>                      |  |                                                         |               |                                   |                          | <b>1.94</b>        |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                                      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                   | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1930475                                        |  | Excavadora de oruga                                     | Hora          | 0.17                              | 47.00                    | 7.99               |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |  |                                                         |               |                                   |                          | <b>7.99</b>        |
| Herramientas                                   |  |                                                         |               |                                   | 5.00%                    | 0.10               |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |  |                                                         |               |                                   |                          | <b>8.09</b>        |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
| 5. UTILIDAD                                    |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
| 6. IMPUESTOS                                   |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
| <b>Total precio unitario</b>                   |  |                                                         |               |                                   |                          | <b>10.03</b>       |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|------------------------------------------------|--|------------------------------------|---------------|---------------------|--------------------------|--------------------|
|                                                |  | <b>Proyecto</b>                    | :             | APU MATERIAL VIRGEN |                          |                    |
|                                                |  | <b>Actividad</b>                   | :             | Desbanque manual    |                          |                    |
|                                                |  | <b>Cantidad</b>                    | :             | 136.00              |                          |                    |
|                                                |  | <b>Unidad</b>                      | :             | m3                  |                          |                    |
|                                                |  | <b>Moneda</b>                      | :             | Dólares             |                          |                    |
| 1. MATERIALES                                  |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>     | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
| <b>Total materiales</b>                        |  |                                    |               |                     | <b>0.00</b>              |                    |
| 2. MANO DE OBRA                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>     | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1930459                                        |  | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)            | Hora          | 2.46                | 3.60                     | 8.86               |
| 1930460                                        |  | Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. C1) | Hora          | 0.12                | 3.82                     | 0.47               |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
| <b>Total mano de obra</b>                      |  |                                    |               |                     | <b>9.33</b>              |                    |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>     | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |  |                                    |               |                     | <b>0.00</b>              |                    |
| Herramientas                                   |  |                                    |               |                     | 5.00%                    | 0.47               |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |  |                                    |               |                     |                          | <b>0.47</b>        |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |  |                                    |               |                     |                          |                    |
| 5. UTILIDAD                                    |  |                                    |               |                     |                          |                    |
| 6. IMPUESTOS                                   |  |                                    |               |                     |                          |                    |
| <b>Total precio unitario</b>                   |  |                                    |               |                     |                          | <b>9.79</b>        |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|------------------------------------------------|--|------------------------------------|---------------|---------------------|--------------------------|--------------------|
|                                                |  | <b>Proyecto</b>                    | :             | APU MATERIAL VIRGEN |                          |                    |
|                                                |  | <b>Actividad</b>                   | :             | Excavacion a pulso  |                          |                    |
|                                                |  | <b>Cantidad</b>                    | :             | 17.00               |                          |                    |
|                                                |  | <b>Unidad</b>                      | :             | m3                  |                          |                    |
|                                                |  | <b>Moneda</b>                      | :             | Dólares             |                          |                    |
| 1. MATERIALES                                  |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>     | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
| <b>Total materiales</b>                        |  |                                    |               |                     | <b>0.00</b>              |                    |
| 2. MANO DE OBRA                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>     | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1930459                                        |  | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)            | Hora          | 2.00                | 3.60                     | 7.20               |
| 1930460                                        |  | Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. C1) | Hora          | 0.25                | 3.82                     | 0.96               |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
| <b>Total mano de obra</b>                      |  |                                    |               |                     | <b>8.16</b>              |                    |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>     | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                     |                          |                    |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |  |                                    |               |                     | <b>0.00</b>              |                    |
| Herramientas                                   |  |                                    |               |                     | 5.00%                    | 0.41               |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |  |                                    |               |                     |                          | <b>0.41</b>        |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |  |                                    |               |                     |                          |                    |
| 5. UTILIDAD                                    |  |                                    |               |                     |                          |                    |
| 6. IMPUESTOS                                   |  |                                    |               |                     |                          |                    |
| <b>Total precio unitario</b>                   |  |                                    |               |                     |                          | <b>8.56</b>        |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

| <b>DATOS GENERALES</b>                         |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|------------------------------------------------|------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------|--------------------------|--------------------|
| <b>Proyecto</b>                                |                                    | :             | APU MATERIAL VIRGEN                              |                          |                    |
| <b>Actividad</b>                               |                                    | :             | Acarreo de material distancia promedio de 30 mts |                          |                    |
| <b>Cantidad</b>                                |                                    | :             | 510.00                                           |                          |                    |
| <b>Unidad</b>                                  |                                    | :             | m3                                               |                          |                    |
| <b>Moneda</b>                                  |                                    | :             | Dólares                                          |                          |                    |
| <b>1. MATERIALES</b>                           |                                    |               |                                                  |                          |                    |
| <b>Descripción</b>                             |                                    | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                                  | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
| <b>Total materiales</b>                        |                                    |               |                                                  |                          | <b>0.00</b>        |
| <b>2. MANO DE OBRA</b>                         |                                    |               |                                                  |                          |                    |
| <b>Descripción</b>                             |                                    | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                                  | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1930459                                        | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)            | Hora          | 1.33                                             | 3.60                     | 4.79               |
| 1930460                                        | Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. C1) | Hora          | 0.13                                             | 3.82                     | 0.50               |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                                    |               |                                                  |                          | <b>5.28</b>        |
| <b>3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>    |                                    |               |                                                  |                          |                    |
| <b>Descripción</b>                             |                                    | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                                  | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |                                    |               |                                                  |                          | <b>0.00</b>        |
|                                                |                                    |               |                                                  | Herramientas             | 5.00%              |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                                    |               |                                                  |                          | <b>0.26</b>        |
| <b>4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>   |                                    |               |                                                  |                          |                    |
| <b>5. UTILIDAD</b>                             |                                    |               |                                                  |                          |                    |
| <b>6. IMPUESTOS</b>                            |                                    |               |                                                  |                          |                    |
| <b>Total precio unitario</b>                   |                                    |               |                                                  |                          | <b>5.55</b>        |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |  |                            |               |                              |                          |                    |
|------------------------------------------------|--|----------------------------|---------------|------------------------------|--------------------------|--------------------|
|                                                |  | <b>Proyecto</b>            | :             | APU MATERIAL VIRGEN          |                          |                    |
|                                                |  | <b>Actividad</b>           | :             | Perfilado manual del terreno |                          |                    |
|                                                |  | <b>Cantidad</b>            | :             | 340.00                       |                          |                    |
|                                                |  | <b>Unidad</b>              | :             | m2                           |                          |                    |
|                                                |  | <b>Moneda</b>              | :             | Dólares                      |                          |                    |
| 1. MATERIALES                                  |  |                            |               |                              |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>         | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>              | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |  |                            |               |                              |                          |                    |
|                                                |  |                            |               |                              |                          |                    |
|                                                |  |                            |               |                              |                          |                    |
|                                                |  |                            |               |                              |                          |                    |
|                                                |  |                            |               |                              |                          |                    |
|                                                |  |                            |               |                              |                          |                    |
|                                                |  |                            |               |                              |                          |                    |
|                                                |  |                            |               |                              |                          |                    |
|                                                |  |                            |               |                              |                          |                    |
| <b>Total materiales</b>                        |  |                            |               |                              | <b>0.00</b>              |                    |
| 2. MANO DE OBRA                                |  |                            |               |                              |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>         | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>              | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1930459                                        |  | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)    | Hora          | 0.54                         | 3.60                     | 1.94               |
| 1930480                                        |  | Albañil (ESTRUC. OCUP. D2) | Hora          | 0.24                         | 3.45                     | 0.83               |
|                                                |  |                            |               |                              |                          |                    |
|                                                |  |                            |               |                              |                          |                    |
|                                                |  |                            |               |                              |                          |                    |
| <b>Total mano de obra</b>                      |  |                            |               |                              | <b>2.77</b>              |                    |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |  |                            |               |                              |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>         | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>              | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |  |                            |               |                              |                          |                    |
|                                                |  |                            |               |                              |                          |                    |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |  |                            |               |                              | <b>0.00</b>              |                    |
| Herramientas                                   |  |                            |               |                              | 5.00%                    | 0.14               |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |  |                            |               |                              |                          | <b>0.14</b>        |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |  |                            |               |                              |                          |                    |
| 5. UTILIDAD                                    |  |                            |               |                              |                          |                    |
| 6. IMPUESTOS                                   |  |                            |               |                              |                          |                    |
| <b>Total precio unitario</b>                   |  |                            |               |                              |                          | <b>2.91</b>        |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|
| <b>Proyecto</b>                                | :                                                       | APU MATERIAL VIRGEN                        |                 |                          |                    |
| <b>Actividad</b>                               | :                                                       | Acarreo mecanico de Sub-Base distancia=1km |                 |                          |                    |
| <b>Cantidad</b>                                | :                                                       | 357.00                                     |                 |                          |                    |
| <b>Unidad</b>                                  | :                                                       | m3                                         |                 |                          |                    |
| <b>Moneda</b>                                  | :                                                       | Dólares                                    |                 |                          |                    |
| 1. MATERIALES                                  |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>                                      | <b>Unidad</b>                              | <b>Cantidad</b> | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
| <b>Total materiales</b>                        |                                                         |                                            |                 |                          | <b>0.00</b>        |
| 2. MANO DE OBRA                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>                                      | <b>Unidad</b>                              | <b>Cantidad</b> | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1930459                                        | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)                                 | Hora                                       | 0.02            | 3.60                     | 0.05               |
| 1930474                                        | Operadores Equipo Pesado (ESTRUC. OCUP. C1 G1)          | Hora                                       | 0.02            | 3.82                     | 0.06               |
| 1930483                                        | Chofer profesional licencia E (ESTRUC. OCUP. Chofer C1) | Hora                                       | 0.02            | 3.89                     | 0.06               |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                                                         |                                            |                 |                          | <b>0.17</b>        |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>                                      | <b>Unidad</b>                              | <b>Cantidad</b> | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1930481                                        | Cargadora Frontal                                       | Hora                                       | 0.02            | 35.00                    | 0.53               |
| 1930482                                        | Volqueta 8m3                                            | Hora                                       | 0.02            | 30.00                    | 0.45               |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |                                                         |                                            |                 |                          | <b>0.98</b>        |
|                                                |                                                         |                                            |                 | Herramientas             | 5.00%              |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          | 0.01               |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                                                         |                                            |                 |                          | <b>0.98</b>        |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
| 5. UTILIDAD                                    |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
| 6. IMPUESTOS                                   |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
| <b>Total precio unitario</b>                   |                                                         |                                            |                 |                          | <b>1.15</b>        |

Sebastian Almeida, Kevin Segura



## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------|--------------------------|--------------------|
|                                                | <b>Proyecto</b>                                         | :             | APU MATERIAL VIRGEN                        |                          |                    |
|                                                | <b>Actividad</b>                                        | :             | Acarreo mecanico de material distancia=1km |                          |                    |
|                                                | <b>Cantidad</b>                                         | :             | 136.00                                     |                          |                    |
|                                                | <b>Unidad</b>                                           | :             | m3                                         |                          |                    |
|                                                | <b>Moneda</b>                                           | :             | Dólares                                    |                          |                    |
| 1. MATERIALES                                  |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>                                      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                            | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
| <b>Total materiales</b>                        |                                                         |               |                                            |                          | <b>0.00</b>        |
| 2. MANO DE OBRA                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>                                      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                            | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1930459                                        | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)                                 | Hora          | 0.02                                       | 3.60                     | 0.05               |
| 1930474                                        | Operadores Equipo Pesado (ESTRUC. OCUP. C1 G1)          | Hora          | 0.02                                       | 3.82                     | 0.06               |
| 1930483                                        | Chofer profesional licencia E (ESTRUC. OCUP. Chofer C1) | Hora          | 0.02                                       | 3.89                     | 0.06               |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                                                         |               |                                            |                          | <b>0.17</b>        |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>                                      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                            | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1930481                                        | Cargadora Frontal                                       | Hora          | 0.02                                       | 35.00                    | 0.53               |
| 1930482                                        | Volqueta 8m3                                            | Hora          | 0.02                                       | 30.00                    | 0.45               |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |                                                         |               |                                            |                          | <b>0.98</b>        |
|                                                |                                                         |               |                                            | Herramientas             | 5.00%              |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          | 0.01               |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                                                         |               |                                            |                          | <b>0.98</b>        |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |                                                         |               |                                            |                          |                    |
| 5. UTILIDAD                                    |                                                         |               |                                            |                          |                    |
| 6. IMPUESTOS                                   |                                                         |               |                                            |                          |                    |
| <b>Total precio unitario</b>                   |                                                         |               |                                            |                          | <b>1.15</b>        |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |                                                         |                  |          |                     |              |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------|----------|---------------------|--------------|
|                                                |                                                         | <b>Proyecto</b>  | :        | APU MATERIAL VIRGEN |              |
|                                                |                                                         | <b>Actividad</b> | :        | Base Clase 3        |              |
|                                                |                                                         | <b>Cantidad</b>  | :        | 136.00              |              |
|                                                |                                                         | <b>Unidad</b>    | :        | m3                  |              |
|                                                |                                                         | <b>Moneda</b>    | :        | Dólares             |              |
| 1. MATERIALES                                  |                                                         |                  |          |                     |              |
|                                                | Descripción                                             | Unidad           | Cantidad | Precio productivo   | Costo total  |
| 1930485                                        | Agua                                                    | m3               | 0.03     | 0.66                | 0.02         |
| 1930493                                        | Base Clase 3                                            | m3               | 1.25     | 9.00                | 11.25        |
|                                                |                                                         |                  |          |                     |              |
|                                                |                                                         |                  |          |                     |              |
|                                                |                                                         |                  |          |                     |              |
|                                                |                                                         |                  |          |                     |              |
|                                                |                                                         |                  |          |                     |              |
|                                                |                                                         |                  |          |                     |              |
| <b>Total materiales</b>                        |                                                         |                  |          |                     | <b>11.27</b> |
| 2. MANO DE OBRA                                |                                                         |                  |          |                     |              |
|                                                | Descripción                                             | Unidad           | Cantidad | Precio productivo   | Costo total  |
| 1930459                                        | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)                                 | Hora             | 0.08     | 3.60                | 0.29         |
| 1930460                                        | Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. C1)                      | Hora             | 0.00     | 3.82                | 0.01         |
| 1930474                                        | Operadores Equipo Pesado (ESTRUC. OCUP. C1 G1)          | Hora             | 0.05     | 3.82                | 0.21         |
| 1930483                                        | Chofer profesional licencia E (ESTRUC. OCUP. Chofer C1) | Hora             | 0.03     | 3.89                | 0.11         |
|                                                |                                                         |                  |          |                     |              |
|                                                |                                                         |                  |          |                     |              |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                                                         |                  |          |                     | <b>0.61</b>  |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |                                                         |                  |          |                     |              |
|                                                | Descripción                                             | Unidad           | Cantidad | Precio productivo   | Costo total  |
| 1930492                                        | Motoniveladora                                          | Hora             | 0.03     | 44.00               | 1.19         |
| 1930484                                        | Rodillo compactador                                     | Hora             | 0.03     | 8.20                | 0.22         |
| 1930486                                        | Tanquero                                                | Hora             | 0.03     | 30.00               | 0.81         |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |                                                         |                  |          |                     | <b>2.22</b>  |
|                                                |                                                         |                  |          | Herramientas        | 5.00%        |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                                                         |                  |          |                     | <b>2.25</b>  |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |                                                         |                  |          |                     |              |
| 5. UTILIDAD                                    |                                                         |                  |          |                     |              |
| 6. IMPUESTOS                                   |                                                         |                  |          |                     |              |
| <b>Total precio unitario</b>                   |                                                         |                  |          |                     | <b>14.13</b> |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |                                                         |               |                                     |                          |                              |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------|
|                                                | <b>Proyecto</b>                                         | :             | APU MATERIAL VIRGEN                 |                          |                              |
|                                                | <b>Actividad</b>                                        | :             | Acarreo mecanico de material virgen |                          |                              |
|                                                | <b>Cantidad</b>                                         | :             | 200.00                              |                          |                              |
|                                                | <b>Unidad</b>                                           | :             | m3                                  |                          |                              |
|                                                | <b>Moneda</b>                                           | :             | Dólares                             |                          |                              |
| 1. MATERIALES                                  |                                                         |               |                                     |                          |                              |
|                                                | <b>Descripción</b>                                      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                     | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b>           |
|                                                |                                                         |               |                                     |                          |                              |
|                                                |                                                         |               |                                     |                          |                              |
|                                                |                                                         |               |                                     |                          |                              |
|                                                |                                                         |               |                                     |                          |                              |
|                                                |                                                         |               |                                     |                          |                              |
|                                                |                                                         |               |                                     |                          |                              |
|                                                |                                                         |               |                                     |                          |                              |
|                                                |                                                         |               |                                     |                          |                              |
|                                                |                                                         |               |                                     |                          |                              |
| <b>Total materiales</b>                        |                                                         |               |                                     |                          | <b>0.00</b>                  |
| 2. MANO DE OBRA                                |                                                         |               |                                     |                          |                              |
|                                                | <b>Descripción</b>                                      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                     | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b>           |
| 1930459                                        | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)                                 | Hora          | 0.05                                | 3.60                     | 0.18                         |
| 1930474                                        | Operadores Equipo Pesado (ESTRUC. OCUP. C1 G1)          | Hora          | 0.05                                | 3.82                     | 0.19                         |
| 1930483                                        | Chofer profesional licencia E (ESTRUC. OCUP. Chofer C1) | Hora          | 0.05                                | 3.89                     | 0.19                         |
|                                                |                                                         |               |                                     |                          |                              |
|                                                |                                                         |               |                                     |                          |                              |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                                                         |               |                                     |                          | <b>0.57</b>                  |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |                                                         |               |                                     |                          |                              |
|                                                | <b>Descripción</b>                                      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                     | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b>           |
| 1930481                                        | Cargadora Frontal                                       | Hora          | 0.05                                | 35.00                    | 1.75                         |
| 1930482                                        | Volqueta 8m3                                            | Hora          | 0.05                                | 30.00                    | 1.50                         |
|                                                |                                                         |               |                                     |                          |                              |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |                                                         |               |                                     |                          | <b>3.25</b>                  |
|                                                |                                                         |               |                                     | Herramientas             | 5.00%                        |
|                                                |                                                         |               |                                     |                          | 0.03                         |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                                                         |               |                                     |                          | <b>3.28</b>                  |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |                                                         |               |                                     |                          |                              |
| 5. UTILIDAD                                    |                                                         |               |                                     |                          |                              |
| 6. IMPUESTOS                                   |                                                         |               |                                     |                          |                              |
|                                                |                                                         |               |                                     |                          | <b>Total precio unitario</b> |
|                                                |                                                         |               |                                     |                          | <b>3.84</b>                  |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

| <b>DATOS GENERALES</b>                         |                                                |                  |          |                                            |             |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------|----------|--------------------------------------------|-------------|
|                                                |                                                | <b>Proyecto</b>  | :        | APU MATERIAL VIRGEN                        |             |
|                                                |                                                | <b>Actividad</b> | :        | Carpeta asfáltica en frío de 10 cm         |             |
|                                                |                                                | <b>Cantidad</b>  | :        | 1,190.00                                   |             |
|                                                |                                                | <b>Unidad</b>    | :        | m2                                         |             |
|                                                |                                                | <b>Moneda</b>    | :        | Dólares                                    |             |
| <b>1. MATERIALES</b>                           |                                                |                  |          |                                            |             |
| Descripción                                    |                                                | Unidad           | Cantidad | Precio productivo                          | Costo total |
| 1930500                                        | Material granular                              | m3               | 0.10     | 15.50                                      | 1.55        |
| 1930501                                        | Emulsion                                       | kg               | 6.00     | 0.60                                       | 3.60        |
|                                                |                                                |                  |          |                                            |             |
|                                                |                                                |                  |          |                                            |             |
|                                                |                                                |                  |          |                                            |             |
|                                                |                                                |                  |          |                                            |             |
|                                                |                                                |                  |          |                                            |             |
|                                                |                                                |                  |          |                                            |             |
|                                                |                                                |                  |          |                                            |             |
|                                                |                                                |                  |          |                                            |             |
| <b>Total materiales</b>                        |                                                |                  |          |                                            | <b>5.15</b> |
| <b>2. MANO DE OBRA</b>                         |                                                |                  |          |                                            |             |
| Descripción                                    |                                                | Unidad           | Cantidad | Precio productivo                          | Costo total |
| 1930459                                        | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)                        | Hora             | 0.04     | 3.60                                       | 0.14        |
| 1930460                                        | Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. C1)             | Hora             | 0.01     | 3.82                                       | 0.04        |
| 1930474                                        | Operadores Equipo Pesado (ESTRUC. OCUP. C1 G1) | Hora             | 0.01     | 3.82                                       | 0.04        |
|                                                |                                                |                  |          |                                            |             |
|                                                |                                                |                  |          |                                            |             |
|                                                |                                                |                  |          |                                            |             |
|                                                |                                                |                  |          |                                            |             |
|                                                |                                                |                  |          |                                            |             |
|                                                |                                                |                  |          |                                            |             |
|                                                |                                                |                  |          |                                            |             |
|                                                |                                                |                  |          |                                            |             |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                                                |                  |          |                                            | <b>0.22</b> |
| <b>3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>    |                                                |                  |          |                                            |             |
| Descripción                                    |                                                | Unidad           | Cantidad | Precio productivo                          | Costo total |
| 1930484                                        | Rodillo compactador                            | Hora             | 0.01     | 8.20                                       | 0.04        |
| 1930496                                        | Rodillo vibratorio doble tambor                | Hora             | 0.01     | 20.00                                      | 0.10        |
| 1930482                                        | Volqueta 8m3                                   | Hora             | 0.05     | 30.00                                      | 1.50        |
| 1930497                                        | Pavimentadora                                  | Hora             | 0.01     | 52.80                                      | 0.26        |
| 1930498                                        | Planta de asfalto                              | Hora             | 0.01     | 88.00                                      | 0.44        |
| 1930499                                        | Tractor                                        | Hora             | 0.01     | 35.00                                      | 0.35        |
|                                                |                                                |                  |          | Subtotal equipo, maquinaria y herramientas | <b>2.70</b> |
|                                                |                                                |                  |          | Herramientas                               | 5.00%       |
|                                                |                                                |                  |          |                                            | 0.01        |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                                                |                  |          |                                            | <b>2.71</b> |
| <b>4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>   |                                                |                  |          |                                            |             |
| <b>5. UTILIDAD</b>                             |                                                |                  |          |                                            |             |
| <b>6. IMPUESTOS</b>                            |                                                |                  |          |                                            |             |
|                                                |                                                |                  |          |                                            |             |
|                                                |                                                |                  |          |                                            |             |
| <b>Total precio unitario</b>                   |                                                |                  |          |                                            | <b>8.08</b> |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |                                                    |        |                                                           |                   |             |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------|-------------------|-------------|
|                                                | <b>Proyecto</b>                                    | :      | APU MATERIAL VIRGEN                                       |                   |             |
|                                                | <b>Actividad</b>                                   | :      | Acera de hormigon fc=10kg/cm2 E=10cm (incluye transporte) |                   |             |
|                                                | <b>Cantidad</b>                                    | :      | 510.00                                                    |                   |             |
|                                                | <b>Unidad</b>                                      | :      | m2                                                        |                   |             |
|                                                | <b>Moneda</b>                                      | :      | Dólares                                                   |                   |             |
| 1. MATERIALES                                  |                                                    |        |                                                           |                   |             |
|                                                | Descripción                                        | Unidad | Cantidad                                                  | Precio productivo | Costo total |
| 1930503                                        | Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg - Holcim DISENSA | saco   | 0.50                                                      | 8.25              | 4.13        |
| 1930504                                        | Arena                                              | m3     | 0.05                                                      | 11.00             | 0.55        |
| 1930505                                        | Ripio                                              | m3     | 0.07                                                      | 18.00             | 1.26        |
| 1930485                                        | Agua                                               | m3     | 0.02                                                      | 0.66              | 0.01        |
| 1930506                                        | Tiras de madera 7cm                                | m      | 1.00                                                      | 0.47              | 0.47        |
|                                                |                                                    |        |                                                           |                   |             |
|                                                |                                                    |        |                                                           |                   |             |
|                                                |                                                    |        |                                                           |                   |             |
|                                                |                                                    |        |                                                           |                   |             |
|                                                |                                                    |        |                                                           |                   |             |
| <b>Total materiales</b>                        |                                                    |        |                                                           |                   | <b>6.42</b> |
| 2. MANO DE OBRA                                |                                                    |        |                                                           |                   |             |
|                                                | Descripción                                        | Unidad | Cantidad                                                  | Precio productivo | Costo total |
| 1930459                                        | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)                            | Hora   | 0.50                                                      | 3.60              | 1.80        |
| 1930480                                        | Albañil (ESTRUC. OCUP. D2)                         | Hora   | 0.10                                                      | 3.45              | 0.35        |
| 1930460                                        | Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. C1)                 | Hora   | 0.10                                                      | 3.82              | 0.38        |
|                                                |                                                    |        |                                                           |                   |             |
|                                                |                                                    |        |                                                           |                   |             |
|                                                |                                                    |        |                                                           |                   |             |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                                                    |        |                                                           |                   | <b>2.53</b> |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |                                                    |        |                                                           |                   |             |
|                                                | Descripción                                        | Unidad | Cantidad                                                  | Precio productivo | Costo total |
|                                                |                                                    |        |                                                           |                   |             |
|                                                |                                                    |        |                                                           |                   |             |
|                                                |                                                    |        |                                                           |                   |             |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |                                                    |        |                                                           |                   | <b>0.00</b> |
|                                                |                                                    |        |                                                           | Herramientas      | 5.00%       |
|                                                |                                                    |        |                                                           |                   | 0.13        |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                                                    |        |                                                           |                   | <b>0.13</b> |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |                                                    |        |                                                           |                   |             |
| 5. UTILIDAD                                    |                                                    |        |                                                           |                   |             |
| 6. IMPUESTOS                                   |                                                    |        |                                                           |                   |             |
|                                                |                                                    |        |                                                           |                   |             |
| <b>Total precio unitario</b>                   |                                                    |        |                                                           |                   | <b>9.07</b> |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |                           |        |                     |                   |             |
|------------------------------------------------|---------------------------|--------|---------------------|-------------------|-------------|
|                                                | <b>Proyecto</b>           | :      | APU MATERIAL VIRGEN |                   |             |
|                                                | <b>Actividad</b>          | :      | Pintura de trafico  |                   |             |
|                                                | <b>Cantidad</b>           | :      | 200.00              |                   |             |
|                                                | <b>Unidad</b>             | :      | m2                  |                   |             |
|                                                | <b>Moneda</b>             | :      | Dólares             |                   |             |
| 1. MATERIALES                                  |                           |        |                     |                   |             |
|                                                | Descripción               | Unidad | Cantidad            | Precio productivo | Costo total |
| 1930511                                        | Pintura para trafico      | gal    | 0.06                | 15.00             | 0.90        |
|                                                |                           |        |                     |                   |             |
|                                                |                           |        |                     |                   |             |
|                                                |                           |        |                     |                   |             |
|                                                |                           |        |                     |                   |             |
|                                                |                           |        |                     |                   |             |
|                                                |                           |        |                     |                   |             |
|                                                |                           |        |                     |                   |             |
| <b>Total materiales</b>                        |                           |        |                     |                   | <b>0.90</b> |
| 2. MANO DE OBRA                                |                           |        |                     |                   |             |
|                                                | Descripción               | Unidad | Cantidad            | Precio productivo | Costo total |
| 1930459                                        | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)   | Hora   | 0.30                | 3.60              | 1.08        |
| 1930510                                        | Pintor (ESTRUC. OCUP. D2) | Hora   | 0.30                | 3.45              | 1.04        |
|                                                |                           |        |                     |                   |             |
|                                                |                           |        |                     |                   |             |
|                                                |                           |        |                     |                   |             |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                           |        |                     |                   | <b>2.12</b> |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |                           |        |                     |                   |             |
|                                                | Descripción               | Unidad | Cantidad            | Precio productivo | Costo total |
|                                                |                           |        |                     |                   |             |
|                                                |                           |        |                     |                   |             |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |                           |        |                     |                   | <b>0.00</b> |
|                                                |                           |        |                     | Herramientas      | 5.00%       |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                           |        |                     |                   | <b>0.11</b> |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |                           |        |                     |                   |             |
| 5. UTILIDAD                                    |                           |        |                     |                   |             |
| 6. IMPUESTOS                                   |                           |        |                     |                   |             |
| <b>Total precio unitario</b>                   |                           |        |                     |                   | <b>3.12</b> |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|------------------------------------------------|--|------------------------------------|---------------|---------------------------|--------------------------|--------------------|
|                                                |  | <b>Proyecto</b>                    | :             | APU MATERIAL VIRGEN       |                          |                    |
|                                                |  | <b>Actividad</b>                   | :             | Limpieza final de la obra |                          |                    |
|                                                |  | <b>Cantidad</b>                    | :             | 1,190.00                  |                          |                    |
|                                                |  | <b>Unidad</b>                      | :             | m2                        |                          |                    |
|                                                |  | <b>Moneda</b>                      | :             | Dólares                   |                          |                    |
| 1. MATERIALES                                  |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>           | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
| <b>Total materiales</b>                        |  |                                    |               |                           | <b>0.00</b>              |                    |
| 2. MANO DE OBRA                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>           | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1930459                                        |  | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)            | Hora          | 0.64                      | 3.60                     | 2.30               |
| 1930480                                        |  | Albañil (ESTRUC. OCUP. D2)         | Hora          | 0.03                      | 3.45                     | 0.11               |
| 1930460                                        |  | Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. C1) | Hora          | 0.03                      | 3.82                     | 0.12               |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
| <b>Total mano de obra</b>                      |  |                                    |               |                           | <b>2.54</b>              |                    |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>           | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |  |                                    |               |                           | <b>0.00</b>              |                    |
| Herramientas                                   |  |                                    |               |                           | 5.00%                    | 0.13               |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |  |                                    |               |                           |                          | <b>0.13</b>        |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |  |                                    |               |                           |                          |                    |
| 5. UTILIDAD                                    |  |                                    |               |                           |                          |                    |
| 6. IMPUESTOS                                   |  |                                    |               |                           |                          |                    |
| <b>Total precio unitario</b>                   |  |                                    |               |                           |                          | <b>2.66</b>        |

Sebastian Almeida, Kevin Segura



### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|------------------------------------------------|------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------|--------------------------|--------------------|
|                                                | <b>Proyecto</b>                    | :             | APU MATERIAL RECICLADO                           |                          |                    |
|                                                | <b>Actividad</b>                   | :             | Bateria sanitaria Obreros de 1 hasta 10 personas |                          |                    |
|                                                | <b>Cantidad</b>                    | :             | 1.00                                             |                          |                    |
|                                                | <b>Unidad</b>                      | :             | mes                                              |                          |                    |
|                                                | <b>Moneda</b>                      | :             | Dólares                                          |                          |                    |
| 1. MATERIALES                                  |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                                  | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1925794                                        | Cabaña SENCILLA sanitaria RENTECO  | mes           | 1.00                                             | 134.40                   | 134.40             |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
| <b>Total materiales</b>                        |                                    |               |                                                  |                          | <b>134.40</b>      |
| 2. MANO DE OBRA                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                                  | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1925692                                        | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)            | Hora          | 1.00                                             | 3.60                     | 3.60               |
| 1925774                                        | Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. C1) | Hora          | 1.00                                             | 3.82                     | 3.82               |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                                    |               |                                                  |                          | <b>7.42</b>        |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                                  | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
|                                                |                                    |               |                                                  |                          |                    |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |                                    |               |                                                  |                          | <b>0.00</b>        |
|                                                |                                    |               |                                                  | Herramientas             | 5.00%              |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                                    |               |                                                  |                          | <b>0.37</b>        |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |                                    |               |                                                  |                          |                    |
| 5. UTILIDAD                                    |                                    |               |                                                  |                          |                    |
| 6. IMPUESTOS                                   |                                    |               |                                                  |                          |                    |
| <b>Total precio unitario</b>                   |                                    |               |                                                  |                          | <b>142.19</b>      |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |                                           |                  |          |                        |              |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------|----------|------------------------|--------------|
|                                                |                                           | <b>Proyecto</b>  | :        | APU MATERIAL RECICLADO |              |
|                                                |                                           | <b>Actividad</b> | :        | Letrero de obra        |              |
|                                                |                                           | <b>Cantidad</b>  | :        | 2.00                   |              |
|                                                |                                           | <b>Unidad</b>    | :        | u                      |              |
|                                                |                                           | <b>Moneda</b>    | :        | Dólares                |              |
| 1. MATERIALES                                  |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                | Descripción                               | Unidad           | Cantidad | Precio productivo      | Costo total  |
| 1925796                                        | Letrero de obra                           | u                | 1.00     | 45.00                  | 45.00        |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
| <b>Total materiales</b>                        |                                           |                  |          |                        | <b>45.00</b> |
| 2. MANO DE OBRA                                |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                | Descripción                               | Unidad           | Cantidad | Precio productivo      | Costo total  |
| 1925795                                        | Ayudante de perforador (ESTRUC. OCUP. D2) | Hora             | 1.00     | 3.45                   | 3.45         |
| 1925774                                        | Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. C1)        | Hora             | 1.00     | 3.82                   | 3.82         |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                                           |                  |          |                        | <b>7.27</b>  |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                | Descripción                               | Unidad           | Cantidad | Precio productivo      | Costo total  |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |                                           |                  |          |                        | <b>0.00</b>  |
|                                                |                                           |                  |          | Herramientas           | 5.00%        |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                                           |                  |          |                        | <b>0.36</b>  |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |                                           |                  |          |                        |              |
| 5. UTILIDAD                                    |                                           |                  |          |                        |              |
| 6. IMPUESTOS                                   |                                           |                  |          |                        |              |
| <b>Total precio unitario</b>                   |                                           |                  |          |                        | <b>52.63</b> |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |                              |               |                        |                          |                    |
|------------------------------------------------|------------------------------|---------------|------------------------|--------------------------|--------------------|
|                                                | <b>Proyecto</b>              | :             | APU MATERIAL RECICLADO |                          |                    |
|                                                | <b>Actividad</b>             | :             | Replanteo y nivelacion |                          |                    |
|                                                | <b>Cantidad</b>              | :             | 170.00                 |                          |                    |
|                                                | <b>Unidad</b>                | :             | m2                     |                          |                    |
|                                                | <b>Moneda</b>                | :             | Dólares                |                          |                    |
| 1. MATERIALES                                  |                              |               |                        |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>           | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>        | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1925789                                        | Tiras                        | u             | 0.20                   | 0.90                     | 0.18               |
|                                                |                              |               |                        |                          |                    |
|                                                |                              |               |                        |                          |                    |
|                                                |                              |               |                        |                          |                    |
|                                                |                              |               |                        |                          |                    |
|                                                |                              |               |                        |                          |                    |
|                                                |                              |               |                        |                          |                    |
|                                                |                              |               |                        |                          |                    |
|                                                |                              |               |                        |                          |                    |
| <b>Total materiales</b>                        |                              |               |                        |                          | <b>0.18</b>        |
| 2. MANO DE OBRA                                |                              |               |                        |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>           | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>        | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1925787                                        | Cadenero (ESTRUC. OCUP. D2)  | Hora          | 0.14                   | 3.45                     | 0.48               |
| 1925788                                        | Topografo (ESTRUC. OCUP. C1) | Hora          | 0.14                   | 3.82                     | 0.53               |
|                                                |                              |               |                        |                          |                    |
|                                                |                              |               |                        |                          |                    |
|                                                |                              |               |                        |                          |                    |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                              |               |                        |                          | <b>1.02</b>        |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |                              |               |                        |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>           | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>        | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1925790                                        | Teodolito                    | hora          | 0.14                   | 6.88                     | 0.96               |
|                                                |                              |               |                        |                          |                    |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |                              |               |                        |                          | <b>0.96</b>        |
|                                                |                              |               |                        | Herramientas             | 5.00%              |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                              |               |                        |                          | <b>1.01</b>        |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |                              |               |                        |                          |                    |
| 5. UTILIDAD                                    |                              |               |                        |                          |                    |
| 6. IMPUESTOS                                   |                              |               |                        |                          |                    |
| <b>Total precio unitario</b>                   |                              |               |                        |                          | <b>2.21</b>        |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |  |                         |               |                        |                          |                    |
|------------------------------------------------|--|-------------------------|---------------|------------------------|--------------------------|--------------------|
|                                                |  | <b>Proyecto</b>         | :             | APU MATERIAL RECICLADO |                          |                    |
|                                                |  | <b>Actividad</b>        | :             | Desbroce y limpieza    |                          |                    |
|                                                |  | <b>Cantidad</b>         | :             | 170.00                 |                          |                    |
|                                                |  | <b>Unidad</b>           | :             | m2                     |                          |                    |
|                                                |  | <b>Moneda</b>           | :             | Dólares                |                          |                    |
| 1. MATERIALES                                  |  |                         |               |                        |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>        | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |  |                         |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                        |                          |                    |
| <b>Total materiales</b>                        |  |                         |               |                        | <b>0.00</b>              |                    |
| 2. MANO DE OBRA                                |  |                         |               |                        |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>        | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1925692                                        |  | Peón (ESTRUC. OCUP. E2) | Hora          | 0.29                   | 3.60                     | 1.03               |
|                                                |  |                         |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                        |                          |                    |
| <b>Total mano de obra</b>                      |  |                         |               |                        | <b>1.03</b>              |                    |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |  |                         |               |                        |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>        | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |  |                         |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                        |                          |                    |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |  |                         |               |                        | <b>0.00</b>              |                    |
| Herramientas                                   |  |                         |               |                        | 5.00%                    | 0.05               |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |  |                         |               |                        |                          | <b>0.05</b>        |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |  |                         |               |                        |                          |                    |
| 5. UTILIDAD                                    |  |                         |               |                        |                          |                    |
| 6. IMPUESTOS                                   |  |                         |               |                        |                          |                    |
| <b>Total precio unitario</b>                   |  |                         |               |                        |                          | <b>1.08</b>        |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |  |                         |               |                                           |                          |                    |
|------------------------------------------------|--|-------------------------|---------------|-------------------------------------------|--------------------------|--------------------|
|                                                |  | <b>Proyecto</b>         | :             | APU MATERIAL RECICLADO                    |                          |                    |
|                                                |  | <b>Actividad</b>        | :             | Acarreo manual de material distancia=100m |                          |                    |
|                                                |  | <b>Cantidad</b>         | :             | 10.00                                     |                          |                    |
|                                                |  | <b>Unidad</b>           | :             | m3                                        |                          |                    |
|                                                |  | <b>Moneda</b>           | :             | Dólares                                   |                          |                    |
| 1. MATERIALES                                  |  |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                           | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |  |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                                           |                          |                    |
| <b>Total materiales</b>                        |  |                         |               |                                           | <b>0.00</b>              |                    |
| 2. MANO DE OBRA                                |  |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                           | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1925692                                        |  | Peón (ESTRUC. OCUP. E2) | Hora          | 1.12                                      | 3.60                     | 4.03               |
|                                                |  |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                                           |                          |                    |
| <b>Total mano de obra</b>                      |  |                         |               |                                           | <b>4.03</b>              |                    |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |  |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                           | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |  |                         |               |                                           |                          |                    |
|                                                |  |                         |               |                                           |                          |                    |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |  |                         |               |                                           | <b>0.00</b>              |                    |
| Herramientas                                   |  |                         |               |                                           | 5.00%                    | 0.20               |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |  |                         |               |                                           |                          | <b>0.20</b>        |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |  |                         |               |                                           |                          |                    |
| 5. UTILIDAD                                    |  |                         |               |                                           |                          |                    |
| 6. IMPUESTOS                                   |  |                         |               |                                           |                          |                    |
| <b>Total precio unitario</b>                   |  |                         |               |                                           |                          | <b>4.23</b>        |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------|
|                                                |  | <b>Proyecto</b>                                         | :             | APU MATERIAL RECICLADO            |                          |                    |
|                                                |  | <b>Actividad</b>                                        | :             | Excavacion a maquina (excavadora) |                          |                    |
|                                                |  | <b>Cantidad</b>                                         | :             | 357.00                            |                          |                    |
|                                                |  | <b>Unidad</b>                                           | :             | m3                                |                          |                    |
|                                                |  | <b>Moneda</b>                                           | :             | Dólares                           |                          |                    |
| 1. MATERIALES                                  |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                                      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                   | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
| <b>Total materiales</b>                        |  |                                                         |               |                                   |                          | <b>0.00</b>        |
| 2. MANO DE OBRA                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                                      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                   | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1925692                                        |  | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)                                 | Hora          | 0.17                              | 3.60                     | 0.61               |
| 1925774                                        |  | Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. C1)                      | Hora          | 0.02                              | 3.82                     | 0.08               |
| 1925775                                        |  | Operadores Equipo Pesado (ESTRUC. OCUP. C1 G1)          | Hora          | 0.17                              | 3.82                     | 0.65               |
| 1925777                                        |  | Engrasador o abastecedor responsable (ESTRUC. OCUP. D2) | Hora          | 0.17                              | 3.55                     | 0.60               |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
| <b>Total mano de obra</b>                      |  |                                                         |               |                                   |                          | <b>1.94</b>        |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                                      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                   | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1925776                                        |  | Excavadora de oruga                                     | Hora          | 0.17                              | 47.00                    | 7.99               |
|                                                |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |  |                                                         |               |                                   |                          | <b>7.99</b>        |
| Herramientas                                   |  |                                                         |               |                                   | 5.00%                    | 0.10               |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |  |                                                         |               |                                   |                          | <b>8.09</b>        |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
| 5. UTILIDAD                                    |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
| 6. IMPUESTOS                                   |  |                                                         |               |                                   |                          |                    |
| <b>Total precio unitario</b>                   |  |                                                         |               |                                   |                          | <b>10.03</b>       |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|------------------------------------------------|--|------------------------------------|---------------|------------------------|--------------------------|--------------------|
|                                                |  | <b>Proyecto</b>                    | :             | APU MATERIAL RECICLADO |                          |                    |
|                                                |  | <b>Actividad</b>                   | :             | Desbanque manual       |                          |                    |
|                                                |  | <b>Cantidad</b>                    | :             | 136.00                 |                          |                    |
|                                                |  | <b>Unidad</b>                      | :             | m3                     |                          |                    |
|                                                |  | <b>Moneda</b>                      | :             | Dólares                |                          |                    |
| 1. MATERIALES                                  |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>        | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
| <b>Total materiales</b>                        |  |                                    |               |                        | <b>0.00</b>              |                    |
| 2. MANO DE OBRA                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>        | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1925692                                        |  | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)            | Hora          | 2.46                   | 3.60                     | 8.86               |
| 1925774                                        |  | Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. C1) | Hora          | 0.12                   | 3.82                     | 0.47               |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
| <b>Total mano de obra</b>                      |  |                                    |               |                        | <b>9.33</b>              |                    |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>        | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |  |                                    |               |                        | <b>0.00</b>              |                    |
| Herramientas                                   |  |                                    |               |                        | 5.00%                    | 0.47               |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |  |                                    |               |                        |                          | <b>0.47</b>        |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |  |                                    |               |                        |                          |                    |
| 5. UTILIDAD                                    |  |                                    |               |                        |                          |                    |
| 6. IMPUESTOS                                   |  |                                    |               |                        |                          |                    |
| <b>Total precio unitario</b>                   |  |                                    |               |                        |                          | <b>9.79</b>        |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|------------------------------------------------|--|------------------------------------|---------------|------------------------|--------------------------|--------------------|
|                                                |  | <b>Proyecto</b>                    | :             | APU MATERIAL RECICLADO |                          |                    |
|                                                |  | <b>Actividad</b>                   | :             | Excavacion a pulso     |                          |                    |
|                                                |  | <b>Cantidad</b>                    | :             | 17.00                  |                          |                    |
|                                                |  | <b>Unidad</b>                      | :             | m3                     |                          |                    |
|                                                |  | <b>Moneda</b>                      | :             | Dólares                |                          |                    |
| 1. MATERIALES                                  |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>        | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
| <b>Total materiales</b>                        |  |                                    |               |                        | <b>0.00</b>              |                    |
| 2. MANO DE OBRA                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>        | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1925692                                        |  | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)            | Hora          | 2.00                   | 3.60                     | 7.20               |
| 1925774                                        |  | Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. C1) | Hora          | 0.25                   | 3.82                     | 0.96               |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
| <b>Total mano de obra</b>                      |  |                                    |               |                        | <b>8.16</b>              |                    |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>        | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                        |                          |                    |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |  |                                    |               |                        | <b>0.00</b>              |                    |
| Herramientas                                   |  |                                    |               |                        | 5.00%                    | 0.41               |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |  |                                    |               |                        |                          | <b>0.41</b>        |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |  |                                    |               |                        |                          |                    |
| 5. UTILIDAD                                    |  |                                    |               |                        |                          |                    |
| 6. IMPUESTOS                                   |  |                                    |               |                        |                          |                    |
| <b>Total precio unitario</b>                   |  |                                    |               |                        |                          | <b>8.56</b>        |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |                                    |                                                  |                 |                          |                    |
|------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|
| <b>Proyecto</b>                                | :                                  | APU MATERIAL RECICLADO                           |                 |                          |                    |
| <b>Actividad</b>                               | :                                  | Acarreo de material distancia promedio de 30 mts |                 |                          |                    |
| <b>Cantidad</b>                                | :                                  | 510.00                                           |                 |                          |                    |
| <b>Unidad</b>                                  | :                                  | m3                                               |                 |                          |                    |
| <b>Moneda</b>                                  | :                                  | Dólares                                          |                 |                          |                    |
| 1. MATERIALES                                  |                                    |                                                  |                 |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b>                                    | <b>Cantidad</b> | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |                                    |                                                  |                 |                          |                    |
|                                                |                                    |                                                  |                 |                          |                    |
|                                                |                                    |                                                  |                 |                          |                    |
|                                                |                                    |                                                  |                 |                          |                    |
|                                                |                                    |                                                  |                 |                          |                    |
|                                                |                                    |                                                  |                 |                          |                    |
|                                                |                                    |                                                  |                 |                          |                    |
|                                                |                                    |                                                  |                 |                          |                    |
|                                                |                                    |                                                  |                 |                          |                    |
| <b>Total materiales</b>                        |                                    |                                                  |                 |                          | <b>0.00</b>        |
| 2. MANO DE OBRA                                |                                    |                                                  |                 |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b>                                    | <b>Cantidad</b> | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1925692                                        | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)            | Hora                                             | 1.33            | 3.60                     | 4.79               |
| 1925774                                        | Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. C1) | Hora                                             | 0.13            | 3.82                     | 0.50               |
|                                                |                                    |                                                  |                 |                          |                    |
|                                                |                                    |                                                  |                 |                          |                    |
|                                                |                                    |                                                  |                 |                          |                    |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                                    |                                                  |                 |                          | <b>5.28</b>        |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |                                    |                                                  |                 |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b>                                    | <b>Cantidad</b> | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |                                    |                                                  |                 |                          |                    |
|                                                |                                    |                                                  |                 |                          |                    |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |                                    |                                                  |                 |                          | <b>0.00</b>        |
|                                                |                                    |                                                  |                 | Herramientas             | 5.00%              |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                                    |                                                  |                 |                          | <b>0.26</b>        |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |                                    |                                                  |                 |                          |                    |
| 5. UTILIDAD                                    |                                    |                                                  |                 |                          |                    |
| 6. IMPUESTOS                                   |                                    |                                                  |                 |                          |                    |
| <b>Total precio unitario</b>                   |                                    |                                                  |                 |                          | <b>5.55</b>        |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

| <b>DATOS GENERALES</b>                         |                            |                  |                 |                              |                    |
|------------------------------------------------|----------------------------|------------------|-----------------|------------------------------|--------------------|
|                                                |                            | <b>Proyecto</b>  | :               | APU MATERIAL RECICLADO       |                    |
|                                                |                            | <b>Actividad</b> | :               | Perfilado manual del terreno |                    |
|                                                |                            | <b>Cantidad</b>  | :               | 340.00                       |                    |
|                                                |                            | <b>Unidad</b>    | :               | m2                           |                    |
|                                                |                            | <b>Moneda</b>    | :               | Dólares                      |                    |
| <b>1. MATERIALES</b>                           |                            |                  |                 |                              |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>         | <b>Unidad</b>    | <b>Cantidad</b> | <b>Precio productivo</b>     | <b>Costo total</b> |
|                                                |                            |                  |                 |                              |                    |
|                                                |                            |                  |                 |                              |                    |
|                                                |                            |                  |                 |                              |                    |
|                                                |                            |                  |                 |                              |                    |
|                                                |                            |                  |                 |                              |                    |
|                                                |                            |                  |                 |                              |                    |
|                                                |                            |                  |                 |                              |                    |
|                                                |                            |                  |                 |                              |                    |
|                                                |                            |                  |                 |                              |                    |
| <b>Total materiales</b>                        |                            |                  |                 |                              | <b>0.00</b>        |
| <b>2. MANO DE OBRA</b>                         |                            |                  |                 |                              |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>         | <b>Unidad</b>    | <b>Cantidad</b> | <b>Precio productivo</b>     | <b>Costo total</b> |
| 1925692                                        | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)    | Hora             | 0.54            | 3.60                         | 1.94               |
| 1925773                                        | Albañil (ESTRUC. OCUP. D2) | Hora             | 0.24            | 3.45                         | 0.83               |
|                                                |                            |                  |                 |                              |                    |
|                                                |                            |                  |                 |                              |                    |
|                                                |                            |                  |                 |                              |                    |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                            |                  |                 |                              | <b>2.77</b>        |
| <b>3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>    |                            |                  |                 |                              |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>         | <b>Unidad</b>    | <b>Cantidad</b> | <b>Precio productivo</b>     | <b>Costo total</b> |
|                                                |                            |                  |                 |                              |                    |
|                                                |                            |                  |                 |                              |                    |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |                            |                  |                 |                              | <b>0.00</b>        |
|                                                |                            |                  |                 | Herramientas                 | 5.00%              |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                            |                  |                 |                              | <b>0.14</b>        |
| <b>4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>   |                            |                  |                 |                              |                    |
| <b>5. UTILIDAD</b>                             |                            |                  |                 |                              |                    |
| <b>6. IMPUESTOS</b>                            |                            |                  |                 |                              |                    |
| <b>Total precio unitario</b>                   |                            |                  |                 |                              | <b>2.91</b>        |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|
| <b>Proyecto</b>                                | :                                                       | APU MATERIAL RECICLADO                     |                 |                          |                    |
| <b>Actividad</b>                               | :                                                       | Acarreo mecanico de Sub-Base distancia=1km |                 |                          |                    |
| <b>Cantidad</b>                                | :                                                       | 357.00                                     |                 |                          |                    |
| <b>Unidad</b>                                  | :                                                       | m3                                         |                 |                          |                    |
| <b>Moneda</b>                                  | :                                                       | Dólares                                    |                 |                          |                    |
| 1. MATERIALES                                  |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>                                      | <b>Unidad</b>                              | <b>Cantidad</b> | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
| <b>Total materiales</b>                        |                                                         |                                            |                 |                          | <b>0.00</b>        |
| 2. MANO DE OBRA                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>                                      | <b>Unidad</b>                              | <b>Cantidad</b> | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1925692                                        | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)                                 | Hora                                       | 0.02            | 3.60                     | 0.05               |
| 1925775                                        | Operadores Equipo Pesado (ESTRUC. OCUP. C1 G1)          | Hora                                       | 0.02            | 3.82                     | 0.06               |
| 1925801                                        | Chofer profesional licencia E (ESTRUC. OCUP. Chofer C1) | Hora                                       | 0.02            | 3.89                     | 0.06               |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                                                         |                                            |                 |                          | <b>0.17</b>        |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>                                      | <b>Unidad</b>                              | <b>Cantidad</b> | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1925806                                        | Cargadora Frontal                                       | Hora                                       | 0.02            | 35.00                    | 0.53               |
| 1925807                                        | Volqueta 8m3                                            | Hora                                       | 0.02            | 30.00                    | 0.45               |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |                                                         |                                            |                 |                          | <b>0.98</b>        |
|                                                |                                                         |                                            |                 | Herramientas             | 5.00%              |
|                                                |                                                         |                                            |                 |                          | 0.01               |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                                                         |                                            |                 |                          | <b>0.98</b>        |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
| 5. UTILIDAD                                    |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
| 6. IMPUESTOS                                   |                                                         |                                            |                 |                          |                    |
| <b>Total precio unitario</b>                   |                                                         |                                            |                 |                          | <b>1.15</b>        |

Sebastian Almeida, Kevin Segura



### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------|--------------------------|--------------------|
|                                                | <b>Proyecto</b>                                         | :             | APU MATERIAL RECICLADO                     |                          |                    |
|                                                | <b>Actividad</b>                                        | :             | Acarreo mecanico de material distancia=1km |                          |                    |
|                                                | <b>Cantidad</b>                                         | :             | 136.00                                     |                          |                    |
|                                                | <b>Unidad</b>                                           | :             | m3                                         |                          |                    |
|                                                | <b>Moneda</b>                                           | :             | Dólares                                    |                          |                    |
| 1. MATERIALES                                  |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>                                      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                            | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
| <b>Total materiales</b>                        |                                                         |               |                                            |                          | <b>0.00</b>        |
| 2. MANO DE OBRA                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>                                      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                            | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1925692                                        | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)                                 | Hora          | 0.02                                       | 3.60                     | 0.05               |
| 1925775                                        | Operadores Equipo Pesado (ESTRUC. OCUP. C1 G1)          | Hora          | 0.02                                       | 3.82                     | 0.06               |
| 1925801                                        | Chofer profesional licencia E (ESTRUC. OCUP. Chofer C1) | Hora          | 0.02                                       | 3.89                     | 0.06               |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                                                         |               |                                            |                          | <b>0.17</b>        |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |                                                         |               |                                            |                          |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>                                      | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>                            | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1925806                                        | Cargadora Frontal                                       | Hora          | 0.02                                       | 35.00                    | 0.53               |
| 1925807                                        | Volqueta 8m3                                            | Hora          | 0.02                                       | 30.00                    | 0.45               |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          |                    |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |                                                         |               |                                            |                          | <b>0.98</b>        |
|                                                |                                                         |               |                                            | Herramientas             | 5.00%              |
|                                                |                                                         |               |                                            |                          | 0.01               |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                                                         |               |                                            |                          | <b>0.98</b>        |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |                                                         |               |                                            |                          |                    |
| 5. UTILIDAD                                    |                                                         |               |                                            |                          |                    |
| 6. IMPUESTOS                                   |                                                         |               |                                            |                          |                    |
| <b>Total precio unitario</b>                   |                                                         |               |                                            |                          | <b>1.15</b>        |

Sebastian Almeida, Kevin Segura



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

| <b>DATOS GENERALES</b>                         |                                    |                  |                 |                            |                    |
|------------------------------------------------|------------------------------------|------------------|-----------------|----------------------------|--------------------|
|                                                |                                    | <b>Proyecto</b>  | :               | APU MATERIAL RECICLADO     |                    |
|                                                |                                    | <b>Actividad</b> | :               | Acarreo de material 30 mts |                    |
|                                                |                                    | <b>Cantidad</b>  | :               | 119.00                     |                    |
|                                                |                                    | <b>Unidad</b>    | :               | m3                         |                    |
|                                                |                                    | <b>Moneda</b>    | :               | Dólares                    |                    |
| <b>1. MATERIALES</b>                           |                                    |                  |                 |                            |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b>    | <b>Cantidad</b> | <b>Precio productivo</b>   | <b>Costo total</b> |
|                                                |                                    |                  |                 |                            |                    |
|                                                |                                    |                  |                 |                            |                    |
|                                                |                                    |                  |                 |                            |                    |
|                                                |                                    |                  |                 |                            |                    |
|                                                |                                    |                  |                 |                            |                    |
|                                                |                                    |                  |                 |                            |                    |
|                                                |                                    |                  |                 |                            |                    |
|                                                |                                    |                  |                 |                            |                    |
|                                                |                                    |                  |                 |                            |                    |
| <b>Total materiales</b>                        |                                    |                  |                 |                            | <b>0.00</b>        |
| <b>2. MANO DE OBRA</b>                         |                                    |                  |                 |                            |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b>    | <b>Cantidad</b> | <b>Precio productivo</b>   | <b>Costo total</b> |
| 1925692                                        | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)            | Hora             | 0.50            | 3.60                       | 1.80               |
| 1925774                                        | Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. C1) | Hora             | 0.50            | 3.82                       | 1.91               |
|                                                |                                    |                  |                 |                            |                    |
|                                                |                                    |                  |                 |                            |                    |
|                                                |                                    |                  |                 |                            |                    |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                                    |                  |                 |                            | <b>3.71</b>        |
| <b>3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>    |                                    |                  |                 |                            |                    |
|                                                | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b>    | <b>Cantidad</b> | <b>Precio productivo</b>   | <b>Costo total</b> |
|                                                |                                    |                  |                 |                            |                    |
|                                                |                                    |                  |                 |                            |                    |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |                                    |                  |                 |                            | <b>0.00</b>        |
|                                                |                                    |                  |                 | Herramientas               | 5.00%              |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                                    |                  |                 |                            | <b>0.19</b>        |
| <b>4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>   |                                    |                  |                 |                            |                    |
| <b>5. UTILIDAD</b>                             |                                    |                  |                 |                            |                    |
| <b>6. IMPUESTOS</b>                            |                                    |                  |                 |                            |                    |
| <b>Total precio unitario</b>                   |                                    |                  |                 |                            | <b>3.90</b>        |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                       |                                                |        |                                                           |                                                |             |
|---------------------------------------|------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------|
|                                       | <b>Proyecto</b>                                | :      | APU MATERIAL RECICLADO                                    |                                                |             |
|                                       | <b>Actividad</b>                               | :      | Carpeta asfáltica en frío de 10 cm con material reciclado |                                                |             |
|                                       | <b>Cantidad</b>                                | :      | 1,190.00                                                  |                                                |             |
|                                       | <b>Unidad</b>                                  | :      | m2                                                        |                                                |             |
|                                       | <b>Moneda</b>                                  | :      | Dólares                                                   |                                                |             |
| 1. MATERIALES                         |                                                |        |                                                           |                                                |             |
|                                       | Descripción                                    | Unidad | Cantidad                                                  | Precio productivo                              | Costo total |
| 1925824                               | Emulsion                                       | kg     | 6.00                                                      | 0.60                                           | 3.60        |
|                                       |                                                |        |                                                           |                                                |             |
|                                       |                                                |        |                                                           |                                                |             |
|                                       |                                                |        |                                                           |                                                |             |
|                                       |                                                |        |                                                           |                                                |             |
|                                       |                                                |        |                                                           |                                                |             |
|                                       |                                                |        |                                                           |                                                |             |
|                                       |                                                |        |                                                           |                                                |             |
| <b>Total materiales</b>               |                                                |        |                                                           |                                                | <b>3.60</b> |
| 2. MANO DE OBRA                       |                                                |        |                                                           |                                                |             |
|                                       | Descripción                                    | Unidad | Cantidad                                                  | Precio productivo                              | Costo total |
| 1925692                               | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)                        | Hora   | 0.04                                                      | 3.60                                           | 0.14        |
| 1925774                               | Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. C1)             | Hora   | 0.01                                                      | 3.82                                           | 0.04        |
| 1925775                               | Operadores Equipo Pesado (ESTRUC. OCUP. C1 G1) | Hora   | 0.01                                                      | 3.82                                           | 0.04        |
|                                       |                                                |        |                                                           |                                                |             |
|                                       |                                                |        |                                                           |                                                |             |
| <b>Total mano de obra</b>             |                                                |        |                                                           |                                                | <b>0.22</b> |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS  |                                                |        |                                                           |                                                |             |
|                                       | Descripción                                    | Unidad | Cantidad                                                  | Precio productivo                              | Costo total |
| 1925799                               | Rodillo compactador                            | Hora   | 0.01                                                      | 8.20                                           | 0.04        |
| 1925817                               | Rodillo vibratorio doble tambor                | Hora   | 0.01                                                      | 20.00                                          | 0.10        |
| 1925807                               | Volqueta 8m3                                   | Hora   | 0.05                                                      | 30.00                                          | 1.50        |
| 1925818                               | Pavimentadora                                  | Hora   | 0.01                                                      | 52.80                                          | 0.26        |
| 1925819                               | Planta de asfalto                              | Hora   | 0.01                                                      | 88.00                                          | 0.44        |
| 1925820                               | Tractor                                        | Hora   | 0.01                                                      | 35.00                                          | 0.35        |
|                                       |                                                |        |                                                           | Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     | <b>2.70</b> |
|                                       |                                                |        |                                                           | Herramientas                                   | 5.00%       |
|                                       |                                                |        |                                                           | <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> | <b>2.71</b> |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS |                                                |        |                                                           |                                                |             |
| 5. UTILIDAD                           |                                                |        |                                                           |                                                |             |
| 6. IMPUESTOS                          |                                                |        |                                                           |                                                |             |
| <b>Total precio unitario</b>          |                                                |        |                                                           |                                                | <b>6.53</b> |

Sebastian Almeida, Kevin Segura



## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |                           |                  |          |                        |             |
|------------------------------------------------|---------------------------|------------------|----------|------------------------|-------------|
|                                                |                           | <b>Proyecto</b>  | :        | APU MATERIAL RECICLADO |             |
|                                                |                           | <b>Actividad</b> | :        | Pintura de trafico     |             |
|                                                |                           | <b>Cantidad</b>  | :        | 200.00                 |             |
|                                                |                           | <b>Unidad</b>    | :        | m2                     |             |
|                                                |                           | <b>Moneda</b>    | :        | Dólares                |             |
| 1. MATERIALES                                  |                           |                  |          |                        |             |
|                                                | Descripción               | Unidad           | Cantidad | Precio productivo      | Costo total |
| 1930455                                        | Pintura para trafico      | gal              | 0.06     | 15.00                  | 0.90        |
|                                                |                           |                  |          |                        |             |
|                                                |                           |                  |          |                        |             |
|                                                |                           |                  |          |                        |             |
|                                                |                           |                  |          |                        |             |
|                                                |                           |                  |          |                        |             |
|                                                |                           |                  |          |                        |             |
|                                                |                           |                  |          |                        |             |
| <b>Total materiales</b>                        |                           |                  |          |                        | <b>0.90</b> |
| 2. MANO DE OBRA                                |                           |                  |          |                        |             |
|                                                | Descripción               | Unidad           | Cantidad | Precio productivo      | Costo total |
| 1925692                                        | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)   | Hora             | 0.30     | 3.60                   | 1.08        |
| 1930454                                        | Pintor (ESTRUC. OCUP. D2) | Hora             | 0.30     | 3.45                   | 1.04        |
|                                                |                           |                  |          |                        |             |
|                                                |                           |                  |          |                        |             |
|                                                |                           |                  |          |                        |             |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                           |                  |          |                        | <b>2.12</b> |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |                           |                  |          |                        |             |
|                                                | Descripción               | Unidad           | Cantidad | Precio productivo      | Costo total |
|                                                |                           |                  |          |                        |             |
|                                                |                           |                  |          |                        |             |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |                           |                  |          |                        | <b>0.00</b> |
|                                                |                           |                  |          | Herramientas           | 5.00%       |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                           |                  |          |                        | <b>0.11</b> |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |                           |                  |          |                        |             |
| 5. UTILIDAD                                    |                           |                  |          |                        |             |
| 6. IMPUESTOS                                   |                           |                  |          |                        |             |
| <b>Total precio unitario</b>                   |                           |                  |          |                        | <b>3.12</b> |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

| <b>DATOS GENERALES</b>                         |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|------------------------------------------------|--|------------------------------------|---------------|---------------------------|--------------------------|--------------------|
|                                                |  | <b>Proyecto</b>                    | :             | APU MATERIAL RECICLADO    |                          |                    |
|                                                |  | <b>Actividad</b>                   | :             | Limpieza final de la obra |                          |                    |
|                                                |  | <b>Cantidad</b>                    | :             | 1,190.00                  |                          |                    |
|                                                |  | <b>Unidad</b>                      | :             | m2                        |                          |                    |
|                                                |  | <b>Moneda</b>                      | :             | Dólares                   |                          |                    |
| <b>1. MATERIALES</b>                           |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>           | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
| <b>Total materiales</b>                        |  |                                    |               |                           | <b>0.00</b>              |                    |
| <b>2. MANO DE OBRA</b>                         |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>           | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
| 1925692                                        |  | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)            | Hora          | 0.64                      | 3.60                     | 2.30               |
| 1925773                                        |  | Albañil (ESTRUC. OCUP. D2)         | Hora          | 0.03                      | 3.45                     | 0.11               |
| 1925774                                        |  | Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. C1) | Hora          | 0.03                      | 3.82                     | 0.12               |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
| <b>Total mano de obra</b>                      |  |                                    |               |                           | <b>2.54</b>              |                    |
| <b>3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>    |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  | <b>Descripción</b>                 | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>           | <b>Precio productivo</b> | <b>Costo total</b> |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
|                                                |  |                                    |               |                           |                          |                    |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |  |                                    |               |                           | <b>0.00</b>              |                    |
| Herramientas                                   |  |                                    |               |                           | 5.00%                    | 0.13               |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |  |                                    |               |                           |                          | <b>0.13</b>        |
| <b>4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>   |  |                                    |               |                           |                          |                    |
| <b>5. UTILIDAD</b>                             |  |                                    |               |                           |                          |                    |
| <b>6. IMPUESTOS</b>                            |  |                                    |               |                           |                          |                    |
| <b>Total precio unitario</b>                   |  |                                    |               |                           | <b>2.66</b>              |                    |

Sebastian Almeida, Kevin Segura

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DATOS GENERALES                                |                                           |                  |          |                        |              |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------|----------|------------------------|--------------|
|                                                |                                           | <b>Proyecto</b>  | :        | APU MATERIAL RECICLADO |              |
|                                                |                                           | <b>Actividad</b> | :        | Letrero de obra        |              |
|                                                |                                           | <b>Cantidad</b>  | :        | 2.00                   |              |
|                                                |                                           | <b>Unidad</b>    | :        | u                      |              |
|                                                |                                           | <b>Moneda</b>    | :        | Dólares                |              |
| 1. MATERIALES                                  |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                | Descripción                               | Unidad           | Cantidad | Precio productivo      | Costo total  |
| 1925796                                        | Letrero de obra                           | u                | 1.00     | 45.00                  | 45.00        |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
| <b>Total materiales</b>                        |                                           |                  |          |                        | <b>45.00</b> |
| 2. MANO DE OBRA                                |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                | Descripción                               | Unidad           | Cantidad | Precio productivo      | Costo total  |
| 1925795                                        | Ayudante de perforador (ESTRUC. OCUP. D2) | Hora             | 1.00     | 3.45                   | 3.45         |
| 1925774                                        | Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. C1)        | Hora             | 1.00     | 3.82                   | 3.82         |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
| <b>Total mano de obra</b>                      |                                           |                  |          |                        | <b>7.27</b>  |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS           |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                | Descripción                               | Unidad           | Cantidad | Precio productivo      | Costo total  |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
|                                                |                                           |                  |          |                        |              |
| Subtotal equipo, maquinaria y herramientas     |                                           |                  |          |                        | <b>0.00</b>  |
|                                                |                                           |                  |          | Herramientas           | 5.00%        |
| <b>Total equipo, maquinaria y herramientas</b> |                                           |                  |          |                        | <b>0.36</b>  |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS          |                                           |                  |          |                        |              |
| 5. UTILIDAD                                    |                                           |                  |          |                        |              |
| 6. IMPUESTOS                                   |                                           |                  |          |                        |              |
| <b>Total precio unitario</b>                   |                                           |                  |          |                        | <b>52.63</b> |

Sebastian Almeida, Kevin Segura