



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

*“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil”*

**MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TOMO I**

**TÍTULO DEL PROYECTO:**

**ESTUDIO COMPARATIVO DE RECICLADO DE PAVIMENTO CON EL  
USO DE CEMENTO Y EMULSIONES ASFÁLTICAS EN LA VÍA  
RIOBAMBA - ZHUD**

**AUTORES:**

**PAMELA LILIANA IBARRA LOZA  
OSWALDO WILSON ROSERO VIÑÁN**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**ING. JORGE NÚÑEZ V.**

**Riobamba: Marzo 2010**

## CALIFICACIÓN

Los miembros del tribunal, luego de haber receptado la defensa de trabajo escrito, hemos determinado la siguiente calificación.

**Para constancia de lo expuesto firman:**

*Ing. Diego Barahona R.*  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

-----  
**Firma**

*Ing. Jorge Núñez V.*  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

-----  
**Firma**

*Ing. Ángel Paredes G.*  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

-----  
**Firma**

## **DERECHO DE AUTOR**

*Nosotros, Oswaldo Wilson Rosero Viñán y Pamela Liliana Ibarra Loza somos responsables de las ideas, doctrinas, resultados y propuestas expuestas en el presente trabajo de investigación, y los derechos de autoría pertenecen a la Universidad Nacional de Chimborazo.*

## **DEDICATORIA**

*Nuestro proyecto y la carrera universitaria dedicamos con todo amor y cariño a Dios por ser quien ha estado a nuestro lado en todo momento dándonos las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se nos presenten, así como a nuestros padres que nos dieron la vida, han estado con nosotros en todo momento, por darnos una carrera que nos servirá para nuestro futuro y sobre todo por creer en nosotros apoyándonos en los momentos difíciles, velando por nuestra salud, estudios, alimentación entre otros, son a ellos a quien les debemos todo, horas de consejos, de regaños, de reprimendas, de tristezas y de alegrías de las cuales estamos muy seguros que han hecho con todo el amor del mundo para formarnos como seres integrales y de los cuales nos sentimos extremadamente orgullosos. A nuestros hermanos quienes han estado a nuestro lado, han compartido todos esos secretos y aventuras que solo se pueden vivir con ellos y que han estado siempre alerta ante cualquier problema que se nos puedan presentar.*

*Es la hora de partir, la dura y fría hora que la noche sujeta a todo horario.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Un profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de Chimborazo por darnos la oportunidad de formarnos profesionalmente, al Ministerio de Transportes y Obras Públicas y a nuestro director de tesis por brindarnos el apoyo para realizar esta investigación.*

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE TABLAS.....	V
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	IIX
ÍNDICE DE ANEXOS .....	X
RESUMEN.....	XII
SUMARY.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	- 2 -
1. MARCO REFRENCIAL.....	- 2 -
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	- 2 -
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	- 3 -
1.3. OBJETIVOS .....	- 4 -
1.3.1.GENERAL .....	- 4 -
1.3.2.ESPECÍFICOS .....	- 4 -
1.4. JUSTIFICACIÓN .....	- 5 -
CAPÍTULO II .....	- 6 -
2. MARCO TEÓRICO .....	- 6 -
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	- 6 -
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	- 6 -
2.2.1.TIPOS DE RECICLADO.....	- 6 -
2.2.1.1.RECICLADO EN FRÍO CON CEMENTO .....	- 7 -
2.2.1.2.RECICLADO EN FRÍO CON EMULSIONES ASFÁLTICAS .....	- 8 -
2.2.2.FACTORES QUE CAUSAN EL DETERIORO DEL PAVIMENTO .....	- 8 -
2.2.2.1.FACTORES AMBIENTALES .....	- 9 -
2.2.2.2.EFECTOS DEL TRÁFICO .....	- 9 -
2.2.3.METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DEL RECICLADO .....	- 10 -
2.2.3.1.RECOGIDA DE LOS DATOS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL FIRME .....	- 11 -
2.2.3.2.EVALUACIÓN DEL FIRME .....	- 12 -
2.2.3.2.1.TRAMIFICACIÓN PREVIA.....	- 13 -

2.2.3.2.2.INSPECCIÓN VISUAL.....	- 14 -
2.2.3.2.3.AUSCULTACIÓN ESTRUCTURAL .....	- 15 -
2.2.3.3.ADQUISICIÓN DE DATOS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE .....	- 15 -
2.2.3.3.1.DISEÑO DE TRÁFICO .....	- 16 -
2.2.3.3.2.ETERMINACIÓN DE SECCIONES HOMOGÉNEAS.....	- 17 -
2.2.3.3.3.SELECCIÓN Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN .....	- 23 -
2.2.4.AGENTES ESTABILIZADORES .....	- 24 -
2.2.4.1.AGENTES ESTABILIZADORES CEMENTADOS .....	- 24 -
2.2.4.2.AGENTES ESTABILIZADORES ASFÁLTICOS .....	- 25 -
2.2.4.3.ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO .....	- 27 -
2.2.4.3.1.FACTORES QUE AFECTAN LA RESISTENCIA.....	- 28 -
2.2.4.3.2.AGRIETAMIENTO DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO ...	- 28 -
2.2.4.3.3.GRIETAS NO CAUSADAS POR TRÁFICO .....	- 29 -
2.2.4.3.4.TRABAJANDO CON CEMENTO.....	- 31 -
2.2.4.3.5.PROPIEDADES TÍPICAS DE MATERIALES ESTABILIZADOS CON CEMENTO .....	- 35 -
2.2.4.4.ESTABILIZACIÓN CON ASFALTO.....	- 37 -
2.2.4.5.ESTABILIZACIÓN CON EMULSIÓN ASFÁLTICA .....	- 39 -
2.2.5.ESPECIFICACIONES TECNICAS .....	- 47 -
2.2.5.1. FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO .....	- 47 -
2.2.5.1.RECUPERACIÓN DE PAVIMENTOS CON EMULSIONES ASFÁLTICAS EN SITIO. ....	- 50 -
2.2.5.2.BASE DE SUELO - CEMENTO. ....	- 57 -
2.2.5.4. AGREGADOS PARA HORMIGÓN ASFÁLTICO .....	- 67 -
2.2.5.4.2. AGREGADOS PARA MEZCLA EN PLANTA. ....	- 68 -
2.2.5.4.3. AGREGADOS PARA MEZCLA EN SITIO.....	- 71 -
2.2.6.ENSAYOS PARA LA EVALUACIÓN, DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL FIRME UTILIZADO EN ESTE ESTUDIO.....	- 74 -
2.2.6.1. ENSAYO DE DEFLEXIÓN (DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO). -	74 -
2.2.6.1.PROCTOR .....	- 78 -
2.2.6.2.ENSAYO MARSHALL .....	- 82 -

2.2.6.3. ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUJO.....	- 87 -
2.2.6.5.- ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO (CBR).....	- 89 -
2.2.6.4. ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO MÉTODO DEL CONO DE ARENA. ....	- 98 -
2.3. SISTEMA DE HIPÓTESIS .....	- 107 -
2.4.- VARIABLES, DIMENSIONES Y ÁREAS, INDICADORES .....	- 107 -
CAPÍTULO III .....	- 109 -
3. MARCO METODOLÓGICO .....	- 109 -
3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	- 109 -
3.2. POBLACIÓN .....	- 109 -
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	- 109 -
3.4. DESARROLLO DEL TRABAJO .....	- 110 -
3.4.1. INTRODUCCIÓN .....	- 110 -
3.4.1.1. INFORMACIÓN GENERAL .....	- 110 -
3.4.1.2. UBICACIÓN DEL PROYECTO .....	- 110 -
3.4.1.3. TRAMIFICACIÓN .....	- 111 -
3.4.1.4. ESTADO ACTUAL DEL FIRME .....	- 111 -
3.4.1.5. CONDICIONANTES DE DISEÑO .....	- 112 -
3.4.1.6. ESTUDIO DE TRÁFICO.....	- 113 -
3.4.1.7. METODOLOGÍA .....	- 121 -
3.4.1.6. EVALUACIÓN DEL FIRME .....	- 122 -
3.4.1.6.1. INSPECCIÓN VISUAL DE FALLAS.....	- 122 -
3.4.1.6.2. MEDICIÓN DE DEFLEXIÓN MEDIANTE DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO.....	- 127 -
3.4.1.6.3. ENSAYO CONO DE PENETRÓMETRO DINÁMICO D.C.P. ....	- 127 -
3.4.1. PROPUESTAS TÉCNICAS .....	- 130 -
3.4.1.1. DISEÑO DE RECICLADO CON CEMENTO .....	- 130 -
3.4.1.1.1. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CEMENTO.....	- 130 -
3.4.1.1.2. DISEÑO DEL PAVIMENTO MÉTODO AASHO .....	- 132 -
3.4.1.1.2. PERIODO DE DISEÑO .....	- 136 -
3.4.1.1.3. MODULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE .....	- 136 -

3.4.1.1.4.ÍNDICE DE SERVICIO PRESENTE .....	- 136 -
3.4.1.1.5.NIVEL DE CONFIABILIDAD .....	- 137 -
3.4.1.1.6.DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (SO).....	- 138 -
3.4.1.1.7.COEFICIENTE DE DRENAJE .....	- 139 -
3.4.1.1.8.DETERMINACIÓN DE ESPESORES MÍNIMOS .....	- 139 -
3.4.1.1.9.ANÁLISIS DEL DISEÑO FINAL CON SISTEMA MULTICAPA .....	- 140 -
3.4.1.2.DISEÑO DE RECICLADO CON EMULSIONES ASFÁLTICAS....	- 145 -
3.4.1.2.1.DISEÑO DE LA MEZCLA RECICLADA .....	- 145 -
3.4.1.2.1.1.DISEÑO DE MEZCLAS PARA RECICLAJE EN FRÍO .....	- 148 -
3.4.1.3. DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA .....	- 164 -
3.4.1.4. PRECIOS UNITARIOS .....	- 175 -
3.4.1.4.5. PRECIOS UNITARIOS DEL RECICLADO EN FRÍO CON CEMENTO .....	- 175 -
3.4.1.4.5. PRECIOS UNITARIOS DEL RECICLADO EN FRÍO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA .....	- 180 -
CAPÍTULO IV .....	- 185 -
4.RESULTADOS Y DISCUSION .....	- 185 -
4.1.RESULTADOS OBTENIDOS .....	- 185 -
4.1.1.RESULTADO DEL ENSAYO DE DEFLEXIÓN (DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO). .....	- 185 -
4.1.2. RESULTADOS DEL ENSAYO VISUAL .....	- 186 -
4.1.3 DISEÑO PROPUESTO PARA ESTE ESTUDIO .....	- 187 -
4.1.4 CANTIDAD DE CEMENTO APROPIADA.....	- 189 -
4.1.4 RESULTADO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA .....	- 189 -
4.2. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO, ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	- 190 -
CAPÍTULO V .....	- 194 -
5.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	- 194 -
5.1 CONCLUSIONES .....	- 194 -
5.2. RECOMENDACIONES .....	- 197 -
6.BIBLIOGRAFÍA. ....	- 198 -
7. ANEXOS .....	- 199 -

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. MODOS Y TIPOS DE DETERIORO .....	- 20 -
TABLA. 2. DOSIS DE APLICACIÓN TÍPICAS DE CEMENTO.....	- 35 -
TABLA 3. COMPARACIÓN ENTRE DISTINTOS TIPOS DE APLICACIÓN CON ASFALTO -	38
-	
TABLA 4. TIPO DE EMULSIÓN ASFÁLTICA/COMPATIBILIDAD DEL TIPO DE AGREGADOS .....	- 42 -
TABLA 5. PORCENTAJE EN PESO QUE PASA A TRAVÉS DE LOS TAMICES DE MALLA CUADRADA.....	- 58 -
TABLA 6. EQUIVALENTE DE ARENA .....	- 70 -
TABLA 7. PORCENTAJE EN PESO QUE PASA A TRAVÉS DE LOS TAMICES MALLA CUADRADA.....	- 72 -
TABLA 8. PORCENTAJE EN PESO QUE PASA A TRAVÉS DE LOS TAMICES MALLA CUADRADA.....	- 72 -
TABLA 9. PORCENTAJE EN PESO QUE PASA A TRAVÉS DE LOS TAMICES MALLA CUADRADA.....	- 73 -
TABLA 10. PORCENTAJE EN PESO QUE PASA A TRAVÉS DE LOS TAMICES MALLA CUADRADA.....	- 73 -
TABLA 11. REQUISITOS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA .....	- 74 -
TABLAS 12. VARIABLES, INDICADORES, ÍNDICES .....	- 107 -
TABLA 13. PROYECCIÓN DE TRÁFICO (TRAMO 1).....	- 114 -
TABLA 14. NÚMERO ACUMULADO DE ESALs (TRAMO 1) .....	- 114 -
TABLA 15. FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA (TRAMO 1).....	- 115 -
TABLA 16. CÁLCULO DEL W18 (TRAMO 1) .....	- 115 -
TABLA 17. TABLA PROYECCIÓN DE TRÁFICO Y EJES EQUIVALENTES PARA 10 AÑOS (TRAMO 1) .....	- 116 -
TABLA 18. PROYECCIÓN DE TRÁFICO (TRAMO 2).....	- 116 -

TABLA 19. NÚMERO ACUMULADO DE ESALS (TRAMO 2) .....	- 117 -
TABLA 20. FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA (TRAMO 2).....	- 117 -
TABLA 21. CÁLCULO DEL W18 (TRAMO 2) .....	- 118 -
TABLA 22. TABLA PROYECCIÓN DE TRÁFICO Y EJES EQUIVALENTES PARA 10 AÑOS (TRAMO 2) .....	- 118 -
TABLA 23. PROYECCIÓN DE TRÁFICO (TRAMO 3 Y TRAMO 4).....	- 119 -
TABLA 24. NÚMERO ACUMULADO DE ESALS (TRAMO 3 Y TRAMO 4).....	- 119 -
TABLA 25. FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA (TRAMO 3 Y TRAMO 4)..	- 120 -
TABLA 26. CÁLCULO DEL W18 (TRAMO 3 Y TRAMO 4) .....	- 120 -
TABLA 27. PROYECCIÓN DE TRÁFICO (TRAMO 3 Y TRAMO 4).....	- 121 -
TABLA 28. VALORES PCI PARA CADA SECCIÓN.....	- 126 -
TABLA 29. VALORES CBR (TRAMO 1) .....	- 128 -
TABLA 30. VALORES CBR (TRAMO 2) .....	- 129 -
TABLA 31. VALORES CBR (TRAMO 3 Y TRAMO 4) .....	- 129 -
TABLA 32. PROPORCIÓN DE CEMENTO.....	- 131 -
TABLA 33. RESULTADO DEL ENSAYO A LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ..	- 132 -
TABLA 34. COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA CAPA ASFÁLTICA EN FUNCIÓN DEL MÓDULO ELÁSTICO.....	- 135 -
TABLA 35. COEFICIENTE DE LAS CAPAS GRANULARES EN FUNCIÓN DEL IDE CBR. ...	- 135 -
TABLA 36. VALORES DE CBR Y MODULO DE RESILIENCIA .....	- 136 -
TABLA 37. VALORES SEGÚN TIPO DE CARRETERA .....	- 137 -
TABLA 38.- VALORES SEGÚN TIPO DE CARRETERA.....	- 137 -
TABLA 39. DESVIACIÓN NORMAL ESTÁNDAR DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD ...	- 138 -
TABLA 40.- COEFICIENTE DE DRENAJE .....	- 139 -
TABLA 41.- COEFICIENTE DE DRENAJE .....	- 139 -
TABLA 42. ESPESORES MÍNIMOS EN PULGADAS .....	- 140 -
TABLA 43. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE Y DISEÑO DE RECICLADO CON CEMENTO (TRAMO 1) .....	- 142 -
TABLA 44. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE Y DISEÑO DE RECICLADO CON CEMENTO (TRAMO 2) .....	- 143 -

TABLA 45. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE Y DISEÑO DE RECICLADO CON CEMENTO (TRAMO 3) .....	- 144 -
TABLA 46. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE Y DISEÑO DE RECICLADO CON CEMENTO (TRAMO 4) .....	- 145 -
TABLA 47. REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS PARA AGREGADOS .....	- 146 -
TABLA 48. CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS ASFÁLTICOS.....	- 147 -
TABLA 49. GRANULOMETRÍA CARACTERÍSTICA (TRAMO 1).....	- 149 -
TABLA 50. PORCENTAJE DE MATERIAL EN MEZCLA (TRAMO 1) .....	- 150 -
TABLA 51. COMBINACIÓN DE AGREGADOS (TRAMO 1).....	- 151 -
TABLA 52. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE Y DISEÑO DE RECICLADO CON EMULSIÓN (TRAMO 1) .....	- 154 -
TABLA 53. GRANULOMETRÍA CARACTERÍSTICA (TRAMO 2).....	- 155 -
TABLA 54. PORCENTAJE DE MATERIAL EN MEZCLA (TRAMO 2) .....	- 155 -
TABLA 55. COMBINACIÓN DE AGREGADOS (TRAMO 2).....	- 156 -
TABLA 56. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE Y DISEÑO DE RECICLADO CON EMULSIÓN (TRAMO 2) .....	- 157 -
TABLA 57. GRANULOMETRÍA CARACTERÍSTICA (TRAMO 3).....	- 158 -
TABLA 58. PORCENTAJE DE MATERIAL EN MEZCLA (TRAMO 3) .....	- 159 -
TABLA 59. COMBINACIÓN DE AGREGADOS (TRAMO 3 ) .....	- 159 -
TABLA 60. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE Y DISEÑO DE RECICLADO CON EMULSIÓN (TRAMO 3) .....	- 161 -
TABLA 61. GRANULOMETRÍA CARACTERÍSTICA (TRAMO 4).....	- 161 -
TABLA 62. PORCENTAJE DE MATERIAL EN MEZCLA (TRAMO 4) .....	- 162 -
TABLA 63. COMBINACIÓN DE AGREGADOS (TRAMO 4).....	- 162 -
TABLA 64. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE Y DISEÑO DE RECICLADO CON EMULSIÓN (TRAMO 4) .....	- 164 -
TABLA 65. PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES DE MALLA CUADRADA	- 165 -
TABLA 66. GRANULOMETRÍAS DE LOS AGREGADOS DE LA MINA .....	- 165 -
TABLA 67. GRANULOMETRÍAS .....	- 166 -
TABLA 68. GRADUACIÓN COMBINADA DE LA MEZCLA .....	- 166 -
TABLA 69. COMBINADA DE LA MEZCLA .....	- 166 -
TABLA 70. GRAVEDADES ESPECÍFICAS DE LOS AGREGADOS .....	- 167 -

TABLA 71. %DE ASFALTO VS. DENSIDAD DE PROBETA .....	- 170 -
ELABORADO: OSWALDO ROSERO – PAMELA IBARRA .....	- 170 -
TABLA 72. %DE ASFALTO VS. VACÍOS DE AIRE .....	- 171 -
TABLA 73. % DE ASFALTO VS. VACÍOS DE AGREGADO MINERAL.....	- 172 -
TABLA 74. % DE ASFALTO VS. RELACIÓN DE BITUMEN - VACÍOS .....	- 173 -
TABLA 75. % DE ASFALTO VS. ESTABILIDAD MARSHALL.....	- 173 -
TABLA 76. % DE ASFALTO VS. FLUJO .....	- 174 -
TABLA 77. RESUMEN PRECIOS UNITARIOS DE RECICLADO CON CEMENTO .....	- 175 -
TABLA 78. RESUMEN PRECIOS UNITARIOS DE RECICLADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA.....	- 180 -
TABLA 79. RESULTADO ENSAYO DE DEFLEXIÓN.....	- 185 -
TABLA 80. DISEÑO DE RECICLADO CON CEMENTO (TRAMO 1) .....	- 187 -
TABLA 81. DISEÑO DE RECICLADO CON CEMENTO (TRAMO 2) .....	- 187 -
TABLA 82. DISEÑO DE RECICLADO CON CEMENTO (TRAMO 3) .....	- 188 -
TABLA 83. DISEÑO DE RECICLADO CON CEMENTO (TRAMO 4) .....	- 188 -
TABLA 84. VENTAJAS DEL RECICLADO CON CEMENTO Y RECICLADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA .....	- 191 -
TABLA 85. DESVENTAJAS DEL RECICLADO CON CEMENTO Y RECICLADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA .....	- 191 -
TABLA 86. DISEÑO DE RECICLADO CON CEMENTO Y DE RECICLADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA .....	- 192 -
TABLA 87. PRECIO UNITARIO RECICLADO CON CEMENTO .....	- 193 -
TABLA 88. PRECIO UNITARIO RECICLADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA .....	- 193 -

## ÍNDICE DE GRAFICOS

FIG. 1. INDICADORES DE DETERIORO DE PAVIMENTOS .....	- 9 -
FIG. 2. INDICADORES DE DETERIORO DE PAVIMENTOS .....	- 18 -
FIG. 3. FALLA DE SUPERFICIE, FALLA POR BAJA CAPACIDAD ESTRUCTURAL.....	- 21 -
FIG. 4. DIMENSIONES DEL DCP .....	- 22 -
FIG. 5. RESULTADOS TÍPICOS DEL DCP .....	- 23 -
FIG. 6. DISPERSIÓN DEL ASFALTO ESPUMADO EN LA MATRIZ DE FINOS.....	- 27 -
FIG. 7. RELACIÓN DE AUMENTO DE RESISTENCIA PARA MATERIALES CEMENTADOS . -	
29 -	
FIG. 8. APLICACIÓN DE CEMENTO EN FORMA MANUAL .....	- 32 -
FIG. 9. APLICACIÓN CEMENTO A GRANEL CON CAMIÓN .....	- 32 -
FIG. 10. APLICANDO CEMENTO CON EQUIPO WIRTGEN WR 2500 SK.....	- 33 -
FIG. 11. APLICANDO CEMENTO EN FORMA DE LECHADA, EQUIPO WIRTGEN WM	
1000.....	- 33 -
FIG. 12. CONSIDERACIÓN DE FLUIDOS TOTALES EN LA ESTABILIZACIÓN DE	
MATERIALES CON EMULSIÓN .....	- 44 -
FIG. 13 - GRAFICA PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE -	133 -
FIG. 14 COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA CAPA ASFÁLTICA EN FUNCIÓN DEL	
MÓDULO ELÁSTICO.....	- 134 -
FIG. 15 RECOMENDACIÓN Y ESPESORES DE LAS DIFERENTES CAPAS.....	- 140 -
FIG. 16. GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS.....	- 167 -
FIG. 17. % ASFALTO VS. DENSIDAD PROBETA .....	- 170 -
FIG. 18. % ASFALTO VS. % DE VACÍOS DE AIRE .....	- 171 -
FIG. 19. % ASFALTO VS. % DE VACÍOS DE AGREGADO MINERAL.....	- 172 -
FIG. 20. % ASFALTO VS. % RELACIÓN BITUMEN - VACÍOS .....	- 173 -
FIG. 21. % ASFALTO VS. ESTABILIDAD MARSHALL .....	- 174 -
FIG. 22. % ASFALTO VS. FLUJO.....	- 175 -

## ÍDICE DE ANEXOS

ENSAYO DE DEFLEXIÓN .....	- 200 -
ENSAYO CONO DE PENETRACIÓN DINÁMICO D.C .P. ....	- 327 -
GRANULOMETRÍA .....	- 393 -
FOTOGRAFÍAS .....	- 443 -

## **RESUMEN**

Una de las técnicas de rehabilitación de vías es el reciclado cuyo objetivo fundamental es transformar un pavimento degradado en una estructura homogénea y adaptada al tráfico que debe soportar. Consiste en reutilizar sus materiales para la construcción de una nueva capa mediante la disgregación de los mismos en una cierta profundidad, la adición de un aglomerante (cemento, emulsión, betún espumado), agua (para la hidratación, envuelta y compactación), eventualmente agregados (como correctores granulométricos o con otros fines) y algún aditivo, con una dosificación obtenida mediante ensayos.

La mezcla homogénea de estos materiales se extiende, compacta y cura adecuadamente, constituyendo una base o capa de mayor resistencia estructural de un nuevo pavimento.

Actualmente, la técnica del reciclado de pavimento es poco empleada en Ecuador a pesar de las ventajas que describe su utilización en otros países, además de que se ha desarrollado la maquinaria y equipo más eficientes y especializados para la aplicación de esta técnica, lo que motiva a realizar un análisis comparativo del reciclado de pavimentos con cemento y emulsiones asfálticas en relación a las condiciones geológicas, geotécnicas, ambientales y estructurales a las que están sometidas en las diferentes zonas de construcción analizando las diferentes ventajas y desventajas que presentan estos métodos. Se utilizó una metodología experimental con el estudio de diversos ensayos para la realización de esta investigación. Con los resultados obtenidos en la investigación se pudo tener un adecuado criterio para seleccionar el tipo de reciclado que sea adecuado emplear en el terreno o en el firme deteriorado dependiendo de las condiciones que presente en el mismo.

## SUMMARY

One of the ways of recovering techniques is recycling whose fundamental objective is to transform a degraded pavement into a homogenous structure adapted to the traffic. It consists on using its materials for a new layer construction back by means of disaggregation at a certain deep. (Cement, emulsion and foaming), water for hydrating (eventually added), and test additive dosage.

A homogenous mixture of these materials is spread and compacted constituting a new better pavement structure layer base.

At present the pavement recycling technique in Ecuador is not usual, despite the advantages provoked in other countries; although machinery and equipment have been employed in these applications, encouraging this way to make a comparative analysis of recycling pavement with cement and asphaltic emulsions, this in relation to geological, geotechnical, environmental and structural conditions. They have been used in different construction zones; analyzing advantages and disadvantages. An experimental method was used with different test on this research. The results obtained in this investigation proved that the criterion related to recycling type selection is appropriate for being employed on permanent and deteriorated soil.

## INTRODUCCIÓN

El reciclado es una técnica de rehabilitación que consiste en la reutilización de los materiales procedentes de los firmes que ya han estado en servicio, materiales deteriorados que han perdido en gran parte sus propiedades iniciales o materiales que aun prestan servicio, pero cuyas características se desea mejorar.

El reciclado de materiales en la construcción y rehabilitación de carreteras, es un buen camino para disminuir el consumo de materiales nuevos y al mismo tiempo reducir la explotación de canteras. Al reciclar las capas bituminosas y aprovechar el ligante que contienen, se logra disminuir el consumo de betún. Al reciclar, se reducen también los volúmenes de vertido, que en algunos países es una práctica casi imposible, debido a la falta de espacio y a las fuertes regulaciones que cada vez más administraciones adoptan.

La mayoría de las administraciones que utilizan técnicas de reciclado de pavimentos, exigen que las mezclas así fabricadas cumplan con las mismas especificaciones que se piden a las mezclas convencionales y que presenten un comportamiento similar en campo. Lo cierto es que en muchos casos los ensayos utilizados comúnmente no son adecuados para definir con exactitud el comportamiento de los materiales reciclados, y por tanto, sería necesario desarrollar métodos específicos para el diseño y control de calidad de los firmes que contengan éste tipo de mezclas.

Se pretende aportar información que ayude a impulsar el empleo de la técnica de reciclado de mezclas bituminosas en frío en los proyectos de construcción y rehabilitación de firmes bituminosos en el país, sentando las bases para desarrollar nuevas líneas de investigación, que sirvan para ampliar el conocimiento de la técnica, logrando su aplicación en un mayor número de casos.

# **CAPÍTULO I**

## **1. MARCO REFERENCIAL**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El Ecuador es un país en desarrollo y una de sus prioridades principales es la vialidad, las vías como se sabe son una forma de desarrollo ya que por décadas han sido el principal medio de desplazamiento de viajeros, y la vía principal para la distribución de sus mercancías, Al conectar pueblos y comunidades con las grandes ciudades, y fortalecer la integración de los países, las carreteras han sido indispensables en el desarrollo de diversas actividades y regiones en todo el mundo

La importancia de las carreteras se ha incrementado notablemente, convirtiéndose en verdaderas vías que impulsan la competitividad de la economía y también, el desarrollo social. Es por tanto indispensable contar con infraestructuras de carreteras que aseguren una circulación segura, cómoda y fluida; al igual que todas las estructuras necesitan rehabilitación o reconstrucción en el momento que ya han cumplido su vida útil.

Las características iniciales de toda carretera ya sea de nueva construcción o después de una reparación, se van degradando con el transcurso del tiempo. Son diversos factores los que inciden y determinan este proceso de deterioro. Por una parte tenemos los factores relacionados directamente con las características del propio firme como pueden ser los espesores, los materiales utilizados en su fabricación y el proceso de ejecución, que podríamos considerar como los factores pasivos del proceso, y por otra parte tenemos los factores activos, verdaderos causantes del deterioro, que son el tráfico y los factores ambientales.

Una de las técnicas de rehabilitación y reconstrucción de vías es el reciclado; se trata de la utilización del pavimento existente en las vías y que este no sea un desperdicio, además como se sabe en los últimos años el mundo cada vez es más contaminado y el deterioro del medio ambiente es creciente, por esta razón la prevención de los recursos naturales se ha convertido en una preocupación general de todos los sectores productivos. Ante esta situación la construcción ha sido pionera en el desarrollo de técnicas de reutilización de los materiales de desperdicio, tal es el caso de los materiales que se retiran de pavimentos asfálticos de las carreteras durante su reparación o rehabilitación.

Actualmente, las técnicas de reciclado están bastante adelantadas en muchos países, aunque en el Ecuador, como se ha mencionado anteriormente, se cuenta con poca experiencia en el reciclado de pavimentos, sin embargo, la maquinaria y equipo necesarios para el desarrollo de esta técnica son cada día más eficientes y especializados, lo que motiva a apostar por este tipo de tecnología que cada vez cuenta con mayor aceptación en todo el mundo.

Los estudios realizados del reciclaje de emulsiones asfálticas y cemento son efectuados en su mayoría en el extranjero con otras características de los materiales pétreos que conforman la estructura del pavimento. Este hecho hace necesario que se realicen estudios locales que permitan reconocer las ventajas y desventajas que tiene este proceso constructivo en nuestro país, siendo esta una tecnología implementada recientemente en nuestro medio.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Qué técnica de reciclado de pavimento de acuerdo al estudio comparativo entre emulsiones asfálticas y cemento portland brindará una mejor calidad en función de las condiciones geológicas, geotécnicas, ambientales y estructurales?

¿Qué técnica de reciclado de pavimentos provee a la vía una mejor calidad de la estructura de acuerdo a los ensayos a efectuarse?

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. GENERAL**

Determinar cuál de los métodos: reciclado con cemento y reciclado con emulsiones asfálticas; obtiene resultados más satisfactorios con respecto a lo técnico y económico.

#### **1.3.2. ESPECÍFICOS**

- Analizar las estadísticas en la construcción con reciclado de pavimento con el uso de cemento y emulsiones asfálticas.
- Verificar mediante ensayos de control el comportamiento de la estructura del pavimento
- Establecer parámetros comparativos de los estudios realizados del reciclado de pavimentos con cemento y emulsiones asfálticas.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

La construcción ha sido pionera en el desarrollo de técnicas de reutilización de los materiales, tal es el caso de los materiales que se retiran de pavimentos asfálticos de las carreteras durante su reparación o rehabilitación.

Actualmente, la técnica del reciclado de pavimento es poco empleada en Ecuador a pesar de las ventajas que describe su utilización en otros países, además de que se ha desarrollado la maquinaria y equipo más eficientes y especializados para la aplicación de esta técnica, lo que motiva a apostar por este tipo de tecnología.

La finalidad de este trabajo, es realizar un análisis comparativo del reciclado de pavimentos con cemento portland y emulsiones asfálticas en relación a las condiciones geológicas, geotécnicas, ambientales y estructurales a las que están sometidas en la vía.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

- U.S.A. Pennsylvania 1903.- Descubrimiento de las primeras emulsiones asfálticas naturales.
- U.S.A. Illinois 1910.- Primeras aplicaciones con normas iniciales como mejoramiento en vías.
- Alemania 1928-1930.- Desarrollo de las primeras emulsiones asfálticas producidas con equipos industriales (mecánico-eléctricos)

#### **2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA<sup>1</sup>**

El reciclado es una técnica de rehabilitación que consiste en la reutilización de los firmes de vías existentes que han cumplido su finalidad inicial, el cual se emplea para construir una nueva capa en la misma o en otra carretera; la primera fase de esta técnica consiste en el levantamiento de la capa que se va a reciclar, ya sea por fresado u otro procedimiento, luego de clasificarlo es mezclado con ligantes nuevos, así como aceites rejuvenecedores, el producto se puede destinar para las capas inferiores, si se alcanza las características adecuadas, también sirve para colocarlas como capas de rodadura, de igual manera se puede reciclar los pavimentos de hormigón agotados, mediante su rotura en trozos y una posterior trituración de éstos para producir áridos.

##### **2.2.1. TIPOS DE RECICLADO**

Existen diferentes maneras de clasificar las técnicas de reciclado de pavimentos:

---

1. Manual de Reciclado en Frío. WIRTGEN GROUP. Alemania 2004

- a) Por el lugar donde se lleva a cabo la mezcla
  - In situ
  - En planta
- b) Por la temperatura de la mezcla
  - En frío
  - En caliente
- c) Por las características del material a reciclar
  - Una capa relativamente homogénea
  - Dos o más capas de diferentes materiales
- d) Por el tipo de ligante
  - Cemento
  - Cal
  - Emulsión Asfáltica
  - Betún espumado

Por necesidad de estudio de esta investigación solo se analizará los conceptos del reciclado en frío con cemento y con emulsiones asfálticas:

#### **2.2.1.1. RECICLADO EN FRÍO CON CEMENTO**

Se define como reciclado con cemento de capas de firme la mezcla, convenientemente extendida y compactada, del material procedente del fresado de un firme existente con cemento, agua y, eventualmente, aditivos y árido de aportación, cuyo fin es reutilizar una o varias capas de un firme deteriorado. Todo el proceso de ejecución de esta unidad de obra se realizará a temperatura ambiente y sobre la misma superficie a tratar.

Las capas recicladas con cemento presentan mayor rigidez que las recicladas con emulsiones asfálticas debido a la inclusión de materiales triturados, proveniente

principalmente de la carpeta asfáltica antigua, sus resistencias son también superiores a los de las bases de suelo estabilizado con cemento.

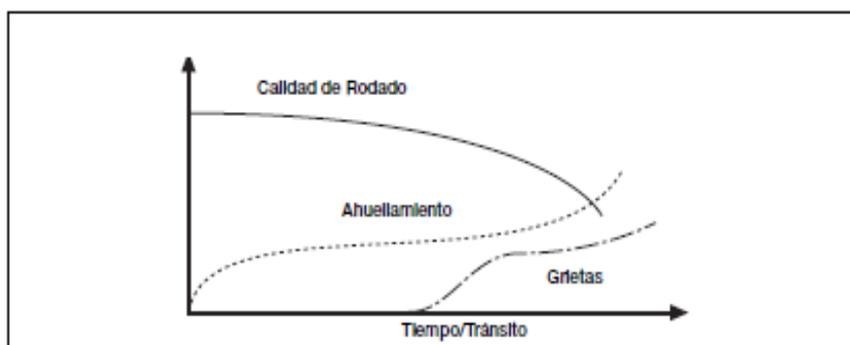
Resistencia a compresión simple a 7 días entre 1.5 y 3.0 MPa son consideradas satisfactorias para este tipo de mezclas. De acuerdo con la AASHTO, dichos valores corresponden a módulos dinámicos que oscilan entre 3500 y 4200MPa. Como en el caso del reciclado con emulsiones asfálticas, los valores aquí incluidos tienen solo carácter referencial y son aceptables para diseños preliminares a falta de mayor información, pero resultan inaceptables sin comprobación previa, para los diseños definitivos.

#### **2.2.1.2. RECICLADO EN FRÍO CON EMULSIONES ASFÁLTICAS**

Se define como reciclado in situ con emulsión asfáltica la mezcla homogénea, convenientemente extendida y compactada, del material resultante del fresado de una o más capas de mezcla bituminosa de un firme existente, emulsión bituminosa, agua y, eventualmente, aditivos. Todo el proceso de ejecución de esta unidad de obra se realizará a temperatura ambiente y sobre la misma superficie a tratar.

#### **2.2.2. FACTORES QUE CAUSAN EL DETERIORO DEL PAVIMENTO**

Los pavimentos se deterioran por un gran número de factores, pero los dos más importantes son los efectos medio ambientales y las cargas de tráfico. El deterioro del pavimento es normalmente medido indirectamente por la calidad de rodado, pero las características visibles como el ahuellamiento y agrietamiento superficial también son relevantes. La **Fig. 1** muestra como estas 3 características relacionan el paso del tiempo y el efecto acumulativo de las cargas de tráfico. El deterioro gradual de los pavimentos es causado por una combinación de los factores ambientales y de tráfico.



**Fig. 1.** Indicadores de deterioro de pavimentos

**Fuente:** Manual de Reciclado en Frío

### 2.2.2.1. FACTORES AMBIENTALES

Los factores medio ambientales son responsables de la mayor parte del inicio del agrietamiento superficial. El principal factor que contribuye a este fenómeno es la radiación ultravioleta solar, que causa un endurecimiento lento pero continuo del asfalto. Con el endurecimiento, la capa asfáltica reduce su elasticidad, lo que produce el agrietamiento cuando la superficie se contrae al disminuir su temperatura.

Una vez que la integridad de la superficie se pierde debido al agrietamiento, el pavimento tiende a deteriorarse a una tasa mayor producto del ingreso del agua a las capas subyacentes.

### 2.2.2.2. EFECTOS DEL TRÁFICO

La carga de tráfico es la responsable de la aparición del ahuellamiento y de la aparición de grietas dentro de la estructura de pavimento. Todo vehículo que utilice un camino va a producir una pequeña deformación momentánea en la estructura de pavimento. Sin embargo, la deformación producida por un vehículo liviano (automóvil) es insignificante, mientras que los vehículos pesados producen grandes deformaciones. El paso de una gran cantidad de vehículos tiene un efecto acumulativo que gradualmente lleva a una deformación permanente y/o agrietamiento de fatiga en el pavimento.

Es importante destacar que los ejes sobrecargados de los camiones pesados producen un efecto extremadamente nocivo en la estructura de pavimento, acelerando el deterioro. Este deterioro es causado básicamente por dos mecanismos dentro de la estructura de pavimento:

- Deformación permanente causada por densificación, donde las tensiones de cargas repetitivas hacen que las partículas dentro de las capas del pavimento se aglomeren más, produciendo una reducción en los vacíos de los materiales. En el material granular, tal pérdida de vacíos produce un aumento en la capacidad de soporte (materiales más densos son más resistentes), pero en las capas asfálticas el efecto es nocivo. Una reducción en el contenido de vacíos en el asfalto no sólo causa ahuellamiento bajo la huella de los neumáticos, sino que también éste comienza a actuar como una especie de fluido.

Este fluido crea una especie de medio hidráulico, el cual genera presiones de poro producidas por las cargas de tráfico. El fenómeno hidráulico causa el desplazamiento lateral de la mezcla asfáltica a lo largo de los ejes de las huellas.

- Agrietamiento de fatiga en materiales ligados. Este se inicia en la parte inferior de la capa, donde la deformación unitaria de tracción producida por las cargas de rueda alcanza su máxima magnitud. A partir de este punto de la capa, las grietas se propagan hacia la superficie. La deformación permanente que sufre el material bajo la superficie hacen que esta condición sea aun más crítica, al producirse un incremento de las deformaciones unitarias de tracción por cargas de rueda.

### **2.2.3. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DEL RECICLADO**

Planteada la necesidad de la rehabilitación estructural de un firme de carretera, para la determinación de la solución más adecuada, en el caso más general se deberá realizar las siguientes etapas:

1. Recogida de los datos sobre las características básicas del firme, así como de su entorno y cuantificación de las solicitudes.
2. Evaluación del firme.
3. Establecimiento de un diagnóstico sobre su estado.
4. Análisis de soluciones.
5. Selección y diseño de la solución más apropiada.

Estas etapas podrán en algunos casos simplificarse, según la naturaleza de los deterioros del firme y la técnica de rehabilitación que se pretenda utilizar como más idónea.

#### **2.2.3.1. RECOGIDA DE LOS DATOS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL FIRME**

Para poder evaluar el estado de un firme, es muy importante recopilar previamente sus parámetros más significativos, así como los del entorno y de las solicitudes del tráfico. Los datos básicos, de un tramo de carretera, más interesantes de analizar pueden ser:

- a) Datos del firme existente
  - Tipo y estructura del firme de la calzada y arcenes (naturaleza y espesor de sus capas).
  - Características iniciales de los materiales constituyentes.
  - Fecha de puesta en servicio.
  - Tipos y fechas de realización de las distintas actuaciones de conservación o rehabilitación del firme desde su construcción.
  - Otros datos de los que se disponga (inspección visual previa, auscultaciones, etc.).
- b) Entorno y solicitudes

- Características geométricas (sección transversal, perfil longitudinal).
- Tipo y características de la explanada.
- Naturaleza del suelo.
- Drenaje.
- Condiciones climáticas de la zona.
- Intensidad y composición del tráfico, fundamentalmente, el pesado.

### **2.2.3.2. EVALUACIÓN DEL FIRME**

La evaluación del firme existente tendrá por objeto caracterizar su estado con la finalidad de establecer un diagnóstico que permita seleccionar y proyectar la actuación de rehabilitación más adecuada en cada uno de los tramos homogéneos, de comportamiento sensiblemente uniforme, en que pueda dividirse la carretera en estudio.

El proceso de recopilación de la información necesaria para evaluar el firme se deberá hacer con la amplitud y detalle precisos en cada caso para conseguir los objetivos de la evaluación y definición de la actuación a llevar a cabo.

Para el estudio del estado del firme de una carretera se dispondrá como elementos básicos de la evaluación del deflectograma y de la segmentación en tramos homogéneos de comportamiento uniforme, caracterizados por el valor medio de las deflexiones patrón, su dispersión y la deflexión característica.

Junto con las deflexiones, una inspección visual detallada definirá los trabajos complementarios de extracción de testigos, calicatas y eventuales ensayos que se deban realizar. La inspección visual se intensificará en aspectos concretos que convenga aclarar (como por ejemplo, zonas singulares que no cumplan las condiciones de tramificación, puntos o zonas de extensión muy limitada con deflexiones anormalmente altas, estado del drenaje, etc.). Es importante determinar los tramos homogéneos de comportamiento uniforme, cuyo estudio

puede hacerse globalmente, incluso aunque no sean adyacentes. Se tendrá así una visión más amplia de los problemas, que puede reducir los trabajos de reconocimiento y análisis mediante extracción de testigos, calicatas, ensayos de laboratorios.

#### **2.2.3.2.1. TRAMIFICACIÓN PREVIA**

El análisis de los datos de partida, antes mencionados, permitirá hacer una primera tramificación. Esta es especialmente importante en itinerarios largos, ya que facilitará la programación de los trabajos de campo necesarios para conseguir muestras suficientemente representativas, y el análisis de los datos disponibles para establecer el posterior diagnóstico sobre el estado del firme.

En principio, se considerarán tramos homogéneos (salvo mayor información de origen, por ejemplo, relativa a la naturaleza de la explanada) los que respondan simultáneamente a los siguientes datos idénticos de partida en el inventario de firmes y en la categoría de tráfico pesado:

- Estructura del firme (naturaleza y espesor de capas).
- Fecha en que se realizó la última actuación de tipo estructural sobre el firme (sin tener en cuenta las de tipo superficial, como riegos con gravilla, lechadas bituminosas, microaglomerados o mezclas drenantes, de espesor igual o menor que 3 cm).
- Categoría de tráfico pesado.

Los tramos de estudio deberán ser homogéneos no sólo en cuanto a su origen, sino también de comportamiento uniforme. Esta uniformidad no podrá normalmente establecerse contando exclusivamente con los datos antes reseñados, sino que deberán basarse además en la inspección visual y en la auscultación con equipos de medida de deflexiones, completándose el análisis con sondeos, calicatas, toma de muestras y ensayos de laboratorio.

#### **2.2.3.2.2. INSPECCIÓN VISUAL**

La inspección visual es fundamental para la evaluación precisa del estado del firme. Independientemente de disponer de los datos de las campañas de auscultación superficial de los pavimentos, cuando sea preciso abordar un proyecto de rehabilitación estructural, los datos disponibles se tendrán que complementar con una inspección visual detallada que deberá hacerse por técnicos especialistas, a poder ser en la época más adecuada del año, de acuerdo con las características climáticas de cada zona.

El objeto de la inspección visual será el firme: pero también todo lo de su entorno que pueda tener influencia en su estado, tal como la situación de la explanada (desmote, terraplén o media ladera), las condiciones de drenaje (cunetas, desagües, drenes, etc.) y las características del terreno que lo sustenta.

Con la inspección visual se intentará fundamentalmente caracterizar el estado del firme. Al mismo tiempo, esta inspección ayudará a tramificar la carretera objeto de estudio, y a interpretar los resultados de la auscultación, efectuada con equipos de medida de la deflexión.

La inspección visual, las deflexiones y los otros parámetros de que se disponga, servirán para hacer una programación óptima de los trabajos de campo, que no deberán ser más que los necesarios (lo que redundaría en un mayor costo económico y en un aumento de los plazos de estudio y redacción del proyecto), ni menos de lo conveniente, para poder evaluar correctamente el estado del firme y definir con suficiente precisión la tipología de las soluciones de rehabilitación.

En algún caso, la inspección visual puede ser determinante en la elección de la solución de rehabilitación más adecuada. También este tipo de reconocimiento cuidadoso juega un papel importante, aunque no exclusivo, en la determinación de la solución correcta en las zonas donde, por la magnitud de las deflexiones, se requiera un estudio especial o donde convenga un tratamiento singular y diferenciado del tramo en su conjunto.

### **2.2.3.2.3. AUSCULTACIÓN ESTRUCTURAL**

La inspección visual se deberá completarse con la auscultación mediante equipos que proporcionen información sobre la capacidad resistente del firme. Básicamente, con todos los equipos de medida existentes se aplica una sollicitación al firme, se mide su respuesta (normalmente, la deformación vertical o deflexión) y, a partir de ella, se evalúan sus características estructurales y, en su caso, las de la coronación de la explanada.

En el proceso completo de evaluación del firme existente, tras el análisis de los datos de partida, la inspección visual y la auscultación con equipos, será aconsejable, en algunos casos realizar sondeos, calicatas, toma de muestras y ensayos de laboratorio para completar los datos anteriores. Básicamente se deberá obtener información de carácter puntual, pero precisa, sobre:

- La naturaleza y espesor de las distintas capas del firme
- Las características resistentes de las capas y adherencia entre ellas
- Las características y estado de la explanada
- El origen y extensión de los deterioros observados.

Cuando sea preciso este último tipo de información estará basado en la toma de muestras; el número de zonas que se debe investigar y su localización dependerá de cada caso concreto, pero deben ser tales que permitan el estudio de la problemática de cada uno de los tramos homogéneos de comportamiento uniforme y zonas singulares que se hayan establecido.

### **2.2.3.3. ADQUISICIÓN DE DATOS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE**

Debe obtenerse la mayor cantidad de información posible de “estudios de escritorio”, ya que esta ayuda a contextualizar el proyecto y entregar una apreciación preliminar de lo que se puede esperar cuando comience la investigación en terreno.

### **2.2.3.3.1. DISEÑO DE TRÁFICO**

Los caminos son construidos para soportar el tráfico. El volumen y tipo de tráfico que tendrá un camino durante su vida de diseño dicta las exigencias del pavimento. Sin embargo los ingenieros de pavimentos necesitan estadísticas anticipadas de tráfico (en términos de números de vehículos, configuración y peso por eje) para determinar las exigencias estructurales para la rehabilitación. Esto es conocido como la “capacidad estructural” del pavimento, y se define como la cantidad y tipo de carga a la cual puede estar sometido el pavimento antes de “fallar”. La capacidad estructural es expresada en términos de millones de “Ejes Equivalentes” (Equivalent Standard Axle Load ESAL, ej. 5 x 10<sup>6</sup> ESALs).

La capacidad estructural es denominada a menudo como el “tráfico de diseño” o la “capacidad de soporte” de un pavimento, los cuales poseen el mismo significado con el fin de que todos estos términos sean citados en millones de ESALs. Por lo tanto, los pavimentos son diseñados para una capacidad estructural específica. Aunque la vida de diseño es generalmente calculada en años, los pavimentos son actualmente diseñados para resistir las cargas de tráfico estimadas en este periodo. Por lo tanto, cualquier cambio imprevisto del tráfico estimado, causará un impacto en la vida de diseño. Este es uno de los aspectos fundamentales de la ingeniería de pavimentos.

Cuando es evidente que los datos de tráfico son insuficientes, particularmente al diseñar la rehabilitación de pavimentos con tráfico pesado, se debe obtener información adicional. Se debe contabilizar el tráfico para obtener una estimación exacta del porcentaje de vehículos pesados que usan habitualmente el camino. La información respecto a la dispersión del tráfico (configuración de los vehículos), presión de los neumáticos y cargas por eje, debería ser registrada durante el conteo de tráfico. Además las predicciones del volumen y tipo de tráfico futuro, deben ser obtenidas de las autoridades correspondientes. Siempre debe tenerse presente que la información utilizada para calcular el diseño de tráfico (capacidad estructural) es dependiente del incremento de tráfico, factores de deterioro y otros

datos que pueden no ser exactos. Además es importante realizar un análisis de sensibilidad para proporcionar confiabilidad en el efecto de cambio de estos datos.

Análisis de tráfico detallados son esenciales para el diseño de pavimentos donde se requiere una estrategia de diseño a mediano y largo plazo (típicamente cuando la vida de diseño excede los diez años). Para estrategias a corto plazo raramente es necesario elaborar un análisis de tráfico. Sin embargo, la información sobre volumen de tráfico es útil para planificar el trabajo, reducir las dispersiones del tráfico durante la construcción y minimizar el deterioro de las capas rehabilitadas que pueden estar sujetas al tráfico en una etapa temprana. Una vez que toda la información ha sido obtenida y se ha definido la capacidad estructural, se puede continuar con la investigación preliminar.

#### **2.2.3.3.2. DETERMINACIÓN DE SECCIONES HOMOGÉNEAS**

La clave para investigar el deterioro del pavimento es la identificación previa de estas secciones homogéneas. Una vez identificadas, el camino se divide en una serie de secciones. Secciones con deterioro similar y estructuras de pavimento pueden ser agrupadas para propósitos de investigación detallados.

El objetivo principal de emprender una investigación preliminar es la definición de secciones homogéneas. Esto se logra usualmente analizando la información disponible, incluyendo cualquier tipo de dato de deflexión, y desarrollando una inspección visual. Síntomas similares de deterioro y/o medidas de deflexión indican condiciones similares en la estructura de pavimentos subyacentes. Esta información se utiliza para identificar:

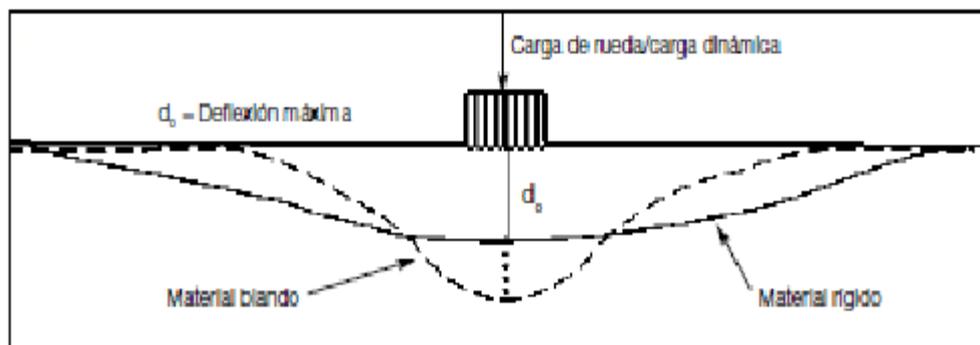
- Los límites entre las distintas secciones homogéneas
- El tipo de deterioro (indicando el modo de falla)

Las siguientes secciones describen los diferentes métodos que se utilizan para recolectar los datos necesarios que nos ayuda a identificar las secciones homogéneas y el tipo de deterioro.

## Método de las Deflexiones

La medida de deflexión es una herramienta no destructiva muy poderosa para la evaluación del pavimento. La técnica principal es usar una carga, un impulso (impacto) o una rueda cargada conocida que simule un vehículo pesado, y medir la respuesta del pavimento. Cuando se aplica una rueda cargada a la superficie del camino, el pavimento se deflecta.

La cantidad de deflexión que ocurre bajo la carga y la forma del “cuenco de deflexiones” producido por la carga, entrega un medio útil de evaluación de las propiedades del pavimento in-situ. La **Fig. 2.** ilustra este principio.



**Fig. 2.** Indicadores de deterioro de pavimentos

**Fuente:** Manual de Reciclado en Frío

Han sido desarrollados varios métodos para medir la respuesta del pavimento bajo carga, principalmente para usarla como un indicador de la condición estructural y la capacidad de carga del pavimento. Los métodos más utilizados son la Viga Benkelman y el Deflectómetro de Impacto (Falling Weight Deflectometer FWD).

Las medidas de deflexión son determinadas a menudo por las autoridades nacionales o regionales de caminos en todos los componentes importantes de la red de carreteras, como la principal variable de entrada de su análisis SAP. Cuando se encuentre disponible, esta información es trascendente para la definición inicial de las secciones uniformes usando técnicas estadísticas simples

(análisis de suma acumulada) para identificar donde ocurren cambios. La suma acumulada de las deflexiones máximas (u otros índices relevantes) son calculadas usando la ecuación:

$$S_i = (d_i - D) + s_{i-1}$$

**Ecuación 1.** Cálculo de Suma Acumulada deflexiones máximas

**Fuente:** Manual de Reciclado en Frío

Donde:

**S<sub>i</sub>** = Valor de la suma acumulada en la situación i

**d<sub>i</sub>** = deflexión máxima en la situación i

**D** = deflexión máxima media para la sección completa.

El valor de la suma acumulada es graficado para cada situación respectiva. Una pendiente relativamente constante indica secciones del pavimento con respuestas similares, o secciones homogéneas.

Nota: El método de la suma acumulada no es restrictivo para las deflexiones máximas. El método es usado a menudo con otros índices de deflexión, como el Índice de Curvatura Superficial (Surface Curvature Index SCI).

### **Otros métodos**

Cuando no se disponga de datos de deflexiones, las secciones homogéneas deben ser identificadas por otros medios. Una información constructiva (cuando se encuentre disponible) es usada a menudo como una guía inicial, complementada por una evaluación visual detallada, como se discute más abajo. Sin embargo, cuando la capacidad estructural del pavimento excede 3 millones de ESALs, siempre es aconsejable realizar una inspección de deflexiones previa.

En resumen, para identificar secciones homogéneas, la información derivada de la inspección es trascendente para la evaluación estadística de las propiedades del pavimento in-situ.

### **Evaluación visual**

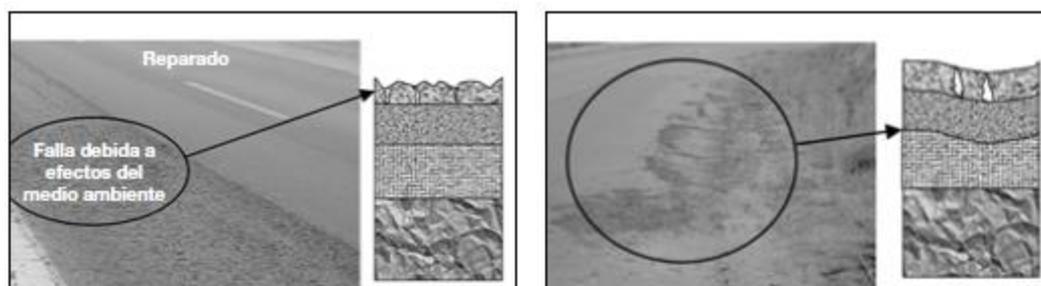
Las evaluaciones visuales son realizadas normalmente caminando o, en proyectos largos, conduciendo lentamente a lo largo de la sección del camino a ser evaluada. Cuando la evaluación se realiza conduciendo, frecuentemente es necesario detenerse para realizar inspecciones más de cerca.

Se toman notas detalladas de todos los deterioros evidenciados en la superficie del pavimento y otras observaciones como drenaje, cambios geológicos y características geométricas (pendientes abruptas, curvas cerradas y altos terraplenes). Los modelos de deterioro reconocidos durante la inspección, deben ser clasificados dentro de las tres categorías mostradas en la **Tabla 1**.

**Tabla 1.** Modos y Tipos de Deterioro

<b>Deterioro observado</b>	<b>Tipo de deterioro</b>	<b>Descripción</b>
Daño superficial	Daño ambiental	Pérdida áridos superficial, daño por oscilación térmica
	Daño al tránsito	Pérdida de áridos superficial, exudación, pulido
Daño estructural	Deformación	Ahuellamiento
	Agrietamiento	Longitudinal, cocodrilo, etc.
	Daño avanzado	Baches, desprendimiento del borde
Condición funcional	Drenaje	Erosión
	Calidad de rodado	Ondulaciones, corrugaciones

**Fuente:** Manual de Reciclado en Frío



**Fig. 3.** Falla de superficie, Falla por baja capacidad estructural

**Fuente:** Manual de Reciclado en Frío

Durante la inspección, los diferentes modelos y tipos de deterioros del pavimento son descritos de acuerdo a su severidad, frecuencia y posición. La inspección visual entrega indicaciones valiosas respecto a las causas de deterioro del pavimento dado que los modelos de falla llegan a ser elementales una vez resumidos.

### **Cono de penetración dinámica (DCP)**

El DCP es una herramienta simple que consiste en una barra de acero con una punta cónica de acero endurecida que es introducida en el pavimento utilizando un martillo de peso estándar que se deja caer. La razón de penetración, medida en mm/golpe, entrega una indicación de la resistencia in-situ del material en las diferentes capas del pavimento. El DCP es introducido normalmente a una profundidad de 800 mm, o más en el caso de pavimentos con estructuras más duras. Esto permite obtener un perfil que indica las propiedades in-situ con respecto a la profundidad.

Las medidas del DCP están bien relacionadas con el CBR en materiales arenosos (y razonablemente bien para materiales granulares gruesos) en cuanto a la densidad y contenido de humedad in-situ. Las correlaciones con la Resistencia a la Compresión no Confinada (UCS) en materiales ligeramente cementados también han sido desarrolladas. Los resultados del DCP pueden ser utilizados como una

guía preliminar para obtener el modulo elástico de los materiales del pavimento in-situ.

Las investigaciones con DCP requieren numerosos ensayos para mejorar la confiabilidad, ya que el coeficiente de variación a menudo es relativamente alto. Por lo tanto, estas medidas deben ser analizadas estadísticamente para obtener el valor del percentil adecuado (normalmente para caminos menores se utiliza el percentil 20 y para autopistas se usa el percentil 5).

Los resultados de una inspección con DCP son útiles para indicar el espesor de capas con resistencia uniforme dentro de la estructura del pavimento. Se encuentran disponibles programas computacionales para analizar los datos de penetración que indican el CBR, UCS, espesor de las capas y modulo elástico in-situ.

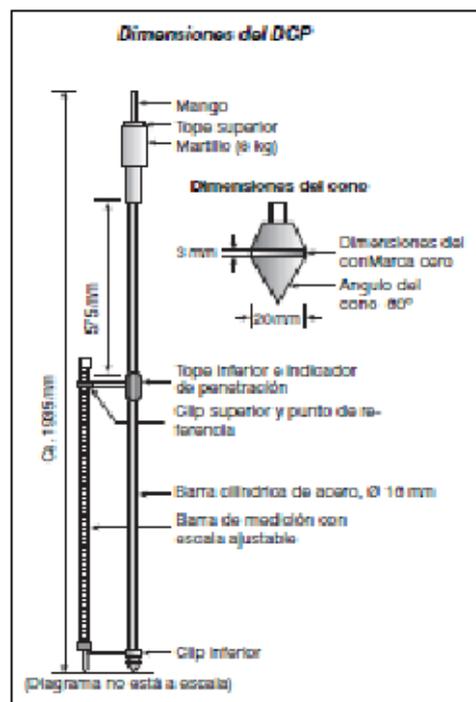
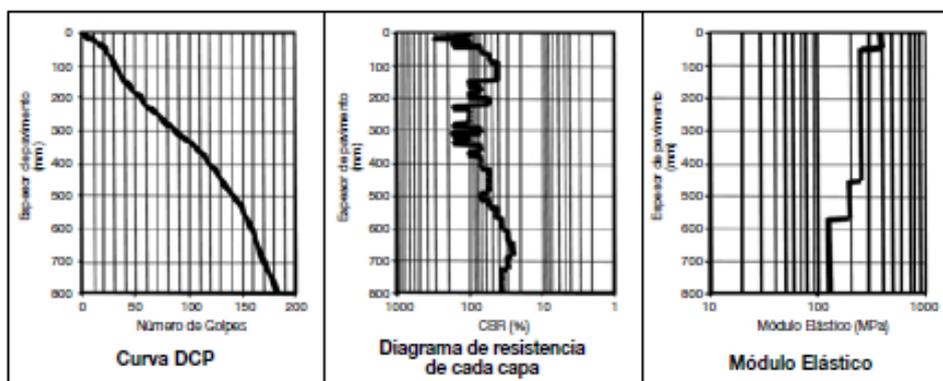


Fig. 4. Dimensiones del DCP

Fuente: Norma ASTM



**Fig. 5.** Resultados típicos del DCP

**Fuente:** Manual de Reciclado en Frío

### 2.2.3.3.3. SELECCIÓN Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

Las etapas que se han venido considerando para el estudio de la rehabilitación estructural del firme se completarán, tras el diagnóstico sobre el estado del firme y sobre las causas de las degradaciones observadas, con el análisis de las distintas soluciones de rehabilitación posibles y con la selección y diseño de las más apropiadas en cada caso.

La deflexión vertical es la deformación vertical de la superficie debida al impacto generado por el deflectómetro sobre tal superficie.

Las deflexiones resultantes, medidas tanto en el eje de carga como a diversas distancias radiales de dicho eje, sirven para estimar las propiedades estructurales del firme en su conjunto y de los materiales que lo componen. También pueden utilizarse para evaluar la transmisión de cargas a través de grietas y de juntas en pavimentos de hormigón o detectar la existencia de huecos bajo losas rígidas.

Los datos pueden utilizarse entre otras aplicaciones, para evaluar la capacidad de soporte de los firmes y los espesores de refuerzo necesarios para carreteras.

#### 2.2.4. AGENTES ESTABILIZADORES

Continuamente se están desarrollando nuevos productos y es muy importante para la industria que ellos tengan la posibilidad de ser probados. La innovación siempre debiera incentivarse ya que no existe un agente estabilizador que pueda adjudicarse el mejor comportamiento para todas las aplicaciones. Los ingenieros deben mantener un enfoque de mente abierta cuando se enfrenten a tomar la decisión respecto de qué agente utilizar en un proyecto específico. Tales decisiones son influidas invariablemente por:

- ✓ **Precio.-** El costo unitario de estabilizar (normalmente expresado en términos de costo por metro cuadrado de superficie completada).
- ✓ **Disponibilidad.-** Agentes estabilizadores específicos puede que no estén disponibles en algunas partes del mundo. Por ejemplo, las emulsiones asfálticas no se fabrican en algunos países.
- ✓ **Características del material.-** Algunos agentes estabilizadores son más efectivos que otros en ciertos tipos de materiales. Por ejemplo, la cal debiera ser preferida por sobre el cemento para suelos de alta plasticidad ( $IP > 10$ ).
- ✓ **Políticas.-** Algunas autoridades de caminos tienen políticas rígidas relacionadas al uso de ciertos agentes estabilizadores, en muchas ocasiones influidas por malas experiencias pasadas.

##### 2.2.4.1. AGENTES ESTABILIZADORES CEMENTADOS

La cal, cemento y mezclas de estos productos con cenizas volantes, escoria de alto horno y otros materiales puzolánicos, son los agentes estabilizadores más utilizados. Aparte de los primeros experimentos romanos con cal, el cemento ha sido usado por el período más largo de tiempo. La primera aplicación registrada fue en los Estados Unidos en 1917.

La función primaria de estos agentes es aumentar la capacidad de soporte. La cal es un agente estabilizador más adecuado para materiales más plásticos. La cal

liberada durante el proceso de hidratación reacciona con las partículas arcillosas en los suelos plásticos, reduciendo esa propiedad. El uso de mezclas de cemento puede, sin embargo, estar limitado al tratamiento de materiales con Índice de Plasticidad menor que 10.

La resistencia adquirida está determinada por la cantidad de agente estabilizador agregado y el tipo de material que se está tratando. Contrariamente a la percepción de algunas personas, el agregar más cemento para aumentar la resistencia puede ser perjudicial para el desempeño de la capa. El material tratado con un agente estabilizador cementado tiende a ser relativamente frágil, luego el aumentar la resistencia hace que el material sea aún más frágil con la consecuente reducción en la flexibilidad de la capa estabilizada. Esto lleva inevitablemente a una proliferación de las grietas ante cargas repetitivas de tráfico (especialmente cargas pesadas), reduciendo así el desempeño estructural. Es por ello que es muy importante que los criterios de desempeño de la capa estabilizada sean objetivos y que se realice un diseño adecuado basado en muestras representativas para determinar la correcta tasa de aplicación.

#### **2.2.4.2. AGENTES ESTABILIZADORES ASFÁLTICOS**

Debido a los grandes avances tecnológicos, el uso del asfalto como agente estabilizador ha incrementado enormemente su popularidad, aplicado tanto en su forma de emulsión como asfalto espumado. El tratamiento con asfalto cortado (cut back) no es considerado como un proceso de estabilización, ya que el asfalto se dispersa en una manera similar al asfalto de las mezclas en caliente. Sin embargo, debido razones ambientales, tal tratamiento ha sido prohibido en la mayoría de los países y por lo tanto no ha sido incluido.

Estabilizar con asfalto es una manera efectiva, desde el punto de vista de los costos, mejorar la resistencia de un material y reducir al mismo tiempo los efectos

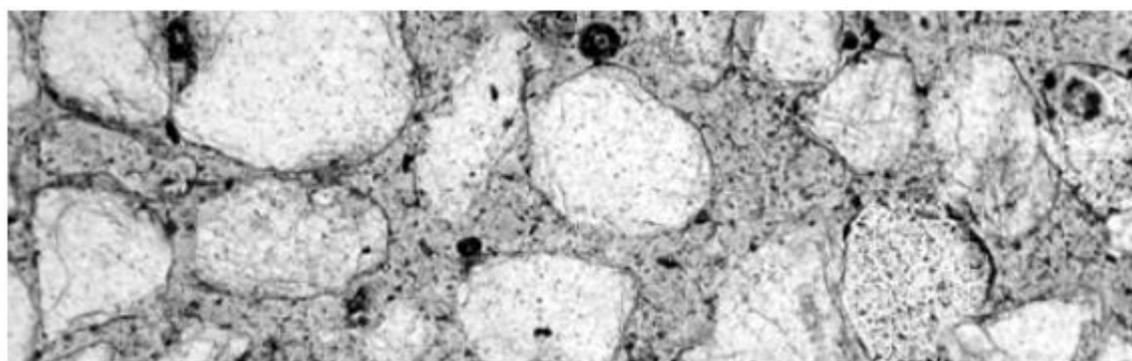
perjudiciales del agua. La estabilización asfáltica produce una capa relativamente flexible en comparación al mismo material tratado con cemento.

El material estabilizado con asfalto, con menos de 1,5 % en peso de cemento, no sufre del fenómeno de agrietamiento por retracción y puede ser abierto al tránsito inmediatamente debido a su resistencia inicial, lo cual previene la pérdida de áridos superficial o desgaste bajo la acción del tráfico. Sin embargo, mientras el material adquiere resistencia y se produce el proceso de curado los vehículos pesados (incluyendo a los compactadores), no deben ser estacionados en la capa terminada. Existen dos formas muy distintas de tratamiento que pueden ser logradas al utilizar una emulsión asfáltica:

- ✓ Proceso rejuvenecedor, aplicable a pavimentos antiguos con mezclas de asfalto en caliente. Al aplicar una emulsión asfáltica especialmente formulada al RAP se logra incorporar asfalto nuevo, permitiendo así que la mezcla sea colocada y compactada como una mezcla en frío. El criterio de diseño para tal proceso es esencialmente el mismo que para las mezclas asfálticas en caliente y los diseños de mezclas son realizados de acuerdo al método tradicional Marshall (con probetas de 100 mm de diámetro).
- ✓ Proceso de estabilización, aplicable a los materiales granulares. Las probetas de muestra son fabricadas usando una compactación tipo Proctor y todos los procedimientos de mezclas utilizan las propiedades de resistencia para determinar el nivel de aplicación requerido. Siendo esencialmente un material granular “mejorado”, las capas de pavimento construidas de material estabilizado con asfalto deben tener espesores mayores a 100 mm.

Reciclar con un agente estabilizador asfáltico (opuesto a un agente rejuvenecedor) crea un material estabilizado con asfalto que no tiene la apariencia típica de un pavimento asfáltico. Típicamente, una base de asfalto de graduación continua presenta un contenido de vacíos entre 3% a 6% y cada partícula es cubierta con una capa de asfalto delgada, actuando como un “adhesivo de contacto”.

El material estabilizado con asfalto está caracterizado por la dispersión de asfalto, principalmente entre las partículas finas, típicamente, la fracción menor a 0,075 mm para asfalto espumado y una fracción más gruesa para emulsión asfáltica. Por lo tanto, se conforma un material granular con una matriz rica en asfalto, como se muestra en la **Fig. 6** El contenido real de vacíos de este material después de compactado es rara vez menor que 10 % y la resistencia bajo carga tiende a ser tomada en parte por la fracción granular, que es capaz de resistir tensiones de compresión/aplastamiento o “crushing” debido a la fricción inter-partícula, y en parte por la matriz fina estabilizada la cual presenta un comportamiento visco-elástico, capaz de resistir tensiones de tracción repetidas. Es por esto que se considera un material híbrido.



**Fig. 6.** Dispersión del asfalto espumado en la matriz de finos

**Fuente:** Manual de Reciclado en Frío

### **2.2.4.3. ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO**

El cemento es el agente estabilizador más comúnmente utilizado; su utilización mundial excede enormemente el uso de todos los otros agentes estabilizadores juntos. Una de las razones principales para esto es la disponibilidad; el cemento se fabrica en la mayoría de los países. Otra razón es su comprobado historial como material de construcción. Existe gran cantidad de estándares, métodos de ensayo y especificaciones disponibles, y además, las capas estabilizadas con cemento han superado las expectativas de desempeño en miles de kilómetros de pavimentación a lo largo de muchas décadas.

#### **2.2.4.3.1. FACTORES QUE AFECTAN LA RESISTENCIA**

La resistencia a la compresión y a la tracción alcanzada en un material estabilizado con cemento está determinada por la cantidad de cemento que se agrega, el tipo de material y la densidad de compactación. La resistencia normalmente aumenta en una relación lineal con el contenido de cemento, pero a distintas tasas para distintos materiales y tipos de cemento.

Los enlaces cristalinos comienzan a formarse entre las partículas tan pronto como el cemento entra en contacto con el agua en el proceso de mezclado. Algunos de estos enlaces son destruidos cuando el material es perturbado (principalmente durante la compactación), reduciendo así la resistencia final que se puede lograr. Por otra parte, tales enlaces tienen el efecto de reducir la máxima densidad posible de alcanzar. Es por esto que es muy importante que el proceso de colocación y compactación sea realizado adecuadamente, de manera de alcanzar la densidad máxima y también obtener las resistencias anticipadas del material compactado.

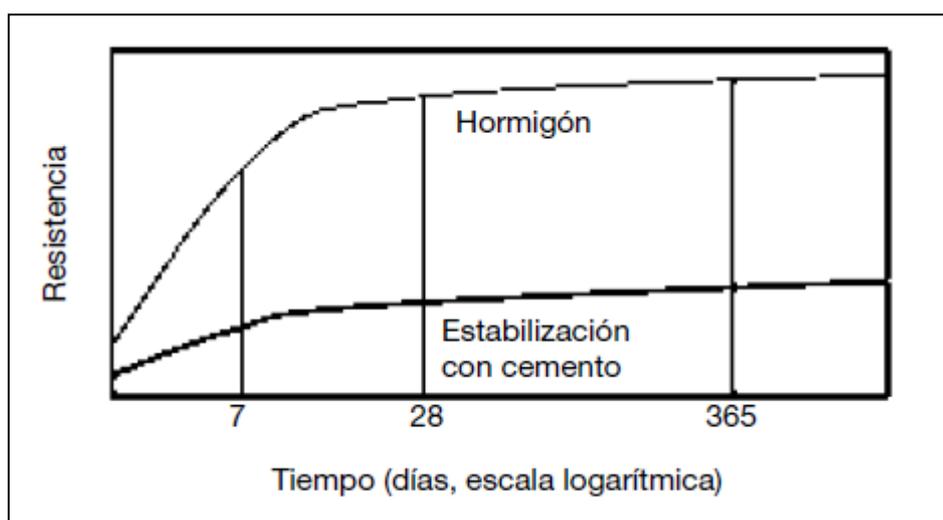
Esto último es particularmente importante cuando las temperaturas ambiente exceden 40 °C y donde el material puede lograr una rápida ganancia de resistencia e impedir una buena densificación. Bajo tales condiciones, un agente estabilizador alternativo al cemento se debe investigar, tal como mezclas con escoria y/o cal, para controlar la tasa de ganancia de resistencia.

#### **2.2.4.3.2. AGRIETAMIENTO DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO**

Todos los materiales tratados con cemento, incluyendo al concreto, son propensos al agrietamiento. La tasa de ganancia de resistencia (tanto UCS como ITS) en un material tratado con cemento es una función del tiempo, como se muestra en la **Fig. 7**. Las tensiones de tracción se desarrollan en todo material tratado con cemento como resultado de la retracción y/o el tránsito y, si estas exceden la resistencia a la tracción en ese minuto, se generan grietas.

Tales grietas pueden ser controladas y no son necesariamente perjudiciales. Sin embargo, es importante reconocer que el material tratado con cemento se agrieta

por dos razones distintas. La primera es función de la reacción química que ocurre cuando los hidratos de cemento se encuentran en presencia de agua y, por lo tanto, no es inducida por el tráfico. La segunda causa es la acción repetitiva de cargas de tráfico. La iniciación del agrietamiento y su posterior propagación es completamente diferente para cada una de ellas, justificando entonces que puedan ser consideradas en forma separada.



**Fig. 7.** Relación de aumento de resistencia para materiales cementados

**Fuente:** Manual de Reciclado en Frío

#### **2.2.4.3.3. GRIETAS NO CAUSADAS POR TRÁFICO**

Las grietas son inevitables cuando un material es tratado con cemento. A medida que el cemento se hidrata, cristales de silicato de calcio similares a un dedo se forman, uniendo las partículas de material. Además de la generación de calor y otros numerosos cambios que ocurren durante esta reacción química, a medida que los enlaces se desarrollan, el material experimenta un cambio de volumen y se contrae, causando grietas comúnmente conocidas como grietas de retracción.

Estas grietas de retracción son inevitables, siendo una característica propia del trabajo con cemento. La intensidad (espaciamiento de las grietas) y magnitud

(ancho de grieta) de agrietamiento, o grado de agrietamiento, está principalmente influido por:

- ✓ **Contenido de cemento.-** El agrietamiento que ocurre durante la hidratación es función de la cantidad de cemento presente. El aumento del contenido de cemento incrementa el grado de agrietamiento, y es una de las razones principales por las cuales se debe minimizar la adición de cemento, de modo tal de alcanzar las propiedades de diseño requeridas. Sin embargo, como se explica más adelante, los requisitos de resistencia y durabilidad tienen que ser balanceados, y es por eso que no siempre se puede dosificar con una cantidad muy baja de cemento.
- ✓ **Tipo de material que está siendo estabilizado.** Algunos materiales tienden a retraerse más que otros cuando son tratados con cemento. Adicionalmente, algunos suelos plásticos tienden a ser activos, exhibiendo cambios significativos en volumen entre estados húmedos y secos. Cuando el IP del material excede 10, la adición de cal, o una combinación de cal y cemento debe ser utilizada para reducir la plasticidad, idealmente a un estado no-plástico.
- ✓ **Contenido de humedad de compactación.** El grado de agrietamiento es una función de la cantidad de humedad que se pierde a medida que el material se seca. Limitar el contenido de humedad a menos del 75 % del contenido de humedad de saturación (por ejemplo, disminuyendo la relación agua/cemento) al momento de compactar puede reducir significativamente el grado de agrietamiento. La tasa de secado. Cuando un material tratado con cemento se retrae, se inducen esfuerzos internos. El grado de agrietamiento está determinado principalmente por la tasa de desarrollo de resistencia relativa a la tasa de desarrollo de tensiones inducidas por retracción. Si el material se seca rápidamente, las tensiones de retracción van a ser inevitablemente mayores que el desarrollo de resistencia, y el patrón de agrietamiento va a ser intenso (2 m x 2 m), con grietas de poco espesor (del ancho de décimas de mm). En un secado lento se van a apreciar patrones de agrietamiento menos intensos (6 m x 4 m)

con anchos de grieta mayores. Un curado adecuado de la capa terminada va a prevenir que la superficie se seque muy rápido, reduciendo así tanto la intensidad como la magnitud del agrietamiento.

Una característica de las grietas de retracción es que son más anchas en la parte superior que en la parte inferior (el secado se inicia en la superficie) y la cara vertical es irregular, pudiendo transmitir efectivamente las cargas de tráfico a lo largo de la grieta.

#### **2.2.4.3.4. TRABAJANDO CON CEMENTO**

Como se describiera en los numerales anteriores, una de las principales preocupaciones con los materiales tratados con cemento es su inevitable agrietamiento por retracción. Sin embargo, el grado de agrietamiento y la calidad global de las capas estabilizadas dependen en gran parte de los siguientes factores:

- **Diseño de la mezcla**

Es de vital importancia que se efectúe un procedimiento de diseño apropiado en base a muestras representativas del material tratado con cemento. Materiales diferentes requieren de diferentes cantidades de cemento para alcanzar los objetivos de resistencia y durabilidad.

- **Calidad del cemento**

El cemento tiene una vida de almacenamiento definida y, como regla general, no se debiera usar luego de tres meses a partir de su fecha de fabricación. Determinar la edad del cemento es difícil, en particular cuando se importa a granel. Si se tiene cualquier duda de la edad, o de cualquiera de los aspectos de calidad, se debieran obtener muestras para verificar los parámetros de resistencia en laboratorio.

- **Tipo de cemento**

Se debiera evitar el cemento de granulometría muy fina con propiedades de endurecimiento veloz.

- **Uniformidad de la aplicación**

Existen cuatro formas para la aplicación del cemento. En las primeras tres el cemento se esparce sobre la superficie del camino, y en la cuarta se inyecta en forma de lechada de cemento dentro del compartimiento de una máquina fresadora donde se mezcla con el agregado mientras se recicla:



**Fig. 8.** Aplicación de cemento en forma manual

**Fuente:** Manual de Reciclado en Frío



**Fig. 9.** Aplicación cemento a granel con camión

**Fuente:** Manual de Reciclado en Frío



**Fig. 10.** Aplicando cemento con equipo Wirtgen WR 2500 SK

**Fuente:** Manual de Reciclado en Frío



**Fig. 11.** Aplicando cemento en forma de lechada, equipo Wirtgen WM 1000

**Fuente:** Manual de Reciclado en Frío

- **Uniformidad de mezclado**

Se han realizado suficientes ensayos como para probar que las propiedades de mezclado de grandes máquinas recicladoras son similares a mezcladores de planta, suponiendo que la máquina es operada a una velocidad de avance apropiada para el sitio específico (normalmente entre 6 m/min y 12 m/min). Los “Factores de Seguridad” determinados en laboratorio, que son agregados a las tasas de aplicación especificadas de los agentes estabilizadores, pueden ser reducidos (y hasta omitidos) cuando se trabaja con máquinas recicladoras modernas.

- **Adición de agua**

El material tratado con cemento debiera ser trabajado lo más seco posible, tanto para minimizar el agrietamiento por retracción como para prevenir problemas durante la compactación. Cuando se requiere añadir agua, ésta debiera siempre inyectarse en el compartimiento de fresado y mezclado y tal adición debe ser controlada con criterio de ingeniería para asegurar un contenido de humedad que nunca exceda la humedad óptima de compactación del material.

- **Curado**

Una vez completado el proceso de mezclado, se debe prevenir, por un período de al menos siete días, que la superficie de la capa estabilizada con cemento se seque. Como se describe anteriormente, se desarrollarán grietas de retracción en la superficie si la tasa de secado excede la tasa de ganancia de resistencia. El secado prematuro se puede prevenir regando frecuentemente la superficie con agua desde un camión aljibe provisto de una barra con aspersores de ancho completo. Alternativamente, se puede utilizar un sello temporal como membrana de curado si se espera que la capa sea transitada. Sin embargo, como regla, los materiales tratados con cemento debieran ser cubiertos lo antes posible para minimizar los efectos perjudiciales de la carbonatación.

- **Temperatura**

Cuando las temperaturas ambiente son mayores que 25 °C, secciones cortas de camino debieran ser tratadas y terminadas lo antes posible para prevenir que se compacte contra un desarrollo temprano de resistencia. La calidad de la capa completada es muchas veces juzgada por la resistencia (UCS, ITS) de los especímenes fabricados a partir de muestras de material tomado detrás de la recicladora. Cuando se hace esto, es importante monitorear regularmente el lapso de tiempo entre el muestreo en terreno y la compactación de los especímenes en el laboratorio. Estos ensayos deben simular condiciones de terreno. Cualquier demora significativa puede resultar en resistencias pobres debido a la hidratación

del cemento y su aumento de la resistencia, que es posteriormente destruida en el proceso de compactación.

- **Tránsito temprano**

Fuera de las horas normales de trabajo, el camino puede ser abierto al tránsito. En muchas ocasiones se expresan preocupaciones acerca del tránsito prematuro en la capa estabilizada con cemento. Tales preocupaciones son ciertamente justificadas en los lugares en donde se pueden esperar altas cargas por eje y donde no se siguen los procedimientos de curado requeridos. Dejar que la superficie se seque puede causar desgaste superficial y una pérdida de resistencia en la porción superior de la capa, causando finalmente la formación de baches. Por lo tanto, la superficie debiera mantenerse constantemente húmeda a través de un riego liviano frecuente.

#### 2.2.4.3.5. PROPIEDADES TÍPICAS DE MATERIALES ESTABILIZADOS CON CEMENTO

Los aspectos más importantes a considerar cuando se estabiliza con cemento son:

- **Resistencia**

Tanto la UCS como la ITS son parámetros importantes para la evaluación de “resistencia” de un material estabilizado con cemento. El valor de UCS es usualmente determinado en probetas que han sido curadas por 7 días a una temperatura de 22 °C y una humedad superior al 95%. Algunos métodos de ensayo permiten curado acelerado.

**Tabla. 2.** Dosis de aplicación típicas de cemento

<b>DOSIS DE APLICACIÓN TÍPICAS DE CEMENTO (en peso)</b>		
<b>TIPO DE MATERIAL</b>	<b>Valor UCS objetivo</b>	
	<b>&lt; 4 Mpa</b>	<b>Hasta 10 Mpa</b>
RAP/granular chancado (mezcla 50/50)	2,0 a 2,5	4,0 a 6,0
Granular chancado de buena graduación	2,0 a 3,0	4,0 a 6,0
Grava natural (IP<10,CBR>30)	4,0 a 6,0	5,0 a 8,0

**Fuente:** Manual de Reciclado en Frío

La **Tabla. 2.** muestra tasas típicas de aplicación de cemento (expresadas como un porcentaje de la densidad seca del material reciclado compactado) para dos categorías UCS: “levemente cementada” (menor a 4 MPa) y “cementada” (hasta 10 MPa). Se debe tener un cuidado especial cuando se utiliza un material de granulometría gruesa. Existe la probabilidad que se produzcan “columnas de piedra” en el cuerpo del espécimen por lo cual se puede obtener una medición falsa de UCS, que se aproxima más a la resistencia de la piedra que a la de la mezcla estabilizada. Si se producen resultados de UCS muy altos (no esperados), se debería investigar el espécimen inspeccionándolo visualmente para observar la forma de falla.

El ensayo de ITS se ha vuelto cada vez más importante como medida de durabilidad de largo plazo. Investigaciones recientes han mostrado que un valor mínimo de ITS de 250 kPa se requiere para resistir las fuerzas destructivas generadas por carbonatación.

### **Tiempo requerido para el proceso de mezclado y compactación**

El mezclado, colocación y compactación debiera ser ejecutado en el menor tiempo posible. Normalmente se especifica un tiempo límite de 4 horas para el tratamiento con cemento para cuando se utiliza una planta de construcción convencional. El lapso de tiempo se mide desde el minuto en que el cemento entra por primera vez en contacto con el agua hasta el minuto en que se termina la compactación. Este lapso puede ser muy largo cuando el cemento utilizado tenga un potencial de ganancia rápida de resistencia, por lo tanto, es importante minimizar este lapso de tiempo.

Con una planificación adecuada, este período puede ser reducido a menos de una hora utilizando equipos modernos de reciclado y compactación.

- **Densidad**

La compactación siempre debiera lograr alcanzar la máxima densidad posible bajo las condiciones de terreno. Usualmente se especifica la densidad mínima como un porcentaje de la densidad AASHTO modificada, entre 97% y 100% para bases tratadas con cemento. A veces se permite aceptar un gradiente de densidad a través del espesor de compactación. Esto significa que la densidad en la parte superior de la capa puede ser mayor que la de la parte inferior. Cuando se especifica de este modo, es normal incluir una desviación máxima de 2% para la densidad medida en el tercio inferior de la capa. Así, si la densidad promedio especificada es de un 100%, la densidad en la parte inferior de la capa debe ser mayor que 98%.

#### **2.2.4.4. ESTABILIZACIÓN CON ASFALTO**

El asfalto es utilizado como ligante de diferentes formas en la industria de construcción de caminos. A temperatura ambiente, el asfalto es un líquido muy viscoso que no es trabajable. En general, existen cuatro maneras para hacer que el asfalto sea trabajable:

- ✓ Utilizando calor (aumentando la temperatura).
- ✓ Mezclándolo con solventes de petróleo (asfalto cortado).
- ✓ Emulsificándolo en agua para formar una emulsión asfáltica.
- ✓ Creando asfalto espumado en un estado temporal de baja viscosidad.

Los dos primeros procedimientos no son aplicables al reciclado en frío. La primera alternativa es el proceso de mezclas asfálticas calientes, que requieren que el agregado sea precalentado y secado. La segunda alternativa incluye el uso de costosos solventes que son peligrosos y contaminantes. Las siguientes dos secciones se enfocan solo a las aplicaciones con emulsiones asfálticas y asfalto espumado, que son los dos únicos agentes estabilizadores asfálticos técnicamente viables, pese a que una emulsión asfáltica también se puede usar como agente

rejuvenecedor para el 100 % de las mezclas de RAP, esta sección se enfoca únicamente a la estabilización de suelos.

La **Tabla 3** ilustra la aplicación de tres procesos de tratamiento con asfalto. Las diferentes etapas del tratamiento se comparan en la tabla.

**Tabla 3.** Comparación entre distintos tipos de aplicación con asfalto

<b>COMPARACION ENTRE DISTINTOS TIPOS DE APLICACIONES CON ASFALTO</b>			
<b>Factor</b>	<b>Emulsión asfáltica</b>	<b>Asfalto espumado</b>	<b>Mezcla en caliente</b>
Tipo de agregados en que se puede aplicar técnica	-Roca chancada	-Roca chancada	
	-Grava natural	-Grava natural	-Roca chancada
	-RAP, mezcla en frío	-RAP, estabilizado	-0% a 50% RAP
	-RAP, estabilizado	-Materiales marginales (arenas)	
Temperatura mezclado del asfalto	20 °C - 70 °C	160 °C - 180 °C (antes de espumar)	140 °C - 180 °C
Temperatura del agregado durante la mezcla	Ambiente (en frío)	Ambiente (en frío)	Solo en caliente (140 °C - 200 °C)
Contenido de humedad durante la mezcla	90% de OMC menos el 50% del contenido de	Bajo la OMC, por ejemplo 65% a 95% de la OMC	Seca
Tipo de recubrimiento de partículas del agregado	Recubrimiento parcial de partículas gruesas y cohesión de la mezcla con mortero asfalto/finos	Recubrimiento en zonas puntuales de la mezcla, gracias a mortero asfalto/finos	Recubrimiento de todas las partículas de agregado, verificándose mediante espesor de película
	Ambiental	Ambiental	140 °C - 160 °C
Velocidad para adquirir resistencia	Lento	Medio	Rápido
Asfalto modificado	Si	No apropiado	Si
Parámetros importantes del binder	-Tipo de emulsión (aniónica, catiónica)		
	-Asfalto residual	-Vida Media	-Penetración
	-Tiempo de quiebre	-Razón de expansión	-Punto de ablandamiento
	-Curado		-Viscosidad

**Fuente:** Manual de Reciclado en Frío

#### **2.2.4.5. ESTABILIZACIÓN CON EMULSIÓN ASFÁLTICA**

Una emulsión consiste en dos líquidos inmiscibles, uno en la fase dispersa (pequeños glóbulos de asfalto de 0,001 a 0,01 mm) y otro en la fase continua. Los líquidos son mecánicamente dispersados, en un molino coloidal. Las emulsiones asfálticas estándar consisten en una fase de asfalto (en glóbulos) disperso en una fase continua de agua. El empleo de un emulsificante impide, a través de un agente activo que forma un campo electroestático alrededor de los glóbulos de asfalto, que la fase dispersa pueda unirse y le otorga estabilidad a la emulsión. (Nota: Las emulsiones invertidas tienen agua en la fase dispersa con asfalto en la fase continua. Tales emulsiones no son utilizadas en el trabajo de reciclado).

La mayoría de las emulsiones utilizadas como agentes estabilizadores tienen una componente de “asfalto residual” de 60%, que significa que el 60% de volumen de la emulsión está compuesto de asfalto disperso en un 40% del volumen que es agua. El porcentaje de asfalto puede, sin embargo, variar entre 30% y 70%, pero los porcentajes de asfalto mayores a 60% no son recomendables para el reciclado debido a que la emulsión se torna viscosa, más difícil de bombear y por lo tanto es más difícil cubrir el agregado.

Después de mezclar la emulsión con el suelo a estabilizar se produce el proceso de “quiebre”, que es la separación del asfalto de la fase de agua y la unión de las gotitas de asfalto con el agregado para producir una película continua de asfalto sobre la superficie de agregado. El exceso de agua del agregado se deposita en la mezcla. El lapso de tiempo entre el mezclado hasta la separación del agua de los glóbulos de asfalto se conoce como el tiempo de “quiebre” (setting).

El proceso de quiebre es seguido por el curado, que es la pérdida del agua de la mezcla (principalmente a través de la evaporación) y el incremento de la rigidez y la resistencia a la tracción de la capa estabilizada de asfalto. Esto es importante debido a que una mezcla requiere adquirir rigidez y cohesión entre las partículas antes de permitir el tránsito sobre la nueva capa. El quiebre y el posterior curado está afectado por:

- ✓ La tasa de absorción de agua del agregado (los agregados de textura rugosa y porosa reducen el tiempo de quiebre y de fijación al absorber el agua contenida en la emulsión).
- ✓ El contenido de humedad de la mezcla previo al mezclado influye en el tiempo de quiebre.
- ✓ El contenido de humedad de la mezcla después de la compactación influye en el tiempo de curado.
- ✓ La granulometría del agregado y el contenido de vacíos de la mezcla (densidad alcanzada).
- ✓ El tipo y calidad de la emulsión. Mayores concentraciones de emulsificador iónico producen emulsiones más estables.
- ✓ Fuerzas mecánicas causadas por la compactación y el tráfico.
- ✓ La composición mineral del agregado (por ejemplo, la tasa de curado puede ser afectada por posibles interacciones fisicoquímicas entre la emulsión y la superficie del agregado).
- ✓ La intensidad de carga eléctrica del agregado en relación a la de la emulsión.
- ✓ La temperatura del agregado y del aire, debido a que el calor cataliza las reacciones químicas y va a causar que el agua sea disipada y evaporada más rápidamente.
- ✓ Tipo y porcentaje activo de filler (por ejemplo, cantidad de cal o cemento).

El cemento se utiliza normalmente en conjunto con la emulsión asfáltica. Además de mejorar la resistencia retenida y proveer resistencia mejorada a la humedad, el cemento actúa como una forma de catalizador al controlar el quiebre, incrementando las propiedades resistentes iniciales, ayudando así al acomodo del tráfico. Las investigaciones realizadas acerca de los efectos de combinar cemento con emulsión asfáltica han mostrado que hasta un 1,5 % en masa de cemento puede ser añadido sin reducir significativamente las características de fatiga de la capa estabilizada.

- **Tipos de emulsión**

Existen tres tipos de emulsión, a saber:

- ✓ Emulsión aniónica producida utilizando emulsificadores cargados negativamente tales como ácidos grasos. Los emulsificadores reaccionan con el hidróxido de sodio para liberar los iones en la solución en un proceso de saponificación.
- ✓ Emulsión catiónica producida utilizando emulsificadores cargados positivamente como las aminas. Estos emulsificadores deben reaccionar con un ácido (generalmente ácido clorhídrico) antes de que puedan funcionar. El tipo de aminas (por ejemplo, diamina v/s aminas alcoxiladas) determina si el quiebre va a ser rápido o lento (respectivamente).
- ✓ Emulsión no-iónica, que es fabricada con emulsificadores no cargados. Estas emulsiones no son utilizadas en el reciclado en frío.

Tanto en las emulsiones aniónicas como catiónicas, los emulsificantes son químicamente controlados para estabilizar o aumentar la rapidez de quiebre. Las emulsiones con tiempos de quiebre extendidos de entre 30 minutos y 1,5 horas o más, son denominadas de “quiebre lento” mientras aquellas que quiebran rápidamente se denominan de “quiebre rápido”.

La carga iónica de las partículas de asfalto depende de la química del agregado. Por ejemplo, la piedra caliza es un agregado alcalino mientras el granito y la cuarcita son agregados acídicos. La influencia de la interacción entre la emulsión asfáltica y el agregado se resume en la siguiente tabla.

**Tabla 4.** Tipo de emulsión asfáltica/compatibilidad del tipo de agregados

<b>Tipo de emulsión asfáltica/compatibilidad del tipo de agregados</b>			
<b>Tipo de emulsión</b>	<b>Tipo de agregado (roca)</b>	<b>Apariencia</b>	
		<b>Quiebre</b>	<b>Adhesión</b>
Aniónica	Ácida	Lento	Mala
Aniónica	Alcalina	Medio	Buena
Aniónica	Ácida	Rápido	Excelente
Aniónica	Alcalina	Rápido	Buena

**Fuente:** Manual de Reciclado en Frío

La razón principal para utilizar emulsión asfáltica como agente estabilizador es permitir que el asfalto se pueda mezclar efectivamente con material frío y húmedo. Esto es una fase transitoria, ya que el producto final deseado es un material ligado con asfalto, lo cual requiere que el asfalto se separe de la suspensión para que así, éste pueda actuar como ligante.

Es por esto que las condiciones de quiebre y el régimen de curado posterior son muy importantes para el desempeño futuro de la mezcla. Si bien tanto las emulsiones aniónicas como las catiónicas pueden ser utilizadas para el reciclado, de la tabla, muestra que la emulsión catiónica es casi siempre adecuada para el uso en el reciclado profundo.

Cuando se reciclan capas profundas es imperativo el asegurar que la emulsión quiebre lo antes posible sin comprometer el mezclado y la compactación. Esto se logra de mejor manera utilizando una emulsión catiónica.

- **Diseño de mezcla**

Como con cualquier forma de estabilización, un procedimiento de diseño apropiado debe ser seguido para determinar la tasa de aplicación correcta requerida para alcanzar la resistencia de diseño. Cada material requiere de su propia tasa de aplicación de emulsión asfáltica para alcanzar la resistencia óptima o deseada.

- **Formulación**

Diferentes emulsificadores y aditivos son utilizados para variar las dosificaciones de manera de ajustar una emulsión a una aplicación específica. Además de determinar la cantidad de asfalto residual suspendido en agua, tal ajuste apunta a controlar las condiciones bajo las cuales el asfalto quiebra. Dado que el tipo de material que se mezcla con la emulsión tiene una gran influencia en la estabilidad (tiempo de quiebre), es importante que al fabricante de la emulsión le sea entregada una muestra representativa del material que debe ser reciclado. Cualquier tipo filler activo que se debe añadir en conjunto con la emulsión asfáltica deben ser también suministrados para permitir desarrollar y ensayar la formulación correcta de la emulsión.

- **Manejo**

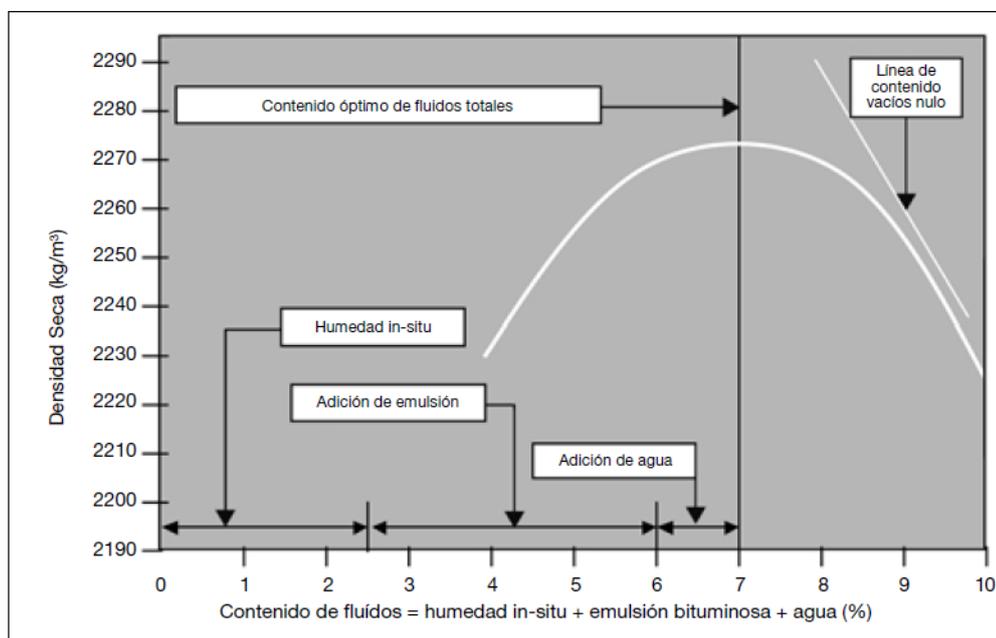
Las emulsiones asfálticas son susceptibles a la temperatura y presión. Las condiciones que van a hacer que el asfalto se separe de la suspensión (lentamente como “floculación”, o instantáneamente como “quiebre instantáneo”) deben ser claramente entendidas para evitar de que esto ocurra en terreno.

De igual manera, el fabricante debe conocer las condiciones predominantes en terreno para permitir una formulación correcta, incluyendo los detalles de todas las bombas que serán utilizadas para transferir la emulsión entre los estanques y para suministrar la barra con aspersores en la recicladora. Por ejemplo, el mezclado de emulsiones aniónicas con catiónicas resulta en un quiebre instantáneo y bloqueo de bombas y cañerías con asfalto viscoso. Esto puede ser prevenido marcando y almacenando las emulsiones cuidadosamente y asegurando que los sistemas de distribución estén libres de residuos de la utilización anterior.

- **Contenido total de fluido**

El control de la humedad en el material reciclado es uno de los aspectos más importantes de la estabilización con emulsiones asfálticas.

Cuando se trabaja con emulsiones asfálticas, el “Contenido Total de Fluido” es utilizado en vez del Contenido de Humedad al momento de definir la relación humedad/densidad. La densidad máxima se alcanza con el Contenido Óptimo de Fluido Total (Optimum Total Fluid Content, OTFC), que es la combinación del agua de compactación y emulsión asfáltica en la mezcla. Antes de quebrar, la emulsión asfáltica es un fluido con una viscosidad ligeramente mayor que la del agua. Tanto los componentes del agua como del asfalto de una emulsión actúan como un lubricante para ayudar a la compactación, por lo que ambos deben ser considerados como un solo fluido. Esto se ilustra en la **Fig. 12**.



**Fig. 12.** Consideración de fluidos totales en la estabilización de materiales con emulsión

**Fuente:** Manual de Reciclado en Frío

El ejemplo de la **Figura. 12.** muestra el contenido de humedad in-situ de 2,5%, con un 3,5% de emulsión asfáltica aplicada. El material tiene un OTFC de un 7% bajo una compactación estándar. Un porcentaje adicional de 1,0 % de agua se puede agregar durante el reciclado para llevar el contenido total de fluido al óptimo, o aplicar un esfuerzo adicional para alcanzar la densidad máxima. Si el contenido total de fluido del material se acerca al nivel de saturación (como se indica por la línea de porcentaje de vacíos cero), se desarrollarán presiones hidráulicas bajo el rodillo causando que el material se hinche o des compacte. Cuando suceden tales condiciones es imposible compactar el material.

Cuando el contenido de humedad de terreno es alto (por ejemplo, cercano al OTFC), la adición de emulsión asfáltica puede incrementar el contenido total de fluido por sobre el punto de saturación. Esta situación no puede ser solucionada reduciendo la cantidad de emulsión asfáltica adicionada debido a que la calidad del producto estabilizado se compromete. No se debe agregar cemento a la mezcla para “absorber la humedad excedente” debido a que tal práctica modifica la naturaleza del producto y aumenta su rigidez. Los altos contenidos de humedad in-situ se reducen de mejor manera pre pulverizando el pavimento existente, exponiendo el material y dejando que se seque lo antes de estabilizar.

- **Tiempo de compactación**

Cuando una emulsión quiebra, el asfalto se separa de la suspensión y la viscosidad del fluido aumenta significativamente. Las partículas individuales del material reciclado pueden ser cubiertas o semi-cubiertas con una delgada lámina de asfalto frío y viscoso, haciendo más difícil la compactación. La compactación debiera, por lo tanto, ser completada antes o durante el proceso de quiebre de la emulsión.

- **Control de calidad**

Las probetas (para los ensayos de resistencia) son normalmente fabricadas de muestras obtenidas inmediatamente detrás de la recicladora. Estas probetas deben

ser preparadas antes de que la emulsión quiebre, obteniendo así especímenes que reflejan al material compactado en el camino. Muchas veces, la única forma de que esto se logre es teniendo un equipo de compactación móvil para fabricar las probetas. Alternativamente, se pueden extraer testigos en una fecha posterior una vez que la capa haya curado completamente.

- **Curado**

De manera de ganar resistencia, una mezcla de emulsión debe expulsar el exceso de agua, o curar. A pesar de que algunos materiales estabilizados con emulsión asfáltica pueden alcanzar su resistencia total en un período corto de tiempo (un mes), el curado puede tardar más de un año para algunos materiales. La longitud de este período está afectada por el contenido de humedad de terreno, la interacción emulsión/agregado, clima local (temperatura, precipitación y humedad) y el contenido de vacíos de la mezcla.

La adición de cemento tiene un impacto significativo en la tasa de ganancia de resistencia. Esto es particularmente útil cuando el tráfico debe ser acomodado en una capa reciclada poco tiempo después del tratamiento.

Sin embargo, la investigación ha demostrado que añadir más de 2% en masa afecta negativamente las propiedades de fatiga de la capa estabilizada. Por esta razón es que la tasa de aplicación de cemento está usualmente limitada a un máximo recomendado de 1,5% y un máximo absoluto de 2%.

- **Densidad**

La compactación siempre debiera lograr alcanzar la máxima densidad posible bajo las condiciones de terreno. Usualmente se especifica la densidad mínima como un porcentaje de la densidad AASHTO modificada, entre 98% y 102% para bases estabilizadas con asfalto.

A veces se permite aceptar un gradiente de densidad a través del espesor de compactación. Esto significa que la densidad en la parte superior de la capa puede

ser mayor que la de la parte inferior. Cuando se especifica de este modo, es normal incluir una desviación máxima de 2% para la densidad medida en el tercio inferior de la capa. Así, si la densidad promedio especificada es un 100%, la densidad en la parte inferior de la capa debe ser mayor que 98%. Para agregados de mejor calidad (por ejemplo, CBR > 80%), es recomendable especificar una densidad absoluta.

## **2.2.5. ESPECIFICACIONES TECNICAS<sup>1</sup>**

### **2.2.5.1. FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO**

- **Descripción**

Este trabajo consiste en la obtención de un nuevo perfil longitudinal y transversal de un pavimento asfáltico existente, mediante su fresado en frío, de acuerdo con los alineamientos y dimensión indicada en los documentos del proyecto y las instrucciones del fiscalizador.

- **Materiales**

Este requisito no es aplicable en la presente especificación.

- **Equipo**

El equipo para la ejecución de los trabajos deberá ser una máquina fresadora cuyo estado, potencia y capacidad productiva garanticen el correcto cumplimiento del plan de trabajo. Si durante el transcurso de los trabajos el Fiscalizador observa deficiencias o mal funcionamiento de la máquina, ordenará su inmediata reparación o reemplazo.

---

1. Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. MOP-001-2002

- **Procedimiento de trabajo**

***Preparación de la superficie existente***

Inmediatamente antes de las operaciones de fresado, la superficie de pavimento deberá encontrarse limpia y, por lo tanto, el Constructor deberá adelantar las operaciones de barrido y/o soplado que se requieran para lograr tal condición.

***Fresado del pavimento***

El fresado se efectuará sobre el área que apruebe el fiscalizador, a temperatura ambiente y sin adición de solventes u otros productos ablandadores que puedan afectar la granulometría de los agregados o las propiedades del asfalto existente.

El material extraído deberá ser transportado y acopiado en los lugares que indiquen los documentos del proyecto o que establezca el Fiscalizador y será de propiedad del Ministerio de Obras Públicas del Ecuador.

Durante el manipuleo del material fresado, deberá evitarse su contaminación con suelos u otros materiales extraños.

En proximidades de bocas de pozos y en otros sitios inaccesibles al equipo de fresado, el pavimento deberá removerse empleando otros métodos que den lugar a una superficie apropiada.

El trabajo de fresado se podrá realizar en varias capas, hasta alcanzar el espesor del proyecto, debiendo quedar una superficie nivelada y sin fracturas.

En la eventualidad de que al término de una jornada de trabajo no se complete el fresado en todo el ancho de la calzada, los bordes verticales, en sentido longitudinal, cuya altura supere cinco centímetros (5 cm), deberán ser suavizados de manera que no impliquen peligro para el tránsito automotor. Igual precaución se tomará en los bordes transversales que queden al final de cada jornada.

Cualquiera que sea el método utilizado por el Constructor, los trabajos de fresado no deberán producir daños a objetos, estructuras y plantas que se encuentren cerca a la zona de acción de sus equipos y, por lo tanto, deberá tomar las precauciones que corresponda, siendo de su responsabilidad todos los daños y perjuicios que en dichos elementos se ocasionen durante el desarrollo de los trabajos. Al efecto, el Fiscalizador estará facultado para exigir la modificación o incremento de todas las medidas de seguridad que se hayan adoptado inicialmente.

- **Condiciones para recepción de trabajos**

Durante la ejecución de los trabajos, el Fiscalizador verificará el funcionamiento del equipo empleado y levantará los perfiles que considere necesarios.

- Se admitirá una tolerancia de las cotas de la superficie resultante, respecto de las de proyecto, hasta de cinco milímetros (5 mm) en defecto o en exceso.

- El Fiscalizador se abstendrá de aceptar en el acopio todo material que resulte contaminado como resultado de un manipuleo incorrecto por parte del Constructor.

- **Medición**

La unidad de medida del pavimento asfáltico fresado será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado al entero, de superficie fresada de acuerdo con las exigencias de esta especificación y las dimensiones y cotas señaladas en los documentos del proyecto u ordenadas por el Fiscalizador.

El área tratada se determinará multiplicando la longitud fresada por el ancho tratado y por el espesor fresado, el cual estará establecido en los planos del proyecto o será fijado por el Fiscalizador.

No se medirá ningún área por fuera de tales límites.

- **Pago**

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y a satisfacción plena del Fiscalizador.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de limpieza previa que requiera la superficie, el fresado para alcanzar las cotas o espesores que indique el proyecto; cargue, transporte, descargue y acopio del material fresado en los sitios establecidos; la reparación a satisfacción de todos los elementos que hayan sido afectados por la ejecución de los trabajos; la señalización preventiva y el ordenamiento del tránsito público durante el lapso de ejecución de los trabajos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del fresado del pavimento asfáltico.

**No del Rubro de Pago y Designación Unidad de medida**

406-8 Fresado de pavimento asfáltico..... Metro cúbico (m3)

**2.2.5.1. RECUPERACIÓN DE PAVIMENTOS CON EMULSIONES ASFÁLTICAS EN SITIO.**

- **Descripción**

Este trabajo consistirá en la recuperación y reutilización en el mismo lugar de los agregados existentes en pavimentos antiguos, en los cuales se hallan constituyendo capas asfálticas de rodadura, y capas de bases asfálticas o capas de bases granulares, material granular o alguna combinación de ellos.

Estos agregados se emplearán como parte del material que se utilizará en la construcción de nuevas bases recicladas con procesos de mezclado con emulsiones asfálticas, las cuales serán colocadas sobre las capas subyacentes del pavimento antiguo, en cumplimiento de las disposiciones contractuales y con las alineaciones, pendientes y secciones transversales constantes en los planos del contrato.

- **Materiales**

La trituración de la capa a recuperar se efectuará obligatoriamente mediante el empleo de un recuperador de caminos constituido por un tambor de puntas de carbono, de tungsteno o diamante, que permita obtener materiales con tamaños cercanos a los de una base granular. Su granulometría puede corregirse añadiéndose un nuevo agregado triturado en la cantidad necesaria.

La abertura de la puerta trasera de la cámara del rotor tiene gran efecto sobre la graduación resultante. Mientras más cerrada esté la puerta se retiene más tiempo el material por lo que se trituran más las partículas.

Para rejuvenecer el asfalto adherido al material extraído de la capa de rodadura se empleará en la mezcla un agente suavizador o rejuvenecedor, que puede ser una emulsión de resinas de petróleo o azufre.

En caso de ser necesaria la adición de material granular, este deberá cumplir con las siguientes exigencias:

Los agregados gruesos no deberán tener un desgaste mayor de 40% luego de 500 revoluciones en la máquina de Los Ángeles, cuando sean ensayados a la abrasión, según la Norma INEN 860.

La porción de agregados que pasa el tamiz INEN 0.425 mm (No. 40) deberá tener un índice de plasticidad menor a 4, según lo establecido en las normas INEN 691 y 692. La granulometría de los agregados recuperados, mezclados con los nuevos agregados de corrección (de ser necesarios).

- **Equipo**

El contratista deberá disponer del equipo necesario cuyo estado, potencia y capacidad productiva garantice el correcto cumplimiento del plan de trabajo. Si durante el transcurso de los trabajos el fiscalizador observa deficiencias o mal funcionamiento del equipo, ordenara su inmediata reparación o reemplazo.

El equipo mínimo a utilizarse será: un recuperador mecánico, que desgarre y desmenuce el material existente, inyecte la emulsión, mezcle y lo deposite en la vía para el resto de las actividades de compactación y conformación, un tanquero para emulsión, motoniveladora, rodillos lisos tandem y rodillos neumáticos. Además, será necesaria una distribuidora de agregados cuando se requiera adicionar material granular con el fin de cumplir con una de las fajas granulométricas especificadas.

- **Ensayos y Tolerancias**

Los ensayos que se deben realizar para la comprobación de la calidad de los agregados y de la emulsión asfáltica. Para la comprobación de la calidad de la mezcla se utilizará el Método Marshall para emulsiones asfálticas especificado en el Manual del Asphalt Institute, “Manual Básico para Emulsiones Asfálticas”, Manual Series No. 19.

- **Procedimientos de trabajo.**

***Recuperación de los materiales.***

Se efectuará con un recuperador de caminos.

***Mezclado y distribución.***

Se efectuará en el sitio. El Contratista previamente deberá preparar la fórmula de trabajo de acuerdo a los requerimientos del diseño y con la aprobación del Fiscalizador. La máquina distribuirá el material mezclado con emulsión sobre la vía en forma regular, iniciándose el proceso de compactación , luego el perfilado y por último la compactación final.

Cuando sea necesario añadir material granular, se lo realizará por medio de un distribuidor de agregados, en las cantidades indicadas en el diseño o fórmula maestra, previo al inicio del reciclado

- **Compactación.**

Inmediatamente después de haber quedado distribuida la mezcla se procederá con la compactación inicial con rodillo vibratorio. Luego se realizará una conformación superficial con motoniveladora para obtener una superficie regular y uniforme, de acuerdo con la alineación, gradiente y sección transversal especificada. Luego se realizará la compactación final con rodillos lisos y/o neumáticos.

En el caso en que se contemple colocar una capa de rodadura sobre la capa reciclada, será necesario dejar transcurrir el tiempo hasta que el porcentaje de humedad libre de la mezcla recuperada sea igual o menor al 1 %, previo al riego de adherencia. En el caso de que vaya a permanecer por un tiempo mayor sin protección será necesario colocar un sello asfáltico convencional, más aún si es temporada invernal.

- **Extracción de los materiales**

La recuperación de los materiales de la carpeta asfáltica de rodadura con o sin base se efectuará mediante el uso de un tractor, motoniveladora con un desgarrador o una fresadora. El material así obtenido podrá: 1) ser llevado a una planta de trituración primero y después a una planta asfáltica o ser llevado directamente a la planta asfáltica si su granulometría lo permite para ser mezclado con materiales vírgenes si se lo considera necesario y ser devueltos a la vía como una base asfáltica mezclada en planta en frío o una mezcla asfáltica mezclada en planta en frío para carpeta de rodadura; o 2) ser dejado en sitio y si se considera necesario se mezclará con materiales vírgenes, siguiendo el procedimiento constructivo normal de bases .

A fin de completar la cantidad de agregado necesario para la capa de base, de acuerdo con el diseño, se desgarrará a continuación el espesor necesario de la capa de base existente, y este material será recuperado y conducido a la instalación de

mezclado en planta o acumulado fuera de la vía, en el caso de utilizar el procedimiento de mezclado en sitio.

- **Tratamiento de las capas inferiores**

Las capas del pavimento que quedarán en sitio deberán ser revisadas por el Fiscalizador, a fin de ordenar la ejecución de los trabajos que fueren necesarios, como conformación y compactación, antes de la colocación de la nueva capa de base reciclada.

- **Mejoramiento de los agregados**

El laboratorio realizará los estudios necesarios para determinar las proporciones a utilizarse de los materiales recuperados de la carpeta y de la base antiguas, a fin de obtener la granulometría requerida, la cual deberá ser chequeada antes y durante la distribución de la mezcla para la base en la vía.

En caso necesario, se podrá añadir a los dos tipos de agregados recuperados, un porcentaje de agregado nuevo, preparado con una granulometría que complete los requerimientos del diseño.

- **Mezclado y distribución**

El mezclado de los materiales necesarios para la base diseñada, podrá efectuarse en planta central o en sitio. En todo caso, antes de proceder al mezclado, en Contratista deberá preparar la fórmula de trabajo que establezca las proporciones de los varios agregados que se propone utilizar, el porcentaje de emulsión asfáltica y el porcentaje de tipo de rejuvenecedor; todo de acuerdo con los requerimientos del diseño y la aprobación del Fiscalizador.

- 1) Mezcla en planta: El material extraído de la carpeta y primariamente triturado, se conducirá a la instalación central de mezcla, en donde será

complementado con el agregado recuperado de la capa de base y, de ser necesario, con agregado nuevo preparado en las proporciones establecidas en la fórmula de trabajo.

Se introducirán en la mezcladora los agregados secos y a continuación se añadirá la emulsión catiónica de asfalto junto con el agente rejuvenecedor. El tiempo de mezclado será de aproximadamente dos minutos, para permitir la acción del rejuvenecedor sobre el asfalto adherido a los agregados de la carpeta y la dilución de éste para que pase a constituir parte integrante de la mezcla total. El tiempo de mezclado podrá ser alterado por el Fiscalizador, en vista de los resultados que observe en las primeras paradas de mezcla.

Una vez concluido el proceso, la mezcla será transportada en camiones de volteo, cuyos cajones deberán hallarse absolutamente limpios, y será distribuida mediante el empleo de una terminadora de pavimentos (finisher), empleando los mismos procedimientos establecidos en el numeral 405-5.05.3.

- 2) **Mezcla en sitio:** En caso de utilizarse el procedimiento de mezclado en la vía, se deberá distribuir en primer lugar el agregado extraído de la base en un camellón a un costado de la vía, sobre el que se colocará el agregado recuperado de la carpeta y primariamente triturado, para proceder a la mezcla inmediata utilizando motoniveladoras y pulverizadoras-mezcladoras. Durante el mezclado, se añadirá la emulsión asfáltica y el agente rejuvenecedor, y se continuará el trabajo hasta la dilución del asfalto adherido al agregado de la carpeta y la incorporación de éste como parte integrante de la mezcla.

Una vez concluido el mezclado, se distribuirá el material en todo el ancho de la vía mediante motoniveladoras, y se procederá a su conformación para cumplir los requisitos del diseño.

- **Compactación**

Se deberán cumplir lo que está escrito en el Manual del Instituto del Asfalto, “Manual Básico de Emulsiones Asfálticas”

- **Medición**

Las cantidades a pagarse por la construcción de la capa recuperada con emulsión será el número de metros cúbicos de mezcla puesta en obra, compactada y aprobada por el fiscalizador, así como el número de litros de emulsión incorporados a la mezcla.

El cómputo de la cantidad de emulsión empleada se determinará por medición directa de la máquina. La cantidad de material que en algunos casos sea necesario añadir, se determinará sobre la base del volumen suelto real colocado.

- **Pago**

Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagarán a los precios señalados en el contrato para los rubros designados a continuación.

El pago efectuado y los precios contractuales constituirán la compensación total por el desgarramiento, recuperación, inyección, mezclado, colocación, conformación y compactación de la mezcla; así como también por la mano de obra, equipos, herramientas, tratamiento de materiales y operaciones conexas, en el completamiento de los trabajos descritos en esta sección.

**Nºdel Rubro de Pago y Designación Unidad de Medición**

406-2 (1) Capa de base recuperada.....	Metro cúbico (m3)
406-2 (2) Emulsión asfáltica para la base.....	Litro (l)
406-2 (3) Agente rejuvenecedor.....	Litro (l)

406-2 (3) Agente rejuvenecedor.....Kilogramo (kg)

#### **2.2.5.2. BASE DE SUELO - CEMENTO.**

- **Descripción**

Este trabajo consistirá en la construcción de capas de base compuestas de una mezcla de suelo, cemento Portland y agua, que pueden ser preparadas en sitio con el suelo de la subrasante, o en una planta central, para ser colocadas sobre la subrasante o una sub-base previamente construida. En todo caso, la capa de base de suelo - cemento será construida de conformidad con los alineamientos, pendientes y sección transversal establecida en los planos contractuales.

- **Materiales**

Para este trabajo se utilizará el suelo de la subrasante construida directamente de la excavación o con suelos provenientes de préstamos, o suelos provenientes de fuentes aprobadas, según el caso, combinados con cemento Portland y agua, de acuerdo con los requerimientos del diseño.

El agua que se utilice, tanto para la hidratación de la mezcla, como para mantener la humedad del curado.

- **Equipo**

El contratista deberá disponer, en la obra, de todo el equipo necesario autorizado por el Fiscalizador, y en perfectas condiciones de trabajo. Por lo general, el equipo mínimo necesario, según el procedimiento de construcción, constará de motoniveladoras con escarificador, mezcladoras móviles o planta mezcladora central, distribuidores mecánicos para la mezcla preparada en planta o para el cemento, tanqueros para agua, volquetas, rodillos pata de cabra, lisos y

neumáticos. También pueden utilizarse plantas mezcladoras portátiles cuyo trabajo es similar a la planta central.

**Tabla 5.** Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada

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

**Fuente:** Especificaciones MTOP

- **Ensayos y Tolerancias**

La aceptabilidad de los suelos a emplearse en bases de suelo-cemento se comprobará por medio de la clasificación especificada en AASHTO M-145 y los siguientes ensayos:

Análisis mecánico	INEN 696
Límite líquido	INEN 691
Límite e índice plásticos	INEN 692
Factores de contracción	AASHTO T-92

La calidad de la construcción deberá ser controlada por medio de los siguientes ensayos:

Densidad máxima y humedad óptima: Ensayo AASHTO T-134.

Densidad de campo: Ensayo AASHTO T-147, AASHTO T-191, AASHTO T-205 o usando equipo nuclear debidamente calibrado.

Contenido de cemento en la mezcla: Ensayo AASHTO T-144.

Ensayo de compresión en cilindros, para determinar un mínimo valor de resistencia a la compresión simple de 18 Kg/cm<sup>2</sup>.

El promedio de espesor de la base terminada deberá ser igual o mayor que el espesor indicado en los planos, y en ningún punto el espesor deberá variar en más de un centímetro de lo especificado.

Las cotas de la superficie terminada no podrán variar en más de 1.5 centímetros de las cotas establecidas. Además se comprobarán los perfiles longitudinales y transversales con una regla de 3.0 metros de largo colocándola respectivamente en un ángulo recto y paralelamente al eje del camino. La separación entre la regla y la superficie no deberá exceder de 1 centímetro.

Luego de la compactación final de la base, el Fiscalizador comprobará el espesor y la densidad de la misma a intervalos de aproximadamente 100 metros lineales, a cada lado del eje del camino. Los puntos para los ensayos serán seleccionados por el Fiscalizador, al azar, de manera tal que se evite una distribución regular de los mismos. Cuando una medición señale una variación del espesor indicado en los planos, mayor que la admitida por la tolerancia ya mencionada, o cuando el ensayo de densidad indique un valor más del dos por ciento por debajo del valor especificado, se efectuarán las mediciones adicionales que el Fiscalizador considere necesarias para definir la extensión de la zona deficiente, y que deberá ser corregida.

Si el espesor sobrepasa lo estipulado, mientras la cota de la superficie esté dentro del límite superior de la tolerancia arriba mencionada, no será necesario corregir el espesor; tampoco será necesario corregirlo cuando el espesor sea menor de lo estipulado y la cota de la superficie esté por debajo del límite inferior de la tolerancia especificada arriba, siempre y cuando la capa de base tenga un espesor de 10 centímetros o más y la capa de rodadura sea de hormigón asfáltico u hormigón de cemento Portland, debiendo compensarse el espesor faltante con esta capa de rodadura hasta la rasante prevista. Cualquier área de espesor inaceptable

deberá corregirse a costo del Contratista y de acuerdo con las instrucciones del Fiscalizador; luego, se deberá conformar y compactar la zona corregida conforme a estas especificaciones y a los documentos contractuales. Igual procedimiento deberá seguirse en el caso de áreas en que la densidad registrada sea menor del 95% de la densidad máxima establecida por el Fiscalizador.

En caso de que las mediciones de espesor y los ensayos de densidad sean efectuados por medio de perforación de agujeros en la capa base, el Contratista deberá rellenar los orificios con el mismo material de suelo-cemento debidamente compactado, en forma satisfactoria al Fiscalizador. No se efectuará ningún pago directo por estos trabajos, si fuere necesario realizarlos.

- **Procedimientos de trabajo**

Antes de iniciar la construcción de la base de suelo - cemento, la subrasante o la sub-base, según el caso, deberá estar terminada de acuerdo a las estipulaciones contractuales correspondientes. Esta superficie deberá ser humedecida uniformemente, a satisfacción del Fiscalizador, inmediatamente antes de la colocación de los materiales para la capa de base, excepto en el caso de mezcla en sitio utilizando el mismo suelo de la subrasante, que es preferible prepararla con baja humedad.

El Fiscalizador no autorizará la iniciación de ningún trabajo de base, antes de que el Contratista estudie y someta a su consideración la fórmula maestra de obra en la cual determinará el contenido de cemento en la mezcla, el contenido de agua, la densidad máxima que se obtendrá y el valor de la resistencia a la compresión simple. Cuando todos los datos de construcción se hallen aprobados, se deberá construir un tramo de prueba de más de dos kilómetros de longitud conveniente, el cual deberá ser observado y revisado cuidadosamente antes de que el Fiscalizador autorice la ejecución definitiva de la base.

- **Mezcla en sitio**

Cuando se trata de la construcción de una capa base de suelo-cemento aprovechando del suelo de subrasante en sitio, deberá escarificarse y pulverizarse el suelo por medio de una pulverizadora rotatoria de paletas (pulvi-mixer) u otro equipo aprobado por el Fiscalizador, hasta que el 50% en peso seco del suelo, excepto cualquier grava o piedra, pase por el tamiz N° 4 (4.75 mm.). El Contratista deberá desechar cualquier grava o piedra de tamaño en exceso, además de los materiales que el Fiscalizador considere inadecuados.

El suelo pulverizado deberá ser manipulado hasta que esté uniformemente suelto y pulverizado y hasta que el porcentaje de humedad del suelo se halle dentro del 2% del porcentaje de humedad especificada para la mezcla suelo-cemento.

Se aplicará luego la cantidad de cemento Portland establecida en la fórmula de trabajo preparada por el Contratista y autorizada por el Fiscalizador. Por lo general, el porcentaje de cemento a agregarse estará entre el 5 y el 12 por ciento del peso del suelo seco, según la naturaleza del suelo. El cemento se distribuirá uniformemente sobre el suelo pulverizado en una sola operación, en forma manual o mediante esparcidores mecánicos.

La cantidad de cemento que se distribuya por metro lineal no deberá variar en más del cinco por ciento de la cantidad especificada, de acuerdo a la determinación del Fiscalizador.

En la operación manual se distribuirán los sacos de cemento con el espaciamiento transversal y longitudinal necesario para obtener el porcentaje especificado. Cada saco será vaciado en montón en su posición fijada, y luego los montones serán aplanados manualmente con rastrillos planos o con una rastra plana tirada por un tractor liviano. No se permitirá el empleo de motoniveladora para esparcir el cemento.

También podrá distribuirse el cemento seco desde tanqueros o volquetes equipados con esparcidores mecánicos que permitan una distribución uniforme sobre el ancho de la capa o camellón de material preparado para recibir el cemento. No se permitirá la descarga desde volquetes que no cuenten con un tipo de esparcidor aprobado.

Los volquetes que transporten cemento a granel deberán ser cubiertos con una lona, la que se mantendrá inclusive durante la operación de distribución para evitar en lo posible el exceso de polvo. Se deberá hacer un riego ligero de agua o tomar otras medidas apropiadas para evitar que el viento se lleve el cemento. En todo caso no se permitirá la distribución del cemento seco mientras soplen vientos que impidan la ejecución de los trabajos.

Después de haberse terminado la distribución del cemento, ningún equipo que no sea el aprobado para la construcción del suelo-cemento deberá atravesar el material tratado.

Una vez que se haya terminado la distribución del cemento, se procederá al mezclado, humedecimiento, esparcido, conformación y compactación de los materiales, hasta que se logre una mezcla uniforme que tenga el perfil y la densidad especificados, además del espesor y ancho de capa requeridos. La mezcla del suelo, el cemento y el agua deberá hacerse con mezcladoras rotatorias o una máquina mezcladora que requiera una sola pasada para mezclar el material en franja o en camellón.

- **Mezcla en planta**

El suelo, el cemento y el agua serán combinados y mezclados uniformemente en una planta central tipo mezcla por paradas o tipo mezcla continua, de acuerdo a la fórmula maestra de obra que deberá estudiar el Contratista y aprobar el Fiscalizador. Dicha planta deberá estar equipada con tolvas de almacenaje, un sistema exacto para dosificación de materiales a base de peso o de volumen,

tanque y bomba de agua, y mezcladora ya sea del tipo de tambor o de paletas. Se añadirá durante el mezclado la cantidad de agua requerida para obtener el porcentaje de humedad óptimo en la mezcla esparcida para su compactación.

Inmediatamente antes de la colocación de la mezcla se humedecerá la superficie de la subrasante o sub-base previamente terminada, y luego, la mezcla será transportada en volquetes al camino, y se colocará de manera uniforme mediante distribuidoras mecánicas aprobadas por el Fiscalizador, en tal forma que la capa terminada tenga ancho, alineamientos y espesor especificados.

La colocación de material de base en zonas pequeñas e irregulares como intersecciones, islas centrales y divisorias, rampas y en cualquier lugar inaccesible al equipo de distribución, podrá llevarse a cabo manualmente en una o más capas y cuidando de obtener los resultados especificados.

- **Compactación**

Cuando se haya logrado una mezcla uniforme con el contenido de cemento especificado y la humedad óptima, el material deberá ser conformado y compactado hasta que se obtenga la densidad estipulada y una superficie uniforme de conformidad con las alineaciones, pendientes y secciones transversales típicas especificadas. En ningún caso deberá prolongarse la compactación final más de dos horas después de comenzado el mezclado, y en el caso de que por alguna razón la mezcla no haya sido compactada dentro del lapso indicado, será removida y retirada, a costa del Contratista.

Para seguir un óptimo curado, la distribución y compactación deberán efectuarse con un espesor máximo de 15 centímetros. Si el espesor de la capa especificada es mayor de 15 centímetros, el mezclado y compactación deberá efectuarse en capas de espesor aproximadamente iguales y que no pasen de 15 centímetros.

La compactación inicial deberá hacerse con compactadoras tipo pata de cabra, excepto cuando se trata de suelos granulares no plásticos, seguidas por compactadoras de ruedas neumáticas, rodillos lisos u otro equipo que cumpla los requisitos especificados. Para lograr la compactación requerida, puede presentarse la necesidad de aflojar la mezcla con una rastra de dientes o equipo similar, durante el proceso de compactación inicial con pata de cabra.

La compactación deberá continuarse hasta obtener por lo menos el 95% de la máxima densidad obtenida según el ensayo AASHTO T-134, de la mezcla suelo-cemento. Las áreas no accesibles a los rodillos deberán ser compactadas a la densidad estipulada por otros medios aceptables al Fiscalizador.

La superficie terminada deberá ser lisa, densa y húmeda, libre de corrugaciones o grietas. Para lograr tal objeto y para asegurar que no existan capas aisladas donde la capa no sea homogénea, la conformación final con motoniveladora deberá ser acompañada de una escarificación superficial con una rastra de dientes u otro equipo similar. Después se dará el acabado final a la capa, perfilando la superficie con motoniveladora y compactándola con un rodillo neumático. Generalmente será necesario efectuar un riego ligero con agua durante el proceso de conformación y compactación finales.

Al final de cada jornada, se deberá hacer una junta de construcción vertical en todo el espesor de la capa compactada, perpendicular al eje del camino. El Fiscalizador deberá indicar su aprobación de la junta construida antes de continuar con la colocación de la base en adelante. Si es necesario construir la base en franjas menores al ancho total de la calzada, se deberá construir una junta longitudinal vertical en todo el espesor de la capa estabilizada, aproximadamente 5-10 centímetros adentro del material tratado. El material tratado que se remueva para hacer esta junta podrá incorporarse en el tramo que se establezca al lado. Por ningún motivo se dejarán mezclas en el camino que deban ser tendidas y compactadas en la siguiente jornada de trabajo.

Deberá ponerse especial atención para que la base en la proximidad de una junta cumpla plenamente con todos los requisitos correspondientes.

- **Curado**

Una vez que la base haya sido terminada de acuerdo a lo previsto en los documentos contractuales, será protegida contra el secamiento prematuro por uno de los métodos que a continuación se indica, con la salvedad de que el curado con material asfáltico se empleará solamente para la capa superior si la estabilización se realiza en más de una capa. Durante el tiempo de curado indicado quedará totalmente prohibida la circulación de vehículos o equipos, a excepción de los tanqueros o distribuidores necesarios para la hidratación o sellado de la superficie.

- a) Curado con tierra: La base será cubierta con una capa de tierra de 5 centímetros de espesor mínimo, que se deberá mantener humedecida en forma continua por un tiempo de 72 horas y que permanecerá en el sitio al menos durante 7 días, después de los cuales el material será retirado y la superficie de la base barrida a satisfacción del Fiscalizador.
- b) Curado con material asfáltico: La superficie de la base será cubierta con uno o más riegos de asfalto diluido o de asfalto emulsionado, a razón de 0.50-0.80 litros por metro cuadrado en total; el tipo de asfalto a emplearse y la cantidad exacta deberán ser determinados en el contrato o establecidos por el Fiscalizador.

Al momento de distribuirse el asfalto, la superficie deberá estar húmeda y libre de cualquier material suelto o extraño. El Contratista evitará la circulación de vehículos sobre la capa de suelo - cemento hasta que se haya curado por lo menos 7 días.

- **Medición**

Las cantidades a pagarse por la construcción de capas de base de suelo - cemento serán el volumen de la capa estabilizada en sitio o de la capa mezclada en planta y colocada sobre la subrasante o la sub-base, más la cantidad del cemento incorporado en la mezcla de la base, de acuerdo con las estipulaciones contractuales y las instrucciones del Fiscalizador. En caso de utilizarse material bituminoso para el curado de la capa superior, se medirá también su volumen para el pago.

La unidad de medida de la base efectivamente construida será el metro cúbico y el volumen será computado después de la compactación, en base a la longitud construida, medida horizontalmente a lo largo del eje del camino, y a la sección transversal especificada en los planos y aceptada por el Fiscalizador.

La unidad de medida para el cemento efectivamente utilizado para la construcción de la base suelo - cemento, será la tonelada aceptada en la obra por el Fiscalizador.

La unidad de medida para el asfalto efectivamente utilizado para la curación de la capa superior, será el litro.

No serán motivo de pago ni el agua empleada para la mezcla y compactación ni para el curado, ni tampoco la arena que pueda emplearse para el secado del material bituminoso; tampoco serán motivo de pago ni los trabajos ni los materiales empleados para el curado con tierra; por lo tanto, todos estos materiales no se medirán para el pago.

- **Pago**

Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior se pagarán a los precios señalados en el contrato para los rubros designados a continuación.



Densidad: Es la masa de la unidad de volumen de las partículas del árido a una temperatura especificada. El volumen no incluye los poros saturables de las partículas ni los huecos entre éstas.

Agregado fino: Porción de material que pasa el tamiz INEN 4.75 mm. (N° 4) y es retenida en el tamiz INEN 75 micrones (N° 200).

Agregado grueso: Agregado cuyas partículas son retenidas por el tamiz INEN 4.75 mm. (N° 4).

#### **2.2.5.4.2. AGREGADOS PARA MEZCLA EN PLANTA.**

- **Descripción**

Son agregados que se utilizan para la fabricación de hormigón asfáltico empleando una planta de asfaltos o equipo semejante para su mezcla con el asfalto.

- **Requisitos**

Los agregados estarán compuestos de partículas de piedra triturada, grava triturada, grava o piedra natural, arena, etc., de tal manera que cumplan los requisitos de graduación que se establecen en la Tabla 404-5.1 ó 405-5.1 de estas especificaciones según corresponda, y se clasifican en “A”, “B” y “C”, de acuerdo a lo establecido a continuación:

- a) **Agregados tipo A:** Son aquellos en los cuales todas las partículas que forman el agregado grueso se obtienen por trituración. El agregado fino puede ser arena natural o material triturado y, de requerirse, se puede añadir relleno mineral para cumplir las exigencias de graduación antes mencionadas. Este relleno mineral puede ser inclusive cemento Portland, si así se establece para la obra.
- b) **Agregados tipo B:** Son aquellos en los cuales por lo menos el 50% de las partículas que forman el agregado grueso se obtienen por trituración. El

agregado fino y el relleno mineral pueden ser triturados o provenientes de depósitos naturales, según la disponibilidad de dichos materiales en la zona del proyecto.

- c) **Agregados tipo C:** Los agregados tipo C para hormigón asfáltico son aquellos provenientes de depósitos naturales o de trituración, según las disponibilidades propias de la región, siempre que se haya verificado que la estabilidad, medida en el ensayo de Marshall, se encuentre dentro de los límites fijados en la Tabla 405-5.2 de estas especificaciones.

Los agregados serán fragmentos limpios, resistentes y duros, libres de materia vegetal y de exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables, así como de material mineral cubierto de arcilla u otro material inconveniente. Se utilizarán agregados completamente secos y de no poder cumplirse ésto, se instalarán dos secadores en serie, de tal forma que cuando se termine la operación de mezclado, la humedad de los agregados no exceda de 1%.

Además de los requisitos granulométricos y los referentes a su producción, que se indicaron anteriormente, los agregados deben cumplir con las siguientes exigencias:

Los agregados gruesos no deberán tener un desgaste mayor de 40% luego de 500 revoluciones de la máquina de Los Angeles, cuando sean ensayados a la abrasión, según la norma INEN 860.

La porción de los agregados que pasa el tamiz INEN 0.425 mm. (N° 40), deberá tener un índice de plasticidad menor a 4, según lo establecido en las Normas INEN 691 y 692.

El agregado no debe experimentar desintegración ni pérdida total mayor del 12%, cuando se lo someta a 5 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio, en la

prueba de durabilidad, como lo dispone la Norma INEN 863, salvo que las especificaciones especiales indiquen otra cosa.

Los agregados serán de características tales que, al ser impregnados con material bituminoso, más de un 95% de este material bituminoso permanezca impregnando las partículas, después de realizado el ensayo de resistencia a la peladura, según la Norma AASHTO T 182.

El relleno mineral deberá cumplir con los requisitos especificados en la Norma AASHTO M 17.

Los agregados gruesos retenidos en el tamiz INEN 4.75 mm. Deben tener cierta angularidad. El 85% de agregado grueso deberá tener por lo menos una cara fracturada y el 80% del agregado grueso deberá tener por lo menos dos caras fracturadas, según la Norma ASTM D5821.

La angularidad de los agregados finos es determinada como el porcentaje de vacíos de aire presente en los agregados pasantes el tamiz INEN 2.36 mm. El valor mínimo requerido es de 45% según la Norma ASTM C1252.

El equivalente de arena se realiza en los agregados pasantes el tamiz INEN 4.75 mm. Norma AASHTO T 176 ( ASTM D2419 ). Los valores mínimos recomendados son los siguientes:

**Tabla 6.** Equivalente de Arena

	<b>Equivalente de Arena</b>	
	<b>Tráfico Liviano y Mediano</b>	<b>Tráfico Pesado</b>
<b>Base</b>	35	40
<b>Capa de Rodadura</b>	45	50

**Fuente:** Especificaciones MTOP

El máximo porcentaje en peso de partículas alargadas y achatadas retenidas en el tamiz INEN 4.75mm cuya relación entre las dimensiones máximas y mínimas mayor que 5, no deberá ser mayor de un 10% según la Norma ASTM D4791.

El máximo porcentaje de materiales deletéreos en los agregados es de 1% en peso según la Norma ASTM C142.

- **Ensayos y Tolerancias**

Los ensayos de control y verificación que se deben realizar para aceptar o rechazar un agregado, seguirán lo indicado en las normas mencionadas en los diferentes párrafos del numeral anterior. Las exigencias de graduación serán comprobadas mediante ensayos granulométricos, según lo establecido en las Normas INEN 696 y 697.

El peso específico de los agregados se determinará de acuerdo al método de ensayo INEN 856 y 857, según corresponda, y el peso unitario de los agregados se determinará de acuerdo a la Norma INEN 854.

#### **2.2.5.4.3. AGREGADOS PARA MEZCLA EN SITIO.**

- **Descripción**

Son agregados que se utilizan en la fabricación del hormigón asfáltico, cuando éste se lo construye en el lugar de trabajo, empleando equipo especial para mezcla en sitio.

- **Requisitos**

Los agregados para mezcla en sitio deben cumplir las mismas exigencias establecidas en la sección 811-2.de la norma, salvo la granulometría, que será la establecida para este tipo de trabajos en la **Tabla 7**, **Tabla 8**, **Tabla 9** y **Tabla 10** de estas especificaciones, según corresponda.

**Tabla 7.** Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices malla cuadrada.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	A	B	C
2" (50,8mm)	100	---	---
1 1/2" (38,1mm)	70 - 100	100	---
1" (25,4mm)	55 - 85	70 - 100	100
3/4" (19,0mm)	50 - 80	60 - 90	70 - 100
3/8" (9,5mm)	40 - 70	45 - 75	50 - 80
N°4 (4,75mm)	30 - 60	30 - 60	35 - 65
N°10 (2,00mm)	20 - 50	20 - 50	25 - 50
N°40 (0,425mm)	5 - 30	5 - 30	10 - 30
N°200 (0,075mm)	0 - 5	0 - 5	0 - 5

Fuente: Especificaciones MTOP

**Tabla 8.** Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices malla cuadrada.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	A	B	C
2" (50,8mm)	100	---	---
1 1/2" (38,1mm)	90 - 100	100	---
1" (25,4mm)		90 - 100	100
3/4" (19,0mm)	56 - 80	---	90 - 100
1/2" (12,5mm)	---	56 - 80	---
3/8" (9,5mm)	---	---	56 - 80
N°4 (4,75mm)	23 - 53	29 - 59	35 - 65
N°8 (2,36mm)	15 - 41	19 - 45	23 - 49
N°50 (0,30mm)	4 - 16	5 - 17	5 - 19
N°200 (0,075mm)	0 - 6	1 - 7	2 - 8

Fuente: Especificaciones MTOP

**Tabla 9.** Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices malla cuadrada.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	3/8" Máximo	1/4" Máximo
1/2" (12,5mm)	100	---
3/8" (9,5mm)	90 – 100	100
3/8" (9,5mm)	55 – 75	85 - 100
N°4 (4,75mm)	30 – 50	---
N°8 (2,36mm)	15 – 32	15 - 32
N°16 (1,18mm)	0 – 15	0 - 15
N°200 (0,075mm)	0 – 3	0 - 3

Fuente: Especificaciones MTOP

**Tabla 10.** Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices malla cuadrada.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	3/4"	1/2"	3/8"	N°4
1" (25,4mm)	100	---	---	---
3/4" (19,0mm)	90 – 100	100	---	---
1/2" (12,5mm)	---	90 - 100	100	---
3/8" (9,5mm)	56 – 80		90 - 100	100
N°4 (4,75mm)	35 – 65	44 - 74	55 - 85	80 - 100
N°8 (2,36mm)	23 – 49	28 - 58	32 - 67	65 - 100
N°16 (1,18mm)	---	---	---	40 - 80
N°30 (0,60mm)	---	---	---	25 - 65
N°50 (0,30mm)	5 – 19	5 - 21	7 – 23	7 - 40
N°100 (0,15mm)	---	---	---	3 - 20
N°200 (0,075mm)	2 – 8	2 - 10	2 – 10	2 - 10

Fuente: Especificaciones MTOP

**Tabla 11.** Requisitos de la mezcla asfáltica

Ensayo de acuerdo al método Marshall	T R Á F I C O					
	PESADO		MEDIO		LIVIANO	
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
N° de golpes	75		50		35	
Estabilidad (libras)	1800	---	1200	---	750	---
Flujo (pulgada/100)	8	16	8	18	8	20
% de vacíos con aire:						
Carpeta	3	5	3	5	3	5
Base	3	8	3	8	3	8

Fuente: Especificaciones MTOP

Nota: % de Vacíos en el agregado mineral (VMA) de acuerdo con el gráfico actualizado del Instituto del Asfalto.

## **2.2.6. ENSAYOS PARA LA EVALUACIÓN, DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL FIRME UTILIZADO EN ESTE ESTUDIO**

### **2.2.6.1. ENSAYO DE DEFLEXIÓN (DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO)**

Este método de ensayo describe el procedimiento que debe seguirse para medir las deflexiones de superficies pavimentadas y no pavimentadas con equipos de medición de deflexiones producidas por cargas tipo impacto. Estos equipos son denominados deflectómetros de impacto.

La deflexión vertical es la deformación vertical de la superficie debida al impacto por el deflectómetro sobre la superficie.

Las deflexiones resultantes, medidas tanto en el eje de carga como a diversas distancias radiales de dicho eje, sirven para estimar las propiedades estructurales del firme en su conjunto y de los materiales que lo componen. También pueden

utilizarse para evaluar transmisión de cargas a través de grietas y de juntas en pavimentos de hormigón, o detectar la existencia de huecos bajo losas rígidas.

Los datos pueden utilizarse, entre otras aplicaciones, para evaluar la capacidad de soporte de los firmes y los espesores de refuerzo necesarios para carreteras.

- **Resumen del método de ensayo**

Este método de ensayo mide la deflexión producida por una fuerza de impacto generada por una masa que cae sobre un sistema de muelles y es transmitida a la superficie por medio de una placa. El aparato normalmente está montado sobre un remolque arrastrado por un vehículo.

La placa de carga del aparato baja hasta apoyarse sobre la superficie para ensayo. Los sensores de deflexión se apoyan también sobre el firme. La masa se eleva hasta la altura desde la cual al caer dará la carga que se especifique. El movimiento vertical de la superficie del firme, o la deflexión, se mide utilizando la instrumentación disponible. Se pueden realizar varios impactos antes de mover el equipo hacia otra localización.

Para cada impacto realizado se miden las deflexiones máximas en cada localización de los sensores.

El máximo de la fuerza aplicada por el impacto se mide como una fuerza o como una tensión media dividiendo la fuerza por el área de la placa de carga.

- **Procedimiento**

Antes de efectuar las medidas con el deflectómetro de impacto se precisa conocer los siguientes datos:

- a. Localización y longitud del tramo de carretera
- b. Descripción del tipo de la vía.
- c. Anchura de los carriles y número de carriles por sentido de circulación.

- d. Características y espesores de las capas del firme para estimar su rigidez y para la medida de la temperatura.
- e. Presencia de bordillos.

**Temperatura del firme.-** El grado de la temperatura indicado para la auscultación con el deflectómetro de impacto es de 0°C a 30°C, midiéndose la temperatura de la mezcla bituminosa a una profundidad mayor a 40mm. Para ello se procede a taladrar el pavimento, haciendo un orificio de 4 a 5cm de profundidad con diámetro suficiente para la introducción del bulbo del termómetro.

La temperatura debe medirse al menos:

- a. Al comenzar la auscultación en un tramo
- b. Al finalizar la auscultación en un tramo
- c. Cada 4 horas como máximo
- d. Cuando cambien las condiciones del entorno, por ejemplo: cambio de temperatura, cambio de la insolación.

Número de puntos de ensayo por tramo.- normalmente se requiere un mínimo de 12 puntos de ensayo por tramo homogéneo. Un tramo homogéneo de carretera es el que tiene la misma estructura de firme en toda su longitud, así como una capacidad de soporte uniforme.

Carril para la medida de deflexión.- Se elegirá en función del tipo de vía que se vaya a realizar el ensayo:

- En carreteras de dos carriles y doble sentido de circulación la medida de deflexiones pueden efectuarse en un único carril, y por lo tanto en un único sentido o bien en ambos sentidos situado los puntos de medida a tresbolillo.
- Cuando existan diferencias importantes en la composición del tráfico en uno y otro sentido habrá que efectuar medidas en ambos carriles.

- En el caso de vías con varios carriles se deben efectuar medidas al menos en el carril más cargado. En los demás carriles solo se llevaran a cabo medidas en caso especiales, cuando se requiera información adicional.

**Nivel de carga.-** Cuando se miden deflexiones sobre capas de mezcla bituminosa o materiales tratados con cemento, la carga máxima que se aplica debe ser de 65kN. Pueden utilizarse cargas mayores sobre estructuras de elevada rigidez, resultando especialmente recomendable en firmes con pavimento de hormigón, No se superaran los 150kN. Cuando se utilicen cargas distintas a 65kN se normalizaran los valores de deflexión para este nivel de carga.

**Medida en el punto de ensayo.-** se lleva el equipo al lugar del ensayo y se coloca la placa de carga sobre el punto deseado. El punto de ensayo deberá estar lo más limpio posible de material suelto para asegurar que la placa de carga se apoya apropiadamente sobre el terreno. Las superficies de gravas o tierra deberán presentar una superficie compacta y homogénea. Si hay agua en superficie no debe cubrir por completo la macro textura superficial en la zona bajo la placa de carga.

Se baja la placa de carga y los sensores hasta asegurarse que descansan sobre una superficie firme y estable. Se coloca la masa a la altura deseada y se deja caer. Se registran los máximos de la carga y la deflexión.

Se realizara un primer impacto de bajo nivel de carga para asentar la placa y posteriormente un mínimo de 3 ciclos de carga. Las medidas correspondientes al primer ciclo de carga no se incluyen en el estudio, Se determina la relación carga-deflexión de las dos últimas secuencias usando la deflexión bajo el centro de la carga. Si la diferencia en la relación carga-deflexión de ambas secuencias es mayor del 5% se hacen ensayos adicionales hasta que esta diferencia baje del 5%.

En el análisis de pavimentos de hormigón hay que tener en cuenta las variaciones diarias de las condiciones de apoyo debidas al combado producido por el

gradiente término en el hormigón. Las deflexiones deben calibrarse sobre la base de las medidas registradas en puntos concretos a distintas horas del día.

### **2.2.6.1. PROCTOR**

Estos métodos de ensayo se emplean para determinar la relación entre la humedad y el peso unitario de los suelos compactados en un molde de un tamaño dado con un martillo de 10 lb que cae desde una altura de 18". Se han previsto cuatro procedimientos alternativos en la siguiente forma:

Método A.- Un molde de diámetro 102 mm (4"): material de suelo que pasa un tamiz de 4.75 mm (No.4).

Método B.- Un molde de diámetro 152 mm (6"): material de suelo que pasa tamiz de 4.75 mm (No.4)

Método C.- Un molde de diámetro 102 mm (4"): material de suelo que pasa tamiz de 19.0 mm (3/4").

Método D.- Un molde de diámetro 152 mm (6"): material de suelo que pasa el tamiz de 19 mm (3/4").

- **Equipo**

#### **Moldes**

Los moldes deberán ser cilíndricos de paredes sólidas, fabricados con metal y con las dimensiones y capacidades mostradas. Deberán tener un conjunto de collar ajustable aproximadamente de 60 mm (23/8") de altura, que permita la preparación de muestras compactadas de mezclas de suelo con agua de la altura y volumen deseado. El conjunto del molde y del collar deberán estar contruídos de tal manera que puedan ajustarse libremente a una placa del mismo material.

### **Martillo**

Un martillo metálico que tenga una cara plana circular de  $50.8 \pm 0.127$  mm ( $2.00'' \pm 0.005''$ ) de diámetro, una tolerancia por el uso de  $0.13$  mm ( $0.005''$ ) y que pese  $4.536 \pm 0.009$  kg ( $10.00 \pm 0.02$  lb). El martillo deberá estar provisto de una guía apropiada que controle la altura de caída del golpe desde una altura libre de  $457.2 \pm 1.524$  mm ( $18.0'' \pm 0.06''$  ó  $1/16''$ ) por encima de la altura del suelo. La guía deberá tener al menos 4 agujeros de ventilación no menores de  $9.5$  mm ( $3/8''$ ) de diámetro y espaciados aproximadamente a  $90^\circ$  ( $1.57$  radianes) y a  $19$  mm ( $3/4''$ ), de cada extremo; y deberá tener suficiente luz libre, de tal manera que la caída del martillo y la cabeza no tengan restricciones.

### **Balanzas y Básculas**

De  $11.5$  kg cuando se usan para pesar moldes de  $152$  mm ( $6''$ ) con suelos húmedos compactados; cuando se usa el molde de  $102$  mm ( $4''$ ), puede emplearse una balanza o báscula de menor capacidad, si la sensibilidad y aproximación son de  $5$ g.

### **Horno**

Un termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$  °F) para el secado de las muestras.

Tamices, de  $50$ ,  $19.0$  y  $4.75$  mm ( $2''$ ;  $3/4''$  y No.4).

- **Muestra método C**

Si el suelo está húmedo cuando se recibe del campo, séquese hasta que se note friable al introducir en él una espátula. El secamiento puede efectuarse en el aire, o mediante el uso de aparatos de secado, siempre que la temperatura no exceda de  $60^\circ\text{C}$  ( $140^\circ\text{F}$ ). Rómpanse luego perfectamente los terrones pero de tal manera que se evite la reducción del tamaño natural de las partículas individuales.

Tamícese una cantidad representativa de suelo pulverizado sobre el tamiz de  $19.0$  mm ( $3/4''$ ). Descártese el material grueso si lo hubiere, retenido sobre dicho tamiz, si lo hubiere.

Selecciónese una muestra representativa, que tenga un peso de 5 kg (11 lb), de suelo preparado.

- **Procedimiento**

Mézclase completamente la muestra representativa seleccionada con suficiente agua para humedecerla hasta aproximadamente 4 puntos de porcentaje por debajo del contenido óptimo de humedad.

Prepárese una muestra mediante compactación del suelo humedecido, en el molde de 102 mm (4") de diámetro (con el collar ajustado), en cinco capas aproximadamente iguales que den una altura total de material compactado de alrededor de 127 mm (5"). Compáctese cada capa mediante 25 golpes uniformemente distribuidos dados por el martillo de caída libre, desde una altura de 457 mm (18") por encima de la altura aproximada del suelo

Después de la compactación, remuévase el collar de extensión, recórtese cuidadosamente el suelo excedente compactado en la parte superior del molde, mediante la regla con borde recto. Los huecos que se hayan desarrollado en la superficie por la remoción de material grueso deberán rellenarse con material de tamaño más pequeño. Pésese el molde y el suelo húmedo en kg con aproximación de 5 g (o en libras con aproximación a 0.01 lb). Para moldes que cumplen con las tolerancias dadas en el numeral 2.1, y cuyos pesos estén registrados en libras, multiplíquese el peso de la muestra compactada y el del molde, menos el peso del molde, por 30, y regístrese el resultado como peso unitario húmedo,  $\hat{1}$ , en lb/pie<sup>3</sup>, de suelo compactado. Para moldes que cumplen con las tolerancias dadas en el numeral 2.1 y cuyos pesos estén registrados en kilogramos, multiplíquese el peso de la muestra compactada y el del molde, menos el peso del molde, por 1059.43, y anótese el resultado como peso unitario húmedo,  $\hat{1}$ , en kg/m<sup>3</sup>, del

suelo compactado. Para moldes usados fuera de la tolerancia del 50%, hágase el cálculo teniendo en cuenta el volumen calibrado del molde.

Sáquese el material del molde y córtese verticalmente por el centro. Tómese una muestra representativa del material de una de las caras del corte, pésele inmediatamente, séquese en un horno a  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$  °F) por lo menos durante 12 horas o hasta obtener un peso constante, para determinar el contenido de humedad. La muestra para esta determinación no deberá ser menor de 500 g.

Rómpase completamente la cantidad restante del material hasta cuando se considere que pasa el tamiz de 19.0 mm y para el cual el noventa (90 %) de los terrones de suelo pasan un tamiz de 4.75 mm juzgado a ojo, y agréguese a la parte restante de la muestra que se va ensayar. Añádase agua en cantidad suficiente para aumentar la humedad de la muestra en uno o dos puntos de porcentaje, y repítase el procedimiento anterior para cada incremento de agua. Prosígase con esta serie de determinaciones hasta que disminuya o no cambie el peso húmedo ( $\hat{1}$  en kg/m<sup>3</sup> (o lb/pie<sup>3</sup>) del suelo compactado.

- **Cálculos**

Calcúlese la humedad y el peso unitario seco del suelo compactado para cada prueba, así:

$$w = \frac{A - B}{B - C} \times 100$$
$$\hat{1}$$
$$\hat{1} = \frac{w}{w + 100} \times 100$$

**Ecuación 2.** Cálculo de la Humedad y Peso Unitario Seco

**Fuente:** Especificaciones MTOP

Donde:

w = Porcentaje de humedad en la muestra con base en el peso seco del suelo en el horno.

A = Peso del recipiente y del suelo húmedo.

B = Peso del recipiente y del suelo seco.

C = Peso del recipiente.

$\rho$  = Peso unitario seco, en kg/m<sup>3</sup> (lb/pie<sup>3</sup>) del suelo compactado.

$\rho_1$  = Peso unitario húmedo de kg/m<sup>3</sup> (lb/pie<sup>3</sup>) del suelo compactado.

#### **2.2.6.2. ENSAYO MARSHALL**

Esta norma describe el procedimiento que debe seguirse para la determinación de la resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas para pavimentación. El procedimiento puede emplearse tanto para el proyecto de mezclas en el laboratorio como para el control en obra de las mismas.

- **Resumen del método**

El procedimiento consiste en la fabricación de probetas cilíndricas de 101.6 mm (4") de diámetro y 63.5 mm (2½") de altura, rompiéndolas posteriormente en la prensa Marshall y determinando su estabilidad y deformación. Si se desean conocer los porcentajes de vacíos de las mezclas así fabricadas, se determinarán previamente los pesos específicos de los materiales empleados y de las probetas compactadas, antes del ensayo de rotura, de acuerdo con las normas correspondientes.

El procedimiento se inicia con la preparación de probetas de ensayo, para lo cual los materiales propuestos deben cumplir con las especificaciones de granulometría y demás, fijadas para el proyecto. Además, deberá determinarse previamente el

peso específico aparente de los agregados, así como el peso específico del asfalto, y el análisis de Densidad-Vacíos.

Para determinar el contenido óptimo de asfalto para una gradación de agregados dada o preparada, se deberá elaborar una serie de probetas con distintos porcentajes de asfalto, de tal manera que al graficar los valores obtenidos después de ser ensayadas, permitan determinar ese valor "óptimo".

Cuando se utilizan asfaltos líquidos, se preparan y compactan muestras de prueba con distintos porcentajes de asfalto líquido como en el caso del cemento asfáltico, excepto que la temperatura de compactación se toma con base en la viscosidad del asfalto después del curado o sea cuando ha liberado la cantidad especificada de solventes.

- **Aparatos y materiales necesarios**

- a) Dispositivo para moldear probetas
- b) Extractor de Probetas
- c) Martillo de Compactación
- d) Pedestal de Compactación
- e) Soporte para molde
- f) Mordaza y medidor de deformación
- g) Prensa
- h) Medidor de la estabilidad
- i) Elementos de calefacción

- **Preparación de probetas**

**Número de Probetas.-** Para una gradación particular del agregado, original o mezclada, se preparará una serie de probetas con diferentes contenidos de asfalto (con incrementos de 0.5% en peso, entre ellos); de tal manera que los resultados se puedan graficar en curvas que indiquen un valor "óptimo" definido, con puntos

de cada lado de este valor. Como mínimo prepararán tres probetas para cada contenido y preferiblemente cinco.

**Cantidad de materiales.-** Un diseño con seis contenidos de asfalto, necesitará entonces por lo menos dieciocho (18) probetas. Para cada probeta se necesitan aproximadamente 1.2 kg de agregados: el mínimo necesario para una serie de muestras de una gradación dada será entonces de 23 kilos (50 lb). y alrededor de 4 l (1 galón) de cemento asfáltico, asfalto líquido o de alquitrán. Se requiere, además, una cantidad extra de material para análisis granulométricos y determinación de pesos específicos.

Preparación de los agregados.- Los agregados se secarán hasta peso constante entre 105°C y 110°C (221°F y 230°F) y se separarán por tamizado en los tamaños deseados. Se recomiendan las siguientes porciones:

25.0 a 19.0 mm (1" a 3/4");  
19.0 a 9.5 mm (3/4" a 3/8");  
9.5 a 4.75 mm (3/8" a No.4);  
4.75 a 2.36 mm (No.4 a No.8);  
y pasa 2.36 mm (No.8).

Determinación de las temperaturas de mezcla y compactación. La temperatura a la cual se calentará el cemento asfáltico para las mezclas, será la requerida para producir una viscosidad de  $170 \pm 20$  Kg/m.s ( $1 \text{ Kg/m.s} = 1 \text{ Kg/m.s}$ ).

La temperatura a la cual deberá calentarse el cemento asfáltico para que tenga una viscosidad de  $280 \pm 30$  Kg/m.s, será la temperatura de compactación.

Para asfaltos líquidos, la temperatura de mezclado, que es la que se debe alcanzar para que tenga una viscosidad de  $170 \pm 20$  Kg/m.s, puede determinarse a partir de la curva de viscosidad - temperatura del tipo y grado del asfalto que va a ser usado en cada caso particular

Del diagrama de composición del asfalto líquido que se va a emplear, se determinará el porcentaje de solvente que contiene en peso, a partir de su viscosidad a 60°C (140°F). Igualmente, se determinará la viscosidad a 60°C (140°F) del asfalto líquido después de que haya perdido el 50%, del solvente. La temperatura de compactación será la determinada en el diagrama de viscosidad, como la temperatura a la cual deberá calentarse el asfalto líquido para producir una viscosidad de  $280 \pm 30$  Kg/m.s, después de una pérdida del 50% del contenido original del solvente, cuando se trate de mezclas para pavimentación.

Para mezclas de conservación utilizando asfaltos líquidos, que se van a almacenar, se acepta hasta un 25% de pérdidas de solventes.

Las temperaturas a las cuales deberá calentarse el alquitrán para producir viscosidades específicas Engler de  $25 \pm 3$  y de  $40 \pm 5$ , serán, respectivamente, las temperaturas de mezcla y de compactación.

**Preparación de las mezclas.-** En bandejas taradas separadas para cada muestra, se pesarán sucesivamente las cantidades de cada porción de agregados, previamente calculadas de acuerdo con la gradación necesaria para la fabricación de cada probeta, de tal forma que ésta resulte con una altura de  $63.5 \pm 1.3$  mm (Ver Nota No.3). Se calentarán los agregados en una plancha de calentamiento o en el horno a una temperatura de 28°C (50°F) por encima de la temperatura de compactación, cuando son mezclas con cemento asfáltico o alquitranes, a 14°C (25°F) (por encima) para mezclas con asfalto líquido. Se mezclan en seco los agregados y se forma a continuación un cráter en su centro, se añade la cantidad requerida de asfalto, debiendo estar ambos materiales en ese instante a temperaturas comprendidas dentro de los límites establecidos para el proceso de mezcla. A continuación se mezclan los materiales preferiblemente con mezcladora mecánica, o en su defecto, a mano con espátula. De todas formas, este proceso de mezclado deberá realizarse lo más rápidamente posible hasta obtener una mezcla completa y homogénea. El asfalto no deberá permanecer a la temperatura de mezcla por más de una hora.

Nota.3: Para conseguir la altura adecuada de las probetas para el ensayo, es conveniente elaborar una probeta de prueba. Para ello, se tomará una cantidad de agregados de 1.2 kg, corrigiéndose luego para la altura.

Para el caso de asfaltos líquidos, una vez que la mezcla está homogénea, se pesa la bandeja con la mezcla y la espátula usada, con aproximación a 0.2 g y se coloca en un horno con ventilación para el curado, manteniéndola a la temperatura de compactación más 11°C (20°F) para contrarrestar la pérdida de calor durante el manipuleo de la mezcla.

El curado se controla verificando el peso cada 10 ó 15 minutos, haciendo comparación entre el peso de la mezcla y la pérdida de solvente. La mezcla se puede revolver con la espátula durante el curado para acelerar la pérdida de solvente. Todos los pesos deben hacerse con aproximación a  $\pm 0.2$  g.

Compactación de las Probetas.- Simultáneamente con la preparación de la mezcla, el conjunto de collar, placa de base y la cara del martillo de compactación, se limpian y calientan en un baño de agua o en el horno a una temperatura comprendida entre 93°C y 149°C (200°F y 300°F).

Se monta el conjunto de compactación en la base y se sujeta rígidamente mediante el soporte de fijación. Se coloca un papel de filtro en el fondo del molde antes de colocar la mezcla.

Colóquese toda la mezcla recién fabricada en el molde, golpéese vigorosamente con una espátula o palustre caliente, 15 veces alrededor del perímetro y 10 sobre el interior. Quítese el collar y alísese la superficie hasta obtener una forma ligeramente redondeada. La temperatura de la mezcla inmediatamente antes de la compactación deberá hallarse dentro de los límites de temperatura de compactación establecidos en el Numeral 4.4.

Vuélvase a poner el collar y colóquese el conjunto en el soporte y sobre el pedestal de compactación. Aplíquense 35, 50 o 75 golpes según se especifique (si no se indica, úsense 50 golpes; para asfalto líquido aplíquense 75 golpes), de acuerdo con el tránsito de diseño, empleando para el martillo de compactación una caída libre de 457 mm (18"). Manténgase el eje del martillo perpendicular a la base del molde durante la compactación. Retírense la placa de base y el collar e inviértase; vuélvase a montar el molde, y aplíquese el mismo número de golpes a la cara invertida de la muestra.

Para el caso de asfaltos líquidos, el ensayo no se debe efectuar sino pasadas 16 horas luego de la compactación. Si la muestra debe ser almacenada por más de 24 horas antes del ensayo, se debe proteger de la exposición al aire mediante sellado en un recipiente cerrado a prueba de aire.

Después de la compactación, retírese la base y déjese enfriar la muestra al aire hasta que no se produzca ninguna deformación cuando se la saque del molde. Pueden utilizarse ventiladores de mesa cuando se desee un enfriamiento más rápido, pero en ningún caso agua, a menos que se coloque la muestra en una bolsa plástica. Sáquese la muestra del molde por medio de un gato u otro dispositivo apropiado, luego colóquese en una superficie plana, lisa. Generalmente se dejan enfriar las muestras durante la noche.

### **2.2.6.3. ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUJO**

Colóquense las muestras preparadas con cemento asfáltico o con alquitrán a la temperatura especificada para inmersión en un baño de agua durante 30 o 40 minutos o en el horno durante 2 horas. Manténgase en el baño o el horno a  $60^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$  ( $140^{\circ} \pm 1.8^{\circ}\text{F}$ ) para las muestras de cemento asfáltico y a  $37.8^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$  ( $100^{\circ} \pm 1.8^{\circ}\text{F}$ ) para las muestras con alquitrán. Colóquense las muestras preparadas con asfalto líquido a la temperatura especificada en la cámara de aire por un mínimo de 2 horas. Manténgase la temperatura de la cámara a  $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$  ( $77^{\circ} \pm 1.8^{\circ}\text{F}$ ).

Límpiese perfectamente las barras guías y las superficies interiores del molde de ensayo antes de la ejecución de éste, y lubríquense las barras guías de tal manera que el segmento superior de la mordaza se deslice libremente. La temperatura del molde de ensayo deberá mantenerse entre 21.1°C y 37.8°C (70°F a 100°F) empleando un baño de agua cuando sea necesario.

Retírese la probeta del baño de agua, horno o cámara de aire y colóquese centrada en el segmento inferior de la mordaza; se monta el segmento superior con el medidor de deformación y el conjunto se sitúa centrado en la prensa.

Colóquese el medidor de flujo, en su posición de uso sobre una de las barras - guía y ajústese a cero, mientras se mantiene firmemente contra el segmento superior de la mordaza.

Manténgase el vástago del medidor de flujo firmemente en contacto con el segmento superior de la mordaza mientras se aplica la carga durante el ensayo.

Aplíquese entonces la carga sobre la probeta con una prensa ó gato de carga con cabeza de diámetro mínimo de 50.8 mm (2") a una rata de deformación constante de 50.8 mm (2") por minuto, hasta que ocurra la falla, es decir cuando se alcanza la máxima carga y luego disminuye según se lea en el dial respectivo. Anótese este valor máximo de carga y, si es del caso, hágase la conversión. El valor total en Newtons (libras) que se necesite para producir la falla de la muestra se registrará como su valor de Estabilidad Marshall.

Como se dijo antes, mientras se efectúa el ensayo de estabilidad deberá mantenerse el medidor de flujo firmemente en posición sobre la barra - guía; libérese cuando comience a decrecer la carga y se anotará la lectura. Este será el valor del "flujo" para la muestra, expresado en 0.25 mm (1/100"). Por ejemplo, si la muestra se deformó 3.8 mm (0.15") el valor del flujo será de 15. Este valor expresa la disminución de diámetro que sufre la probeta entre la carga cero y el instante de la rotura. El procedimiento completo, a partir de la sacada de la

probeta del baño de agua, deberá realizarse en un período no mayor de 30 segundos.

#### **2.2.6.5.- ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO (CBR)**

Esta norma describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado.

- **Equipo y materiales**

Prensa similar a las usadas en ensayos de compresión, utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen. El pistón se aloja en el cabezal y sus características deben ajustarse a las especificadas.

El desplazamiento entre la base y el cabezal se debe poder regular a una velocidad uniforme de 1,27 mm (0.05") por minuto. La capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44.5 kN (10000lbf) ó más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44N ó menos.

Molde de metal cilíndrico, de 152,4 mm  $\pm$  0.66 mm (6  $\pm$  0.026") de diámetro interior y de 177,8  $\pm$  0.66 mm ( 7  $\pm$  0.026") de altura, provisto de un collar suplementario de 51 mm (2.0") de altura y una placa de base perforada de 9.53 mm (3/8") de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm de

diámetro (Figura No.1a). La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.

Disco espaciador, circular, de metal, de 150.8 mm de diámetro y de 50.8 mm (2") de espesor, para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.

Martillos de compactación como los descritos en las normas de ensayo INV E-141 (equipo normal) y INV E-142 (equipo modificado).

Aparato medidor de expansión compuesto por:

- Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149.2 mm (5 7/8") de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm (1/16") de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura.
- Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de éste y medir la expansión, con aproximación de 0.025 mm(0.001").

Sobrecargas metálicas, unas diez por cada molde, una anular y las restantes ranuradas, con peso de 2,27 Kg (5 lb) cada una, 149.2 mm de diámetro exterior y la anular con 54 mm de diámetro en el orificio central.

Pistón de penetración, cilíndrico, metálico de 49.6 mm de diámetro (1,95"), área de 19.35 cm<sup>2</sup>(3 pulg<sup>2</sup>) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas de acuerdo con el numeral 3.4, pero nunca menor de 101.6 mm (4").

Dos diales (deformímetros) con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones en 0.025 mm (0.001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.

Tanque, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.

Horno, termostáticamente controlado, regulable a  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ )

Balanzas, una de 20 kg de capacidad, y otra de 1000 g con sensibilidades de 2 g y 0.1 g respectivamente.

Tamices, de 4.75 mm (No.4) y de 19.0 mm (3/4").

Material diverso de uso general como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.

- **Procedimiento**

El procedimiento es tal que los valores de la relación de soporte se obtienen a partir de especímenes de ensayo que posean el mismo peso unitario y contenido de agua que se espera encontrar en el terreno. En general, la condición de humedad crítica (más desfavorable) se tiene cuando el material está saturado. Por esta razón, el método original del Cuerpo de Ingenieros de E.U.A. contempla el ensayo de los especímenes después de estar sumergidos en agua por un período de cuatro (4) días confinados en el molde con una sobrecarga igual al peso del pavimento que actuará sobre el material.

**Preparación de la muestra.-** Se procede como se indica en las normas INV E-141 o E-142 (Relaciones de peso unitario-humedad en los suelos, con equipo normal o modificado). Cuando más del 75 % en peso de la muestra pase por el tamiz de 19.1 mm (3/4"), se utiliza para el ensayo el material que pasa por dicho tamiz.

Cuando la fracción de la muestra retenida en el tamiz de 19.1 mm (3/4") sea superior a un 25% en peso, se separa el material retenido en dicho tamiz y se sustituye por una proporción igual de material comprendido entre los tamices de

19.1 mm (3/4") y de 4.75 mm (No.4), obtenida tamizando otra porción de la muestra.

De la muestra así preparada se toma la cantidad necesaria para el ensayo de apisonado, más unos 5 kg por cada molde CBR.

Se determina la humedad óptima y la densidad máxima por medio del ensayo de compactación elegido. Se compacta un número suficiente de especímenes con variación en su contenido de agua, con el fin de establecer definitivamente la humedad óptima y el peso unitario máximo. Dichos especímenes se preparan con diferentes energías de compactación. Normalmente, se usan la energía del Proctor Normal, la del Proctor modificado y una energía inferior al Proctor Normal. De esta forma, se puede estudiar la variación de la relación de soporte con estos dos factores que son los que la afectan principalmente. Los resultados se grafican en un diagrama de contenido de agua contra peso unitario.

Se determina la humedad natural del suelo mediante secado en estufa, según la Norma INV E-122.

Conocida la humedad natural del suelo, se le añade la cantidad de agua que le falte para alcanzar la humedad fijada para el ensayo, generalmente la óptima determinada según el ensayo de compactación elegido y se mezcla íntimamente con la muestra.

**Elaboración de Especímenes.** Se pesa el molde con su base, se coloca el collar y el disco espaciador y, sobre éste, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.

Una vez preparado el molde, se compacta el espécimen en su interior, aplicando un sistema dinámico de compactación (ensayos INV E-141 o E-142, idem Proctor Normal o Modificado), pero utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía (número de capas y de golpes en cada capa) necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas. (ver Figura No. 2a). Es frecuente

utilizar tres o nueve moldes por cada muestra, según la clase de suelo granular o cohesivo, con grados diferentes de compactación. Para suelos granulares, la prueba se efectúa dando 55, 26 y 12 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima. Para suelos cohesivos interesa mostrar su comportamiento sobre un intervalo amplio de humedades. Las curvas se desarrollan para 55, 26 y 12 golpes por capa, con diferentes y humedades, con el fin de obtener una familia de curvas que muestran la relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte.

Nota 1: En este procedimiento queda descrito cómo se obtiene el índice CBR para el suelo colocado en un solo molde, con una determinada humedad y densidad. Sin embargo, en cada caso, al ejecutar el ensayo deberá especificarse el número de moldes a ensayar, así como la humedad y peso unitario a que habrán de compactarse.

Si el espécimen se va a sumergir, se toma una porción de material, entre 100 y 500 g (según sea fino o tenga grava) antes de la compactación y otra al final, se mezclan y se determina la humedad del suelo de acuerdo con la Norma INV E-122. Si la muestra no va a ser sumergida, la porción de material para determinar la humedad se toma del centro de la probeta resultante de compactar el suelo en el molde, después del ensayo de penetración. Para ello el espécimen se saca del molde y se rompe por la mitad.

Terminada la compactación, se quita el collar y se enrasa el espécimen por medio de un enrasador o cuchillo de hoja resistente y bien recta. Cualquier hueco superficial producido al eliminar partículas gruesas durante el enrase, se rellenará con material sobrante sin gruesos, comprimiéndolo con la espátula.

Se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel de filtro entre el molde y la base. Se pesa.

**Inmersión.-** Se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago, y, sobre ésta, los anillos necesarios para completar una sobrecarga tal, que produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas de materiales que hayan de ir encima del suelo que se ensaya, la aproximación quedará dentro de los 2.27 kg (5.5 lb) correspondientes a una pesa. En ningún caso, la sobrecarga total será menor de 4.54 kg. (10lb).

Nota 2: A falta de instrucciones concretas al respecto, se puede determinar el espesor de las capas que se han de construir por encima del suelo que se ensaya, bien por estimación, o por algún método aproximado. Cada 15 cm (6") de espesor de estructura del pavimento corresponde aproximadamente a 4,54 kg (10 lb) de sobrecarga.

Se toma la primera lectura para medir el hinchamiento colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes del molde, haciendo coincidir el vástago del deformímetro con el de la placa perforada. Se anota su lectura, el día y la hora. A continuación, se sumerge el molde en el tanque con la sobrecarga colocada dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra. Se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días) con el nivel de agua aproximadamente constante. Es admisible también un periodo de inmersión más corto si se trata de suelos granulares que se saturen de agua rápidamente y si los ensayos muestran que esto no afecta los resultados.

Al final del período de inmersión, se vuelve a leer el deformímetro para medir el hinchamiento. Si es posible, se deja el trípode en su posición, sin moverlo durante todo el período de inmersión; no obstante, si fuera preciso, después de la primera lectura puede retirarse, marcando la posición de las patas en el borde del molde para poderla repetir en lecturas sucesivas. La expansión se calcula como un porcentaje de la altura del espécimen.

Después del período de inmersión se saca el molde del tanque y se vierte el agua retenida en la parte superior del mismo, sosteniendo firmemente la placa y sobrecarga en su posición. Se deja escurrir el molde durante 15 minutos en su posición normal y a continuación se retira la sobrecarga y la placa perforada. Inmediatamente, se pesa y se procede al ensayo de penetración según el proceso del numeral siguiente.

Es importante que no transcurra más tiempo que el indispensable desde cuando se retira la sobrecarga hasta cuando vuelve a colocarse para el ensayo de penetración.

**Penetración.-** Se aplica una sobrecarga que sea suficiente para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con  $\pm 2.27$  kg de aproximación) pero no menor de 4.54 kg (10 lb). Para evitar el empuje hacia arriba del suelo dentro del agujero de las pesas de sobrecarga, es conveniente asentar el pistón luego de poner la primera sobrecarga sobre la muestra, Llévese el conjunto a la prensa y colóquese en el orificio central de la sobrecarga anular, el pistón de penetración y añada el resto de la sobrecarga si hubo inmersión, hasta completar la que se utilizó en ella. Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50 N (5 kgf) para que el pistón asiente. Seguidamente, se sitúan en cero las agujas de los diales medidores, el del anillo dinamométrico, u otro dispositivo para medir la carga, y el de control de la penetración. (Ver Figura No.2d). Para evitar que la lectura de penetración se vea afectada por la lectura del anillo de carga, el control de penetración deberá apoyarse entre el pistón y la muestra o molde.

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente de la prensa, con una velocidad de penetración uniforme de 1.27 mm (0.05") por minuto. Las prensas manuales no preparadas para trabajar a esta velocidad de forma automática se controlarán mediante el deformímetro de penetración y un cronómetro.

Finalmente, se desmonta el molde y se toma de su parte superior, en la zona próxima a donde se hizo la penetración, una muestra para determinar su humedad.

- **Cálculos**

**Humedad de Compactación.-** El tanto por ciento de agua que hay que añadir al suelo con su humedad natural para que alcance la humedad prefijada, se calcula como sigue:

$$\% \text{ de agua a añadir} = [ (H-h) / (100+h) ] \times 100$$

**Ecuación 3.** Cálculo del % de Agua a Añadir

**Fuente:** Especificaciones MTOP

Donde:        H = Humedad prefijada  
              h = Humedad natural

**Densidad o Peso Unitario.-** La densidad se calcula a partir del peso del suelo antes de sumergirlo y de su humedad, de la misma forma que en los métodos de ensayo INV E-141 o E-142, Proctor Normal o Modificado, para obtener la densidad máxima y la humedad óptima.

**Agua absorbida.-** El cálculo para el agua absorbida puede efectuarse de dos maneras. Una, a partir de los datos de las humedades antes de la inmersión y después de ésta (numerales 3.2 y 3.4), la diferencia entre ambas se toma normalmente como tanto por ciento de agua absorbida. Otra, utilizando la humedad de la muestra total contenida en el molde. Se calcula a partir del peso seco de la muestra (calculado) y el peso húmedo antes y después de la inmersión.

Ambos resultados coincidirán o no, según que la naturaleza del suelo permita la absorción uniforme del agua (suelos granulares), o no (suelos plásticos). En este segundo caso debe calcularse el agua absorbida por los dos procedimientos.

**Presión de Penetración.-** Se calcula la presión aplicada por el penetrómetro y se dibuja la curva para obtener las presiones reales de penetración a partir de los datos de prueba; el punto cero de la curva se ajusta para corregir las irregularidades de la superficie, que afectan la forma inicial de la curva

**Expansión.-** La expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde, que es de 127 mm (5").

Es decir:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L2 - L1}{127} \cdot 100$$

**Ecuación 4.** Cálculo % Expansión

**Fuente:** Especificaciones MTOP

Siendo

L1 = Lectura inicial en mm.

L2 = Lectura final en mm.

Valor de la relación de soporte (Índice resistente CBR).- Se llama valor de la relación de soporte (Índice CBR), al tanto por ciento de la presión ejercida por el pistón sobre el suelo, para una penetración determinada, con relación a la presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón.

Para calcular el índice CBR se procede como sigue:

- Se dibuja una curva que relacione las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas), y se observa si esta curva presenta un punto de inflexión. Si no presenta punto de inflexión se toman los valores correspondientes a 2,54 y 5,08 mm (0,1" y 0,2") de penetración. Si la curva presenta un punto de inflexión, la tangente en ese punto cortará el eje de abscisas en otro punto, (0 corregido), que se toma como nuevo origen para la determinación de las presiones correspondientes a 2,54 y 5,08 mm.
  
- De la curva corregida tómanse los valores de esfuerzo-penetración para los valores de 2.54 mm y 5.08 mm y calcúlense los valores de Relación de Soporte correspondientes, dividiendo los esfuerzos corregidos por los esfuerzos de referencia 6.9 MPa (1000lb/plg<sup>2</sup>) y 10.3 MPa (1500 lb/plg<sup>2</sup>) respectivamente, y multiplíquese por 100. La relación de soporte reportada para el suelo es normalmente la de 2.54 mm (0.1") de penetración. Cuando la relación a 5.08 mm (0.2") de penetración resulta ser mayor, se repite el ensayo. Si el ensayo de comprobación da un resultado similar, úsese la relación de soporte para 5.08 mm (0.2") de penetración.

#### **2.2.6.4. ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO MÉTODO DEL CONO DE ARENA.**

Este método de ensayo se usa para determinar el peso unitario (densidad) de los suelos en el terreno. El empleo del aparato descrito aquí está restringido a suelos que contengan partículas no mayores de 50 mm (2") de diámetro.

- **Equipo**

**Aparato del cono de arena.-** El aparato del cono de arena consistirá de un frasco de aproximadamente un galón (3.785 lts) y de un dispositivo ajustable que

consiste de una válvula cilíndrica con un orificio de 12.7 mm (½") de diámetro y que tiene un pequeño embudo que continúa hasta una tapa de frasco de tamaño normal en un extremo y con un embudo mayor en el otro.

La válvula deberá tener topes para evitar su rotación cuando esté en posición de completamente abierta o de completamente cerrada. El aparato deberá estar de acuerdo con las exigencias indicadas.

Nota 1: El aparato descrito aquí representa un diseño que ha comprobado ser satisfactorio. Otros aparatos de proporciones similares se comportarán igualmente bien en tanto que se observen los principios básicos de la determinación del volumen con arena. Este aparato, cuando está lleno, puede usarse con agujeros que tengan hasta un volumen de aproximadamente 0.003 m<sup>3</sup> (0.1 pies<sup>3</sup>).

La placa de base mostrada en el dibujo es opcional; su uso puede hacer más difícil la nivelación pero permite en el ensayo abrir agujeros de diámetros mayores y puede reducir la pérdida de suelo al pasarlo del agujero de ensayo al recipiente, así como también ofrece una base más constante para ensayos en suelos blandos. Cuando se usa la placa de base deberá considerarse como una parte del embudo en el procedimiento de este método de ensayo.

**Arena.-** La arena que se utilice deberá ser limpia, seca, uniforme, no cementada, durable y que fluya libremente. Además, deberá tener un coeficiente de uniformidad (D<sub>60</sub>/D<sub>10</sub>) menor que 2 y no contener partículas que queden retenidas en el tamiz de 2 mm (No.10).

Debe ser uniforme y preferiblemente de forma redondeada o sub-redondeada para favorecer que fluya libremente y desprovista de partículas o arena fina (menor que 250 µm, No.60), para prevenir segregación en almacenamiento o uso, y cambios de peso unitario aparente como consecuencia de variaciones en la humedad atmosférica.

Al seleccionar una arena para ser usada, deberán hacerse, como mínimo, cinco (5) determinaciones de peso unitario aparente de cada bulto y para que la arena sea aceptable, no deberá existir entre cada uno de los resultados individuales y el promedio una variación mayor que el 1 % del promedio.

Antes de usar una arena, deberá secarse y dejarse luego en reposo hasta que obtenga la condición de "seca al aire", en la zona en que va a ser usada.

Nota 2: La arena no debe reutilizarse sin antes remover cualquier fracción de suelo que la contamine, verificar la gradación y secarla. Además, deberá verificarse el peso unitario aparente en períodos no mayores de 14 días y con mayor frecuencia, en zonas de alta humedad o de variaciones frecuentes de la misma.

La necesidad de esta verificación aumenta con el contenido de partículas finas en la arena ya que éstas tienen tendencia a absorber humedad de la atmósfera y con muy pequeñas variaciones de humedad pueden producirse cambios significativos en el peso unitario aparente de la arena.

**Balanzas.-** Una balanza de capacidad de 10 kg y sensibilidad de 2 g y otra de capacidad de 200 g y sensibilidad de 0.1 g.

**Equipo para el secamiento.-** Estufa, horno u otro equipo adecuado para secar muestras con el fin de determinar su contenido de humedad.

**Equipo misceláneo.-** Pequeña pica, cinceles y cucharas para excavar el agujero de ensayo, cazuela para freír de 224 mm (10") o cualquiera otro recipiente adecuado para secar muestras; canastillas con tapas, canecas con tapas, sacos de lona u otros recipientes adecuados para que contengan las muestras de peso unitario y humedad o para el peso unitario de la arena respectivamente, termómetro; pequeña brocha de pintura, cuaderno y cartera, etc.

- **Procedimiento**

Determinese el volumen del frasco y del conjunto, incluido el volumen del orificio de la válvula en la siguiente forma (Nota 3):

- Pésese el conjunto del aparato y anótese. Colóquese el aparato hacia arriba y ábrase la válvula. Llénese el aparato con agua hasta que aparezca ésta sobre la válvula. Círrrese la válvula y remuévase el exceso de agua. Pésese el aparato y el agua y determínese la temperatura del agua.
- Repítase este procedimiento por lo menos dos veces. Conviértase el peso del agua de gramos a mililitros. El volumen que se empleará será el promedio, con una variación máxima de 3 ml.

Nota 3: El volumen determinado en este procedimiento es constante en tanto que el frasco y el dispositivo se hallen en la misma posición relativa; si los dos han de separarse deberán hacerse marcas de referencia que permitan nuevamente armarlos en esta posición.

Determinese el peso unitario aparente de la arena que va a ser usada en el campo en la siguiente forma: (Notas 4 y 5).

- Colóquese el aparato vacío hacia arriba sobre una superficie firme y a nivel, círrrese la válvula y llénese el embudo con arena.
- Abrase la válvula y, manteniendo el embudo con arena por lo menos hasta la mitad, llénese el aparato. Círrrese la válvula bruscamente y vacíese el exceso de arena.
- Pésese el aparato con arena y determínese el peso neto de la arena quitando el peso del aparato.

Nota 4: La vibración de la arena durante cualquier determinación del peso y del volumen, puede aumentar el peso unitario aparente de la arena y disminuir la precisión de la determinación. Intervalos considerables de tiempo entre la determinación del peso unitario aparente de la arena y su empleo en el campo pueden traducirse en el cambio del peso unitario aparente debido al cambio en la humedad o en la gradación efectiva.

Nota 5: Es posible determinar el peso unitario aparente de la arena en otros recipientes de un volumen conocido que dimensionalmente se aproximen al hueco de mayor tamaño que será excavado. El procedimiento general usado es el dado en el numeral 3.4, para determinar el volumen del agujero de ensayo. Si se ha de seguir este procedimiento deberá comprobarse que el peso unitario aparente resultante iguale a la dada mediante la determinación con el frasco.

Determinese el peso de la arena necesaria para llenar el embudo en la siguiente forma (Notas 6 y 7):

- Colóquese la arena en el aparato y obténgase el peso del aparato con la arena.
- Colóquese el aparato invertido sobre una superficie plana, limpia y a nivel.
- Abrase la válvula y manténgase abierta hasta que cese de fluir la arena.
- Cierrebruscamente la válvula, pése el aparato con la arena restante y determinese la disminución de la arena. Esta disminución representa la arena necesaria para llenar el embudo.
- Reemplácese la arena removida en la determinación del embudo y ciérrese la válvula.

Nota 6: Esta determinación puede omitirse si se sigue el procedimiento dado en la Nota 8. Cuando se use la placa de base deberá considerarse ésta como parte del embudo.

Nota 7: Cuando se deseen agujeros del máximo volumen posible, después de determinado el peso unitario aparente, deposítase la arena por medio de vibración y aumentese el peso de la arena en el aparato. Si este procedimiento se sigue, el total de la arena disponible deberá determinarse pesándola nuevamente.

Determinese el peso unitario del suelo en el sitio en la siguiente forma:

- Prepárese el sitio de la superficie para ser ensayada de tal manera que quede en un plano a nivel.
- Colóquese el aparato invertido sobre la superficie preparada y márquese el límite del contorno del embudo (Nota 8).

Nota 8: En suelos en los que la nivelación no pueda efectuarse deberá hacerse un ensayo preliminar midiendo el volumen delimitado por el embudo y la superficie del terreno. Esta etapa requiere balanzas en el sitio del ensayo o vaciar y llenar nuevamente el aparato. Después de que se complete esta medida, cuidadosamente cepílese la arena empleada.

- Cávese el orificio del ensayo, dentro de la marca del embudo, teniendo cuidado de evitar la alteración del suelo que limita al hueco. Suelos esencialmente granulares requieren extremo cuidado. Colóquese todo el suelo suelto en un recipiente teniendo cuidado de evitar cualquier pérdida de material.
- Colóquese el aparato en la posición previamente marcada, ábrase la válvula y después que haya dejado de fluir la arena, ciérrese la válvula. (Nota 4).

- Pése el aparato con la arena restante y determínese el peso de la arena usada para el ensayo.
- Pése el material que fue removido del hueco de ensayo.
- Mézclase completamente el material y asegúrese de lograr una muestra representativa para la determinación de la humedad.
- Pése y séquese la muestra del suelo para humedad.
- Los volúmenes mínimos sugeridos para los orificios de ensayo, para la determinación del peso unitario en el sitio, de mezclas de suelos, se hallan en la Tabla 1. Esta tabla muestra el peso mínimo sugerido de la muestra empleada para la determinación del contenido de humedad, en relación con el tamaño máximo de las partículas en las mezclas del suelo.

- **Cálculos**

Calcúlese el volumen del aparato de peso unitario de la siguiente forma:

$$V1 = G.T$$

**Ecuación 4.** Cálculo del Volumen del aparato

**Fuente:** Especificaciones MTOP

Donde:

V1 = Volumen del aparato del cono de arena, en cm<sup>3</sup>.

G = Gramos de agua requeridos para llenar el aparato,

T = Corrección por temperatura del volumen de agua

- Calcúlese el volumen del aparato del cono de arena con aproximación de 3 cm<sup>3</sup> (0.0001 pie<sup>3</sup>).

Calcúlese el peso unitario (densidad) aparente de la arena en la siguiente forma:

$$\hat{\rho}_1 = W_2 / V_1$$

**Ecuación 5.** Cálculo del Peso Unitario de la Arena

**Fuente:** Especificaciones MTOP

Donde:

$\hat{\rho}_1$  = Peso unitario de la arena en g/cm<sup>3</sup>.

W<sub>2</sub> = Gramos de arena requeridos para llenar el aparato,

V<sub>1</sub> = Volumen del aparato en centímetros cúbicos,

- Calcúlese el peso unitario (densidad) aparente de la arena con aproximación a 0.002 g/cm<sup>3</sup>

Calcúlese el contenido de humedad y el peso seco del material removido del hueco de ensayo en la siguiente forma:

$$w = [ (W_3 - W_4) / W_4 ] \times 100$$

**Ecuación 6.** Cálculo del Porcentaje de Humedad

**Fuente:** Especificaciones MTOP

$$W_6 = W_5 / (w + 100)$$

**Ecuación 5.** Cálculo del Peso Seco del Material

**Fuente:** Especificaciones MTOP

Donde:

w = Porcentaje de humedad, del material extraído del hueco de ensayo.

W<sub>3</sub> = Peso húmedo de la muestra de ensayo para humedad, g.

W<sub>4</sub> = Peso seco de la muestra de ensayo de humedad, g.

W5 = Peso húmedo del material extraído del hueco de ensayo, g, y

W6 = Peso seco del material del hueco de ensayo, g.

Calcúlese el contenido de humedad con aproximación a 0.1%

Calcúlese el peso seco del material removido del hueco de ensayo con aproximación a 0.1 g.

Calcúlese el peso unitario seco del material ensayado en la siguiente forma:

$$V = (W1 - W7) / \rho$$

**Ecuación 6.** Cálculo del Volumen del Hueco del Ensayo

**Fuente:** Especificaciones MTOP

$$W = W6 / V$$

**Ecuación 7.** Cálculo del Peso Unitario Seco

**Fuente:** Especificaciones MTOP

Donde:

V = Volumen del hueco de ensayo, en cm<sup>3</sup>

W1 = Gramos de arena usados

W7 = Gramos de arena en el embudo, y

W = Peso unitario seco (densidad), del material ensayado en gms/cm<sup>3</sup>.

Nota 9: Puede desearse expresar el peso unitario en el sitio como un porcentaje de alguna otra densidad, como por ejemplo del peso unitario máximo de laboratorio determinado de acuerdo con uno de los métodos de Ensayo para Relaciones de Humedad-peso unitario de Suelos (INV E-141 ó INV E-142). Esta relación se

determina dividiendo el peso unitario en el sitio por el peso máximo y multiplicando por 100.

Calcúlese el peso unitario (densidad) en el sitio del material ensayado en g/cm<sup>3</sup> con aproximación a 0.01 g/cm<sup>3</sup> o en lb/pie<sup>3</sup> con aproximación a 0.1 lb/pie<sup>3</sup>.

### 2.3. SISTEMA DE HIPÓTESIS

El reciclado con cemento portland nos da mayor capacidad portante y un mejor comportamiento estructural del pavimento ante los factores regionales del clima, geológico y geotécnico que el reciclado con emulsiones asfálticas.

### 2.4.- VARIABLES, DIMENSIONES Y ÁREAS, INDICADORES

**Tablas 12.** Variables, Indicadores, Índices

Variable dependiente	Variable Independiente	Indicadores	Índices
Calidad de vía empleando el reciclado de pavimento	Uso de reciclado con cemento Pórtland	Deflexiones	mm
		Grado de Fisuras	Tipo de fisuras
			Número de fisuras/m <sup>2</sup>
		% de Humedad	Porcentaje
		Densidad	gr/cm <sup>3</sup>
	Compresión	kg/cm <sup>2</sup>	
	Uso de reciclado con emulsiones asfálticas	Deflexiones	mm
		Grado de Fisuras	Tipo de fisuras
			Número de fisuras/m <sup>2</sup>
		% de Humedad	Porcentaje
Densidad	gr/cm <sup>3</sup>		

**Elaborado:** Oswaldo Rosero - Pamela Ibarra

## **CAPÍTULO III**

### **3. MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Para la realización de nuestra investigación utilizaremos el método observación, experimentación y analítico, los mismos que consisten en el análisis de hechos, fenómenos y casos. Se sitúa en el presente, pero no se limita a la simple recolección y tabulación de datos, sino que hace la interpretación y el análisis imparcial de los mismos con una finalidad pre-establecida.

El proceso que utiliza este método es el siguiente:

1. Identificación y delimitación precisa del problema
2. Recolección de datos
3. Elaboración de los datos (organización, clasificación, comparación e interpretación de los mismos)
4. Extracción de conclusiones
5. Redacción del informe final

**Nivel de la investigación:** Explorativo - Evaluativo

**Tipo de estudio:** Experimental  
De campo.

#### **3.2. POBLACIÓN**

**Población:** la vía Riobamba – Zhud..

#### **3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**Técnicas:** Observación

**Instrumentos:** Guía de Observación

### **3.4. DESARROLLO DEL TRABAJO**

#### **3.4.1. INTRODUCCIÓN**

##### **3.4.1.1. INFORMACIÓN GENERAL**

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas, ha considerado la rehabilitación y mantenimiento en pavimento flexible de la carretera Riobamba - Zhud, por lo que INEXTEC. CIA. LTDA. empresa encargada del estudio de esta vía, dispone la utilización de equipos de prospección no destructiva, con el propósito de realizar la caracterización estructural de pavimentos y su evaluación funcional; basadas en la aplicación de un estudio deflectométrico con la asistencia de equipo FWD (9 geófonos), perforaciones de suelos con la finalidad de caracterizar geomecánicamente el firme y la subrasante existente mediante ensayos de campo y laboratorio; así como establecer las correlaciones con el cálculo inverso obtenido del FWD. El MTOP obtiene a través de este informe, la evaluación funcional mediante la aplicación del sistema PAVER, el cual cataloga y califica el índice de Condición de Pavimento conocido por sus siglas en inglés como PCI.

Estos datos nos serán proporcionados por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, para nuestra investigación.

##### **3.4.1.2. UBICACIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto se encuentra ubicado en el corredor interandino en las provincias de Chimborazo y Cañar; se inicia en la localidad de Licán, en las proximidades al sur de la ciudad de Riobamba, siguiendo la Troncal de la Sierra E-35, por el enlace Balbanera 15+700, donde se aporta el tráfico de la carretera Bucay - Pallatanga - Riobamba, atravesando los entornos urbanos de los cantones Guamote, Alausi y Chunchi, hasta llegar a la población de Zhud en la Provincia del Cañar, donde existe la bifurcación para el Corredor de Integración Austral Cuenca - Azogues - El Triunfo. La extensión total del proyecto es 165,7 Km., de estos se excluyen 24,625 Km. de la neutralización Guasuntos - Chunchi, que no forma parte del contrato de rehabilitación anteriormente

referido. La distancia neta del proyecto, que se considera dentro de las progresivas totales es de 141,075Km.

### **3.4.1.3. TRAMIFICACIÓN**

Para efectos de las decisiones administrativas la carretera se divide en cuatro tramos de rehabilitación, tramo 1: Licán 0+000 - Balbanera 15+700; tramo 2: Balbanera 15+700 - Guamote 44+400; tramo 3: Guamote 44+400 - Alausí 88+225; tramo 4: Alausí 88+225 - Zhud 165+700; los cuales tienen el diagnóstico actualizado, estructural y funcional, y las propuestas de diseño para pavimento flexible y semirígido, variados específicamente por sus condicionantes particulares; dependiendo de las valoraciones que en cada caso se hacen, dentro de la misma sección transversal existente más sobre anchos en curvas horizontales; esto es una vía bidireccional de 1+1 carriles.

### **3.4.1.4. ESTADO ACTUAL DEL FIRME**

Las condiciones de operatividad de esta carretera son relativamente estables. La condición general de la estructura de pavimentos es relativamente regular, salvo zonas particulares de sensible deterioro, debido precisamente a la baja capacidad portante del firme y el reducido espesor de pavimento, aunque en las zonas singulares es evidente la presencia de taludes inestables, cierta carencia y/o insuficiencias de las obras de drenaje, subdrenaje y obras geotécnicas, o sencillamente originadas en la falta de mantenimiento.

Al momento la carretera está sometida a un tráfico combinado, con cargas típicas en no pocos casos sobre las cargas útiles permisibles, si se comparan con los reportes de regulación del MTOP para el parque nacional de transporte pesado, vehículos especiales y nodrizas; realidad que es común en la red vial nacional.

La condición funcional revela fisuras asociadas frecuentemente al intemperismo y en algunos casos a la fatiga del concreto asfáltico, especialmente en las secciones de mayores solicitaciones de carga, baches y parches dispersos y asentamientos localizados.

Se realizaron ensayos de extracción de Núcleo obteniendo que los espesores de la carpeta asfáltica en los tramos oscilan entre 9,6 a 12,1 cm; según información extraída

mediante calicatas cada 4 Km y núcleos intermedios; a lo largo de este tramo de la carretera se registran espesores entre 26 y 51 cm de materiales granulares con gradaciones típicas de base y sub-base.

#### **3.4.1.5. CONDICIONANTES DE DISEÑO**

En los últimos años, la escalada internacional de precios del petróleo, en paralelo a la caída de nuestra producción, han impactado en el mercado consumidor del asfalto nacional y la provisión de asfalto importado para pavimentación, determinando consecuentemente un empuje de los costos de construcción con el empleo de esta tecnología, sin que el récord de construcción haya mejorado correspondientemente; todo esto sumado a las frecuentes paradas de la producción en la refinería y la consecuente demanda de tiempos de importación, embarque, almacenamiento y comercialización.

A la incertidumbre existente, aún en las condiciones de mejora de la situación descrita, se suma el hecho de que la predicción de deterioro de los pavimentos asfálticos no se cumple en el período de diseño, tanto como los programas de conservación diseñados mismos que, frecuentemente, no constan en los presupuestos públicos y que tampoco responden al calendario y calibración oportuna para las condiciones específicas de cada proyecto; sumado al hecho de que la rehabilitación estructural de pavimentos flexibles con incrementos de espesor de concreto asfáltico, implica el uso de espesores significativos.

La ejecución de trabajos de mantenimiento rutinario, especialmente de limpieza de derrumbes ó deslizamientos, con riesgos importantes de inestabilidad en materiales de cobertura de los macizos rocosos, zonas de falla y aún estructuras rocosas fracturadas, sensiblemente deslizables con apenas volúmenes de precipitaciones como el existente, que lubrican y activan estos eventos; hacen que los pavimentos asfálticos sufran directamente el efecto de estas operaciones sobre la capa de rodadura, con grave deterioro y demanda de mantenimiento correctivo.

Las expectativas de conservación de los pavimentos asfálticos en esta parte del país, con precipitaciones entre 1000 y 2000 mm, son muy limitadas con respecto a las de un pavimento rígido, hecho que obliga a la utilización de factores climáticos de mayor peso

en el diseño estructural de pavimentos flexibles, así como mejores y más abundantes obras de drenaje, en compatibilidad al uso de factores de diseño también más conservadores.

Este corredor es la principal conexión al austro del país, siendo una de las rutas más largas del territorio siendo parte de la carretera Panamericana, por lo que, una solución de pavimentos sostenible será una intervención de indudable aporte a la mejora y competitividad general de la red vial primaria de las provincias conexas.

El sur de la Provincia de Chimborazo y el norte de la Provincia del Cañar constituyen una zona de rico potencial agrícola y ganadero, aunque existe una notable insuficiencia de implantación de actividades económicas a gran escala. Por estas consideraciones el MTOP debe gestionar un pavimento de altas prestaciones que brinde soporte a las numerosas actividades productivas del presente y futuro, que involucran varios importantes e históricos cantones de la sierra centro - sur y el austro del país, tanto como los diferentes pasos de cordillera hacia la región costanera del territorio nacional.

#### **3.4.1.6. ESTUDIO DE TRÁFICO**

El estudio de tráfico para este proyecto fue realizado para el MTOP en el año 2004, por la Asociación de Compañías Consultoras Integral - NYLIV - CVA, al momento la carretera está sometida a un volumen vehicular importante y bien definido en cada tramo, los datos obtenidos de este estudio son la composición vehicular, tasas de crecimiento y el TPDA; se ha realizado un cálculo de los Ejes Equivalentes (ESALs), con cargas típicas deducibles a cargas útiles permisibles, con los reportes de regulación del MTOP para la Comunidad Andina de Naciones en cada categoría, como son: transporte pesado, vehículos especiales y nodrizas.

PROYECTO: RIOBAMBA – ZHUD

TRAMO 1: RIOBAMBA – BALBANERA

**Tabla 13.** Proyección de Tráfico (Tramo 1)

Tipo de vehículo	Volumen de Tráfico	Tasa de Crecimiento	Proyección de Tráfico		
			1 año	10 años	20 años
Livianos	3959	2,62	3959	5127	6641
Buses	1207	2,20	1207	1500	1865
Camiones 2 ejes 2DB	981	2,70	981	1280	1671
Camiones 3 ejes 3 <sup>a</sup>	187	2,70	187	244	319
Camión 3E+Semir 2E 3S2	123	2,70	123	161	210
Camión 3E+Semir 3E 3S3	69	2,70	69	90	118
<b>TOTAL TPDA</b>	<b>6526</b>		<b>6526</b>	<b>8402</b>	<b>10824</b>

**Elaborado:** Oswaldo Rosero - Pamela Ibarra

**Tabla 14.** Número Acumulado de ESALs (Tramo 1)

Tipo de vehículo	Factor Equivalente	Número Acumulado de ESALs		
		1 año	10 años	20 años
Livianos	0,013	9546,41	107542,86	246827,01
Buses	1,494	329296,19	3628846,81	8162327,40
Camiones 2 ejes 2DB	4,515	808373,99	9140083,00	21070471,20
Camiones 3 ejes 3 <sup>a</sup>	3,216	109776,72	1241217,99	2861357,81
Camión 3E+Semir 2E 3S2	6,113	137239,69	1551734,96	3577187,07
Camión 3E+Semir 3E 3S3	4,075	59826,34	676441,51	1559388,62
<b>TOTAL TPDA</b>		<b>1454059,35</b>	<b>16355867,13</b>	<b>37477559,10</b>

**Elaborado:** Oswaldo Rosero - Pamela Ibarra

**Tabla 15.** Factores de Equivalencia de carga (Tramo 1)

<b>Tipos de Vehículos</b>	<b>Tipo de Eje</b>	<b>Carga por Eje</b>	<b>Porcentaje %</b>	<b>Factor de Equi. Carga</b>	<b>Factor Camión Tf</b>
Livianos	Simple	1,7	60,67	0,0027	0,0016
	Simple	2,5		0,0106	0,0064
				<b>0,0132</b>	<b>0,0080</b>
Buses dos ejes	Simple	4	18,50	0,0658	0,0122
	Simple	9		1,4291	0,2643
				<b>1,4949</b>	<b>0,2765</b>
Camiones Medianos 2 ejes (2DB)	Simple	6	15,03	0,3195	0,0480
	Simple	12		4,1957	0,6307
				<b>4,5152</b>	<b>0,6787</b>
Camiones Tres ejes (3A)	Simple	6	2,87	0,3195	0,0092
	Tandem	20		2,8971	0,0830
				<b>3,2167</b>	<b>0,0922</b>
Tracto camión 3 ejes y SR 2 eje - 3S2	Simple	6	1,88	0,3195	0,0060
	Tandem	20		2,8971	0,0546
	Tandem	20		2,8971	0,0546
				<b>6,1138</b>	<b>0,1152</b>
Tracto camión 3 ejes y SR 3 ejes - 3S3	Simple	6	1,06	0,3195	0,0034
	Tandem	20		2,8971	0,0306
	Tridem	24		1,5343	0,0162
				<b>4,7510</b>	<b>0,0502</b>
			<b>100,00</b>		<b>1,2209</b>

Elaborado: Oswaldo Rosero - Pamela Ibarra

**Tabla 16.** Cálculo del W18 (Tramo 1)

<b>TPDA</b>	6526
<b>Período dis.</b>	10
<b>Días por a.</b>	365
<b>Distr. Dir.</b>	0,5
<b>Índice Cr.</b>	2,61
<b>F.Cr. Tráfico</b>	11,259
<b>F. Equi. Carga</b>	1,2209

<b>W18=</b>	16.370.989,60
-------------	---------------

Elaborado: Oswaldo Rosero - Pamela Ibarra

**Tabla 17.** Tabla proyección de Tráfico y Ejes Equivalentes para 10 años (Tramo 1)

<b>Tipos de vehículos</b>	<b>Trafico Diario</b>	<b>Trafico de Diseño</b>	<b>Factor de Ejes equiv.</b>	<b>No. De ejes Equiv. 8,2 ton.</b>	<b>Trafico de Diseño año 1</b>	<b>Trafico Diar. Fin</b>
Livianos	3959	8.139.355	0,0132	107.543	722517,5	9546
buses medianos dos ejes	1207	2.398.787	1,4949	3.585.983	220277,5	329296
camiones pesados 2DB	981	2.028.001	4,5152	9.156.902	179032,5	808374
camiones tres ejes 3A	187	386.581	3,2167	1.243.502	34127,5	109777
tc 3 ejes y sr 2 ejes - 3S2	123	254.275	6,1138	1.554.590	22447,5	137240
tc 3 ejes y sr 3 ejes - 3S3	69	142.642	4,7510	677.686	12592,5	59826
<b>TOTAL</b>	<b>6526,00</b>		<b>TOTAL</b>	<b>16.326.206</b>		<b>1454059</b>

**Elaborado:** Oswaldo Rosero - Pamela Ibarra

## TRAMO 2: BALBANERA - CHUNCHI

**Tabla 18.** Proyección de Tráfico (Tramo 2)

<b>Tipo de vehículo</b>	<b>Volumen de Tráfico</b>	<b>Tasa de Crecimiento</b>	<b>Proyección de Tráfico</b>		
			<b>1 año</b>	<b>10 años</b>	<b>20 años</b>
Livianos	1137	2,62	1137	1473	1907
Buses	557	2,20	557	692	861
Camiones 2 ejes 2DB	405	2,70	405	529	690
Camiones 3 ejes 3 <sup>a</sup>	48	2,70	48	63	82
Camión 3E+Semir 2E 3S2	16	2,70	16	21	27
Camión 3E+Semir 3E 3S3	12	2,70	12	16	20
<b>TOTAL TPDA</b>	<b>6526</b>		<b>2175</b>	<b>2794</b>	<b>3587</b>

**Elaborado:** Oswaldo Rosero - Pamela Ibarra

**Tabla 19.** Número Acumulado de ESALs (Tramo 2)

Tipo de vehículo	Factor Equivalente	Número Acumulado de ESALs		
		1 año	10 años	20 años
Livianos	0,013	2741,67	30885,64	70887,17
Buses	1,494	151961,87	1679235,85	3766707,84
Camiones 2 ejes 2DB	4,515	333732,38	3773428,76	8698818,38
Camiones 3 ejes 3A	3,216	28177,98	318601,41	734466,18
Camión 3E+Semir 2E 3S2	6,113	17852,32	201851,70	465325,15
Camión 3E+Semir 3E 3S3	4,075	10404,58	117642,00	271198,02
<b>TOTAL TPDA</b>		<b>544870,80</b>	<b>6121645,36</b>	<b>14007402,74</b>

**Elaborado:** Oswaldo Rosero - Pamela Ibarra

**Tabla 20.** Factores de Equivalencia de carga (Tramo 2)

Tipos de Vehículos	Tipo de Eje	Carga por Eje	Porcentaje %	Factor de Equi. Carga	Factor Camión Tf
Livianos	Simple	1,7	52,28	0,0027	0,0014
	Simple	2,5		0,0106	0,0055
				<b>0,0132</b>	<b>0,0069</b>
Buses Mediano dos ejes	Simple	4	25,61	0,0658	0,0169
	Simple	9		1,4291	0,3660
				<b>1,4949</b>	<b>0,3828</b>
Camiones Medianos 2 ejes (2DB)	Simple	6	18,62	0,3195	0,0595
	Simple	12		4,1957	0,7813
				<b>4,5152</b>	<b>0,8408</b>
Camiones Tres ejes (3A)	Simple	6	2,21	0,3195	0,0071
	Tandem	20		2,8971	0,0639
				<b>3,2167</b>	<b>0,0710</b>
Tracto camión 3 ejes y SR 2 eje - 3S2	Simple	6	0,74	0,3195	0,0024
	Tandem	20		2,8971	0,0213
	Tandem	20		2,8971	0,0213
				<b>6,1138</b>	<b>0,0450</b>
Tracto camión 3 ejes y SR 3 ejes - 3S3	Simple	6	0,55	0,3195	0,0018
	Tandem	20		2,8971	0,0160
	Tridem	24		1,5343	0,0085
				<b>4,7510</b>	<b>0,0262</b>
			<b>100,00</b>		<b>1,3727</b>

**Elaborado:** Oswaldo Rosero - Pamela Ibarra

**Tabla 21.** Cálculo del W18 (Tramo 2)

<b>TPDA</b>	2175
<b>Periodo dis.</b>	10
<b>Días por a.</b>	365
<b>Distr. Dir.</b>	0,5
<b>Índice Cr.</b>	2,57
<b>F.Cr. Tráfico</b>	11,240
<b>F. Equ. Carga</b>	1,3727

<b>W18=</b>	6.124.589,84
-------------	--------------

**Elaborado:** Oswaldo Rosero - Pamela Ibarra

**Tabla 22.** Tabla proyección de Tráfico y Ejes Equivalentes para 10 años (Tramo 2)

<b>Tipos de vehículos</b>	<b>Tráfico Diario</b>	<b>Tráfico de Diseño</b>	<b>Factor de Ejes equiv.</b>	<b>No. De ejes Equiv. 8,2 ton.</b>	<b>Tráfico de Diseño año 1</b>	<b>Tráfico Diar. Fin</b>
Livianos	1137	2.487.834	0,0132	32.871	207502,5	2742
buses medianos dos ejes	557	1.157.846	1,4949	1.730.882	101652,5	151962
camiones pesados 2DB	405	825.037	4,5152	3.725.235	73912,5	333732
camiones tres ejes 3A	48	97.782	3,2167	314.532	8760	28178
tc 3 ejes y sr 2 ejes - 3S2	16	32.594	6,1138	199.274	2920	17852
tc 3 ejes y sr 3 ejes - 3S3	12	24.446	4,7510	116.139	2190	10405
<b>TOTAL</b>	<b>2175,00</b>		<b>TOTAL</b>	<b>6.118.933</b>		<b>544871</b>

**Elaborado:** Oswaldo Rosero - Pamela Ibarra

TRAMO 3 y TRAMO 4: CHUNCHI - ZHUD

**Tabla 23.** Proyección de Tráfico (Tramo 3 y Tramo 4)

Tipo de vehículo	Volumen de Tráfico	Tasa de Crecimiento	Proyección de Tráfico		
			1 año	10 años	20 años
Livianos	499	2,62	499	646	837
Buses	159	2,20	159	198	246
Camiones 2 ejes 2DB	227	2,70	227	296	387
Camiones 3 ejes 3 <sup>a</sup>	57	2,70	57	74	97
Camión 3E+Semir 2E 3S2	13	2,70	13	17	22
Camión 3E+Semir 3E 3S3	17	2,70	17	22	29
<b>TOTAL TPDA</b>	<b>972</b>		<b>972</b>	<b>1253</b>	<b>1618</b>

**Elaborado:** Oswaldo Rosero - Pamela Ibarra

**Tabla 24.** Número Acumulado de ESALs (Tramo 3 y Tramo 4)

Tipo de vehículo	Factor Equivalente	Número Acumulado de ESALs		
		1 año	10 años	20 años
Livianos	0,013	1203,25	13554,91	31110,55
Buses	1,494	43378,70	479350,99	1075236,17
Camiones 2 ejes 2DB	4,515	187054,94	2114983,53	4875634,01
Camiones 3 ejes 3A	3,216	33461,35	378339,17	872178,58
Camión 3E+Semir 2E 3S2	6,113	14505,01	164004,51	378076,68
Camión 3E+Semir 3E 3S3	4,075	14739,82	166659,50	384197,20
<b>TOTAL TPDA</b>		<b>294343,08</b>	<b>3316892,61</b>	<b>7616433,19</b>

**Elaborado:** Oswaldo Rosero - Pamela Ibarra

**Tabla 25.** Factores de Equivalencia de carga (Tramo 3 y Tramo 4)

<b>Tipos de Vehículos</b>	<b>Tipo de Eje</b>	<b>Carga por Eje</b>	<b>Porcentaje %</b>	<b>Factor de Equi. Carga</b>	<b>Factor Camión Tf</b>
Livianos	Simple	1,7	51,34	0,0027	0,0014
	Simple	2,5		0,0106	0,0054
				<b>0,0132</b>	<b>0,0068</b>
Buses Mediano dos ejes	Simple	4	16,36	0,0658	0,0108
	Simple	9		1,4291	0,2338
				<b>1,4949</b>	<b>0,2445</b>
Camiones Medianos 2 ejes (2DB)	Simple	6	23,35	0,3195	0,0746
	Simple	12		4,1957	0,9799
				<b>4,5152</b>	<b>1,0545</b>
Camiones Tres ejes (3A)	Simple	6	5,86	0,3195	0,0187
	Tandem	20		2,8971	0,1699
				<b>3,2167</b>	<b>0,1886</b>
Tracto camión 3 ejes y SR 2 eje - 3S2	Simple	6	1,34	0,3195	0,0043
	Tandem	20		2,8971	0,0387
	Tandem	20		2,8971	0,0387
				<b>6,1138</b>	<b>0,0818</b>
Tracto camión 3 ejes y SR 3 ejes - 3S3	Simple	6	1,75	0,3195	0,0056
	Tandem	20		2,8971	0,0507
	Tridem	24		1,5343	0,0268
				<b>4,7510</b>	<b>0,0831</b>
			<b>100,00</b>		<b>1,6593</b>

**Elaborado:** Oswaldo Rosero - Pamela Ibarra

**Tabla 26.** Cálculo del W18 (Tramo 3 y Tramo 4)

<b>TPDA</b>	972
<b>Periodo dis.</b>	10
<b>Días por a.</b>	365
<b>Distr. Dir.</b>	0,5
<b>Índice Cr.</b>	2,62
<b>F.Cr. Tráfico</b>	11,264
<b>F. Equ. Carga</b>	1,6593

<b>W18=</b>	3.315.581,91
-------------	--------------

**Elaborado:** Oswaldo Rosero - Pamela Ibarra

**Tabla 27.** Proyección de Tráfico (Tramo 3 y Tramo 4)

<b>Tipos de vehículos</b>	<b>Tráfico Diario</b>	<b>Tráfico de Diseño</b>	<b>Factor de Ejes equiv.</b>	<b>No. De ejes Equiv. 8,2 ton.</b>	<b>Tráfico de Diseño año 1</b>	<b>Tráfico Diar. Fin</b>
Livianos	499	1.091.846	0,0132	14.426	91067,5	1203
buses medianos dos ejes	159	330.516	1,4949	494.094	29017,5	43379
camiones pesados 2DB	227	462.428	4,5152	2.087.971	41427,5	187055
camiones tres ejes 3A	57	116.116	3,2167	373.507	10402,5	33461
tc 3 ejes y sr 2 ejes - 3S2	13	26.483	6,1138	161.910	2372,5	14505
tc 3 ejes y sr 3 ejes - 3S3	17	34.631	4,7510	164.531	3102,5	14740
<b>TOTAL</b>	<b>972,00</b>		<b>TOTAL</b>	<b>3.296.439</b>		<b>294343</b>

**Elaborado:** Oswaldo Rosero - Pamela Ibarra

### 3.4.1.7. METODOLOGÍA

La metodología de estudio se basa en dos grandes conceptos:

- a) La utilización de los sistemas de auscultación de carreteras para referenciar todos los reconocimientos de campo e inventariar los ensayos de deflexión, con la asistencia del Sistema PAVER y el Falling Weight Deflectometer Tipo 2100 de Carl Bro Industries,
- b) El trabajo de evaluación de resultados de campo, cálculo de espesores y análisis sustentado en la metodología AASHTO - 93 para la rehabilitación de pavimentos flexibles y semirígidos.

La colecta de datos de campo se estructura con el reconocimiento de puntos de localización referencial de la carretera, identificados con fotografía digitalizada, ubicados mediante medidas con odómetro electrónico y registros por receptor de sistemas de posicionamiento global (longitud - latitud y altura). Todos los ensayos de

carretera, eventos fijos y continuos, deflexiones cada 50 m, parametrización de pavimentos y reportes de pruebas destructivas.

La realización de las pruebas de deflexión se hace con el FWD - 2100, usando sondeos de temperatura cada hora, mediante aplicación de dos cargas de impacto de  $45 \text{ KN} \pm 5$ , con alturas de caída ajustable para garantizar la simulación de cargas estándar de 8,2 Ton por eje. El registro de velocidades de transmisión de la onda de impacto en el medio homogéneo, se realiza mediante 9 geófonos, con un tiempo de pulsación promedio del ensayo de 26 miliseg. El sistema se gobierna íntegramente desde el ordenador de la cabina del vehículo, completamente automatizado y con las seguridades del software para calificar el registro de ensayo, siempre que la dispersión en la captura de datos no sea mayor a la tolerancia admitida. Los resultados de deflexiones gravados para el reporte corresponden únicamente a las 2 últimas medidas de rebote calificadas.

El cálculo de espesores, para los diferentes tramos de esta carretera se realiza mediante el uso de la Guía para el Diseño de Pavimentos AASHTO-93, empleando hojas de cálculo. El proceso de diseño se compendió con las siguientes hojas electrónicas: a) las primeras que explican el cálculo de ejes equivalentes para los diferentes escenarios de tráfico; b) que se usan para el diseño de espesores considerando dos casos particulares:

- a) Rehabilitación de pavimentos semirrígido mediante reciclado con cemento
- b) Rehabilitación de pavimentos flexibles con técnicas de reciclado en sitio y en frío, mediante empleo de emulsiones

### **3.4.1.6. EVALUACIÓN DEL FIRME**

#### **3.4.1.6.1. INSPECCIÓN VISUAL DE FALLAS.**

La evaluación funcional con el sistema PAVER, se realiza con la siguiente metodología:

La evaluación funcional de la calzada, se realiza en base a la Inspección o Inventario de fallas, con la aplicación de la metodología del Sistema de Administración de Pavimentos PAVER , que tiene como uno de los objetivos, calificar superficialmente al

pavimento, mediante el índice de Condición del Pavimento PCI, mismo que se determina en base a la cantidad de fallas, tipo de fallas y niveles de severidad que se presenten; para pavimentos flexibles se consideran 19 tipos de fallas, que pueden presentarse en tres niveles de severidad, como se indica más adelante, para graduar la condición del pavimento existe una escala que va de PCI= 0 para los pavimentos completamente deteriorados y PCI = 100 para pavimentos sanos o sin fallas; se indica entonces los tipos de fallas y la escala de graduación de PCI

#### TIPOS DE FALLAS

CODIGO	DESCRIPCIÓN
1	Fisuramiento piel de cocodrilo
2	Exudación
3	Fisuramiento en bloque
4	Desnivel localizado
5	Corrugación
6	Depresión
7	Fisuramiento en borde
8	Fisuramiento de reflexión – junta
9	Desnivel carril – espaldón
10	Fisuramiento longitudinal/transversal
11	Parche/corte de servicio
12	Agregado pulido
13	Bache
14	Cruce ferrocarril
15	Surco en huella
16	Desplazamiento
17	Fisuramiento de resbalamiento
18	Hinchamiento
19	Desmoronamiento/intemperismo

## NIVELES DE SEVERIDAD

Bajo

Medio

Alto

## ESCALA DE GRADUACIÓN DE

PCI

PCI            CALIFICACIÓN

85 – 100      Excelente

70 – 85        Muy Buena

55 – 70        Buena

40 – 55        Regular

25 – 40        Mala

10 – 25        Muy mala

0 – 10         Deteriorada

## DATOS:

RED VIAL: Carretera Riobamba – Alausí – Guasuntos

## TRAMOS:

- Riobamba – Alausí (0 + 000 – 88 + 225 )  
Código: TRA1
- Alausí – Guasuntos ( 88 + 225 - 98 + 385 )  
Código: TAG1

## MUESTRAS:

Área de cada muestra:  $25\text{m} * 10\text{m} = 250\text{m}$

Área de la sección:  $3000\text{m} * 10\text{m} = 30000\text{m}$

Número total de muestras:  $N = 120$

## MUESTRAS A INSPECCIONAR

El número mínimo de muestras a inspeccionar (n) de acuerdo a la metodología es 20, sin embargo se inspeccionan 40 muestras con el fin de tener datos mas representativos, excepto en la sección 1R en la que se inspeccionó el mayor número de muestras 57, entonces:

$$n=40$$

## INTERVALO DE MUESTRAS

$$i= N/n$$

$$i=120/40$$

$$i = 3.$$

## DIGRAMA ESQUEMATICO DE MUESTRAS A INSPECCIONAR:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

En este proyecto se presentan las fallas generalmente en el área de circulación de la calzada, las fallas más comunes son: Piel de cocodrilo de severidad media, fisuramiento longitudinal/transversal; también y en menor intensidad baches, parches y esporádicamente cruces de ferrocarril, surco en huella, fisuramiento de resbalamiento, desplazamiento, desnivel carril espaldón, fisuramiento en bloque.

Para el cálculo del PCI se determina su intensidad o densidad de cada tipo de falla y su nivel de severidad, para cada una de las muestras.

$$\text{Densidad} = \text{Area de la Falla} / \text{Area de la muestra} * 100$$

Luego se procede a calcular los valores de deducción TDV= a + b, y se obtiene el valor de deducción corregido CDV mediante la utilización de curvas; El valor de PCI = 100 – CDV.

**Tabla 28.** Valores PCI para cada sección

Tramo: Riobamba – Alausí ( 0 + 000 – 88 + 300)			
Código	Abscisas	Longitud (m)	PCI
1R	0+000 – 3+000	3000	35
2R	3+000 – 6+000	3000	29
3R	6+000 – 9+000	3000	34
4R	9+000 – 12+000	3000	34
5R	12+000 – 15+000	3000	29
6R	15+000 – 18+000	3000	28
7R	18+000 – 21+000	3000	30
8R	21+000 – 24+000	3000	32
9R	24+000 – 27+000	3000	35
10R	27+000 – 30+000	3000	36
11R	30+000 – 33+000	3000	33
12R	33+000 – 36+000	3000	32
13R	36+000 – 39+000	3000	32
14R	39+000 – 42+000	3000	40
15R	42+000 – 45+000	3000	33
16R	45+000 – 48+000	3000	42
17R	48+000 – 51+000	3000	39
18R	51+000 – 54+000	3000	29
19R	54+000 – 57+000	3000	38
20R	57+000 – 60+000	3000	42
21R	60+000 – 63+000	3000	44
22R	63+000 – 66+000	3000	36
23R	66+000 – 69+000	3000	32
24R	69+000 – 72+000	3000	40
25R	72+000 – 75+000	3000	40
26R	75+000 – 78+000	3000	33
27R	78+000 – 81+000	3000	49
28R	81+000 – 84+000	3000	62
29R	84+000 – 87+000	3000	65
30R	87+000 – 88+300	1300	70

Tramo: Riobamba – Alausí ( 88 +3000 – 98 + 400)			
Código	Abscisas	Longitud (m)	PCI
1A	88+300 – 90+000	1700	49
2A	90+000 – 93+000	3000	54
3A	93+000 – 96+000	3000	48
4A	96+000 – 98+400	2400	51

Fuente: INEXTEC CIA. LTDA.

#### **3.4.1.6.2. MEDICIÓN DE DEFLEXIÓN MEDIANTE DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO.**

La medida de deflexión es una herramienta no destructiva muy poderosa para la evaluación del pavimento. La deflexión constituye una respuesta de la interacción pavimento – subrasante a la carga que se aplica y son fácilmente medibles.

Han sido desarrollados varios métodos para medir la respuesta del pavimento bajo carga, principalmente para usarla como un indicador de la condición estructural y la capacidad de carga del pavimento. Los métodos más utilizados son la Viga Benkelman y el Deflectómetro de Impacto (Falling Weight Deflectometer FWD). A través de estos ensayos se obtiene la deflexión máxima por rebote del pavimento.

Se adjuntan los datos obtenidos en este ensayo realizado por INEXTEC CIA. LTDA. como anexos de esta investigación

#### **3.4.1.6.3. ENSAYO CONO DE PENETRÓMETRO DINÁMICO D.C.P.**

DCP Penetrómetro Dinámico de Cono se trata de un dispositivo usado para evaluar la resistencia de suelos inalterados o compactados.

El DCP es una herramienta simple que consiste en una barra de acero con una punta cónica de acero endurecida que es introducida en el pavimento utilizando un martillo de peso estándar que se deja caer. La razón de penetración, medida en mm/golpe, entrega

una indicación de la resistencia in-situ del material en las diferentes capas del pavimento.

Las investigaciones con DCP requieren numerosos ensayos para mejorar la confiabilidad, ya que el coeficiente de variación a menudo es relativamente alto. Por lo tanto, estas medidas deben ser analizadas estadísticamente para obtener el valor del percentil adecuado (normalmente para caminos menores se utiliza el percentil 20 y para autopistas se usa el percentil 5).

Los resultados de una inspección con DCP son útiles para indicar el espesor de capas con resistencia uniforme dentro de la estructura del pavimento.

El valor soporte de la subrasante se obtuvo en función del CBR. Luego de definir la ruta a seguir, sobre el cual se diseñará el pavimento, se tendrá que obtener un CBR limitante. Esta posibilidad se puede obtener con los valores de CBR calculados cada 4 kilometro. Se debe ordenar de mayor a menor sin importar el orden de las abscisas, luego se debe enumerar a los CBR empezando desde el de mayor valor hasta el de menor valor, para luego obtener la frecuencia correspondiente a cada CBR en su respectivo orden.

Finalmente se obtiene el valor de CBR de diseño correspondiente al 85% de su frecuencia.

Para la obtención de las frecuencias se debe dividir el numero de orden de los CBR para el número total de ensayos realizados y esto multiplicar por cien.

Se adjuntan los datos obtenidos en este ensayo realizado por INEXTEC CIA. LTDA. como anexos de esta investigación

**Tabla 29.** Valores CBR (Tramo 1)

<b>DETERMINACIÓN DEL CBR DE DISEÑO</b>		
<b>TRAMO 1: RIOBAMBA – BALBANERA</b>		
<b>Nº</b>	<b>CBR (%)</b>	<b>FRECUENCIA (%)</b>
1	25	20
2	17	40
3	14	60
4	13	80
5	3	100

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

Para este tramo1 se obtuvo cinco muestras para realizar el estudio de suelos, empezando desde el kilometro 0+0.000 hasta el kilometro 15+700. Se obtuvo un valor de CBR de 10,5 al 85%.

**Tabla 30.** Valores CBR (Tramo 2)

<b>DETERMINACIÓN DEL CBR DE DISEÑO</b>		
<b>TRAMO 2: BALBANERA – CHUNCHI</b>		
<b>Nº</b>	<b>CBR (%)</b>	<b>FRECUENCIA (%)</b>
1	35	13
2	25	25
3	20	38
4	14	50
5	12	63
6	9	75
7	9	88
8	5	100

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

Para este tramo2 se obtuvo ocho muestras para realizar el estudio de suelos, empezando desde el kilometro 15+700 hasta el kilometro 44+400. Se obtuvo un valor de CBR de 9 al 85%.

**Tabla 31.** Valores CBR (Tramo 3 y Tramo 4)

<b>DETERMINACIÓN DEL CBR DE DISEÑO</b>		
<b>TRAMO 3 y TRAMO 4: CHUNCHI – ZHUD</b>		
<b>Nº</b>	<b>CBR (%)</b>	<b>FRECUENCIA (%)</b>
1	35	11
2	23	22
3	14	33
4	12	44
5	11	56
6	11	67
7	10	78
8	10	89
9	5	100

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

Para este tramo 3 y tramo 4 se obtuvo nueve muestras para realizar el estudio de suelos, empezando desde el kilometro 44+400. hasta el kilometro 88+225. Se obtuvo un valor de CBR de 10 al 85%.

### **3.4.1. PROPUESTAS TÉCNICAS**

#### **3.4.1.1. DISEÑO DE RECICLADO CON CEMENTO**

##### **3.4.1.1.1. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CEMENTO.**

La estabilización con la utilización de cemento es del tipo Físico – Química, en este caso la interacción entre suelo y cemento da origen a un nuevo material, el Suelo Cemento, cuyas propiedades pueden considerarse del punto de vista de la mecánica de suelos, como de una cohesión aumentada en forma considerable.

Esta cohesión es llamada verdadera con respecto a la aparente que poseen los materiales con fricción y cohesión natural, que puede ser anulada por el agua. Esta cohesión verdadera, no alterable por el agua, hace que al Suelo Cemento debamos tratarlo como a un Material Rígido, que posee un módulo de elasticidad y su resistencia al corte están dadas más por esa cohesión que por la fricción interna. Por consiguiente los ensayos a realizar serán más similares a los de un sistema rígido que a los que se usan para los sistemas granulares.

Por otra parte, una gran variedad de suelos pueden estabilizarse con cemento: en el caso de las arcillas el porcentaje empleado es alto, por lo cual para reducirlo se incorpora a la mezcla cierta proporción de arena; en el caso de suelos arcillo - arenosos, la acción del cemento en el proceso de estabilización es doble ya que disminuye su plasticidad y produce una cementación de sus partículas. Cabe recordar que los suelos arcillosos con altos contenidos de humedad son difíciles de pulverizar

El proceso normal de fraguado del cemento, mezclado con el suelo, produce el endurecimiento del conjunto, al unir las partículas granulares del mismo o bien las de arcilla, en este último caso al fijar estas partículas con unos enlaces rígidos, además de

disminuir el agua que pueden adsorber, aumenta en proporción apreciable la resistencia al esfuerzo cortante de la mezcla.

El éxito de un Suelo Cemento se basa en los siguientes elementos:

- 1) Elección correcta del suelo
- 2) Cantidad de cemento apropiada
- 3) Humedad apropiada
- 4) Densidad correcta

Para la determinación de la proporción más conveniente de cemento se debe, proyectar la mezcla para alcanzar una resistencia determinada, a los veinte y ocho días de un mínimo de 25 kg / cm<sup>2</sup>.

Se efectuará un ensayo de Resistencia a la Compresión a los 7 y 28 días. La resistencia a la compresión debe dar valores crecientes con la edad después de siete días de curado.

Las proporciones de Cemento suelen oscilar entre las siguientes cifras:

**Tabla 32.** Proporción de cemento

<b>Tipo de Suelo</b>	<b>% en Peso</b>
A-1-a	3 a 5
A-1-b	5 a 8
A-2	5 a 9
A-3	7 a 11
A-4	7 a 12
A-5	8 a 13
A-6	9 a 15
A-7	10 a 16

**Fuente:** Manual de Reciclado en Frío

Para nuestro diseño tenemos un tipo de suelo A-1a por lo que la cantidad de cemento varía de 3 a 5; las porciones a ensayarse será de 3-4-5%.

Los resultados de la resistencia a la compresión de las muestras ensayadas con diferente cantidad de cemento son:

**Tabla 33.** Resultado del Ensayo a la Resistencia a la Compresión

Porcentaje de Cemento %	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
3	23,4
4	27
5	30,6

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

### 3.4.1.1.2. DISEÑO DEL PAVIMENTO MÉTODO AASHO

El procedimiento a seguir se basa en el actual método de diseño, versión 1993 de la AASHTO. En el cual se toma en consideración factores de tipo ambiental, tráfico, humedad relativa, calidad de la subrasante, calidad de los materiales y la confiabilidad.

El diseño está basado primordialmente en identificar o encontrar un “número estructural SN” para el pavimento que pueda soportar el nivel de carga solicitado. Para determinar el número estructural SN requerido, el método proporciona la ecuación general y la grafica que se describe a continuación

$$\log W_{18} = Z_r \times S_o + 9,36 \times \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log \left[ \frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log M_R - 8,07$$

**Ecuación 8.** Cálculo del Número Estructural

**Fuente:** Guía AASHTO, 1993 para Pavimentos

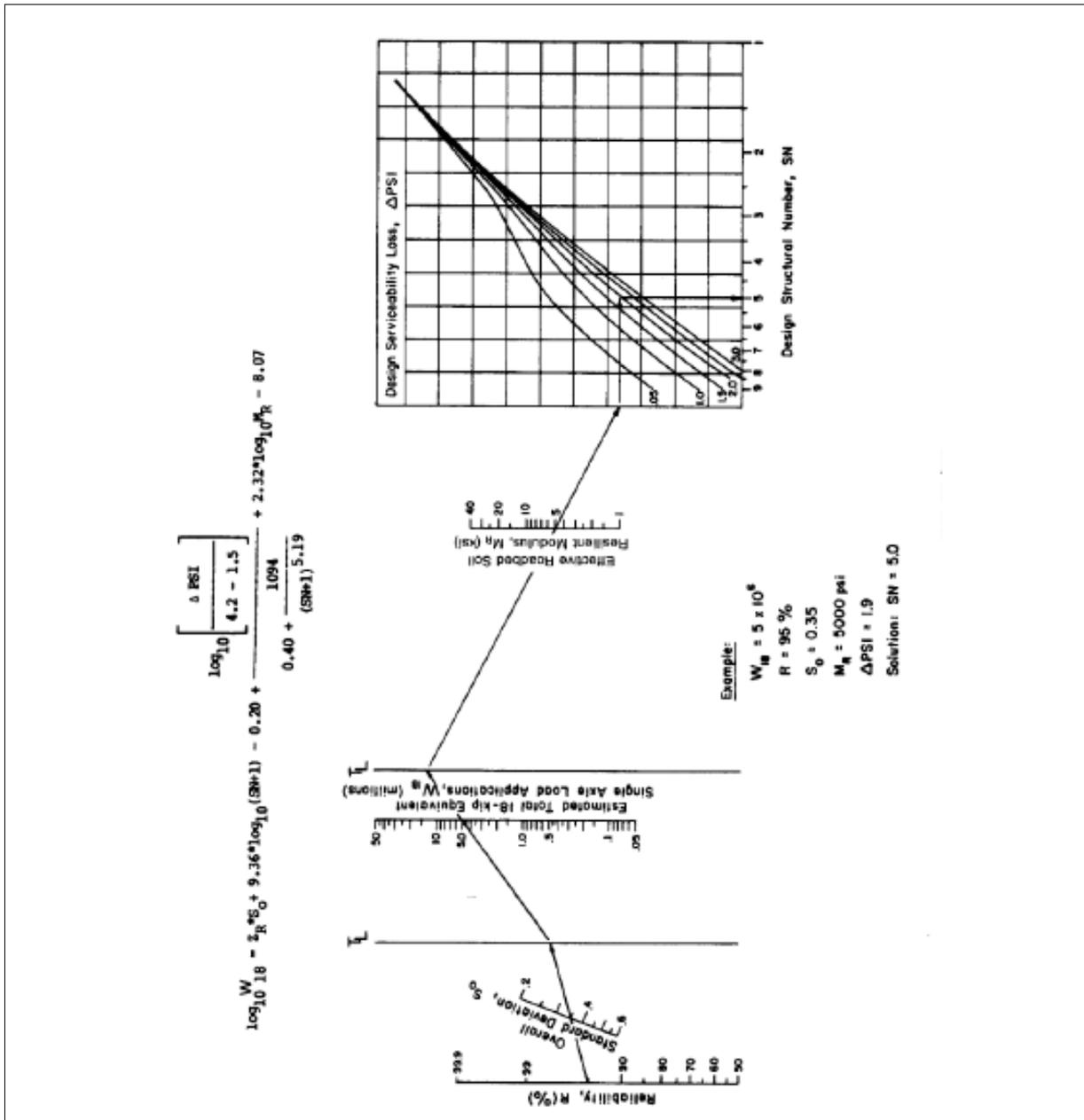


Fig. 13 - Grafica para Diseño de Estructuras de Pavimento flexible

Fuente: Guía AASHTO, 1993 para Pavimentos

DONDE:

**W18** = Número esperado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 tn en el periodo de diseño.

**Zr** = Desviación Estándar del error combinado en la predicción del tráfico y comportamiento estructural.

**So** = Desviación Estándar Total

$\Delta PSI$  = Diferencia entre la Serviciabilidad Inicial ( $P_o$ ) y Final ( $P_t$ ).

$M_r$  = Módulo Resiliente de la Sub-rasante (psi)

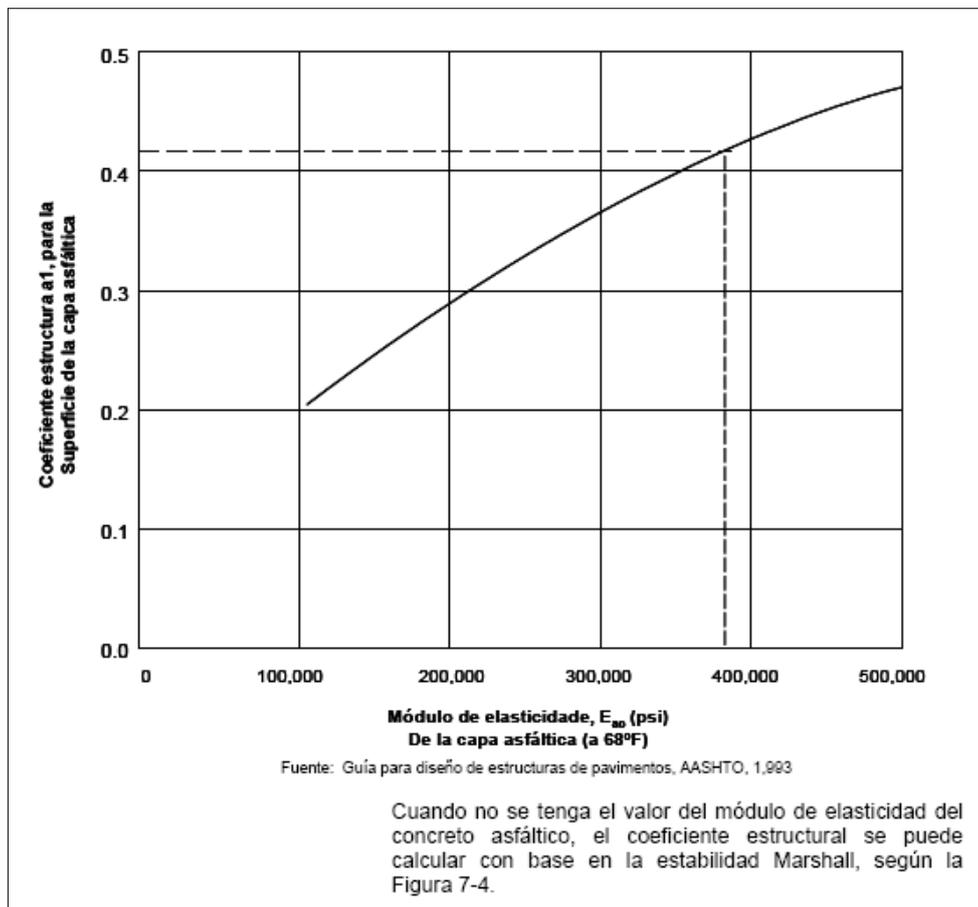
$SN$  = Número Estructural, indicador de la Capacidad Estructural requerida (materiales y espesores).

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

$a_i$  = Coeficiente Estructural de la capa  $i$

$D_i$  = Espesor de la Capa  $i$

$m_i$  = Coeficiente de Drenaje de la Capa Granular  $i$



**Fig. 14** Coeficiente estructural de la capa asfáltica en función del módulo elástico

**Fuente:** Guía AASHTO, 1993 para Pavimentos

**Tabla 34.** Coeficiente estructural de la capa asfáltica en función del módulo elástico.

MODULOS ELASTICOS		VALORES DE a1
PSI	Mpa	
125000	875	0,220
150000	1050	0,250
175000	1225	0,280
200000	1400	0,295
225000	1575	0,320
250000	1750	0,330
275000	1925	0,350
300000	2100	0,360
325000	2275	0,375
350000	2450	0,385
375000	2625	0,405
400000	2800	0,420
425000	2975	0,435
450000	3150	0,440

**Fuente:** Guía AASHTO, 1993 para Pavimentos

**Tabla 35.** Coeficiente de las capas granulares en función del IDE CBR.

BASE DE AGREGADOS		SUB-BASE DE AGREGADOS	
CBR (%)	a2	CBR (%)	a3
20,00	0,070	10	0,080
25,00	0,085	15	0,090
30,00	0,095	20	0,093
35,00	0,100	25	0,102
40,00	0,105	30	0,108
45,00	0,112	35	0,115
50,00	0,115	40	0,120
55,00	0,120	50	0,125
60,00	0,125	60	0,128
70,00	0,130	70	0,130
80,00	0,133	80	0,135
90,00	0,137	90	0,138
100,00	0,140	100	0,140

**Fuente:** Guía AASHTO, 1993 para Pavimentos

### 3.4.1.1.2. PERIODO DE DISEÑO

El periodo de diseño considerado para este proyecto es de 10 años, en el cual se ha tomado en consideración diferentes factores tales como: costo de construcción, costo de operación de los vehículos, el costo de mantenimiento anual y el mantenimiento periódico hasta su reconstrucción.

### 3.4.1.1.3. MODULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE

Para este proyecto se determinó el Modulo de Resiliencia a partir del valor de diseño de su CBR, en un porcentaje igual al 85%. La guía AASHTO reconoce que muchas agencias no poseen los equipos para determinar el Mr y propone el uso de la conocida correlación con el CBR.

$$Mr \text{ (psi)} = 1500 \times CBR$$

$$CBR < 7.2\% \quad Mr = 1500(CBR)$$

$$CBR < 20\% \quad Mr = 3000(CBR)^{0.65}$$

$$CBR > 20\% \quad Mr = 4326 \times \ln(CBR) + 241$$

**Tabla 36.** Valores de CBR y Modulo de Resiliencia

TRAMO	CBR%	Mr (ksi)
Tramo 1	10,5	13,83
Tramo 2	9	12,51
Tramo 3y4	10	13,40

Elaborado: Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

### 3.4.1.1.4. ÍNDICE DE SERVICIO PRESENTE

El índice de servicio de un pavimento, es el valor que indica el grado de confort que tiene la superficie para el desplazamiento natural y normal de un vehículo; en otras palabras, un pavimento en perfecto estado se le asigna un valor de servicio inicial que depende del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción, de 5 (Perfecto); y un pavimento en franco deterioro o con un índice de servicio final que depende de la categoría del camino y se adopta en base a esto y al criterio del proyectista, con un valor

de 0 (Pésimas condiciones). A la diferencia entre estos dos valores se le conoce como la pérdida de servicio ( $\Delta$ PSI) o sea el índice de servicio presente.

**Tabla 37.** Valores según tipo de carretera

<b>TIPO DE CARRETERA</b>	<b>Po</b>	<b>Pt</b>	<b>Dif. PSI</b>
Corredores Arteriales (malla esencial)	4,50	2,50	2,00
Colectores (Autopistas RI-RII, Clase I-II)	4,50	2,00	2,50
Otros	4,20	2,00	2,20

**Fuente:** Guía AASHTO, 1993 para Pavimentos

En nuestro caso adoptamos los siguientes índices de servicio:

Índice de Servicio Inicial = 4.20

Índice de Servicio Final = 2.00

Diferencia Inicial y Final = 2.20

### 3.4.1.1.5. NIVEL DE CONFIABILIDAD

Con el parámetro de Confiabilidad “R”, se trata de llegar a cierto grado de certeza en el método de diseño, para asegurar que las diversas alternativas de la sección estructural que se obtengan, durarán como mínimo el período de diseño. Se consideran posibles variaciones en las predicciones del tránsito en ejes acumulados y en el comportamiento de la sección diseñada. El actual método AASHTO para el diseño de la sección estructural de pavimentos flexibles, recomienda valores desde 50 y hasta 99.9 para el parámetro “R” de confiabilidad, con diferentes clasificaciones funcionales, notándose que los niveles más altos corresponden a obras que estarán sujetas a un uso intensivo, mientras que los niveles más bajos corresponden a obras o caminos locales y secundarios

**Tabla 38.-** Valores según tipo de carretera

<b>CLASIFICACIÓN GENERAL</b>	<b>NIVEL DE CONFIABILIDAD RECOMENDADO</b>	
	<b>URBANO</b>	<b>RURAL</b>
Autopista y Carreteras Interestatales	85-99,9	80-99,9
Otras arterias Principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

**Fuente:** Guía AASHTO, 1993 para Pavimentos

**Tabla 39.** Desviación normal estándar del nivel de confiabilidad

<b>CONFIABILIDAD R (%)</b>	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)</b>
50	0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
95	-1,645
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,750

**Fuente:** Guía AASHTO, 1993 para Pavimentos

Para nuestro diseño tomaremos un nivel de confiabilidad de 90 y el valor de la desviación estándar ( $Z_r$ ) es de -1,282.

#### **3.4.1.1.6. DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (SO)**

Este parámetro está ligado directamente con la Confiabilidad (R), se deberá seleccionarse un valor  $S_o$  “Desviación Estándar Global”, representativo de condiciones locales particulares, que considera posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito.

Valores de “ $S_o$ ” en los tramos de prueba de AASHO no incluyeron errores en la estimación del tránsito; sin embargo, el error en la predicción del comportamiento de las secciones en tales tramos, fue de 0.25 para pavimentos rígidos y 0.35 para los flexibles, lo que corresponde a valores de la desviación estándar total debidos al tránsito de 0.35 y 0.45 para pavimentos rígidos y flexibles respectivamente.

#### **Desviación Estándar Total (So)**

0.25 - 0.35 Pavimentos Rígidos

0.35 - 0.45 Pavimentos Flexibles

Para nuestro caso trabajaremos con 0.40

### 3.4.1.1.7. COEFICIENTE DE DRENAJE

El proyecto se desarrolla en una zona en el cual existe un 21% de precipitaciones, esto quiere decir que la estructura del pavimento estará alrededor de dos meses y medio con humedades cercanas a la saturación. Se considera que la eficiencia real de operación del sistema de drenaje que se construya será de tipo “Regular”.

*Este coeficiente se determina en base a las siguientes condiciones:*

**Tabla 40.-** Coeficiente de drenaje

DRENAJE	AGUA ELIMINADA EN:
EXCELENTE	2 HORAS
BUENO	1 DÍA
REGULAR	1 SEMANA
POBRE	1 MES
MALO	EL AGUA NO DRENA

**Fuente:** Guía AASHTO, 1993 para Pavimentos

**Tabla 41.-** Coeficiente de drenaje

CALIDAD DE DRENAJE	PORCENTAJE EN TIEMPO ANUAL EN QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTA A NIVELES CERCANOS A SATURACIÓN			
	1%	1% a 5%	5% a 25%	25%
PORCENTAJES	1%	1% a 5%	5% a 25%	25%
EXCELENTE	1,40-1,35 (1,20)	1,35-1,30 (1,20)	1,30-1,20 (1,20)	1,20
BUENO	1,35-1,25 (1,20)	1,25-1,15 (1,20)	1,15-1,00 (1,10)	1,00
REGULAR	1,25-1,15 (1,20)	1,15-1,05 (1,10)	1,00-0,80 (0,90)	0,80
POBRE	1,15-1,05 (1,10)	1,05-0,80 (0,90)	0,80-0,60 (0,80)	0,60
MALO	1,05-0,95 (1,00)	0,95-0,75 (0,85)	0,75-0,40 (0,80)	0,40

**Fuente:** Guía AASHTO, 1993 para Pavimentos

### 3.4.1.1.8. DETERMINACIÓN DE ESPESORES MÍNIMOS

Para el cálculo de los espesores D1, D2 y D3 (en pulgadas), el método sugiere respetar los siguientes valores mínimos, en función del tránsito en ejes equivalentes sencillos acumulados.

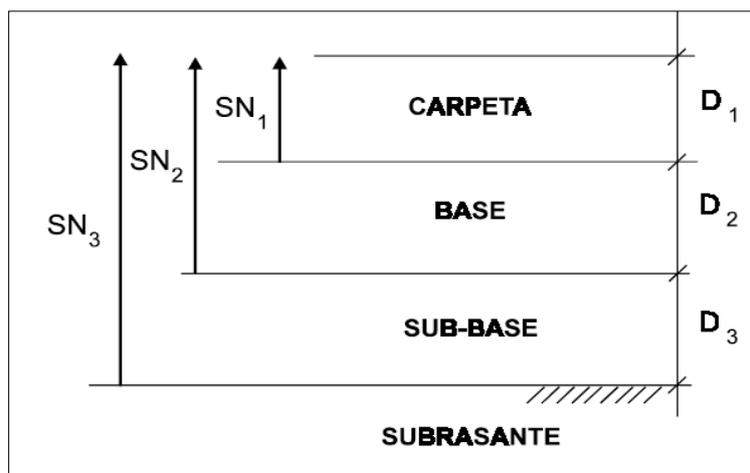
**Tabla 42.** Espesores mínimos en pulgadas

TRAN. EJES. EQUIV.	CARP. CON. ASF.	BASES GRAN.
Menor de 50000	1,0 ó T.S.	4,0
50001-150000	2,0	4,0
150001-500000	2,5	4,0
500001-2000000	3,0	6,0
2000001-7000000	3,5	6,0
Mayor de 7000000	4,0	6,0

**Fuente:** Guía AASHTO, 1993 para Pavimentos

### 3.4.1.1.9. ANÁLISIS DEL DISEÑO FINAL CON SISTEMA MULTICAPA

Deberá reconocerse que para pavimentos flexibles, la estructura es un sistema de varias capas y por ello deberá diseñarse de acuerdo a ello. Como ya se describió al principio del método, el “número estructural SN” sobre la capa subrasante o cuerpo del terraplén es lo primero a calcularse. De la misma manera deberá obtenerse el número estructural requerido sobre las capas de la sub-base y base, utilizando los valores de resistencia aplicables para cada uno. Trabajando con las diferencias entre los números estructurales que se requieren sobre cada capa, el espesor máximo permitido de cualquier capa puede ser calculado. Por ejemplo, el número estructural máximo permitido para material de la capa de sub-base, debe ser igual al número estructural requerido sobre la sub-base restado del SN requerido sobre la subrasante.



**Fig. 15** Recomendación y espesores de las diferentes capas

**Fuente:** Guía AASHTO, 1993 para Pavimentos

$$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN^*_1 = a_1 D_1 \geq SN_1$$

$$D^*_2 \geq \frac{SN_2 - SN^*_1}{a_2 m_2}$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2$$

$$D^*_3 \geq \frac{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)}{a_3 m_3}$$

**Ecuación 9.** Cálculo del Número Estructural

**Fuente:** Guía AASHTO, 1993 para Pavimentos

**NOTAS:**

- a, D, m, y SN corresponden a valores mínimos requeridos.
- D\* y SN\* representan los valores finales de diseño.

Los cálculos para la determinación del espesor de la estructura del pavimento se detallan a continuación

**TRAMO1: Licán 0+000 – Balbanera 15+700**

**DATOS:**

EJES ACUMULADOS 8.2 ton:	16.326.206
CONFIABILIDAD (%):	90
DESVIACION ESTANDAR:	-1,282
ERROR ESTANDAR COMBINADO:	0,4
MODULO SUBRASANTE (ksi):	13,83
PERDIDA DE P S I:	2,2

**NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO:**

NUMERO ESTRUCT REQUERIDO : **4,14**  
 LOG (EJES ACUMULADOS) : 7,21  
 ECUACION DE COMPROBACION : 7,21

**Tabla 43.** Estructura del Pavimento Existente y Diseño de Reciclado con Cemento (Tramo 1)

<b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE :</b>				
	<b>CAPAS</b>	<b>Ai</b>	<b>Di (cm)</b>	<b>Mi</b>
Capa asfáltica deteriorada:		0,25	9,6	0,95
Base asfáltica:		0,35	0	X
Subbase granular:		0,11	30,4	0,80
<b>NUMERO ESTRUCTURAL OBTENIDO:</b>				<b>1,96</b>
<b>DISEÑO DEL PAVIMENTO NUEVO O DE SU REHABILITACION:</b>				
	<b>CAPAS</b>	<b>Ai</b>	<b>Di (cm)</b>	<b>Mi</b>
Capa de rodadura asfáltica:		0,40	10	X
Capa reciclada con cemento		0,25	20	1,00
Subbase granular:		0,11	20	0,80
<b>NUMERO ESTRUCTURAL OBTENIDO:</b>				<b>4,24</b>

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

**TRAMO2: Balbanera 15+700 – Guamote 44+400**

**DATOS:**

EJES ACUMULADOS 8.2 ton: 6.118.933  
 CONFIABILIDAD (%): 90  
 DESVIACION ESTANDAR: -1,282  
 ERROR ESTANDAR COMBINADO: 0,4  
 MODULO SUBRASANTE (ksi): 12,51  
 PERDIDA DE P S I: 2,2

**NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO:**

NUMERO ESTRUCT REQUERIDO : **3,57**  
 LOG (EJES ACUMULADOS) : **6,79**  
 ECUACION DE COMPROBACION : **6,79**

**Tabla 44.** Estructura del Pavimento Existente y Diseño de Reciclado con Cemento (Tramo 2)

<b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE :</b>				
	<b>CAPAS</b>	<b>Ai</b>	<b>Di (cm)</b>	<b>Mi</b>
	Capa asfáltica deteriorada:	0,25	11,5	0,95
	Base asfáltica:	0,40	0	X
	Subbase granular:	0,11	51	0,80
<b>NUMERO ESTRUCTURAL OBTENIDO:</b>				<b>3,21</b>

<b>DISEÑO DEL PAVIMENTO NUEVO O DE SU REHABILITACION:</b>				
	<b>CAPAS</b>	<b>Ai</b>	<b>Di (cm)</b>	<b>Mi</b>
	Capa de rodadura asfáltica:	0,40	7,5	X
	Capa reciclada con cemento	0,25	15	1,00
	Subbase granular:	0,12	47	0,80
<b>NUMERO ESTRUCTURAL OBTENIDO:</b>				<b>4,43</b>

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

**TRAMO3: Guamote 44+400 – Alausi 88 + 225****DATOS:**

EJES ACUMULADOS 8.2 ton: 6.118.933  
 CONFIABILIDAD (%): 90  
 DESVIACION ESTANDAR: -1,282  
 ERROR ESTANDAR COMBINADO: 0,4  
 MODULO SUBRASANTE (ksi): 12,87  
 PERDIDA DE P S I: 2,2

**NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO:**

NUMERO ESTRUCT REQUERIDO : **3,54**  
 LOG (EJES ACUMULADOS) : **6,79**  
 ECUACION DE COMPROBACION : **6,79**

**Tabla 45.** Estructura del Pavimento Existente y Diseño de Reciclado con Cemento (Tramo 3)

<b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE :</b>				
	<b>CAPAS</b>	<b>Ai</b>	<b>Di (cm)</b>	<b>Mi</b>
	Capa asfáltica deteriorada:	0,40	12,8	0,95
	Base asfáltica:	0,25	0	X
	Subbase granular:	0,11	39	0,80
<b>NUMERO ESTRUCTURAL OBTENIDO:</b>				<b>3,27</b>

<b>DISEÑO DEL PAVIMENTO NUEVO O DE SU REHABILITACION:</b>				
	<b>CAPAS</b>	<b>Ai</b>	<b>Di (cm)</b>	<b>Mi</b>
	Capa de rodadura asfáltica:	0,40	7,5	X
	Capa reciclada con cemento	0,25	15	1,00
	Subbase granular:	0,12	37	0,80
<b>NUMERO ESTRUCTURAL OBTENIDO:</b>				<b>4,06</b>

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

**TRAMO4: Alausi 88 + 225 – Guasuntos 98+385****DATOS:**

EJES ACUMULADOS 8.2 ton: 6.118.933  
 CONFIABILIDAD (%): 90  
 DESVIACION ESTANDAR: -1,282  
 ERROR ESTANDAR COMBINADO: 0,4  
 MODULO SUBRASANTE (ksi): 13,40  
 PERDIDA DE P S I: 2,2

### NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO:

NUMERO ESTRUCT REQUERIDO : **3,49**  
LOG (EJES ACUMULADOS) : **6,79**  
ECUACION DE COMPROBACION : **6,79**

**Tabla 46.** Estructura del Pavimento Existente y Diseño de Reciclado con Cemento (Tramo 4)

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE :				
	<b>CAPAS</b>	<b>Ai</b>	<b>Di (cm)</b>	<b>Mi</b>
	Capa asfáltica deteriorada:	0,40	12,3	0,95
	Base asfáltica:	0,25	0	X
	Subbase granular:	0,11	42	0,80
NUMERO ESTRUCTURAL OBTENIDO:				2,61

DISEÑO DEL PAVIMENTO NUEVO O DE SU REHABILITACION:				
	<b>CAPAS</b>	<b>Ai</b>	<b>Di (cm)</b>	<b>Mi</b>
	Capa de rodadura asfáltica:	0,40	7,5	X
	Capa reciclada con cemento	0,25	15	1,00
	Subbase granular:	0,12	37	0,80
NUMERO ESTRUCTURAL OBTENIDO:				3,95

Elaborado: Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

### 3.4.1.2. DISEÑO DE RECICLADO CON EMULSIONES ASFÁLTICAS

#### 3.4.1.2.1 DISEÑO DE LA MEZCLA RECICLADA

Para un diseño apropiado del reciclaje, se debe conocer necesariamente las características de los materiales que conforman el pavimento existente, y la geometría del mismo, teniendo en cuenta que a menudo se construye un pavimento con espesores diferentes en las distintas secciones de la vía.

Como regla general, el reciclaje de pavimentos se aprovecha para construir espesores mayores de carpeta asfáltica, o para reemplazar bases granulares, por bases asfálticas, a fin de incrementar la capacidad estructural. Por esta razón es común que el trabajo remueva las capas asfálticas y las capas granulares. Cada una debe ser estudiada y analizada independientemente.

### Requisitos de Calidad

Los agregados que se emplearán en un reciclaje en caliente deben cumplir todos los requisitos de calidad establecidos para las mezclas asfálticas construidas con materiales nuevos.

Para las mezclas en frío se acepta como principio general que el agregado nuevo que se necesita incorporar a la mezcla debe ser de calidad igual o superior a la del existente y la granulometría final debe cumplir con los requisitos establecidos en la siguiente tabla:

**Tabla 47.** Requisitos granulométricos para agregados

No.- TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA POR EL TAMIZ INDICADO						
	GRANULOMETRIA ABIERTA			GRANULOMETRIA DENSA			
	A	B	C	D	E	F	G
1 ½	100			100			
1	95 – 100	100		80 – 100			
¾		90 – 100	100		100	100	100
½	20 – 60		85 – 100				
3/8		20 – 55			75 – 100	75 – 100	75 – 100
No.- 4	0 – 10	0 – 10		25 – 85			
No.- 8	0 – 5	0 – 5					
No.- 16			0 – 5				
No.- 50							
No.- 100							
No.- 200	0 – 2	0 – 2	0 – 2	3 – 15	0 – 12	5 – 12	12 – 20

**Fuente:** Guía AASHTO, 1993 para Pavimentos

Los agregados para mezclas en frío, además deben cumplir uno de los siguientes requisitos; los cuales determinan si es factible o no este tipo de trabajo.

- El producto de multiplicar el Índice plástico por el porcentaje que pasa por el tamiz No.-200 debe ser menor a 72
- Si el equivalente de arena del agregado es mayor que 30, este material podrá ser reciclado en frío. Si su valor está entre 20 y 30, se requieren de ensayos adicionales para determinar la posibilidad del reciclado, y el menor a 20, el agregado no podrá reciclarse por este método.

Para el material asfáltico, la evaluación del pavimento existente indica el tipo y viscosidad del asfalto que será recuperado. Todo reciclaje requiere la incorporación de un nuevo material ligante, por lo que la decisión del tipo a usarse y sus cantidades definen de cierta forma el método de construcción a emplear y la durabilidad del reciclaje. El asfalto nuevo además de incrementar el porcentaje de bitumen en la mezcla, ayuda a que se mejoren las características del asfalto existente. El ensayo del material indicará si es necesario o no incorporar aditivos a la mezcla para rejuvenecer el asfalto.

Generalmente, en mezclas en caliente se usan cementos asfálticos AC-10, AC-5 o AC-2.5. Para mezclas en frío solo se usan cementos asfálticos AC-2.5 o emulsiones asfálticas, en la siguiente tabla se indican las clasificaciones de los asfaltos y las diferentes emulsiones que pueden emplearse, respectivamente, en función de los agregados disponibles en la obra. Todos los materiales asfálticos deben cumplir las especificaciones de calidad de las normas respectivas.

**Tabla 48.** Clasificación de Productos Asfálticos

CEMENTOS ASFALTICOS						
PENETRA.	AP	40 – 50	60 – 70	85 – 100	120 – 150	200 – 300
VISCOSID.	AP	AC – 2.5	AC – 5	AC – 10	AC – 20	AC – 40
		AR – 10	AR – 10	AR – 10	AR – 10	AR – 10
ASFALTOS DILUIDOS						
C. RAPIDO	M – 81		RC – 70	RC – 250	RC – 800	RC – 3000
C. MEDIO	M – 82	MC – 30	MC – 70	MC – 250	MC – 800	MC – 3000
EMULSIONES ASFALTICAS						
ANIONICA M – 140						
CURADO RAPIDO		RS – 1	RS – 2			
CURADO MEDIO		MS – 1	MS – 2	MS – 2h		
CURADO MEDIO. HF		HFMS – 1	HFMS – 2	HFMS – 2h	HFMS – 2s	

CURADO LENTO	SS – 1		SS – 1h	
CATIONICA M – 208				
CURADO RAPIDO	CRS – 1	CRS – 2		
CURADO MEDIO		CMS – 2	CMS – 2h	
CURADO LENTO	CSS – 1		CSS – 1h	

TIPO DE RECICLAJE	GRANULOMETRÍA (Tabla requisitos frío)	EMULSIONES ANIONICAS					EMULSIONES CATIONICAS			
		MS-2	MS-2h	HFMS-2	SS-1	SS-1h	CMS-2	CMS-2h	CSS-1	CSS-1h
		HFMS-2	HFMS-2h							
EN PLANTA										
GRAN. ABIERTA	A-B-C	X	X				X	X		
GRAN. DENSA	D			X	X	X			X	X
ARENA	E-F			X	X	X			X	X
EN SITIO										
GRAN. ABIERTA	A-B-C	X	X				X	X		
GRAN. DENSA	D			X	X	X			X	X
ARENA	E-F			X	X	X			X	X
S. ARENOSO	G			X	X	X			X	X

Fuente: Guía AASHTO

### 3.4.1.2.1.1. DISEÑO DE MEZCLAS PARA RECICLAJE EN FRÍO

El objetivo fundamental de una mezcla elaborada con material reciclado, es producir un material comparable al efectuado con materiales originales. No existen métodos de aceptación universal para el diseño de mezclas, sino que éste se basa en métodos de laboratorio y fórmulas empíricas probadas en la práctica.

El proceso generalmente parte de las cantidades de agregados y asfalto obtenidos del pavimento que se está reciclando. Luego se determina la cantidad de agregado necesario para corregir deficiencias de gradación, luego de lo cual se determinará la cantidad de asfalto adicional en la mezcla. En el sitio de trabajo y bajo condiciones reales es necesario ajustar la cantidad de asfalto hasta lograr la mejor proporción para la obra. Las que se deben cumplir son las siguientes:

## DEFINIR LOS AGREGADO DE LA MEZCLA RECICLADA

Usando la granulometría de los agregados recuperados del pavimento viejo, es decir carpeta, base, sub-base, etc. Según se haya proyectado, y el agregado nuevo a adicionar, verifique que la combinación cumpla con los requisitos de gradación. Las granulometrías que se indican anteriormente tienen holgura suficiente por lo que es poco frecuente la necesidad de adicionar agregados para corregir la granulometría.

### TRAMO1: Licán 0+000 – Balbanera 15+700

Carpeta Actual:9,6

Base Granular:30,4

% de Asfalto en la carpeta a recuperarse:5,5%

Densidad de la Carpeta:2,384gr/cm<sup>3</sup>

Densidad de la Base:1,950gr/cm<sup>3</sup>

Profundidad de corte: 20cm

Granulometría de áridos disponibles:

**Tabla 49.** Granulometría característica (Tramo 1)

No. Tamiz	Porcentaje que pasa	
	Carpeta	Base
1 1/2		100
1		97
3/4	100	95
1/2	95	92
3/8		90
No.4	59	80
No.8	43	69
No.16		
No.50	13	34
No.100		
No.200	6	10

Elaborado: Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

## MATERIALES PRESENTES

Árido en Carpeta:

$$\frac{\text{Densidad de carpeta} - (\% \text{ asfalto} * \text{Densidad de carpeta})}{12}$$

**Ecuación 10.** Cálculo Árido de Carpeta

**Fuente:** Criterios AASHTO

$$\frac{148,828 - (0,05 * 148,828)}{12} = 11,72 \text{ lb/pies}^2$$

Árido en Capa de Base:

$$\frac{121,735}{12} = 10,145 \text{ lb/pies}^2$$

**Tabla 50.** Porcentaje de Material en Mezcla (Tramo 1)

PORCENTAJE DE MATERIAL EN MEZCLA			
4	CARPETA	46,90	54%
4	BASE	40,58	46%
TOTAL		87,47	100%

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

## PORCENTAJE DE MATERIALES EN LA MEZCLA

Para Base: 54%

Para Carpeta: 46%

**Tabla 51.** Combinación de Agregados (Tramo 1)

COMBINACION DE AGREGADOS				
No.- tamiz	54%	46%	Total mezcla	Valor específico
1 1/2		44,53		
1		38,04		
3/4	53,61	33,40	87,01	
1/2	50,93	27,83	78,76	
3/8		23,19		
No.4	31,63	14,84	46,47	25-85
No.8	23,05	11,60	34,65	
No.16				
No.50	6,97	6,03	13,00	
No.100				
No.200	3,22	2,78	6,00	3-15

Elaborado: Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

Seleccionamos el asfalto de acuerdo a los cuadros estudiados anteriormente.  
Esta granulometría cumple con la especificación Densa para reciclado en frío.

Realizamos el diseño del porcentaje de asfalto o emulsión a incrementar al pavimento viejo.

#### PORCENTAJE APROXIMADO DE ASFALTO

$$P_c = \frac{(0.035a + 0.045b + Kc + F)}{R}$$

**Ecuación 11.** Cálculo Porcentaje Aproximado de Asfalto

**Fuente:** Criterios AASHTO

En donde  $P_c$  = porcentaje de asfalto en peso de la mezcla total

K= 0,15 si, c= 11 – 15  
0,18 si, c= 6 – 10  
0,20 si, c < 6

- a= Porcentaje del agregado retenido en el tamiz No.-8
- b= Porcentaje del agregado que pasa el tamiz No.- 8 y se retiene el en tamiz No.-200
- c= Porcentaje del agregado que pasa el tamiz No.- 200
- F= Factor que depende del grado de absorción del agregado, varía entre 0 y 20 y se recomienda que se usen un valor entre 0,7 y 1,0 en ausencia de los datos específicos.
- R= 1,0 para cemento asfáltico  
 0,6 a 0,65 para emulsiones asfálticas  
 0,7 a 0,80 para asfaltos diluidos

#### PORCENTAJE ESTIMADO DE ASFALTO A AÑADIR

$$Pr = Pc - \left( \frac{Pa * Pp}{R} \right)$$

**Ecuación 12.** Cálculo Porcentaje Estimado de Asfalto

**Fuente:** Criterios AASHTO

Donde:

Pr= Porcentaje de asfalto nuevo de la mezcla

Pc= Porcentaje de asfalto requerido (encontrado anteriormente)

Pa= Porcentaje de asfalto en el pavimento antiguo

Pp= Espesor de la capa asfáltica en el espesor total a reciclarse, como porcentaje

En la obra es necesario conocer el porcentaje de asfalto relacionando el peso del agregado, la fórmula para ello es:

$$Pd = \frac{100Pr}{100 - Pr}$$

**Ecuación 13.** Cálculo Porcentaje de Asfalto

**Fuente:** Criterios AASHTO

Siendo Pr el porcentaje de asfalto a añadirse en relación a la mezcla total y Pd el porcentaje de asfalto a añadirse en relación al peso de los agregados.

**K=** 0,18  
**a=** 44,94  
**b=** 47,21  
**c=** 7,86  
**F=** 0,7  
**R=** 0,6

#### PORCENTAJE APROXIMADO DE ASFALTO

**Pc=** 8,93 %

**Pp=** 0,49 %

#### PORCENTAJE ESTIMADO DE ASFALTO A AÑADIR

**Pr=** 4,4 %

#### PORCENTAJE A AÑADIRSE EN RELACION A LOS AGREGADOS

**Pd=** 4,6 %

#### DATOS:

EJES ACUMULADOS 8.2 ton:	16.326.206
CONFIABILIDAD (%):	90
DESVIACION ESTANDAR:	-1,282
ERROR ESTANDAR COMBINADO:	0,4
MODULO SUBRASANTE (ksi):	13,83
PERDIDA DE P S I:	2,2

**NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO:**

NUMERO ESTRUCT REQUERIDO :	<b>4,14</b>
LOG (EJES ACUMULADOS) :	7,21
ECUACION DE COMPROBACION :	7,21

**Tabla 52.** Estructura del Pavimento Existente y Diseño de Reciclado con Emulsión (Tramo 1)

<b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE :</b>				
	<b>CAPAS</b>	<b>ai</b>	<b>Di (cm)</b>	<b>Mi</b>
Capa asfáltica deteriorada:	0,25	9,6	0,95	
Base asfáltica:	0,35	0	X	
Subbase granular:	0,11	30,4	0,80	
<b>NUMERO ESTRUCTURAL OBTENIDO:</b>				<b>1,96</b>

<b>DISEÑO DEL PAVIMENTO NUEVO O DE SU REHABILITACION:</b>				
	<b>CAPAS</b>	<b>ai</b>	<b>Di (cm)</b>	<b>Mi</b>
Capa de rodadura asfáltica:	0,40	10	X	
Capa reciclada con emulsión	0,20	25	1,00	
Subbase granular:	0,11	20	0,80	
<b>NUMERO ESTRUCTURAL OBTENIDO:</b>				<b>4,24</b>

Elaborado: Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

**TRAMO2: Balbanera 15+700 – Guamote 44+400**

Carpeta Actual:11,5

Base Granular:51

% de Asfalto en la carpeta a recuperarse:5,5%

Densidad de la Carpeta:2,384gr/cm<sup>3</sup>Densidad de la Base:1,950gr/cm<sup>3</sup>

Profundidad de corte: 15cm

Granulometría de áridos disponibles:

**Tabla 53.** Granulometría característica (Tramo 2)

No. Tamiz	Porcentaje que pasa	
	Carpeta	Base
1 1/2		91
1		84
3/4	100	76
1/2	95	68
3/8		61
No.4	59	47
No.8	43	39
No.16		
No.50	13	26
No.100		
No.200	6	12

Elaborado: Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

## MATERIALES PRESENTES

Árido en Carpeta:

$$\frac{148,828 - (0,05 * 148,828)}{12} = 11,72lb/pies^2$$

Árido en Capa de Base:

$$\frac{121,735}{12} = 10,145lb/pies^2$$

**Tabla 54.** Porcentaje de Material en Mezcla (Tramo 2)

PORCENTAJE DE MATERIAL EN MEZCLA			
3	CARPETA	35,16	54%
3	BASE	30,43	46%
TOTAL		65,59	100%

Elaborado: Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

## PORCENTAJE DE MATERIALES EN LA MEZCLA

Para Base: 54%

Para Carpeta: 46%

**Tabla 55.** Combinación de Agregados (Tramo 2)

<b>COMBINACION DE AGREGADOS</b>				
<b>No.- tamiz</b>	<b>54%</b>	<b>46%</b>	<b>Total mezcla</b>	<b>Valor específico</b>
<b>1 1/2</b>		42,22		
<b>1</b>		38,97		
<b>3/4</b>	53,60	35,26	88,86	
<b>1/2</b>	50,92	31,55	82,47	
<b>3/8</b>		28,30		
<b>No.4</b>	31,63	21,81	53,43	25-85
<b>No.8</b>	23,05	18,09	41,14	
<b>No.16</b>				
<b>No.50</b>	6,97	12,06	19,03	
<b>No.100</b>				
<b>No.200</b>	3,22	5,57	8,78	3-15

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

Seleccionamos el asfalto de acuerdo a los cuadros estudiados anteriormente.

Esta granulometría cumple con la especificación Densa para reciclado en frío.

Realizamos el diseño del porcentaje de asfalto o emulsión a incrementar al pavimento viejo.

<b>K=</b>	0,18
<b>a=</b>	58,86
<b>b=</b>	32,36
<b>c=</b>	8,78
<b>F=</b>	0,7
<b>R=</b>	0,6

## PORCENTAJE APROXIMADO DE ASFALTO

**Pc=** 9,69 %

**Pp=** 0,82 %

PORCENTAJE ESTIMADO DE ASFALTO A AÑADIR

**Pr=** 2,1 %

PORCENTAJE A AÑADIRSE EN RELACION A LOS AGREGADOS

**Pd=** 2,2 %

**DATOS:**

EJES ACUMULADOS 8.2 ton: 6.118.933  
 CONFIABILIDAD (%): 90  
 DESVIACION ESTANDAR: -1,282  
 ERROR ESTANDAR COMBINADO: 0,4  
 MODULO SUBRASANTE (ksi): 12,51  
 PERDIDA DE P S I: 2,2

**NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO:**

NUMERO ESTRUCT REQUERIDO : **3,57**  
 LOG (EJES ACUMULADOS) : 6,79  
 ECUACION DE COMPROBACION : 6,79

**Tabla 56.** Estructura del Pavimento Existente y Diseño de Reciclado con Emulsión (Tramo 2)

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE :				
	<b>CAPAS</b>	<b>ai</b>	<b>Di (cm)</b>	<b>Mi</b>
Capa asfáltica deteriorada:		0,25	11,5	0,95
Base asfáltica:		0,40	0	X
Subbase granular:		0,11	51	0,80
NUMERO ESTRUCTURAL OBTENIDO:				3,21

DISEÑO DEL PAVIMENTO NUEVO O DE SU REHABILITACION:				
	<b>CAPAS</b>	<b>ai</b>	<b>Di (cm)</b>	<b>Mi</b>
Capa de rodadura asfáltica:		0,40	7,5	X
Capa reciclada con emulsiones		0,20	15	1,00
Subbase granular:		0,12	47	0,80
NUMERO ESTRUCTURAL OBTENIDO:				4,14

**TRAMO3: Guamote 44+400 – Alausi 88 + 225**

Carpeta Actual:12,8

Base Granular:39

% de Asfalto en la carpeta a recuperarse:5,5%

Densidad de la Carpeta:2,384gr/cm<sup>3</sup>

Densidad de la Base:1,950gr/cm<sup>3</sup>

Profundidad de corte: 15cm

Granulometría de áridos disponibles:

**Tabla 57.** Granulometría característica (Tramo 3)

No. Tamiz	Porcentaje que pasa	
	Carpeta	Base
1 1/2		91
1		84
3/4	100	76
1/2	95	68
3/8		61
No.4	59	47
No.8	43	39
No.16		
No.50	13	26
No.100		
No.200	6	12

Elaborado: Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

**MATERIALES PRESENTES**

Árido en Carpeta:

$$\frac{148,828 - (0,05 * 148,828)}{12} = 11,72lb/pies^2$$

Árido en Capa de Base:

$$\frac{121,735}{12} = 10,145lb/pies^2$$

**Tabla 58.** Porcentaje de Material en Mezcla (Tramo 3)

PORCENTAJE DE MATERIAL EN MEZCLA			
3	CARPETA	35,16	54%
3	BASE	30,43	46%
TOTAL		65,59	100%

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

#### PORCENTAJE DE MATERIALES EN LA MEZCLA

Para Base: 54%

Para Carpeta: 46%

**Tabla 59.** Combinación de Agregados (Tramo 3)

COMBINACION DE AGREGADOS				
No.- tamiz	54%	46%	Total mezcla	Valor específico
<b>1 1/2</b>		39,44		
<b>1</b>		34,80		
<b>3/4</b>	53,60	29,69	83,30	
<b>1/2</b>	50,92	26,91	77,83	
<b>3/8</b>		25,05		
<b>No.4</b>	31,63	21,34	52,97	25-85
<b>No.8</b>	23,05	19,02	42,07	
<b>No.16</b>				
<b>No.50</b>	6,97	14,85	21,82	
<b>No.100</b>				
<b>No.200</b>	3,22	6,96	10,18	3-15

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

Seleccionamos el asfalto de acuerdo a los cuadros estudiados anteriormente.

Esta granulometría cumple con la especificación Densa para reciclado en frío.

Realizamos el diseño del porcentaje de asfalto o emulsión a incrementar al pavimento viejo.

**K=** 0,18  
**a=** 57,93  
**b=** 31,90  
**c=** 10,18  
**F=** 0,7  
**R=** 0,6

**PORCENTAJE APROXIMADO DE ASFALTO**

**Pc=** 9,99 %

**Pp=** 0,85 %

**PORCENTAJE ESTIMADO DE ASFALTO A AÑADIR**

**Pr=** 2,1 %

**PORCENTAJE A AÑADIRSE EN RELACION A LOS  
AGREGADOS**

**Pd=** 2,2 %

**DATOS:**

EJES ACUMULADOS 8.2 ton: 6.118.933  
CONFIABILIDAD (%): 90  
DESVIACION ESTANDAR: -1,282  
ERROR ESTANDAR COMBINADO: 0,4  
MODULO SUBRASANTE (ksi): 12,87  
PERDIDA DE P S I: 2,2

**NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO:**

NUMERO ESTRUCT REQUERIDO : **3,54**  
LOG (EJES ACUMULADOS) : 6,79  
ECUACION DE COMPROBACION : 6,79

**Tabla 60.** Estructura del Pavimento Existente y Diseño de Reciclado con Emulsión (Tramo 3)

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE :				
	<b>CAPAS</b>	<b>ai</b>	<b>Di (cm)</b>	<b>Mi</b>
Capa asfáltica deteriorada:		0,40	12,8	0,95
Base asfáltica:		0,25	0	X
Subbase granular:		0,11	39	0,80
NUMERO ESTRUCTURAL OBTENIDO:				3,27

DISEÑO DEL PAVIMENTO NUEVO O DE SU REHABILITACION:				
	<b>CAPAS</b>	<b>ai</b>	<b>Di (cm)</b>	<b>Mi</b>
Capa de rodadura asfáltica:		0,40	7,5	X
Capa reciclada con emulsión		0,25	15	1,00
Subbase granular:		0,12	37	0,80
NUMERO ESTRUCTURAL OBTENIDO:				3,76

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

**TRAMO4: Alausi 88 + 225 – Guasuntos 98+385**

Carpeta Actual:12,3

Base Granular:42

% de Asfalto en la carpeta a recuperarse:5,5%

Densidad de la Carpeta:2,384gr/cm<sup>3</sup>

Densidad de la Base:1,950gr/cm<sup>3</sup>

Profundidad de corte: 15cm

Granulometría de áridos disponibles:

**Tabla 61.** Granulometría característica (Tramo 4)

No. Tamiz	Porcentaje que pasa	
	Carpeta	Base
1 1/2		96
1		82
3/4	100	72
1/2	95	60
3/8		50
No.4	59	32
No.8	43	25
No.16		
No.50	13	13
No.100		
No.200	6	6

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

## MATERIALES PRESENTES

Árido en Carpeta:

$$\frac{148,828 - (0,05 * 148,828)}{12} = 11,72lb/pies^2$$

Árido en Capa de Base:

$$\frac{121,735}{12} = 10,145lb/pies^2$$

**Tabla 62.** Porcentaje de Material en Mezcla (Tramo 4)

PORCENTAJE DE MATERIAL EN MEZCLA			
3	CARPETA	35,16	54%
3	BASE	30,43	46%
TOTAL		65,59	100%

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

## PORCENTAJE DE MATERIALES EN LA MEZCLA

Para Base: 54%

Para Carpeta: 46%

**Tabla 63.** Combinación de Agregados (Tramo 4)

COMBINACION DE AGREGADOS				
No.- tamiz	54%	46%	Total mezcla	Valor específico
<b>1 1/2</b>		44,53		
<b>1</b>		38,04		
<b>3/4</b>	53,61	33,40	87,01	
<b>1/2</b>	50,93	27,83	78,76	
<b>3/8</b>		23,19		
<b>No.4</b>	31,63	14,84	46,47	25-85
<b>No.8</b>	23,05	11,60	34,65	
<b>No.16</b>				
<b>No.50</b>	6,97	6,03	13,00	
<b>No.100</b>				
<b>No.200</b>	3,22	2,78	6,00	3-15

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

Seleccionamos el asfalto de acuerdo a los cuadros estudiados anteriormente.  
Esta granulometría cumple con la especificación Densa para reciclado en frío.

Realizamos el diseño del porcentaje de asfalto o emulsión a incrementar al pavimento viejo.

<b>K=</b>	0,18
<b>a=</b>	65,35
<b>b=</b>	28,65
<b>c=</b>	6,00
<b>F=</b>	0,7
<b>R=</b>	0,6

#### PORCENTAJE APROXIMADO DE ASFALTO

**Pc=** 8,93 %

**Pp=** 0,82 %

#### PORCENTAJE ESTIMADO DE ASFALTO A AÑADIR

**Pr=** 1,3 %

#### PORCENTAJE A AÑADIRSE EN RELACION A LOS AGREGADOS

**Pd=** 1,4 %

#### DATOS:

EJES ACUMULADOS 8.2 ton:	6.118.933
CONFIABILIDAD (%):	90
DESVIACION ESTANDAR:	-1,282
ERROR ESTANDAR COMBINADO:	0,4
MODULO SUBRASANTE (ksi):	13,40
PERDIDA DE P S I:	2,2

### NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO:

NUMERO ESTRUCT REQUERIDO : **3,49**  
LOG (EJES ACUMULADOS) : **6,79**  
ECUACION DE COMPROBACION : **6,79**

**Tabla 64.** Estructura del Pavimento Existente y Diseño de Reciclado con Emulsión (Tramo 4)

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE :				
	<b>CAPAS</b>	<b>ai</b>	<b>Di (cm)</b>	<b>Mi</b>
	Capa asfáltica deteriorada:	0,40	12,3	0,95
	Base asfáltica:	0,25	0	X
	Subbase granular:	0,11	42	0,80
NUMERO ESTRUCTURAL OBTENIDO:				2,61

DISEÑO DEL PAVIMENTO NUEVO O DE SU REHABILITACION:				
	<b>CAPAS</b>	<b>ai</b>	<b>Di (cm)</b>	<b>Mi</b>
	Capa de rodadura asfáltica:	0,40	7,5	X
	Capa reciclada con emulsión	0,20	15	1,00
	Subbase granular:	0,12	47,3	0,80
NUMERO ESTRUCTURAL OBTENIDO:				3,76

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

#### 3.4.1.3. DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

La metodología que se empleara en el diseño, es la que consta en el manual del Instituto Norteamericano del Asfalto Series MS-2 “METODOS DE DISEÑO PARA CONCRETO ASFALTICO Y OTROS TIPOS DE MEZCLAS EN CALIENTE”, metodología recomendada y aceptada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador.

Los agregados empleados en el diseño de la mezcla asfáltica provendrán de la zona de Calpi de los cuales se realizaron varios ensayos para obtener los siguientes resultados que nos servirán para el diseño de la carpeta asfáltica.

Los agregados que se emplearán en el hormigón asfáltico en planta podrán estar constituidos por roca o grava triturada total o parcialmente, materiales fragmentados naturalmente, arenas y relleno mineral. Estos agregados deberán cumplir con los requisitos establecidos en la sección 811 (MOP-001-F 2000.-Sección 811), para agregados tipo A, B o C.

## MEZCLA DE AGREGADOS

Las mezclas asfálticas a emplearse en capas de rodadura para vías de tráfico pesado y muy pesado deberán cumplir que la relación entre el porcentaje en peso del agregado pasante del tamiz INEN 75micrones y el contenido de asfalto en porcentaje en peso del total de la mezcla (relación filler/betún), sea mayor o igual a 0,8 y nunca superior a 1,2. Para la mezcla asfáltica deberán emplearse una de las granulometrías indicadas en las tablas 405-5.1 (MOP-001-F 2000.-Sección 405-5)

**Tabla 65.** Porcentaje que Pasa por los Tamices de Malla Cuadrada

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	¾"	½"	3/8"	Nº4
1" (25.4 mm.)	100	--	--	--
¾" (19.0 mm.)	90 - 100	100	--	--
½" (12.7 mm.)	--	90 - 100	100	--
3/8" (9.50 mm.)	56 - 80		90 - 100	100
Nº 4 (4.75 mm.)	35 - 65	44 - 74	55 - 85	80 - 100
Nº 8 (2.36 mm.)	23 - 49	28 - 58	32 - 67	65 - 100
Nº 16 (1.18 mm.)	--	--	--	40 - 80
Nº 30 (0.60 mm.)	--	--	--	25 - 65
Nº 50 (0.30 mm.)	5 - 19	5 - 21	7 - 23	7 - 40
Nº 100 (0.15 mm.)	--	--	--	3 - 20
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 8	2 - 10	2 - 10	2 - 10

**Fuente:** Especificaciones MTOP

**Tabla 66.** Granulometrías de los Agregados de la mina

GRANULOMETRIA DEL MATERIAL PROMEDIO								
TAMICES	TAMAÑOS	PASANTE ¾"	PASANTE ½"	ARENA FINA	MEZCLA	MEDIA	ESPECIFICACIONES	
<b>¾"</b>	19,0	100,0	100,0	100,0	100	100	100	100
<b>½"</b>	12,7	54,4	100,0	100,0	91	95	90	100
<b>No. 4</b>	4,75	3,1	74,3	82,8	61	59	44	74
<b>No. 8</b>	2,36	1,9	54,7	68,5	47	43	28	58
<b>No. 50</b>	0,3	1,2	19,1	34,1	17	13	5	21
<b>No. 200</b>	0,075	0,1	9,6	16,4	8	6	2	10

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

**Tabla 67.** Granulometrías

FRACCIÓN		3/4"	1/2"	No. 4	No. 8	No. 50	No. 200
AGREGADO GRUESO	3/4"	100,0	54,4	3,1	1,9	1,2	0,1
AGREGADO FINO	1/2"	100,0	100,0	74,3	57,4	19,1	9,6
ARENA FINA	3/8"	100,0	100,0	82,8	68,5	34,1	16,4

Elaborado: Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

**Tabla 68.** Graduación Combinada de la Mezcla

		FRACCIÓN %					
AGREGADO GRUESO	20	20,00	10,89	0,62	0,38	0,24	0,01
AGREGADO FINO	70	70,00	70,00	52,03	40,19	13,36	6,47
ARENA FINA	10	10,00	10,00	8,28	6,85	3,41	1,64
MEZCLA		100,0	90,9	60,9	47,4	17,0	8,12
ESPECIFICACIÓN		100-100	90 - 100	44-74	28-58	5-21	2-10

Elaborado: Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

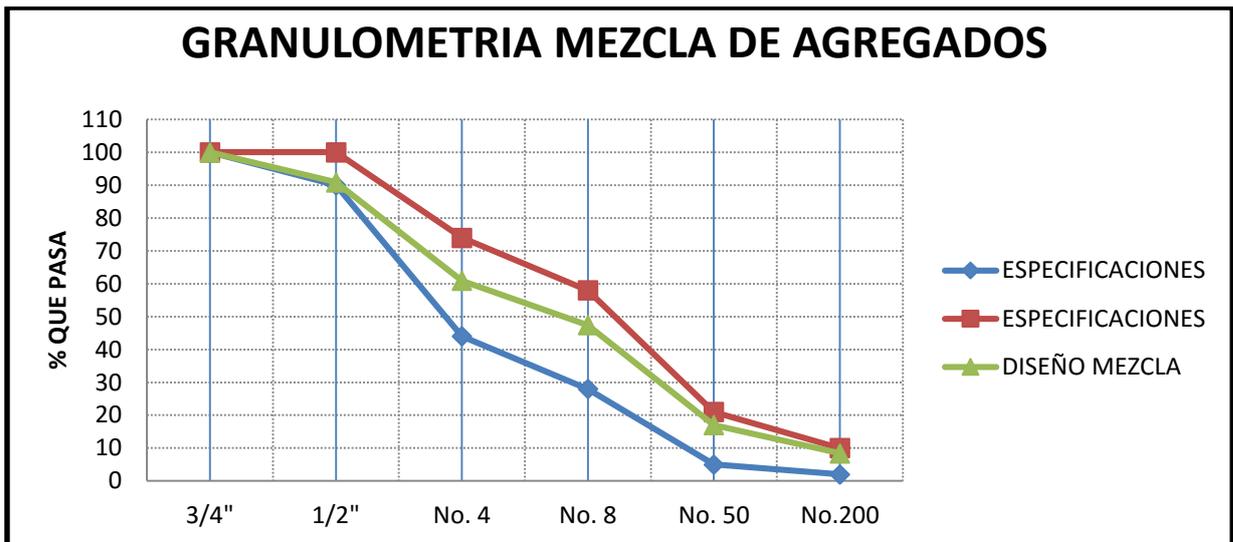
Con los resultados obtenidos nos indica que la combinación adecuada para que este dentro de las especificaciones del MTOP es la siguiente:

**Tabla 69.** Combinada de la Mezcla

3/4"	20
1/2"	70
Arena Fina	10
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

Elaborado: Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

Con la siguiente grafica se puede observar la granulometría combinada de los agregados que se obtuvo anteriormente:



**Fig. 16.** Granulometría de Agregados

Elaborado: Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

**Tabla 70.** Gravedades Específicas de los Agregados

GRAVEDAD ESPECÍFICA	3/4"	1/2"	Arena fina
DE MASA	2,676	2,597	2,323
SSS	2,713	2,688	2,404
APARENTE	2,848	2,898	2,566
ABSORCIÓN	1,4	3,5	7,1

Elaborado: Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

Gravedad Específica de masa de la mezcla de agregados

$$G_{sb} = \frac{100}{\frac{20}{2,676} + \frac{70}{2,597} + \frac{10}{2,323}} = 2,582$$

Gravedad Específica Aparente de la mezcla de agregados

$$G_{sb} = \frac{100}{\frac{20}{2,848} + \frac{70}{2,898} + \frac{10}{2,566}} = 2,851$$

#### ASFALTO

El asfalto que se utilizó en el presente diseño, proviene de la Refinería Estatal de Esmeraldas (Petro-producción).

El peso específico según ensayo AASHTO T – 288 es: **1,014**

**CRITERIOS DE DISEÑO DE LA MEZCLA – METODO MARSHALL:**

ESTABILIDAD	> 1800lbs
VACIOS CON AIRE	3% - 5%
FLUJO (Expresada en 0,01")	8 - 14
VACIOS EN EL AGREGADOS MINERAL	> 14%

**TEMPERATURAS DE LA MEZCLA:**

Al salir de la Planta	140°C - 160°C
Mezcla entregada en la vía	> 120°C
Temperatura de compactación	110°C - 120°C

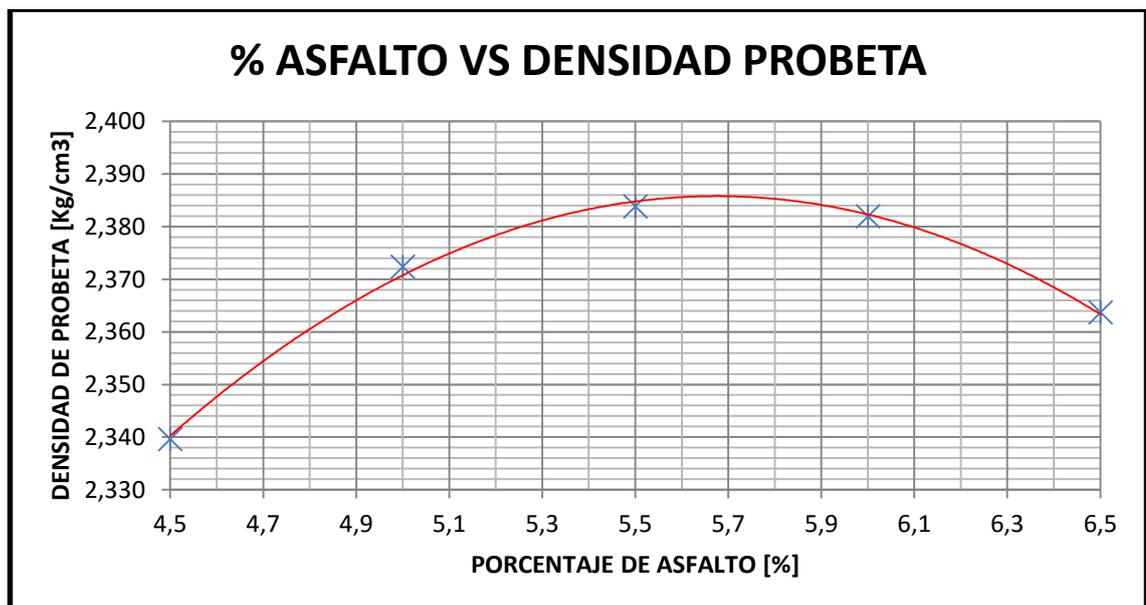
## **PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS**

## CURVAS DE LAS PROPIEDADES DEL DISEÑO

**Tabla 71.** %de Asfalto Vs. Densidad de Probeta

Porcentaje de Asfalto [%]	Densidad Bulk Probeta [Kg/cm <sup>3</sup> ]
4,5	2,340
5,0	2,372
5,5	2,384
6,0	2,382
6,5	2,364

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra



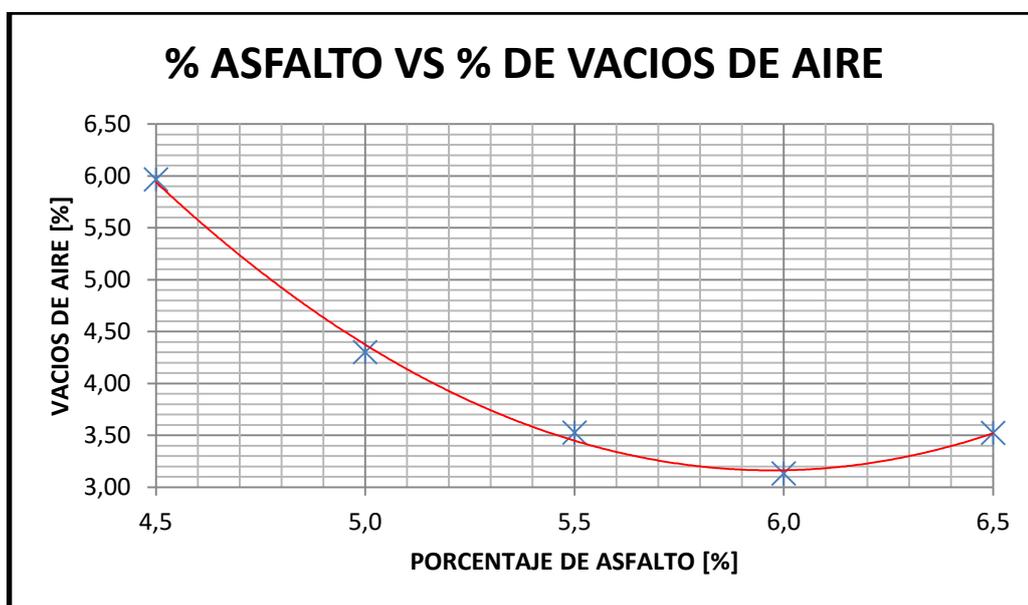
**Fig. 17.** % Asfalto Vs. Densidad Probeta

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

**Tabla 72.** % de Asfalto Vs. Vacíos de Aire

Porcentaje de Asfalto [%]	PORCENTAJE DE VACIOS DE AIRE [%]
4,5	5,964
5,0	4,301
5,5	3,527
6,0	3,133
6,5	3,522

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra



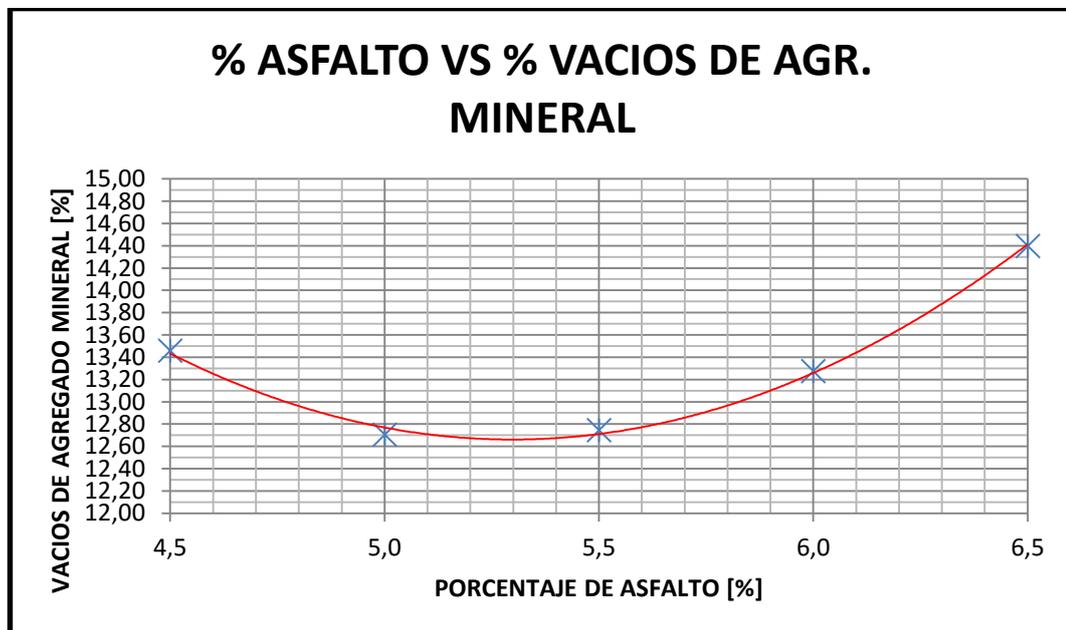
**Fig. 18.** % Asfalto Vs. % de Vacíos de Aire

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

**Tabla 73.** % de Asfalto Vs. Vacíos de Agregado Mineral

Porcentaje de Asfalto [%]	VACIOS DE AGREGADO MINERAL [%]
4,5	13,458
5,0	12,706
5,5	12,745
6,0	13,275
6,5	14,398

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra



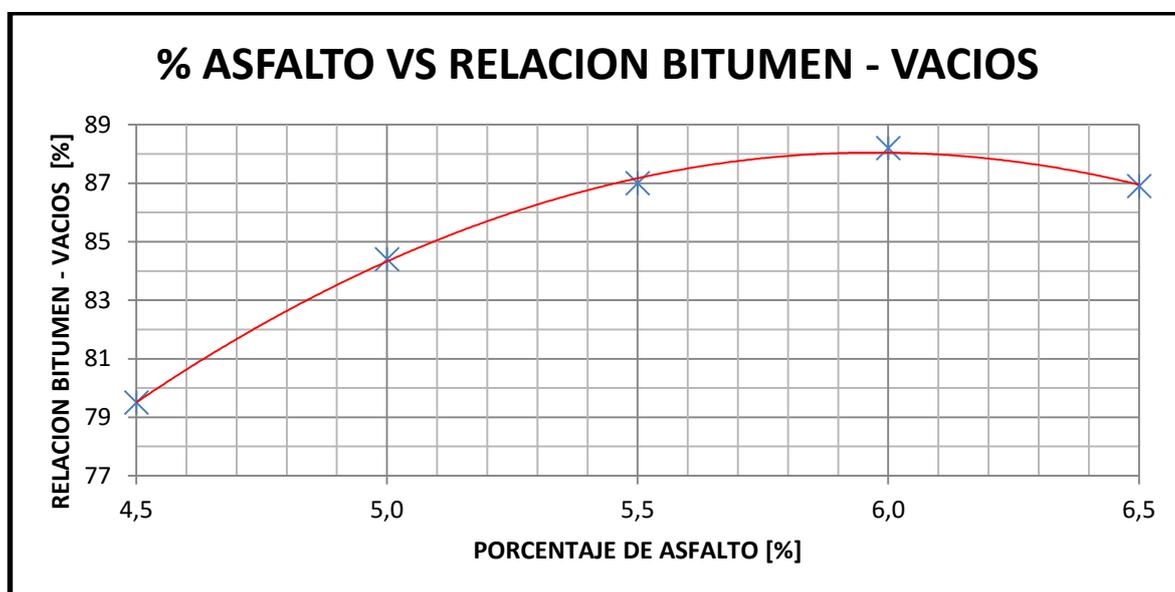
**Fig. 19.** % Asfalto Vs. % de Vacíos de Agregado Mineral

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

**Tabla 74.** % de Asfalto Vs. Relación de Bitumen - Vacíos

Porcentaje de Asfalto [%]	RELACION BITUMEN - VACIOS [%]
4,5	79,50
5,0	84,40
5,5	87,00
6,0	88,20
6,5	86,90

Elaborado: Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra



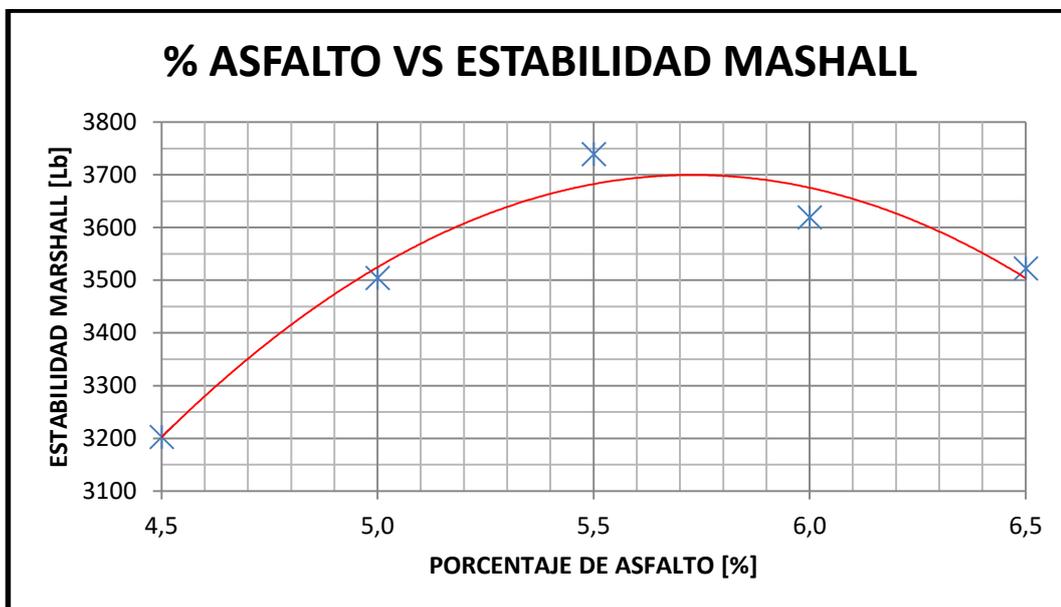
**Fig. 20.** % Asfalto Vs. % Relación Bitumen - Vacíos

Elaborado: Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

**Tabla 75.** % de Asfalto Vs. Estabilidad Marshall

Porcentaje de Asfalto [%]	ESTABILIDAD MARSHALL [Lb]
4,5	3203
5,0	3504
5,5	3739
6,0	3620
6,5	3522

Elaborado: Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra



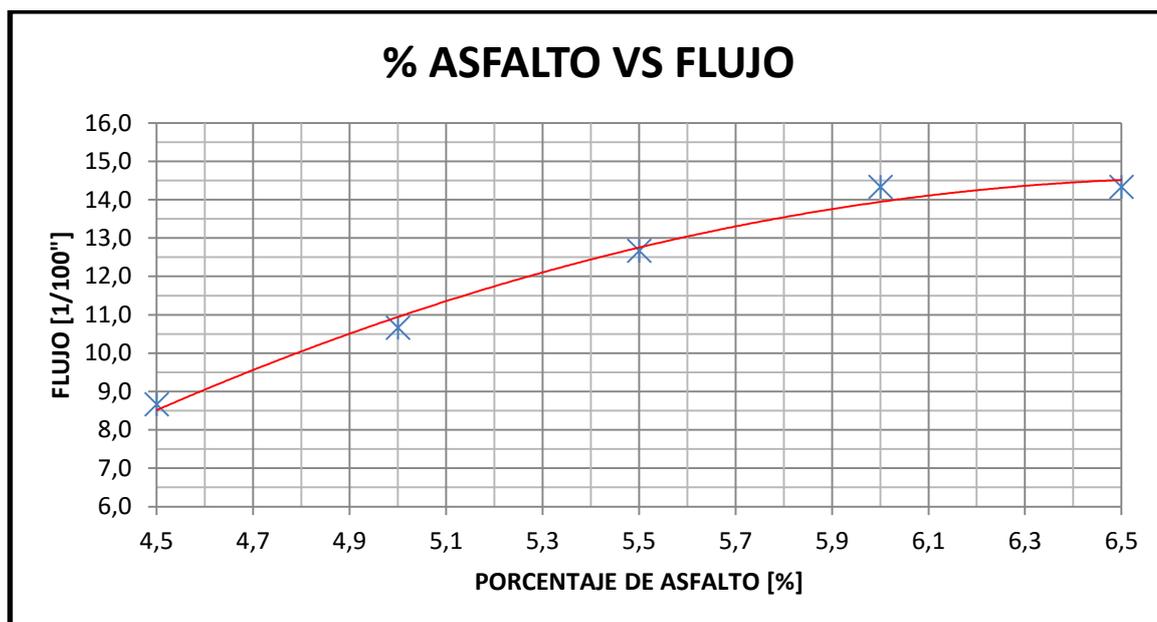
**Fig. 21.** % Asfalto Vs. Estabilidad Marshall

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

**Tabla 76.** % de Asfalto Vs. Flujo

Porcentaje de Asfalto [%]	FLUJO [1/100"]
4,5	8,7
5,0	10,7
5,5	12,7
6,0	14,3
6,5	14,3

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra



**Fig. 22.** % Asfalto Vs. Flujo

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

### 3.4.1.4. PRECIOS UNITARIOS

#### 3.4.1.4.5. PRECIOS UNITARIOS DEL RECICLADO EN FRÍO CON CEMENTO

**Tabla 77.** Resumen Precios Unitarios de Reciclado con Cemento

Rubro (Descripción)	Unidad	Precio Unitario
Reciclado en Frío	m <sup>3</sup>	10,97
Estabilización Base-Cemento	m <sup>3</sup>	15,86
Rc-250 Para Imprimación	Lt	0,88
Carpeta Asfáltica	m <sup>2</sup>	7,90
<b>TOTAL</b>		<b>35,61</b>

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Fresado de pavimento asfáltico

UNIDAD: m<sup>3</sup>

DETALLE: MOP-001-F 2000.-Sección 406 – 8

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Fresadora	1	87,65	87,650	0,0239	2,095
Herramienta Menor 5% de Mano de Obra	1	GLOBAL	0,060	0,0239	0,060
Cargadora Frontal	1	33,17	33,170	0,0239	0,793
Volqueta 12m <sup>3</sup>	6	30,12	180,720	0,0239	4,319
<b>SUBTOTAL</b>					<b>7,267</b>

<b>MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCION	(CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Op. Fresadora	OEP I	1	17,040	2,13	0,0239	0,051
Inspector de obra	V	1	17,040	2,13	0,0239	0,051
Ayudante	II	2	17,040	2,13	0,0239	0,051
Op. Cargadora Frontal	OEP I	1	17,040	2,13	0,0239	0,051
Chofer	CHP E	1	17,040	2,13	0,0239	0,051
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,255</b>

<b>MATERIALES</b>				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Puntas de Tungsteno	U	0,150	9,060	1,359
<b>SUBTOTAL</b>				<b>1,359</b>

<b>TRANSPORTE</b>				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
<b>SUBTOTAL</b>				<b>0</b>
TOTAL COSTO DIRECTO				8,880
INDIRECTOS Y UTILIDADES 23,5 %				2,087
OTROS INDIRECTOS 0,00%				0,000
COSTO TOTAL DEL RUBRO				10,967
<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>10,97</b>

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

UNIDAD

RUBRO: Estabilización de base con cemento  
 DETALLE: MOP-001-F 2000.-Sección 404 -  
 6 (1)

: m<sup>3</sup>

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	RENDIMIEN	COSTO
		A	HORA	TO	O
Fresadora	1	87,65	87,650	0,0239	2,095
Motoniveladora	1	36,98	36,980	0,02000	0,740
Rodillo Liso	1	30,00	30,000	0,02000	0,600
Tanquero	1	25,00	25,000	0,02000	0,500
<b>SUBTOTAL</b>					<b>3,934</b>

<b>MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCION (CATEG)		CANTIDA	JORNAL/H	COSTO	RENDIMIEN	COSTO
		D	R	HORA	O	O
Op. Fresadora	OEP I	1	17,040	2,130	0,00600	0,013
Op. Motoniveladora	OEP I	1	17,040	2,130	0,01600	0,034
Op. Rodillo	OEP II	1	17,040	2,130	0,01600	0,034
Inspector de obra	V	1	17,040	2,130	0,0100	0,021
Ayudante Maquinaria	SINT	1	17,040	2,130	0,01600	0,034
Peón	I	2	17,040	2,130	0,01000	0,021
Chofer	CHP E	1	21,040	2,630	0,01600	0,042
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,200</b>

<b>MATERIALES</b>				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Cemento	Kg	60,00	0,120	7,200
Agua	m <sup>3</sup>	0,01	1,000	0,010
<b>SUBTOTAL</b>				<b>7,210</b>

<b>TRANSPORTE</b>				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
Cemento	m <sup>3</sup>	60,00	0,025	1,500
<b>SUBTOTAL</b>				<b>1,5</b>
TOTAL COSTO DIRECTO				12,844
INDIRECTOS Y UTILIDADES 23,5 %				3,018
OTROS INDIRECTOS 0,00%				0,000
COSTO TOTAL DEL RUBRO				15,863
<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>15,86</b>

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Asfalto MC para imprimación  
y/o diluido tipo RC-250 para riego de  
adherencia

UNIDAD: L

DETALLE: MOP-001-F 2000.-Sección 405 - 1 (1)

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIEN TO	COSTO
Distribuidor de Asfalto	1	25,40	25,400	0,00092	0,023
Escoba Mecánica	1	20,00	20,000	0,00092	0,018
<b>SUBTOTAL</b>					<b>0,042</b>

<b>MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCION	(CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Op. Distribuidor de Asfalto	OEP II	1	17,040	2,130	0,00092	0,002
Ay. Operador	II	1	17,040	2,130	0,00092	0,002
Peón	I	1	17,040	2,130	0,00092	0,002
Op. Equipo Liviano	III	1	17,040	2,130	0,00092	0,002
Inspector de obra	V	1	17,040	2,130	0,0239	0,051
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,059</b>

<b>MATERIALES</b>				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Asfalto para imprimación	Lt	0,900	0,312	0,281
Diesel	Gln	0,0792	1,050	0,083
<b>SUBTOTAL</b>				<b>0,364</b>

<b>TRANSPORTE</b>				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
Asfalto para imprimación	Lt	0,90	0,28	0,252
<b>SUBTOTAL</b>				<b>0,252</b>
TOTAL COSTO DIRECTO				0,716
INDIRECTOS Y UTILIDADES 23,5 %				0,168
OTROS INDIRECTOS 0,00%				0,000
COSTO TOTAL DEL RUBRO				0,885
<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>0,88</b>

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Capa de rodadura de hormigón  
asfáltico

UNIDAD  
: m<sup>2</sup>

DETALLE: MOP-001-F 2000.-Sección 405 -  
5 (4)

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	RENDIMIEN	COSTO
		A	HORA	TO	O
Planta asfáltica	1	85,00	85,000	0,00310	0,264
Terminadora de Asfalto	1	48,00	48,000	0,00310	0,149
Volqueta 8 m <sup>3</sup>	1	30,00	30,000	0,00900	0,270
Rodillo Liso	1	33,00	33,000	0,00310	0,102
Rodillo Neumatico	1	35,00	35,000	0,00310	0,109
Cargadora Frontal	1	45,00	45,000	0,00310	0,140
SUBTOTAL					1,033

<b>MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCION	(CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Operador	OEP I	1	17,040	2,130	0,00600	0,013
Operador	OEP II	1	17,040	2,130	0,00900	0,019
Ayudante Maquinaria	SINT	1	17,040	2,130	0,01200	0,026
Inspector de obra	V	1	17,040	2,130	0,0239	0,051
Peón	I	1	17,040	2,130	0,01000	0,021
Chofer	CHP E	1	21,040	2,630	0,00900	0,024
SUBTOTAL						0,153

<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Agregados para mezcla asfáltica	m <sup>3</sup>	0,06	14,000	0,840	
Asfalto AP3	Kg	11,85	0,280	3,318	
Diesel para secado y otros	Gln	0,46	0,260	0,120	
SUBTOTAL					4,278

<b>TRANSPORTE</b>				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
Agregados para mezcla asfáltica	m <sup>3</sup>	0,06	5,500	0,330
Asfalto AP3	Kg	11,85	0,050	0,593
Diesel para secado y otros	Gln	0,46	0,020	0,009
SUBTOTAL				0,9317
TOTAL COSTO DIRECTO				6,395
INDIRECTOS Y UTILIDADES 23,5 %				1,503
OTROS INDIRECTOS 0,00%				0,000
COSTO TOTAL DEL RUBRO				7,898
<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>7,90</b>

### 3.4.1.4.5. PRECIOS UNITARIOS DEL RECICLADO EN FRÍO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA

**Tabla 78.** Resumen Precios Unitarios de Reciclado con Emulsión Asfáltica

<b>Rubro (Descripción)</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unitario</b>
Base Reciclada (con tren de reciclaje)	m <sup>3</sup>	21,96
Estabilización con Emulsiones	m <sup>3</sup>	0,51
Rc-250 Para Imprimación	Lt	0,88
Carpeta Asfáltica	m <sup>2</sup>	7,90
<b>TOTAL</b>		<b>31,25</b>

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Base Reciclada (con tren reciclaje)

UNIDAD: m<sup>3</sup>

DETALLE: MOP-001-F 2000.-Sección 404 – 2(1)

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Tren de reciclaje	1	650,000	650,000	0,0143	9,286
Rodillo Liso	1	37,200	37,200	0,0143	0,531
Tanquero de Agua	1	15,210	15,210	0,0143	0,217
Rodillo Neumático	1	32,250	31,250	0,0143	0,446
Cargadora sobre orugas	1	47,000	47,000	0,0143	0,671
Escoba autopropulsada	1	17,000	17,000	0,0143	0,243
Volqueta	2	24,620	24,620	0,0286	0,704
Rodillo vibratorio	1	20,040	20,040	0,0143	0,286
<b>SUBTOTAL</b>					<b>12,384</b>

<b>MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCION	(CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Operador Tipo I	OEP I	3	17,040	2,130	0,00600	0,013
Operador Tipo II	OEP II	3	17,040	2,130	0,01600	0,034
Ayudante Maquinaria	SINT	4	17,040	2,130	0,01600	0,034
Peón	I	10	17,040	2,130	0,01600	0,021
Chofer	CHP E	3	17,040	2,630	0,01600	0,042
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,144</b>

<b>MATERIALES</b>				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Puntas de Tungsteno	U	1,000	5,250	5,250
<b>SUBTOTAL</b>				<b>5,250</b>

<b>TRANSPORTE</b>				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
<b>SUBTOTAL</b>				<b>0</b>
TOTAL COSTO DIRECTO				17,778
INDIRECTOS Y UTILIDADES 23,5 %				4,178
OTROS INDIRECTOS 0,00%				0,000
COSTO TOTAL DEL RUBRO				21,956
<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>21,96</b>

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Emulsion asfáltica para la base  
 DETALLE: MOP-001-F 2000.-Sección 406

UNIDAD: Lt

- 2

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Distribuidor de Asfalto	1	28,85	28,85	0,0003	0,009
<b>SUBTOTAL</b>					<b>0,009</b>

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón I	2	17,040	2,130	0,00040	0,002
Chofer CHP E	1	21,040	2,630	0,00040	0,001
<b>SUBTOTAL</b>					<b>0,003</b>

<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Emulsion Asfaltica	Lt	1,00	0,368	0,368	
<b>SUBTOTAL</b>					<b>0,368</b>

<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Emulsión Asfaltica	Lt	1,00	0,034	0,034	
<b>SUBTOTAL</b>				<b>0,034</b>	
				TOTAL COSTO DIRECTO	0,413
				INDIRECTOS Y UTILIDADES 23,5 %	0,097
				OTROS INDIRECTOS 0,00%	0,000
				COSTO TOTAL DEL RUBRO	0,511
				<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>0,51</b>

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Asfalto MC para imprimación  
y/o diluido tipo RC-250 para riego de  
adherencia

UNIDAD: L

DETALLE: MOP-001-F 2000.-Sección 405 - 1 (1)

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIEN TO	COST O
Distribuidor de Asfalto	1	25,40	25,400	0,00092	0,023
Escoba Mecánica	1	20,00	20,000	0,00092	0,018
<b>SUBTOTAL</b>					<b>0,042</b>

<b>MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCION	(CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Op. Distribuidor de Asfalto	OEP II	1	17,040	2,130	0,00092	0,002
Ay. Operador	II	1	17,040	2,130	0,00092	0,002
Peón	I	1	17,040	2,130	0,00092	0,002
Op. Equipo Liviano	III	1	17,040	2,130	0,00092	0,002
Inspector de obra	V	1	17,040	2,130	0,0239	0,051
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,059</b>

<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Asfalto para imprimación	Lt	0,900	0,312	0,281	
Diesel	Gln	0,0792	1,050	0,083	
<b>SUBTOTAL</b>					<b>0,364</b>

<b>TRANSPORTE</b>				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
Asfalto para imprimación	Lt	0,90	0,28	0,252
<b>SUBTOTAL</b>				<b>0,252</b>
TOTAL COSTO DIRECTO				0,716
INDIRECTOS Y UTILIDADES 23,5 %				0,168
OTROS INDIRECTOS 0,00%				0,000
COSTO TOTAL DEL RUBRO				0,885
<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>0,88</b>

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Capa de rodadura de hormigón  
asfáltico

UNIDAD  
: m<sup>2</sup>

DETALLE: MOP-001-F 2000.-Sección 405 -  
5 (4)

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	RENDIMIEN	COSTO
		A	HORA	TO	O
Planta asfáltica	1	85,00	85,000	0,00310	0,264
Terminadora de Asfalto	1	48,00	48,000	0,00310	0,149
Volqueta 8 m <sup>3</sup>	1	30,00	30,000	0,00900	0,270
Rodillo Liso	1	33,00	33,000	0,00310	0,102
Rodillo Neumatico	1	35,00	35,000	0,00310	0,109
Cargadora Frontal	1	45,00	45,000	0,00310	0,140
<b>SUBTOTAL</b>					<b>1,033</b>

<b>MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCION	(CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Operador	OEP I	1	17,040	2,130	0,00600	0,013
Operador	OEP II	1	17,040	2,130	0,00900	0,019
Ayudante Maquinaria	SINT	1	17,040	2,130	0,01200	0,026
Inspector de obra	V	1	17,040	2,130	0,0239	0,051
Peón	I	1	17,040	2,130	0,01000	0,021
Chofer	CHP E	1	21,040	2,630	0,00900	0,024
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,153</b>

<b>MATERIALES</b>				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Agregados para mezcla asfáltica	m <sup>3</sup>	0,06	14,000	0,840
Asfalto AP3	Kg	11,85	0,280	3,318
Diesel para secado y otros	Gln	0,46	0,260	0,120
<b>SUBTOTAL</b>				<b>4,278</b>

<b>TRANSPORTE</b>				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
Agregados para mezcla asfáltica	m <sup>3</sup>	0,06	5,500	0,330
Asfalto AP3	Kg	11,85	0,050	0,593
Diesel para secado y otros	Gln	0,46	0,020	0,009
<b>SUBTOTAL</b>				<b>0,9317</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>				<b>6,395</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 23,5 %</b>				<b>1,503</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0,00%</b>				<b>0,000</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>				<b>7,898</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>7,90</b>

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 4.1. RESULTADOS OBTENIDOS

##### 4.1.1. RESULTADO DEL ENSAYO DE DEFLEXIÓN (DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO).

Los resultados de las deflexiones promedio y percentil 85 varían por tramo como se indica en el cuadro No. 1 se muestran los valores obtenidos, adicionalmente se han obtenido las deflexiones características.

**Tabla 79.** Resultado Ensayo de Deflexión

TRAMO	CARRIL	DEFLEXION MAXIMA (umm) FWD	
		PROMEDIO	PERCENTIL85
TRAMO 1. LIGAN (0+000) - BALBANERA (15+700)	DERECHO (OH)	957	1356
	IZQUIERDO (OV)	565	738
		<b>761</b>	<b>1047</b>
TRAMO 2. BALBANERA (15+700) - GUAMOTE (44+400)	DERECHO (OH)	811	1060
	IZQUIERDO (OV)	677	877
		<b>744</b>	<b>969</b>
TRAMO 3. GUAMOTE (44+400) - ALASI (88+225)	DERECHO (OH)	716	948
	IZQUIERDO (OV)	626	812
		<b>671</b>	<b>880</b>
TRAMO 4. ALASI (88+225) - GUASUNTOS (98+385)	DERECHO (OH)	532	752
	IZQUIERDO (OV)	486	667
		<b>509</b>	<b>710</b>
TRAMO 5. CHUNCHI (123+000) - ZHUD (165+700)	DERECHO (OH)	172	243
	IZQUIERDO (OV)	185	269
		<b>179</b>	<b>256</b>

Elaborado: INEXTEC CIA. LTDA

Como se puede ver los tramos 1, 2 ,3 y 4, tienen pavimentos con un déficit estructural severo, frente a unas cargas de tráfico como las previstas en los estudios del año 2002.

#### **4.1.2. RESULTADOS DEL ENSAYO VISUAL**

Luego de analizar los resultados del ensayo visual se tiene como resultados que el sector comprendido entre las abscisas 0+000-78+000 tiene valores PCI entre 28 y 40, lo que califica a este sector como Malo, esto se debe a que aquí se tiene con mayor intensidad la falla piel de cocodrilo de severidad media, dentro de este subtramo se exceptúa los sectores: 45+000-48+000, 57+000-63 +000 que están en condición Regular. En condición Regular está también el sector 78+000-81+000; y Bueno desde el 81+000-88+300, que es la parte que se acerca a Alausí, ya que aquí hay muestras o carriles relativamente sanos.

El tramo Alausí- Guasuntos que va del 88+300-98+400, es un tramo de condición Regular de acuerdo al valor PCI que presenta y es comprensible porque aquí baja la intensidad de la falla piel de cocodrilo y sube la intensidad de la falla fisuramiento longitudinal/ transversal.

En el tramo Alausí-Guasuntos (88+300-98+400), la falla fisuramiento longitudinal/transversal de severidad media y alta.

En el tramo Chunchi - Zhud (123+000-165+700) presenta un PCI promedio de 70% que califica a esa rodadura en el límite entre bueno y muy bueno, con problemas muy puntuales y esporádicos de parches y fisuras tipo piel de cocodrilo. Vale señalar que este tramo permaneció durante dos años en mantenimiento de construcción, bajo contrato ya cerrado.

### 4.1.3 DISEÑO PROPUESTO PARA ESTE ESTUDIO

RIOBAMBA – ZHUD (Diseño de reciclado en frío de pavimentos)

Al momento de analizar los datos de los ensayos de deflexión, ensayo de penetración cono dinámico y el ensayo visual se concluyó que el diseño se realizara en cuatro tramos diferentes debido a que la profundidad de fresado será diferente para cada uno de ellos y por las características del suelo.

Para la selección de la solución de rehabilitación estructural para esta vía, después de analizar la condición del pavimento y proponer dos diferentes tipos de reciclado se llegó a la siguiente solución:

#### TRAMO1: Licán 0+000 – Balbanera 15+700

Tabla 80. Diseño de Reciclado con Cemento (Tramo 1)

DISEÑO DEL PAVIMENTO NUEVO O DE SU REHABILITACION:	
CAPAS	Altura de capa (cm)
Capa de rodadura asfáltica:	10
Capa reciclada con cemento	20
Subbase granular:	20
<b>NUMERO ESTRUCTURAL OBTENIDO:</b>	<b>4,24</b>

Elaborado: Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

#### OBSERVACIONES CONSTRUCTIVAS:

Reciclar directamente desde la superficie 20 cm de carpeta y base. 3,5% cemento.

Realizar riego de adherencia.

Colocar nueva capa de rodadura de 10 cm.

El porcentaje de asfalto a colocar en la nueva capa de rodadura es de 5,7%

#### TRAMO2: Balbanera 15+700 – Guamote 44+400

Tabla 81. Diseño de Reciclado con Cemento (Tramo 2)

DISEÑO DEL PAVIMENTO NUEVO O DE SU REHABILITACION:	
CAPAS	Altura de capa(cm)
Capa de rodadura asfáltica:	7,5
Capa reciclada con cemento	15
Subbase granular:	47
<b>NUMERO ESTRUCTURAL OBTENIDO:</b>	<b>4,43</b>

Elaborado: Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

**OBSERVACIONES CONSTRUCTIVAS:**

Reciclar directamente desde la superficie 15 cm de carpeta y base. 3,5% cemento.

Realizar riego de adherencia.

Colocar nueva capa de rodadura de 7,5 cm.

El porcentaje de asfalto a colocar en la nueva capa de rodadura es de 5,7%

**TRAMO3: Guamote 44+400 – Alausi 88 + 225**

**Tabla 82.** Diseño de Reciclado con Cemento (Tramo 3)

<b>DISEÑO DEL PAVIMENTO NUEVO O DE SU REHABILITACION:</b>	
<b>CAPAS</b>	<b>Altura de capa(cm)</b>
Capa de rodadura asfáltica:	7,5
Capa reciclada con cemento	15
Subbase granular:	37
<b>NUMERO ESTRUCTURAL OBTENIDO: 4,06</b>	

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

**OBSERVACIONES CONSTRUCTIVAS:**

Reciclar directamente desde la superficie 15 cm de carpeta y base. 3,5% cemento.

Realizar riego de adherencia.

Colocar nueva capa de rodadura de 7,5 cm.

El porcentaje de asfalto a colocar en la nueva capa de rodadura es de 5,7%

**TRAMO4: Alausi 88 + 225 – Guasuntos 98+385**

**Tabla 83.** Diseño de Reciclado con Cemento (Tramo 4)

<b>DISEÑO DEL PAVIMENTO NUEVO O DE SU REHABILITACION:</b>	
<b>CAPAS</b>	<b>Altura de capa(cm)</b>
Capa de rodadura asfáltica:	7,5
Capa reciclada con cemento	15
Subbase granular:	37
<b>NUMERO ESTRUCTURAL OBTENIDO: 3,95</b>	

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

#### OBSERVACIONES CONSTRUCTIVAS:

Reciclar directamente desde la superficie 15 cm de carpeta y base. 3,5% cemento.  
Realizar riego de adherencia.

Colocar nueva capa de rodadura de 7,5 cm.

El porcentaje de asfalto a colocar en la nueva capa de rodadura es de 5,7%

#### 4.1.4 CANTIDAD DE CEMENTO APROPIADA

La resistencia a la compresión y a la tracción alcanzada en un material estabilizado con cemento está determinada por la cantidad de cemento que se agrega, el tipo de material y la densidad de compactación. La resistencia normalmente aumenta en una relación lineal con el contenido de cemento, pero a distintas tasas para distintos materiales y tipos de cemento.

Luego de analizar los datos de los ensayos de compresión de las muestras con diferentes cantidades de cemento y conociendo que la resistencia a la compresión a los 28 días, mínima que debe cumplir es de  $25\text{kg/cm}^2$  se ha tomado que el porcentaje de 3,5% es el más apropiado para este estudio.

#### 4.1.4 RESULTADO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

El porcentaje óptimo de asfalto, según recomendaciones del Manual de Diseño MS – 2 versión 1993, es aquel que produce una mayor densidad de la mezcla compactada, una máxima estabilidad y un porcentaje de vacíos que represente el valor medio de las especificaciones, por lo tanto el porcentaje óptimo en el presente diseño es de **5,7%**.

Con este valor comprobamos las demás características de la mezcla las cuales son:

PESO ESPECÍFICO BULK	2,386 gr/cm <sup>3</sup>
ESTABILIDAD	3,855 lbs
FLUJO	13 exp en 0,01”
V.A.M	14,3 %
RICE	2,571 gr/cm <sup>3</sup>
VACIOS CON AIRE	3,3 %

#### **4.2. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO, ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS.**

Tal y como se muestra en los resultados obtenidos en la **Tabla 84** las ventajas que presenta el reciclado con cemento son más representativas que el reciclado con emulsiones, esto es debido a que el cemento es muy extensamente conocido en el campo de la construcción, del cual es conocido sus características y ventajas que presenta al reaccionar químicamente con otros materiales.

En cuanto a los inconvenientes que presenta el reciclado con cemento, el principal es el grado de fisuramiento que tiene la nueva base estabilizada al reaccionar químicamente la base reciclada con el cemento y el agua, en la cual al reaccionar se produce calor y por ende la pérdida de humedad, pero se debe considerar que esta desventaja es controlable ya que se puede controlar la pérdida de humedad con el procedimiento de curado y de esta forma reducir a límites tolerables el grado de fisuración de la base estabilizada.

También se debe tener en cuenta que el inconveniente que presenta el reciclado con emulsiones es su forma de selección y dosificación del rejuvenecedor que se va a utilizar ya que esta depende de las características granulométricas de la nueva base estabilizada por lo que al momento de la realización de los trabajos se debe ir verificando periódicamente que esta nueva base vaya teniendo características granulométricas similares en toda la extensión del proyecto

**Tabla 84.** Ventajas del Reciclado con Cemento y Reciclado con Emulsión Asfáltica

<b>VENTAJAS</b>	
<b>RECICLADO CON CEMENTO</b>	<b>RECICLADO CON EMULSIONES</b>
<p><b>Disponibilidad.</b> El cemento se puede obtener en cualquier del país.</p> <p><b>Costo.</b> En relación al asfalto, el cemento no es caro.</p> <p><b>Facilidad de aplicación.</b> El cemento puede ser esparcido a mano si no se encuentran disponibles esparcidores mecánicos o mediante lechadas.</p> <p><b>Aceptación.</b> El cemento es conocido y ampliamente aceptado en la industria de la construcción. Métodos estándares y especificaciones se encuentran disponibles.</p>	<p><b>Flexibilidad.</b> La estabilización con asfalto produce un material con propiedades viscoelásticas con una flexibilidad mejorada y resistencia a la deformación.</p> <p><b>Facilidad de aplicación.</b> Un tanque se acopla a la recicladora y se aplica a través de la barra rociadora</p> <p><b>Aceptación.</b> Las emulsiones asfálticas son relativamente bien conocidas en la industria de la construcción. Métodos de ensayos estándares y especificaciones se encuentran ampliamente disponibles.</p>

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

**Tabla 85.** Desventajas del Reciclado con Cemento y Reciclado con Emulsión Asfáltica

<b>DESVENTAJAS</b>	
<b>RECICLADO CON CEMENTO</b>	<b>RECICLADO CON EMULSIONES</b>
<p>El agrietamiento por retracción es inevitable. Sin embargo, puede ser minimizado.</p> <p>Aumenta la rigidez en pavimentos flexibles.</p> <p>Requiere de un curado apropiado y protección para el tráfico a temprana edad una vez puesto en servicio, particularmente de vehículos pesados que se desplazan a baja velocidad.</p>	<p><b>Costo.</b> Las emulsiones de asfalto generalmente no se producen en terreno. Este proceso requiere de un estricto control, y los emulsificadores son caros. Los costos de transportes se ven incrementados debido al transporte (la emulsión además de asfalto tiene una cantidad importante de agua)</p> <p><b>Disponibilidad.</b> La formulación requerida para una aplicación de reciclado no siempre está disponible.</p>

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

En cuanto a un hipotético incremento en el número estructural por parte de los dos métodos de diseño del reciclado con pavimentos se puede analizar los resultados obtenidos en la **Tabla 86**, de donde se observa la obtención de un mayor número estructural en el diseño del reciclado con cemento, observando una igualdad en el primer tramo, pero hay que tomar en consideración que la profundidad a reciclarse en los dos métodos varía lo cual incrementaría el precio final de construcción de la vía, por lo que la estabilización con cemento incrementa la capacidad portante de la sub base y esta a su vez incrementa el número estructural de toda la estructura del pavimento.

**Tabla 86.** Diseño de Reciclado con Cemento y de Reciclado con Emulsión Asfáltica

<b>TRAMOS</b>	<b>RECICLADO CON CEMENTO</b>		<b>RECICLADO CON EMULSIONES</b>	
<b>TRAMO 1</b>	Capa de rodadura asfáltica:	10	Capa de rodadura asfáltica:	10
	Capa reciclada con cemento	20	Capa reciclada con emulsión	25
	Subbase granular:	20	Subbase granular:	20
	<b>NUMERO ESTRUCTURAL</b>	<b>4,24</b>	<b>NUMERO ESTRUCTURAL</b>	<b>4,24</b>
<b>TRAMO 2</b>	Capa de rodadura asfáltica:	7,5	Capa de rodadura asfáltica:	7,5
	Capa reciclada con cemento	15	Capa reciclada con emulsión	15
	Subbase granular:	47	Subbase granular:	47
	<b>NUMERO ESTRUCTURAL</b>	<b>4,43</b>	<b>NUMERO ESTRUCTURAL</b>	<b>4,14</b>
<b>TRAMO 3</b>	Capa de rodadura asfáltica:	7,5	Capa de rodadura asfáltica:	7,5
	Capa reciclada con cemento	15	Capa reciclada con emulsión	15
	Subbase granular:	37	Subbase granular:	37
	<b>NUMERO ESTRUCTURAL</b>	<b>4,06</b>	<b>NUMERO ESTRUCTURAL</b>	<b>3,76</b>
<b>TRAMO 4</b>	Capa de rodadura asfáltica:	7,5	Capa de rodadura asfáltica:	7,5
	Capa reciclada con cemento	15	Capa reciclada con emulsión	15
	Subbase granular:	37	Subbase granular:	37
	<b>NUMERO ESTRUCTURAL</b>	<b>3,95</b>	<b>NUMERO ESTRUCTURAL</b>	<b>3,76</b>

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

En la siguiente tabla se muestra un análisis de los resultados de los precios unitarios del reciclado con cemento y reciclado con emulsión:

**Tabla 87.** Precio Unitario Reciclado con Cemento

<b>Rubro (Descripción)</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unitario</b>
Reciclado en Frío	m <sup>3</sup>	10,97
Estabilización Base-Cemento	m <sup>3</sup>	15,86
Rc-250 Para Imprimación	Lt	0,88
Carpeta Asfáltica	m <sup>2</sup>	7,90
<b>TOTAL</b>		<b>35,61</b>

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

**Tabla 88.** Precio Unitario Reciclado con Emulsión Asfáltica

<b>Rubro (Descripción)</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unitario</b>
Base Reciclada (con tren de reciclaje)	m <sup>3</sup>	21,96
Estabilización con Emulsiones	m <sup>3</sup>	0,51
Rc-250 Para Imprimación	Lt	0,88
Carpeta Asfáltica	m <sup>2</sup>	7,90
<b>TOTAL</b>		<b>31,25</b>

**Elaborado:** Oswaldo Rosero – Pamela Ibarra

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- De los resultados obtenidos en la auscultación y evaluación de la condición del pavimento que existen en la vía Riobamba- Zhud se llegó a la conclusión que en general no existe suficiente vida estructural remanente por lo que se ve necesario la rehabilitación de esta carretera.
- Se considera correcto que para el diseño de esta vía su período sea de 10 años, debido a la fatiga causada por la sobrecarga del tránsito acumulado que soportará diariamente la vía y además que no se garantiza un adecuado mantenimiento.
- Comparando los dos diseños de reciclado expuestos en la **Tabla 86**, tanto el reciclado con cemento y el reciclado con emulsiones asfálticas podemos ver que el valor del número estructural del diseño de reciclado con cemento nos da valores mayores que el reciclado con emulsiones; por esto, se propone reciclar el firme con la utilización de cemento como rejuvenecedor de pavimento, el cual debe ser tratado en su dosificación de hidratación y trabajabilidad, oportunamente curada y sellada con material bituminoso, de esta forma evitando problemas de fisuras.
- Debido a que el suelo no es homogéneo en toda la extensión de la vía es más factible la utilización del reciclado con cemento por lo que se debe colocar el mismo porcentaje en peso de cemento en toda la extensión de la vía, debido a que el único parámetro que se debe controlar es cumplir con la resistencia especificada.

- Hemos podido comprobar que las mezclas recicladas pueden alcanzar un comportamiento prácticamente equivalente al de las mezclas convencionales, siempre y cuando se tenga el suficiente cuidado con el diseño y el proceso de fabricación. Por lo tanto, el reciclado de pavimentos es una alternativa más que debería tomarse en cuenta en los proyectos de rehabilitación de firmes.
- Debido al progresivo agotamiento de las fuentes de obtención de los agregados pétreos de adecuada calidad y el incremento de sus precios es una técnica factible que ayudará a la preservación de canteras; así como la influencia notable en los costos de transportes de los agregados pétreos.
- Una de las ventajas que tiene la emulsión asfáltica es su flexibilidad, debido a sus propiedades viscoelásticas, permitiendo que existan deformaciones elásticas en la estructura del pavimento, a diferencia del reciclado con cemento que provoca que la estructura se rigidice; a pesar de esto los resultados de durabilidad son mayores cuando se utiliza el cemento como rejuvenecedor.
- Este proyecto de investigación representa para nosotros un fuerte crecimiento profesional y personal al abordar el tema del reciclado de firmes que es una nueva técnica que cada vez es más utilizada en nuestro medio.
- Relacionando el análisis de precios unitarios de las dos metodologías de diseño realizadas, tenemos que: el costo de reciclado con cemento es de 35,61 y el costo del reciclado con emulsiones asfálticas es de 31,25; se debe tomar en cuenta que el precio de la emulsión depende del costo al que se encuentre el petróleo y además de la distancia del transporte; también se debe tomar en cuenta la durabilidad del un método con

respecto al otro por lo que se llegó a la conclusión que el reciclado con cemento nos proporciona mayores ventajas.

- Los procedimientos constructivos de estos dos tipos de reciclado a pesar que son similares su diferencia radica en la maquinaria a utilizar, para el reciclado con cemento es necesario de la utilización de la fresadora y la distribución del cemento se lo puede realizar a mano o mediante maquinaria a diferencia del reciclado con emulsión asfáltica que es necesario la utilización del tren de reciclaje.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Controlar la cantidad de cemento que se añadirá en la vía para obtener la resistencia deseada del nuevo firme mediante la realización de ensayos de control.
- Para una buena ejecución de la obra fiscalizar el proceso de construcción para exigir y controlar el cumplimiento de normas y especificaciones técnicas de la obra, evitando de esta manera los llamados “vicios de la construcción”
- Antes de realizar cualquier tipo de trabajo y de cálculo en la estructura del pavimento, se recomienda analizar las normas y especificaciones técnicas del MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS para un adecuado diseño de toda la estructura del pavimento.
- Utilizar el reciclado de pavimento para la rehabilitación vial porque conlleva un tiempo menor que la reconstrucción total de la estructura del pavimento, por lo que las molestias vehiculares son menores, y su costo de construcción es menor, a más de la utilización del pavimento existente.
- Al momento de colocar el cemento sobre el material reciclado se recomienda tener un control adecuado de su distribución y mezclado para obtener un resultado uniforme de la resistencia de la base estabilizada.
- Comprobar periódicamente las características granulométricas del material reciclado cuando se trabaje con emulsiones asfálticas para reajustar la dosificación, ya que la cantidad de emulsión depende de las características del material.

## 6. BIBLIOGRAFÍA.

1. ASPHALT INSTITUTE. Manual Serie N.-21 Asphalt Cold Mix Recycling. USA. 1983.
2. CATERPILLAR. Manual de recuperación de caminos. 1997
3. JUAREZ BADILLO, Ing. En Fundamentos de la Mecánica de Suelos Tomo I, II, México. 1980.
4. KRAMER Carlos, DEVLÁ Miguel Ángel. Firmes y Pavimentos. Madrid. 1996.
5. MOP-001-F-2002. Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. Capítulos 400 y 800. Ecuador. (2002).
6. MTOP, INEXTEC. Informe de Evaluación y Diseño de Pavimentos de la Carretera Riobamba- zhud. 2009.
7. MORAN Samuel. Mecánica de Suelos y Diseño de pavimentos. 1983.
8. SAYERS Michael. Guidelines Conductind and Calibrating road Roughness Measurements. USA. 1986.
9. VILA ROMANI Rolando. Proyecto de mezclas asfálticas rígidas, recicladas y micropavimentos Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. 1997.
10. WIRTGEN GROUP. Manual de Reciclado en Frío. 2da Edición. Alemania. 2004.

## **7. ANEXOS**

### **ANEXO 7.1.-**

ENSAYO DE DEFLEXION MEDIANTE EL DEFLECTOMETRO DE IMPACTO

### **ANEXO 7.2.-**

ENSAYO CONO DE PENETRACION DINAMICO D.C .P.

### **ANEXO 7.3.-**

GRANULOMETRIA

### **ANEXO 7.4.-**

FOTOS

**ENSAYO DE DEFLEXION  
MEDIANTE EL DEFLECTOMETRO DE IMPACTO**

NORMA APLICADA	PROYECTO	CARRIL	ABSCISA	FECHA
AASTHO 1993	LICAN – BALBANERA	DERECHO	0+000-15+700	01/02/2009

ABSCISA	DISTANCIA INTERVALO $\Delta x_i$	DISTANCIA ACUMULATIVA $\sum \Delta x_i$	DEFLEXION D1 (umm)		AREA INTERVALO $a_i$	AREA ACUMULATIVA $\sum a_i$	DIFERENCIA ACUMULADA $Z_x$
			ENSAYADA	PROMEDIO			
0+000	0	0	960	960	0	0	0
0+100	100	100	719	840	83950	83950	-12653
0+200	100	200	639	679	67900	151850	-41356
0+300	101	301	645	642	64842	216692	-74084
0+400	99	400	843	744	73656	290348	-96065
0+500	100	500	804	824	82350	372698	-110318
0+600	100	600	1000	902	90200	462898	-116721
0+700	100	700	677	839	83850	546748	-129474
0+800	100	800	711	694	69400	616148	-156678
0+900	100	900	942	827	82650	698798	-170631
1+000	100	1000	811	877	87650	786448	-179584
1+100	100	1100	801	806	80600	867048	-195587
1+200	100	1200	848	825	82450	949498	-209741
1+300	100	1300	1001	925	92450	1041948	-213894
1+400	100	1400	941	971	97100	1139048	-213397
1+500	100	1500	950	946	94550	1233598	-215450
1+600	100	1600	906	928	92800	1326398	-219253
1+700	100	1700	702	804	80400	1406798	-235457
1+800	100	1800	580	641	64100	1470898	-267960
1+900	100	1900	735	658	65750	1536648	-298813

2+000	100	2000	765	750	75000	1611648	-320416
2+100	100	2100	794	780	77950	1689598	-339069
2+200	100	2200	501	648	64750	1754348	-370923
2+300	100	2300	615	558	55800	1810148	-411726
2+400	100	2400	487	551	55100	1865248	-453229
2+500	100	2500	875	681	68100	1933348	-481732
2+600	100	2600	865	870	87000	2020348	-491335
2+700	100	2700	505	685	68500	2088848	-519439
2+800	100	2800	1021	763	76300	2165148	-539742
2+900	100	2900	454	738	73750	2238898	-562595
3+000	100	3000	979	717	71650	2310548	-587548
3+100	100	3100	1026	1003	100250	2410798	-583902
3+200	100	3200	1042	1034	103400	2514198	-577105
3+300	100	3300	742	892	89200	2603398	-584508
3+400	100	3400	689	716	71550	2674948	-609561
3+500	100	3500	1005	847	84700	2759648	-621464
3+600	100	3600	855	930	93000	2852648	-625068
3+700	100	3700	864	860	85950	2938598	-635721
3+800	100	3800	552	708	70800	3009398	-661524
3+900	100	3900	495	524	52350	3061748	-705777
4+000	100	4000	613	554	55400	3117148	-746980
4+100	100	4100	599	606	60600	3177748	-782984
4+200	100	4200	553	576	57600	3235348	-821987
4+300	100	4300	825	689	68900	3304248	-849690
4+400	100	4400	712	769	76850	3381098	-869443

4+500	100	4500	702	707	70700	3451798	-895346
4+600	100	4600	668	685	68500	3520298	-923450
4+700	100	4700	603	636	63550	3583848	-956503
4+800	100	4800	758	681	68050	3651898	-985056
4+900	100	4900	576	667	66700	3718598	-1014959
5+000	100	5000	623	600	59950	3778548	-1051613
5+100	100	5100	631	627	62700	3841248	-1085516
5+200	100	5200	809	720	72000	3913248	-1110119
5+300	100	5300	400	605	60450	3973698	-1146272
5+400	100	5400	887	644	64350	4038048	-1178525
5+500	100	5500	837	862	86200	4124248	-1188929
5+600	100	5600	862	850	84950	4209198	-1200582
5+700	100	5700	604	733	73300	4282498	-1223885
5+800	100	5800	484	544	54400	4336898	-1266088
5+900	100	5900	532	508	50800	4387698	-1311891
6+000	100	6000	278	405	40500	4428198	-1367995
6+100	100	6100	228	253	25300	4453498	-1439298
6+200	100	6200	573	401	40050	4493548	-1495851
6+300	100	6300	835	704	70400	4563948	-1522054
6+400	100	6400	344	590	58950	4622898	-1559707
6+500	100	6500	987	666	66550	4689448	-1589761
6+600	100	6600	781	884	88400	4777848	-1597964
6+700	100	6700	801	791	79100	4856948	-1615467
6+800	100	6800	507	654	65400	4922348	-1614467
6+900	100	6900	663	585	58500	4980848	-1684774

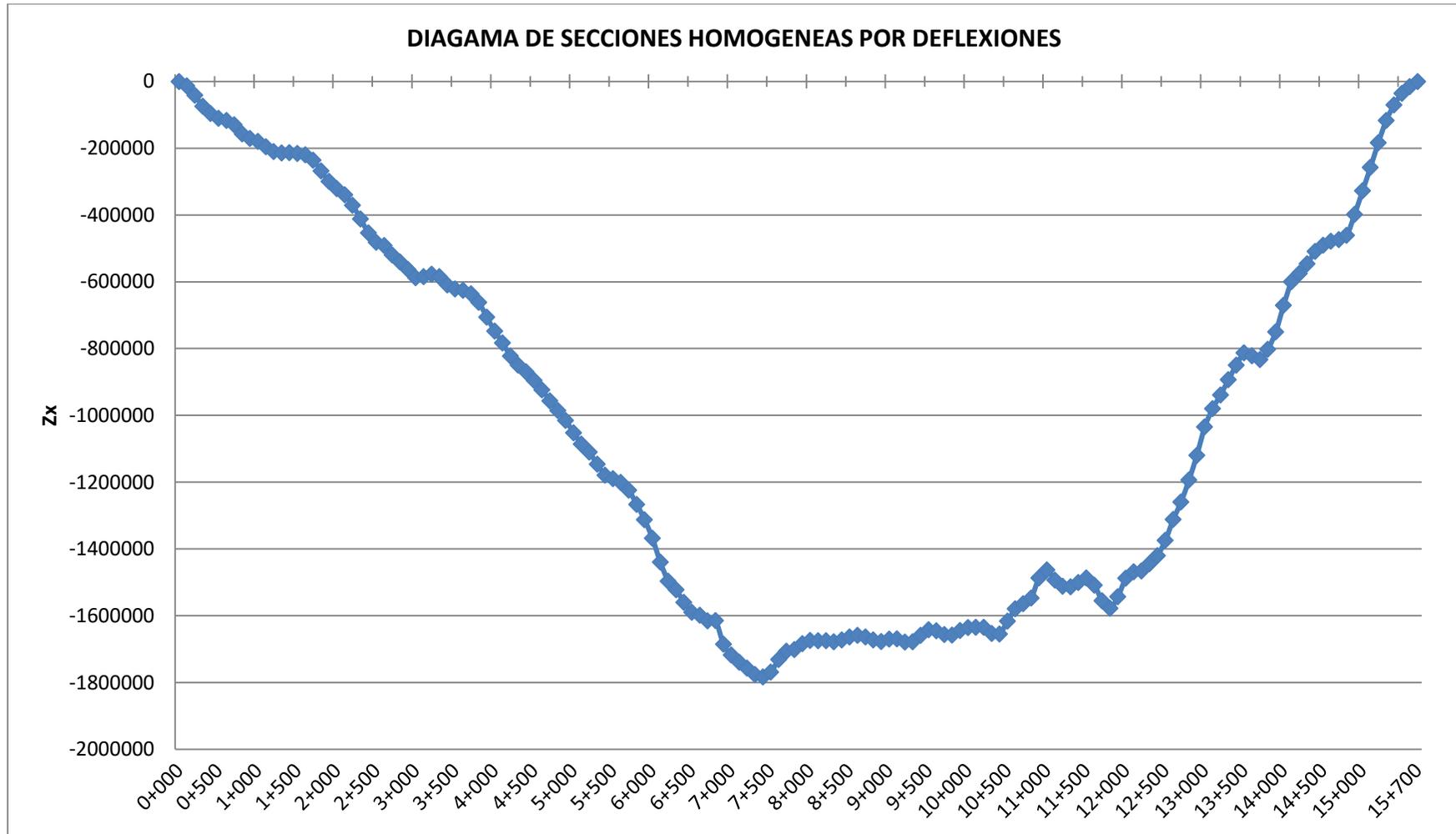
7+000	100	7000	616	640	63950	5044798	-1717427
7+100	100	7100	883	750	74950	5119748	-1739080
7+200	100	7200	705	794	79400	5199148	-1756283
7+300	100	7300	836	771	77050	5276198	-1775836
7+400	100	7400	959	898	89750	5365948	-1782690
7+500	100	7500	1262	1111	111050	5476998	-1768243
7+600	100	7600	1414	1338	133800	5610798	-1731046
7+700	100	7700	1015	1215	121450	5732248	-1706199
7+800	100	7800	1025	1020	102000	5834248	-1700802
7+900	100	7900	1250	1138	113750	5947998	-1683656
8+000	100	8000	873	1062	106150	6054148	-1674109
8+100	100	8100	1047	960	96000	6150148	-1674712
8+200	100	8200	886	967	96650	6246798	-1674665
8+300	100	8300	989	938	93750	6340548	-1677518
8+400	100	8400	1046	1018	101750	6442298	-1672372
8+500	100	8500	1066	1056	105600	6547898	-1663375
8+600	100	8600	969	1018	101750	6649648	-1658228
8+700	100	8700	863	916	91600	6741248	-1663231
8+800	100	8800	884	874	87350	6828598	-1672484
8+900	100	8900	965	925	92450	6921048	-1676638
9+000	100	9000	1098	1032	103150	7024198	-1670091
9+100	100	9100	855	977	97650	7121848	-1669044
9+200	100	9200	880	868	86750	7208598	-1678897
9+300	100	9300	1067	974	97350	7305948	-1678151
9+400	100	9400	1261	1164	116400	7422348	-1658354

9+500	100	9500	999	1130	113000	7535348	-1641957
9+600	100	9600	867	933	93300	7628648	-1645260
9+700	100	9700	844	856	85550	7714198	-1656313
9+800	100	9800	1067	956	95550	7809748	-1657367
9+900	100	9900	1127	1097	109700	7919448	-1644270
10+000	100	10000	990	1059	105850	8025298	-1635023
10+100	100	10100	949	970	96950	8122248	-1634676
10+200	100	10200	983	966	96600	8218848	-1634679
10+300	100	10300	577	780	78000	8296848	-1653283
10+400	100	10400	1325	951	95100	8391948	-1654786
10+501	101	10501	1378	1352	136502	8528450	-1615854
10+600	99	10600	1296	1337	132363	8660813	-1579128
10+700	100	10700	938	1117	111700	8772513	-1564031
10+800	100	10800	1341	1140	113950	8886463	-1546684
10+900	100	10900	1799	1570	157000	9043463	-1486287
11+000	100	11000	612	1206	120550	9164013	-1462341
11+100	100	11100	702	657	65700	9229713	-1493244
11+200	100	11200	865	784	78350	9308063	-1511497
11+300	100	11300	1031	948	94800	9402863	-1513300
11+400	100	11400	1168	1100	109950	9512813	-1499953
11+500	100	11500	1024	1096	109600	9622413	-1486957
11+600	100	11600	478	751	75100	9697513	-1508460
11+700	100	11700	524	501	50100	9747613	-1554963
11+800	100	11800	966	745	74500	9822113	-1577066
11+900	100	11900	1656	1311	131100	9953213	-1542570

12+000	100	12000	1381	1519	151850	10105063	-1487323
12+100	100	12100	932	1157	115650	10220713	-1468276
12+200	100	12200	1051	992	99150	10319863	-1465729
12+300	100	12300	1311	1181	118100	10437963	-1444232
12+400	100	12400	1100	1206	120550	10558513	-1420286
12+500	100	12500	1748	1424	142400	10700913	-1374489
12+600	100	12600	1438	1593	159300	10860213	-1311792
12+700	100	12700	1553	1496	149550	11009763	-1258845
12+800	100	12800	1693	1623	162300	11172063	-1193148
12+900	100	12900	1719	1706	170600	11342663	-1119152
13+000	100	13000	1906	1813	181250	11523913	-1034505
13+100	100	13100	1119	1513	151250	11675163	-979858
13+200	100	13200	1640	1380	137950	11813113	-938511
13+300	100	13300	1199	1420	141950	11955063	-893164
13+400	100	13400	1604	1402	140150	12095213	-849618
13+500	100	13500	1072	1338	133800	12229013	-812421
13+600	100	13600	678	875	87500	12316513	-821524
13+700	100	13700	1032	855	85500	12402013	-832627
13+800	100	13800	1507	1270	126950	12528963	-802281
13+900	100	13900	1479	1493	149300	12678263	-749584
14+000	100	14000	2037	1758	175800	12854063	-670387
14+100	100	14100	1305	1671	167100	13021163	-599890
14+200	100	14200	1131	1218	121800	13142963	-574693
14+300	100	14300	1375	1253	125300	13268263	-545997
14+400	100	14400	1305	1340	134000	13402263	-508600

14+500	100	14500	999	1152	115200	13517463	-490003
14+600	100	14600	1172	1086	108550	13626013	-478056
14+700	100	14700	852	1012	101200	13727213	-473459
14+801	101	14801	1336	1094	110494	13837707	-460535
14+900	99	14900	1869	1603	158648	13996355	-397524
15+000	100	15000	1466	1668	166750	14163105	-327378
15+100	100	15100	1867	1667	166650	14329755	-257331
15+200	100	15200	1547	1707	170700	14500455	-183234
15+300	100	15300	1717	1632	163200	14663655	-116637
15+400	100	15400	1141	1429	142900	14806555	-70340
15+500	100	15500	1493	1317	131700	14938255	-35244
15+600	100	15600	840	1167	116650	15054905	-15197
15+700	100	15700	1396	1118	111800	15166705	0

F =	966
-----	-----



NORMA APLICADA	PROYECTO	CARRIL	ABSCISA	FECHA
AASTHO 1993	LICAN - BALBANERA	DERECHO	15+800-44+400	01/02/2009

ABSCISA	DISTANCIA INTERVALO $\Delta x_i$	DISTANCIA ACUMULATIVA $\sum \Delta x_i$	DEFLEXION D1 (ummm)		AREA INTERVALO $a_i$	AREA ACUMULATIVA $\sum a_i$	DIFERENCIA ACUMULADA $Z_x$
			ENSAYADA	PROMEDIO			
15+800	0	0	624	624	0	0	0
15+900	100	100	627	626	62550	62550	-18592
16+000	100	200	496	562	56150	118700	-43585
16+100	100	300	815	656	65550	184250	-59177
16+200	100	400	781	798	79800	264050	-60519
16+300	100	500	1000	891	89050	353100	-52612
16+400	100	600	817	909	90850	443950	-42904
16+500	100	700	1502	1160	115950	559900	-8096
16+600	100	800	759	1131	113050	672950	23811
16+700	100	900	922	841	84050	757000	26719
16+800	100	1000	862	892	89200	846200	34777
16+900	100	1100	762	812	81200	927400	34834
17+000	100	1200	990	876	87600	1015000	41292
17+100	100	1300	1010	1000	100000	1115000	60150
17+200	100	1400	751	881	88050	1203050	67057
17+300	100	1500	1041	896	89600	1292650	75515
17+400	100	1600	776	909	90850	1383500	85223
17+500	100	1700	852	814	81400	1464900	85480

17+600	100	1800	1004	928	92800	1557700	97138
17+700	100	1900	955	980	97950	1655650	113946
17+800	100	2000	889	922	92200	1747850	125003
17+900	100	2100	1138	1014	101350	1849200	145211
18+000	100	2200	1099	1119	111850	1961050	175919
18+100	100	2300	1341	1220	122000	2083050	216776
18+200	100	2400	1009	1175	117500	2200550	253134
18+300	100	2500	1044	1027	102650	2303200	274641
18+400	100	2600	1031	1038	103750	2406950	297249
18+500	100	2700	823	927	92700	2499650	308807
18+600	100	2800	1260	1042	104150	2603800	331814
18+700	100	2900	1017	1139	113850	2717650	364522
18+800	100	3000	1261	1139	113900	2831550	397280
18+900	100	3100	1478	1370	136950	2968500	453087
19+000	100	3200	879	1179	117850	3086350	489795
19+100	100	3300	708	794	79350	3165700	488003
19+200	100	3400	993	851	85050	3250750	491910
19+300	100	3500	1088	1041	104050	3354800	514818
19+400	100	3600	1426	1257	125700	3480500	559376
19+500	100	3700	1413	1420	141950	3622450	620183
19+601	101	3801	551	982	99182	3721632	637412
19+700	99	3900	1381	966	95634	3817266	652715
19+800	100	4000	1520	1451	145050	3962316	716622
19+900	100	4100	1316	1418	141800	4104116	777280
20+000	100	4200	1126	1221	122100	4226216	818238

20+100	100	4300	1283	1205	120450	4346666	857545
20+200	100	4400	1282	1283	128250	4474916	904653
20+330	130	4530	1389	1336	173615	4648531	972783
20+400	70	4600	1101	1245	87150	4735681	1003133
20+500	100	4700	1099	1100	110000	4845681	1031991
20+600	100	4800	1405	1252	125200	4970881	1076049
20+710	110	4910	578	992	109065	5079946	1095857
20+800	90	5000	847	713	64125	5144071	1086954
20+905	105	5105	874	861	90353	5234424	1092107
21+000	95	5200	802	838	79610	5314034	1094632
21+100	100	5300	820	811	81100	5395134	1094589
21+200	100	5400	1054	937	93700	5488834	1107147
21+300	100	5500	1569	1312	131150	5619984	1157155
21+400	100	5600	1291	1430	143000	5762984	1219012
21+500	100	5700	1139	1215	121500	5884484	1259370
21+600	100	5800	889	1014	101400	5985884	1279628
21+700	100	5900	847	868	86800	6072684	1285285
21+800	100	6000	1448	1148	114750	6187434	1318893
21+900	100	6100	1236	1342	134200	6321634	1371951
22+000	100	6200	1269	1253	125250	6446884	1416058
22+100	100	6300	994	1132	113150	6560034	1448066
22+200	100	6400	1420	1207	120700	6680734	1487624
22+300	100	6500	1142	1281	128100	6808834	1534581
22+400	100	6600	1046	1094	109400	6918234	1562839
22+500	100	6700	976	1011	101100	7019334	1582797

22+600	100	6800	842	909	90900	7110234	1592554
22+700	100	6900	521	682	68150	7178384	1579562
22+801	101	7001	725	623	62923	7241307	1560531
22+900	99	7100	942	834	82517	7323824	1562717
23+000	100	7200	991	967	96650	7420474	1578224
23+100	100	7300	774	883	88250	7508724	1585332
23+201	101	7401	864	819	82719	7591443	1586097
23+300	99	7500	1641	1253	123998	7715441	1629764
23+400	100	7600	981	1311	131100	7846541	1679722
23+500	100	7700	1009	995	99500	7946041	1698079
23+601	101	7801	912	961	97011	8043052	1713136
23+700	99	7900	717	815	80636	8123688	1713441
23+800	100	8000	711	714	71400	8195088	1703698
23+900	100	8100	843	777	77700	8272788	1700256
24+000	100	8200	1338	1091	109050	8381838	1728164
24+100	100	8300	1057	1198	119750	8501588	1766771
24+200	100	8400	1035	1046	104600	8606186	1790229
24+300	100	8500	1153	1094	109400	8715586	1818487
24+400	100	8600	841	997	99700	8815286	1837044
24+500	100	8700	1376	1109	110850	8926136	1866752
24+600	100	8800	841	1109	110850	9036986	1896460
24+700	100	8900	1156	999	99850	9136836	1915167
24+800	100	9000	1020	1088	108800	9245636	1942825
24+900	100	9100	982	1001	100100	9345736	1961782
25+000	100	9200	854	918	91800	9437536	1972440

25+130	130	9330	1223	1039	135005	9572541	2001960
25+200	70	9400	740	982	68705	9641246	2013865
25+300	100	9500	662	701	70100	9711346	2002823
25+400	100	9600	1446	1054	105400	9816746	2027081
25+500	100	9700	912	1179	117900	9934646	2063838
25+600	100	9800	892	902	90200	10024846	2072896
25+700	100	9900	910	901	90100	10114946	2081854
25+800	100	10000	882	896	89600	10204546	2090311
25+900	100	10100	1029	956	95550	10300096	2104719
26+000	100	10200	791	910	91000	10391096	2114577
26+100	100	10300	856	824	82350	10473446	2115784
26+200	100	10400	918	887	88700	10562146	2123342
26+300	100	10500	1168	1043	104300	10666446	2146500
26+400	100	10600	1145	1157	115650	10782096	2181007
26+510	110	10710	719	932	102520	10884616	2194271
26+600	90	10800	1044	882	79335	10963951	2200578
26+700	100	10900	900	972	97200	11061151	2216635
26+801	101	11001	729	815	82265	11143416	2216946
26+900	99	11100	586	658	65093	11208509	2201708
27+000	100	11200	867	727	72650	11281159	2193215
27+100	100	11300	645	756	75600	11356759	2187673
27+201	101	11401	789	717	72417	11429176	2178136
27+300	99	11500	933	861	85239	11514415	2183044
27+400	100	11600	910	922	92150	11606565	2194052
27+500	100	11700	607	759	75850	11682415	2188760

27+600	100	11800	717	662	66200	11748615	2173817
27+700	100	11900	646	682	68150	11816765	2160825
27+800	100	12000	721	684	68350	11885115	2148033
27+900	100	12100	1139	930	93000	11978115	2159890
28+000	100	12200	942	1041	104050	12082165	2182798
28+100	100	12300	912	927	92700	12174865	2194356
28+200	100	12400	988	950	95000	12269865	2208213
28+300	100	12500	723	856	85550	12355415	2212621
28+400	100	12600	921	822	82200	12437614	2213679
28+500	100	12700	801	861	86100	12523714	2218636
28+601	101	12801	1097	949	95849	12619563	2232531
28+700	99	12900	660	879	86972	12706534	2239172
28+801	101	13001	852	756	76356	12782890	2233574
28+900	99	13100	699	776	76775	12859665	2230018
29+000	100	13200	676	688	68750	12928415	2217626
29+100	100	13300	502	589	58900	12987315	2195383
29+200	100	13400	672	587	58700	13046015	2172941
29+300	100	13500	519	596	59550	13105565	2151348
29+400	100	13600	629	574	57400	13162965	2127606
29+500	100	13700	787	708	70800	13233765	2117264
29+600	100	13800	787	787	78700	13312465	2114821
29+700	100	13900	397	592	59200	13371665	2092879
29+800	100	14000	493	445	44500	13416165	2056237
29+900	100	14100	1027	760	76000	13492165	2051094
30+000	100	14200	431	729	72900	13565065	2042852

30+100	100	14300	836	634	63350	13628415	2025060
30+200	100	14400	811	824	82350	13710765	2026267
30+300	100	14500	780	796	79550	13790315	2024675
30+400	100	14600	1048	914	91400	13881715	2034933
30+500	100	14700	745	897	89650	13971365	2043440
30+600	100	14800	809	777	77700	14049065	2039998
30+701	101	14901	609	709	71609	14120674	2029653
30+800	99	15000	669	639	63261	14183935	2012583
30+900	100	15100	792	731	73050	14256985	2004491
31+000	100	15200	700	746	74600	14331585	1997949
31+100	100	15300	1236	968	96800	14428385	2013606
31+200	100	15400	1048	1142	114200	14542585	2046664
31+300	100	15500	1103	1076	107550	14650135	2073072
31+400	100	15600	816	960	95950	14746085	2087879
31+501	101	15701	813	815	82265	14828349	2088190
31+601	100	15801	744	779	77850	14906199	2084898
31+700	99	15900	748	746	73854	14980053	2078421
31+800	100	16000	785	767	76650	15056703	2073928
31+900	100	16100	768	777	77650	15134353	2070436
32+000	100	16200	1008	888	88800	15223153	2078094
32+101	101	16301	710	859	86759	15309912	2082899
32+200	99	16400	730	720	71280	15381192	2073848
32+300	100	16500	916	823	82300	15463492	2075006
32+400	100	16600	608	762	76200	15539692	2070063
32+500	100	16700	925	767	76650	15616342	2065571

32+600	100	16800	907	916	91600	15707942	2076029
32+700	100	16900	946	926,5	92650	15800592	2087536
32+801	101	17001	839	892,5	90143	15890735	2095725
32+900	99	17100	997	918	90882	15981617	2106276
33+000	100	17200	784	891	89050	16070667	2114184
33+100	100	17300	480	632	63200	16133867	2096242
33+200	100	17400	536	508	50800	16184667	2065899
33+300	100	17500	405	471	47050	16231717	2031807
33+400	100	17600	841	623	62300	16294017	2012965
33+500	100	17700	686	764	76350	16370367	2008172
33+600	100	17800	644	665	66500	16436867	1993530
33+700	100	17900	760	702	70200	16507067	1982587
33+800	100	18000	615	688	68750	16575817	1970195
33+901	101	18101	422	519	52369	16628185	1940610
34+000	99	18200	855	639	63212	16691397	1923490
34+100	100	18300	426	641	64050	16755447	1906398
34+200	100	18400	643	535	53450	16808897	1878706
34+300	100	18500	762	703	70250	16879147	1867813
34+401	101	18601	659	711	71761	16950907	1857620
34+500	99	18700	862	761	75290	17026197	1852579
34+600	100	18800	922	892	89200	17115397	1860636
34+700	100	18900	888	905	71609	17205897	1869994
34+800	100	19000	866	877	63261	17293597	1876552
34+900	100	19100	937	902	73050	17383747	1885559
35+000	100	19200	787	862	86200	17469947	1890617

35+100	100	19300	1100	944	94350	17564297	1903825
35+200	100	19400	1480	1290	129000	17693297	1951682
35+300	100	19500	1046	1263	126300	17819597	1996840
35+400	100	19600	1006	1026	102600	17922197	2018298
35+500	100	19700	672	839	82265	18006097	2021055
35+600	100	19800	724	698	77850	18075897	2009713
35+700	100	19900	1011	868	73854	18162647	2015321
35+800	100	20000	712	862	86150	18248797	2020328
35+900	100	20100	664	688	68800	18317597	2007986
36+000	100	20200	704	684	68400	18385997	1995244
36+100	100	20300	502	603	86759	18446297	1974401
36+200	100	20400	615	559	71280	18502147	1949109
36+305	105	20505	727	671	70455	18572602	1934364
36+400	95	20600	772	750	71203	18643804	1928482
36+500	100	20700	683	728	72750	18716554	1920089
36+600	100	20800	882	783	78250	18794804	1917197
36+700	100	20900	844	863	86300	18881104	1922355
36+800	100	21000	565	705	70450	18951554	1911662
36+900	100	21100	807	686	68600	19020154	1899120
37+000	100	21200	816	812	81150	19101304	1899128
37+100	100	21300	1013	915	91450	19192754	1909435
37+200	100	21400	811	912	91200	19283954	1919493
37+300	100	21500	594	703	70250	19354204	1908601
37+401	101	21601	527	561	56611	19410815	1883257
37+500	99	21700	705	616	60984	19471799	1863911

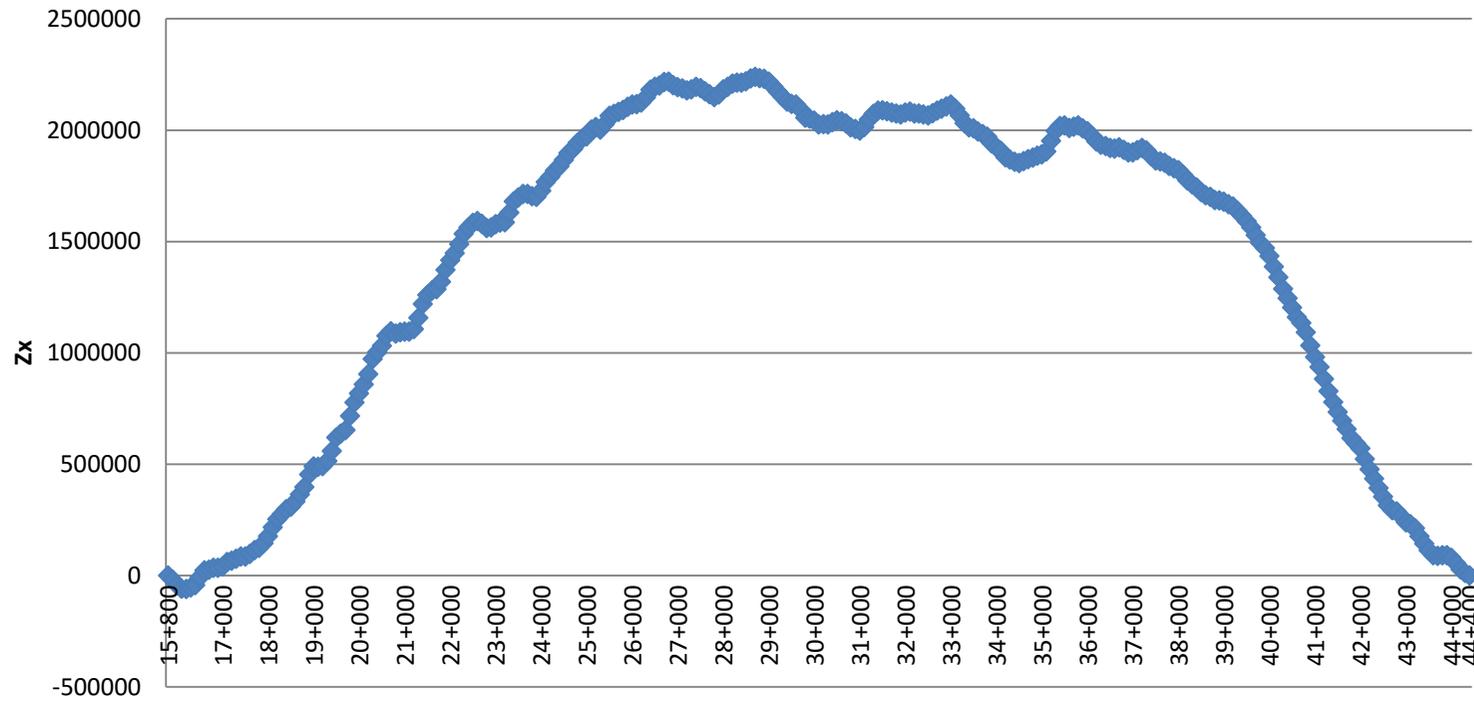
37+600	100	21800	836	771	77050	19548849	1859818
37+700	100	21900	646	741	74100	19622949	1852776
37+800	100	22000	711	679	67850	19690799	1839484
37+900	100	22100	711	711	71100	19761899	1829441
38+000	100	22200	731	721	72100	19833999	1820399
38+100	100	22300	488	610	60950	19894949	1800206
38+200	100	22400	617	553	55250	19950199	1774314
38+300	100	22500	642	630	62950	20013149	1756122
38+400	100	22600	713	678	67750	20080899	1742729
38+500	100	22700	508	611	61050	20141949	1722637
38+601	101	22801	823	666	67216	20209164	1707899
38+700	99	22900	634	729	72122	20281286	1699689
38+800	100	23000	711	673	67250	20348536	1685797
38+900	100	23100	886	799	79850	20428386	1684505
39+000	100	23200	617	752	75150	20503536	1678512
39+100	100	23300	784	701	70050	20573586	1667420
39+200	100	23400	622	703	70300	20643886	1656578
39+300	100	23500	599	611	61050	20704936	1636485
39+410	110	23610	632	616	67705	20772641	1614934
39+500	90	23700	446	539	48510	20821151	1590416
39+600	100	23800	643	545	54450	20875601	1563723
39+700	100	23900	283	463	46300	20921901	1528881
39+800	100	24000	623	453	45300	20967201	1493039
39+900	100	24100	546	585	58450	21025651	1470346
40+000	100	24200	356	451	45100	21070751	1434304

40+100	100	24300	305	331	33050	21103801	1386212
40+200	100	24400	372	339	33850	21137651	1338919
40+301	101	24501	234	303	30603	21168254	1287569
40+401	100	24601	531	383	38250	21206504	1244676
40+500	99	24700	249	390	38610	21245114	1202955
40+600	100	24800	524	387	38650	21283764	1160463
40+700	100	24900	582	553	55300	21339064	1134621
40+800	100	25000	199	391	39050	21378114	1092528
40+900	100	25100	232	216	21550	21399664	1032936
41+000	100	25200	352	292	29200	21428864	980994
41+100	100	25300	363	358	35750	21464614	935601
41+200	100	25400	204	284	28350	21492964	882809
41+301	101	25501	322	263	26563	21519527	827418
41+400	99	25600	318	320	31680	21551207	778767
41+500	100	25700	414	366	36600	21587807	734225
41+600	100	25800	411	413	41250	21629057	694333
41+700	100	25900	473	442	44200	21673257	657390
41+800	100	26000	352	413	41250	21714507	617498
41+900	100	26100	783	568	56750	21771257	593106
42+000	100	26200	391	587	58700	21829957	570663
42+100	100	26300	289	340	34000	21863957	523521
42+200	100	26400	406	348	34750	21898707	477129
42+300	100	26500	363	385	38450	21937157	434436
42+400	100	26600	424	394	39350	21976507	392644
42+500	100	26700	428	426	42600	22019107	354101

42+600	100	26800	411	420	41950	22061057	314909
42+700	100	26900	771	591	59100	22120157	292867
42+800	100	27000	741	756	75600	22195757	287324
42+900	100	27100	440	591	59050	22254807	265232
43+000	100	27200	658	549	54900	22309707	238990
43+100	100	27300	785	722	72150	22381857	229997
43+201	101	27401	503	644	65044	22446901	213088
43+300	99	27500	373	438	43362	22490263	176119
43+401	101	27601	584	479	48329	22538591	142493
43+501	100	27701	447	516	51550	22590141	112901
43+601	100	27801	748	598	59750	22649891	91509
43+700	99	27900	815	782	77369	22727260	88546
43+800	100	28000	866	841	84050	22811310	91454
43+900	100	28100	759	813	81250	22892560	91562
44+000	100	28200	628	747	74700	22886010	79769
44+100	100	28300	491	625	62500	22955060	54577
44+200	100	28400	586	539	53850	23008910	27285
44+300	100	28500	727	657	65650	23074560	11792
44+400	100	28600	660	694	69350	23143910	0

F=	811
----	-----

## DIAGRAMA DE SECCIONES HOMOGENEAS POR DEFLEXIONES



NORMA APLICADA	PROYECTO	CARRIL	ABSCISA	FECHA
AASTHO 1993	GUAMOTE - ALAUSI	DERECHO	44+500-88+400	01/02/2009

ABSCISA	DISTANCIA INTERVALO $\Delta x_i$	DISTANCIA ACUMULATIVA $\sum \Delta x_i$	DEFLEXION D1 (umm)		AREA INTERVALO $a_i$	AREA ACUMULATIVA $\sum a_i$	DIFERENCIA ACUMULADA $Z_x$
			ENSAYADA	PROMEDIO			
44+500	0	0	591	591	0	0	0
44+600	100	100	573	582	58200	58200	-13466
44+700	100	200	418	496	49550	107750	-35581
44+800	100	300	644	531	53100	160850	-54147
44+900	100	400	638	641	64100	224950	-61712
45+000	100	500	718	678	67800	292750	-65578
45+100	100	600	562	640	64000	356750	-73243
45+200	100	700	605	584	58350	415100	-86559
45+300	100	800	749	677	67700	482800	-90524
45+400	100	900	675	712	71200	554000	-90990
45+500	100	1000	723	699	69900	623900	-92755
45+617	117	1117	760	742	86756	710656	-89848
45+700	83	1200	649	705	58474	769129	-90857
45+800	100	1300	763	706	70600	839729	-91923
45+900	100	1400	754	759	75850	915579	-87738
46+000	100	1500	491	623	62250	977829	-97154
46+100	100	1600	1022	757	75650	1053479	-93169
46+200	100	1700	758	890	89000	1142479	-75835
46+300	100	1800	653	706	70550	1213029	-76950

46+404	104	1904	877	765	79560	1292589	-71922
46+503	99	2003	852	865	85586	1378175	-57286
46+600	97	2100	604	728	70616	1448791	-56185
46+701	101	2201	808	706	71306	1520097	-57261
46+806	105	2306	909	859	90143	1610239	-42368
46+900	94	2400	705	807	75858	1686097	-33875
47+000	100	2500	844	775	77450	1763547	-28091
47+100	100	2600	1100	972	97200	1860747	-2556
47+200	100	2700	705	903	90250	1950997	16028
47+300	100	2800	867	786	78600	2029597	22963
47+400	100	2900	1013	940	94000	2123597	45297
47+500	100	3000	846	930	92950	2216547	66582
47+600	100	3100	632	739	73900	2290447	68816
47+700	100	3200	531	582	58150	2348597	55301
47+800	100	3300	458	495	49450	2398047	33085
47+900	100	3400	482	470	47000	2445047	8420
48+000	100	3500	529	506	50550	2495597	-12696
48+100	100	3600	373	451	45100	2540697	-39261
48+200	100	3700	691	532	53200	2593897	-57727
48+300	100	3800	809	750	75000	2668897	-54392
48+400	100	3900	471	640	64000	2732897	-62058
48+500	100	4000	749	610	61000	2793897	-72723
48+600	100	4100	291	520	52000	2845897	-92389
48+700	100	4200	441	366	36600	2882497	-127454
48+800	100	4300	535	488	48800	2931297	-150320

48+900	100	4400	446	491	49050	2980347	-172935
49+000	100	4500	669	558	55750	3036097	-188851
49+100	100	4600	420	545	54450	3090547	-206066
49+202	102	4702	880	650	66300	3156847	-212865
49+300	98	4800	931	906	88739	3245586	-194358
49+407	107	4907	877	904	96728	3342314	-174312
49+500	93	5000	851	864	80352	3422666	-160609
49+600	100	5100	765	808	80800	3503466	-151475
49+700	100	5200	803	784	78400	3581866	-144740
49+800	100	5300	834	819	81850	3663716	-134556
49+900	100	5400	858	846	84600	3748316	-121621
50+000	100	5500	770	814	81400	3829716	-111887
50+100	100	5600	796	783	78300	3908016	-105252
50+200	100	5700	974	885	88500	3996516	-88418
50+300	100	5800	974	974	97400	4093916	-62683
50+400	100	5900	833	904	90350	4184266	-43999
50+500	100	6000	575	704	70400	4254666	-45264
50+600	100	6100	846	711	71050	4325716	-45880
50+700	100	6200	841	844	84350	4410066	-33195
50+800	100	6300	1063	952	95200	4505266	-9661
50+900	100	6400	1539	1301	130100	4635366	48774
51+000	100	6500	740	1140	113950	4749316	91058
51+100	100	6600	1071	906	90550	4839866	109943
51+200	100	6700	664	868	86750	4926616	125027
51+300	100	6800	1065	865	86450	5013066	139812

51+400	100	6900	1144	1105	110450	5123516	178596
51+500	100	7000	1515	1330	132950	5256466	239881
51+600	100	7100	1148	1332	133150	5389616	301365
51+700	100	7200	1266	1207	120700	5510316	350400
51+801	101	7301	809	1038	104788	5615104	382805
51+900	99	7400	870	840	83111	5698214	394967
52+000	100	7500	1052	961	96100	5794314	419401
52+100	100	7600	1080	1066	106600	5900914	454336
52+203	103	7703	897	989	101816	6002730	482336
52+310	107	7810	842	870	93037	6095766	498690
52+400	90	7900	951	897	80685	6176451	514876
52+500	100	8000	1326	1139	113850	6290301	557061
52+600	100	8100	897	1112	111150	6401451	596545
52+700	100	8200	969	933	93300	6494751	618180
52+800	100	8300	855	912	91200	6585951	637714
52+900	100	8400	1625	1240	124000	6709951	690049
53+000	100	8500	1242	1434	143350	6853301	761733
53+100	100	8600	1214	1228	122800	6976101	812868
53+200	100	8700	1196	1205	120500	7096601	861702
53+305	105	8805	957	1077	113033	7209634	899486
53+400	95	8900	1132	1045	99228	7308861	930631
53+500	100	9000	973	1053	105250	7414111	964215
53+600	100	9100	1019	996	99600	7513711	992150
53+701	101	9201	957	988	99788	7613499	1019556
53+800	99	9300	825	891	88209	7701708	1036816

53+900	100	9400	935	880	88000	7789708	1053150
54+000	100	9500	938	937	93650	7883358	1075135
54+100	100	9600	668	803	80300	7963658	1083769
54+200	100	9700	869	769	76850	8040508	1088954
54+300	100	9800	883	876	87600	8128108	1104888
54+401	101	9901	740	812	81962	8210070	1114468
54+500	99	10000	868	804	79596	8289666	1123115
54+601	101	10101	692	780	78780	8368446	1129513
54+700	99	10200	743	718	71033	8439478	1129596
54+800	100	10300	886	815	81450	8520928	1139381
54+900	100	10400	1089	988	98750	8619678	1166465
55+000	100	10500	925	1007	100700	8720378	1195500
55+100	100	10600	951	938	93800	8814178	1217634
55+200	100	10700	921	936	93600	8907778	1239569
55+300	100	10800	873	897	89700	8997478	1257603
55+400	100	10900	779	826	82600	9080078	1268538
55+500	100	11000	859	819	81900	9161978	1278772
55+600	100	11100	938	899	89850	9251828	1296957
55+700	100	11200	1294	1116	111600	9363428	1336891
55+800	100	11300	1017	1156	115550	9478978	1380776
55+900	100	11400	1009	1013	101300	9580278	1410410
56+000	100	11500	990	1000	99950	9680228	1438695
56+101	101	11601	902	946	95546	9775774	1461859
56+201	100	11701	932	917	91700	9867474	1481893
56+300	99	11800	780	856	84744	9952218	1495688

56+400	100	11900	744	762	76200	10028418	1500223
56+500	100	12000	698	721	72100	10100518	1500657
56+600	100	12100	756	727	72700	10173218	1501692
56+700	100	12200	873	815	81450	10254668	1511476
56+800	100	12300	1067	970	97000	10351668	1536811
56+901	101	12401	933	1000	101000	10452668	1565429
57+000	99	12500	1004	969	95882	10548550	1590361
57+110	110	12610	961	983	93225	10641775	1604754
57+200	90	12700	508	735	53955	10695730	1594210
57+300	100	12800	612	560	56000	10751730	1578545
57+400	100	12900	638	625	64750	10816480	1571629
57+500	100	13000	574	606	62850	10879330	1562814
57+600	100	13100	844	709	70900	10950230	1562048
57+701	101	13201	730	787	79487	11029717	1569153
57+800	99	13300	700	715	70785	11100502	1568989
57+900	100	13400	716	708	70800	11171302	1568124
58+000	100	13500	887	802	80150	11251452	1576608
58+100	100	13600	1112	1000	99950	11351402	1604893
58+202	102	13702	697	905	92259	11443661	1624053
58+300	98	13800	825	761	74578	11518239	1628399
58+400	100	13900	831	828	82800	11601039	1639533
58+500	100	14000	844	838	83750	11684789	1651618
58+600	100	14100	890	867	86700	11771489	1666652
58+700	100	14200	775	833	83250	11854739	1678237
58+800	100	14300	744	760	75950	11930689	1682521

58+900	100	14400	672	708	70800	12001489	1681656
59+000	100	14500	874	773	77300	12078789	1687290
59+101	101	14601	699	787	79437	12158225	1694345
59+200	99	14700	814	757	74894	12233119	1698289
59+300	100	14800	639	727	72650	12305769	1699274
59+400	100	14900	534	587	58650	12364419	1686258
59+500	100	15000	733	634	63350	12427769	1677943
59+604	104	15104	662	698	72540	12500309	1675951
59+700	96	15200	916	789	75744	12576053	1682896
59+800	100	15300	752	834	83400	12659453	1694630
59+900	100	15400	794	773	77300	12736753	1700265
60+000	100	15500	1094	944	94400	12831153	1722999
60+100	100	15600	993	1044	104350	12935503	1755684
60+200	100	15700	925	959	95900	13031403	1779918
60+301	101	15801	886	906	91456	13122858	1798991
60+400	99	15900	877	882	87269	13210127	1815311
60+500	100	16000	645	761	76100	13286227	1819746
60+600	100	16100	828	737	73650	13359877	1821730
60+700	100	16200	1009	919	91850	13451727	1841915
60+808	108	16308	338	674	72738	13524465	1837254
60+900	92	16400	561	450	41354	13565819	1812676
61+000	100	16500	648	605	60450	13626269	1801460
61+100	100	16600	531	590	58950	13685219	1788745
61+200	100	16700	717	624	62400	13747619	1779479
61+300	100	16800	404	561	56050	13803669	1763864

61+400	100	16900	789	597	59650	13863319	1751848
61+500	100	17000	735	762	76200	13939519	1756383
61+600	100	17100	646	691	69050	14008569	1753767
61+700	100	17200	865	756	75550	14084119	1757652
61+800	100	17300	580	723	72250	14156369	1758236
61+900	100	17400	616	598	59800	14216169	1746371
62+000	100	17500	617	617	61650	14277819	1736355
62+100	100	17600	1162	890	88950	14366769	1753639
62+200	100	17700	885	1024	102350	14469119	1784324
62+300	100	17800	935	910	91000	14560119	1803658
62+400	100	17900	796	866	86550	14646669	1818543
62+502	102	18002	631	714	72777	14719446	1818221
62+600	98	18100	599	615	60270	14779716	1808259
62+702	102	18202	679	639	65178	14844894	1800338
62+800	98	18300	633	656	64288	14909182	1794394
62+900	100	18400	838	736	73550	14982732	1796278
63+000	100	18500	866	852	85200	15067932	1809813
63+100	100	18600	941	904	90350	15158282	1828497
63+201	101	18701	830	886	89436	15247717	1845551
63+300	99	18800	598	714	70686	15318403	1845288
63+402	102	18902	746	672	68544	15386947	1840733
63+500	98	19000	571	659	64533	15451480	1835034
63+600	100	19100	504	538	53750	15505230	1817118
63+700	100	19200	854	679	67900	15573130	1813353
63+810	110	19310	525	690	75845	15648975	1810366

63+900	90	19400	450	488	43875	15692850	1789742
64+000	100	19500	315	383	38250	15731100	1756326
64+110	110	19610	699	507	55770	15786870	1733264
64+200	90	19700	775	737	66330	15853200	1735095
64+301	101	19801	679	727	73427	15926627	1736140
64+400	99	19900	597	638	63162	15989789	1728353
64+500	100	20000	463	530	53000	16042789	1709688
64+600	100	20100	625	544	54400	16097189	1692422
64+700	100	20200	828	727	72650	16169839	1693407
64+800	100	20300	842	835	83500	16253339	1705241
64+900	100	20400	830	836	83600	16336939	1717176
65+000	100	20500	1187	1009	100850	16437789	1746360
65+100	100	20600	1055	1121	112100	16549889	1786795
65+200	100	20700	710	883	88250	16638139	1803379
65+300	100	20800	976	843	84300	16722439	1816014
65+400	100	20900	780	878	87800	16810239	1832148
65+500	100	21000	620	700	70000	16880239	1830483
65+600	100	21100	850	735	73500	16953739	1832317
65+700	100	21200	673	762	76150	17029889	1836802
65+800	100	21300	787	730	73000	17102889	1838136
65+900	100	21400	1040	914	91350	17194239	1857821
66+000	100	21500	899	970	96950	17291189	1883105
66+100	100	21600	718	809	80850	17372039	1892290
66+200	100	21700	988	853	85300	17457339	1905924
66+300	100	21800	852	920	92000	17549339	1926259

66+400	100	21900	695	774	77350	17626689	1931943
66+501	101	22001	786	741	74791	17701480	1934352
66+600	99	22100	928	857	84843	17786323	1948246
66+701	101	22201	867	898	90648	17876970	1966511
66+800	99	22300	1354	1111	109940	17986910	2005502
66+900	100	22400	947	1151	115050	18101960	2048886
67+000	100	22500	1203	1075	107500	18209460	2084721
67+102	102	22602	771	987	100674	18310134	2112296
67+200	98	22700	1177	974	95452	18405586	2137516
67+300	100	22800	621	895	89450	18495036	2155300
67+400	100	22900	997	805	80450	18575486	2164085
67+500	100	23000	801	899	89900	18665386	2182319
67+600	100	23100	849	825	82500	18747886	2193154
67+700	100	23200	1129	989	98900	18846786	2220388
67+800	100	23300	1078	1104	110350	18957136	2259073
67+900	100	23400	993	1036	103550	19060686	2290957
68+000	100	23500	1349	1171	117100	19177786	2336392
68+101	101	23601	696	1023	103273	19281058	2367282
68+200	99	23700	678	687	68013	19349071	2364346
68+301	101	23801	826	752	75952	19425023	2367916
68+400	99	23900	725	776	76775	19501798	2373742
68+500	100	24000	847	786	78600	19580398	2380676
68+601	101	24101	909	878	88678	19669076	2396972
68+701	100	24201	751	830	83000	19752076	2408306
68+800	99	24300	1078	915	90536	19842611	2427893

68+900	100	24400	904	991	99100	19941711	2455328
69+006	106	24506	1115	1010	107007	20048718	2486369
69+100	94	24600	626	871	81827	20130545	2500831
69+203	103	24703	528	577	62212	20192757	2489227
69+300	97	24800	1178	853	85360	20278117	2505072
69+400	100	24900	841	1010	100950	20379067	2534356
69+501	101	25001	484	663	66913	20445980	2528886
69+600	99	25100	689	587	58064	20504043	2516001
69+700	100	25200	580	635	63450	20567493	2507786
69+802	102	25302	456	518	52836	20620329	2487523
69+900	98	25400	446	451	44198	20664527	2461489
70+000	100	25500	537	492	49150	20713677	2438973
70+100	100	25600	895	716	71600	20785277	2438908
70+201	101	25701	491	693	69993	20855270	2436518
70+300	99	25800	649	570	56430	20911700	2422000
70+400	100	25900	719	684	68400	20980100	2418734
70+501	101	26001	652	686	69236	21049336	2415587
70+600	99	26100	905	779	77072	21126407	2421710
70+703	103	26203	712	809	83276	21209683	2431170
70+800	97	26300	866	789	76533	21286216	2438188
70+900	100	26400	777	822	82150	21368366	2448672
71+000	100	26500	795	786	78600	21446966	2455606
71+100	100	26600	632	714	71350	21518316	2455291
71+211	111	26711	706	669	74259	21592575	2450001
71+300	89	26800	687	697	61989	21654563	2448207

71+400	100	26900	731	709	70900	21725463	2447442
71+501	101	27001	683	707	71407	21796870	2446467
71+600	99	27100	1418	1051	104000	21900870	2479517
71+700	100	27200	749	1084	108350	22009220	2516202
71+800	100	27300	589	669	66900	22076120	2511436
71+900	100	27400	453	521	52100	22128220	2491871
72+001	101	27501	521	487	49187	22177407	2468676
72+100	99	27600	308	415	41036	22218442	2438762
72+200	100	27700	573	441	44050	22262492	2411147
72+300	100	27800	795	684	68400	22330892	2407881
72+400	100	27900	565	680	68000	22398892	2404216
72+500	100	28000	491	528	52800	22451692	2385350
72+600	100	28100	497	494	49400	22501092	2363085
72+701	101	28201	757	627	63327	22564419	2354030
72+800	99	28300	560	659	65192	22629611	2348272
72+900	100	28400	652	606	60600	22690211	2337207
73+000	100	28500	460	556	55600	22745811	2321141
73+100	100	28600	397	429	42850	22788661	2292326
73+200	100	28700	424	411	41050	22829711	2261710
73+300	100	28800	451	438	43750	22873461	2233795
73+400	100	28900	616	534	53350	22926811	2215479
73+500	100	29000	578	597	59700	22986511	2203514
73+600	100	29100	443	511	51050	23037561	2182898
73+700	100	29200	590	517	51650	23089211	2162883
73+800	100	29300	724	657	65700	23154911	2156917

73+900	100	29400	577	651	65050	23219961	2150302
74+000	100	29500	535	556	55600	23275561	2134236
74+100	100	29600	662	599	59850	23335411	2122421
74+200	100	29700	531	597	59650	23395061	2110405
74+300	100	29800	603	567	56700	23451761	2095440
74+400	100	29900	554	579	57850	23509611	2081624
74+500	100	30000	773	664	66350	23575961	2076309
74+600	100	30100	569	671	67100	23643061	2071743
74+700	100	30200	336	453	45250	23688311	2045328
74+800	100	30300	370	353	35300	23723611	2008962
74+900	100	30400	701	536	53550	23777161	1990847
75+000	100	30500	620	661	66050	23843211	1985231
75+100	100	30600	329	475	47450	23890661	1961016
75+200	100	30700	579	454	45400	23936061	1934750
75+300	100	30800	499	539	53900	23989961	1916985
75+400	100	30900	1048	774	77350	24067311	1922669
75+500	100	31000	534	791	79100	24146411	1930104
75+600	100	31100	594	564	56400	24202811	1914838
75+700	100	31200	1675	1135	113450	24316261	1956623
75+800	100	31300	826	1251	125050	24441311	2010007
75+904	104	31404	672	749	77896	24519207	2013371
76+000	96	31500	1063	868	83280	24602487	2027852
76+100	100	31600	1013	1038	103800	24706287	2059987
76+200	100	31700	385	699	69900	24776187	2058221
76+300	100	31800	821	603	60300	24836487	2046856

76+400	100	31900	1373	1097	109700	24946187	2084890
76+500	100	32000	1136	1255	125450	25071637	2138675
76+600	100	32100	330	733	73300	25144937	2140309
76+700	100	32200	749	540	53950	25198887	2122594
76+800	100	32300	436	593	59250	25258137	2110178
76+900	100	32400	629	533	53250	25311387	2091763
77+000	100	32500	940	785	78450	25389837	2098547
77+100	100	32600	237	589	58850	25448687	2085732
77+200	100	32700	398	318	31750	25480437	2045816
77+300	100	32800	390	394	39400	25519837	2013551
77+400	100	32900	477	434	43350	25563187	1985235
77+500	100	33000	693	585	58500	25621687	1972070
77+600	100	33100	728	711	71050	25692737	1971454
77+700	100	33200	611	670	66950	25759687	1966739
77+800	100	33300	855	733	73300	25832987	1968373
77+900	100	33400	545	700	70000	25902987	1966708
78+000	100	33500	703	624	62400	25965387	1957442
78+100	100	33600	863	783	78300	26043687	1964077
78+200	100	33700	670	767	76650	26120337	1969061
78+305	105	33805	405	538	56438	26176774	1950250
78+400	95	33900	648	527	50018	26226792	1932185
78+500	100	34000	822	735	73500	26300292	1934020
78+600	100	34100	450	636	63600	26363892	1925954
78+700	100	34200	668	559	55900	26419792	1910189
78+800	100	34300	1089	879	87850	26507642	1926373

78+900	100	34400	532	811	81050	26588692	1935758
79+000	100	34500	700	616	61600	26650292	1925692
79+101	101	34601	893	797	80447	26730738	1933756
79+200	99	34700	681	787	77913	26808651	1940721
79+300	100	34800	706	694	69350	26878001	1938405
79+400	100	34900	453	580	57950	26935951	1924690
79+501	101	35001	283	368	37168	26973119	1889475
79+600	99	35100	313	298	29502	27002621	1848028
79+700	100	35200	330	322	32150	27034771	1808513
79+800	100	35300	352	341	34100	27068871	1770947
79+900	100	35400	364	358	35800	27104671	1735082
80+000	100	35500	409	387	38650	27143321	1702066
80+100	100	35600	337	373	37300	27180621	1667701
80+200	100	35700	290	314	31350	27211971	1627385
80+300	100	35800	380	335	33500	27245471	1589220
80+400	100	35900	385	383	38250	27283721	1555804
80+500	100	36000	367	376	37600	27321321	1521739
80+600	100	36100	312	340	33950	27355271	1484023
80+700	100	36200	272	292	29200	27384471	1441558
80+800	100	36300	385	329	32850	27417321	1402742
80+900	100	36400	360	373	37250	27454571	1368327
81+000	100	36500	540	450	45000	27499571	1341661
81+100	100	36600	416	478	47800	27547371	1317796
81+200	100	36700	637	527	52650	27600021	1298780
81+300	100	36800	312	475	47450	27647471	1274565

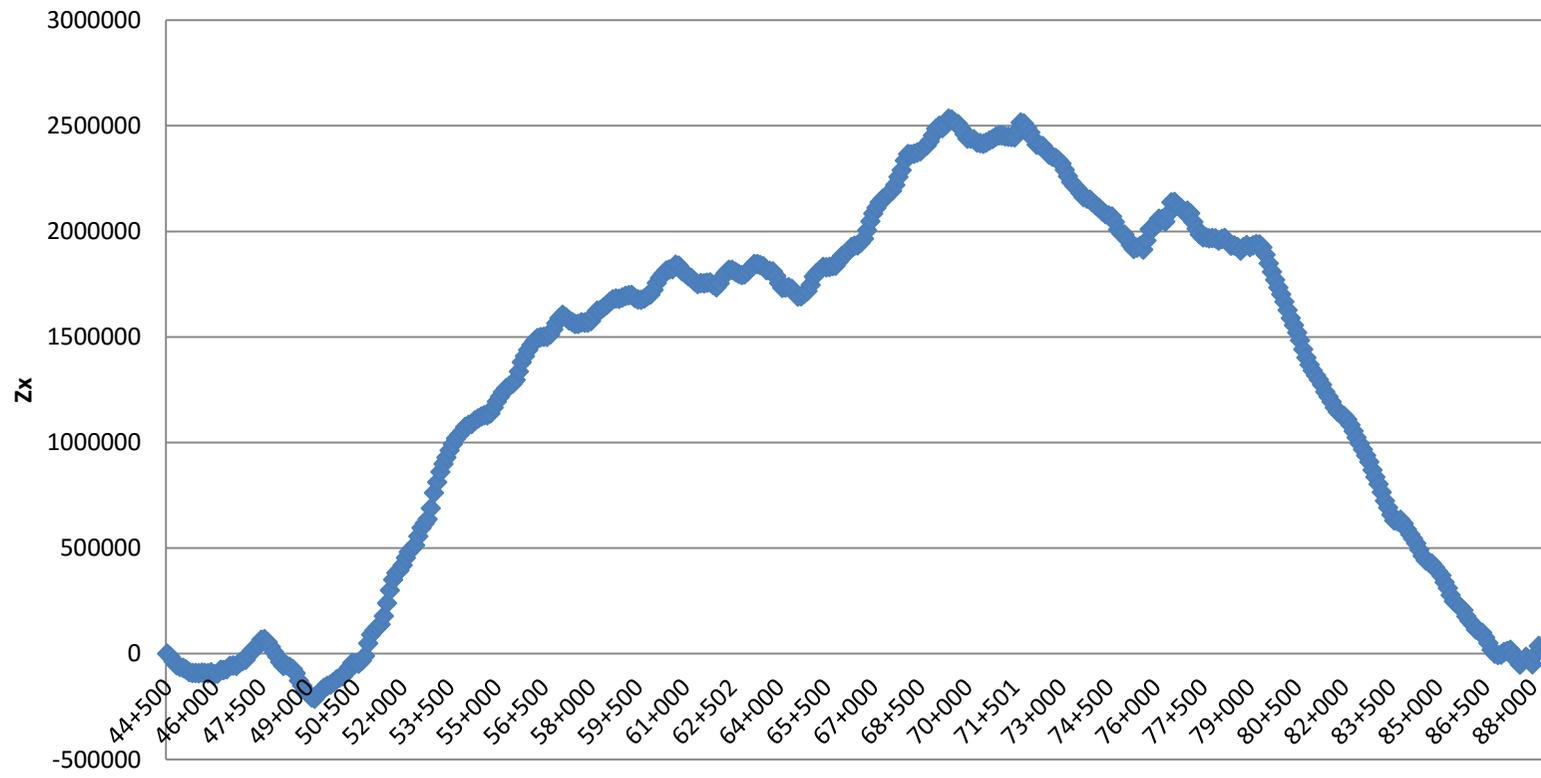
81+400	100	36900	442	377	37700	27685171	1240599
81+500	100	37000	540	491	49100	27734271	1218034
81+600	100	37100	397	469	46850	27781121	1193218
81+700	100	37200	487	442	44200	27825321	1165753
81+800	100	37300	545	516	51600	27876921	1145687
81+900	100	37400	619	582	58200	27935121	1132222
82+000	100	37500	706	663	66250	28001371	1126806
82+111	111	37611	418	562	62382	28063753	1109640
82+200	89	37700	434	426	37914	28101667	1083771
82+300	100	37800	411	423	42250	28143917	1054356
82+400	100	37900	420	416	41550	28185467	1024240
82+500	100	38000	436	428	42800	28228267	995375
82+600	100	38100	437	437	43650	28271917	967359
82+700	100	38200	442	440	43950	28315867	939644
82+800	100	38300	363	403	40250	28356117	908228
82+900	100	38400	330	347	34650	28390767	871213
83+000	100	38500	435	383	38250	28429017	837797
83+100	100	38600	326	381	38050	28467067	804182
83+200	100	38700	334	330	33000	28500067	765516
83+310	110	38810	363	349	38335	28538402	725019
83+400	90	38900	339	351	31590	28569992	692110
83+500	100	39000	423	381	38100	28608092	658545
83+600	100	39100	457	440	44000	28652092	630879
83+700	100	39200	915	686	68600	28720692	627814
83+800	100	39300	644	780	77950	28798642	634098

83+900	100	39400	431	538	53750	28852392	616183
84+000	100	39500	463	447	44700	28897092	589217
84+100	100	39600	506	485	48450	28945542	566002
84+200	100	39700	521	514	51350	28996892	545686
84+300	100	39800	479	500	50000	29046892	524021
84+400	100	39900	344	412	41150	29088042	493505
84+500	100	40000	484	414	41400	29129442	463240
84+600	100	40100	527	506	50550	29179992	442124
84+700	100	40200	694	611	61050	29241042	431509
84+800	100	40300	641	668	66750	29307792	426593
84+900	100	40400	451	546	54600	29362392	409528
85+000	100	40500	569	510	51000	29413392	388862
85+100	100	40600	506	538	53750	29467142	370947
85+210	110	40710	349	428	47025	29514167	339140
85+300	90	40800	473	411	36990	29551157	311631
85+400	100	40900	299	386	38600	29589757	278565
85+500	100	41000	544	422	42150	29631907	249050
85+600	100	41100	608	576	57600	29689507	234984
85+700	100	41200	570	589	58900	29748407	222219
85+800	100	41300	549	560	55950	29804357	206503
85+900	100	41400	301	425	42500	29846857	177338
86+000	100	41500	699	500	50000	29896857	155672
86+100	100	41600	420	560	55950	29952807	139957
86+200	100	41700	525	473	47250	30000057	115541
86+300	100	41800	734	630	62950	30063007	106826

86+400	100	41900	552	643	64300	30127307	99460
86+500	100	42000	428	490	49000	30176307	76795
86+600	100	42100	493	461	46050	30222357	51179
86+700	100	42200	284	389	38850	30261207	18364
86+800	100	42300	783	534	53350	30314557	48
86+900	100	42400	539	661	66100	30380657	-5517
87+000	100	42500	927	733	73300	30453957	-3883
87+100	100	42600	748	838	83750	30537707	8202
87+200	100	42700	776	762	76200	30613907	12736
87+300	100	42800	770	773	77300	30691207	18371
87+400	100	42900	321	546	54550	30745757	1255
87+500	100	43000	470	396	39550	30785307	-30860
87+600	100	43100	567	519	51850	30837157	-50676
87+700	100	43200	1195	881	88100	30925257	-34241
87+800	100	43300	628	912	91150	31016407	-14757
87+900	100	43400	466	547	54700	31071107	-31722
88+000	100	43500	608	537	53700	31124807	-49688
88+100	100	43600	1731	1170	116950	31241757	-4403
88+200	100	43700	525	1128	112800	31354557	36731
88+300	100	43800	554	540	53950	31408507	19016
88+400	100	43900	499	527	52650	31461157	0

F =	717
-----	-----

### DIAGRAMAS DE SECCIONES HOMOGENEAS POR DEFLEXIONES



NORMA APLICADA	PROYECTO	CARRIL	ABSCISA	FECHA
AASTHO 1993	ALAUSI - GUASUNTOS	DERECHO	88+500-98+400	01/02/2009

ABSCISA	DISTANCIA INTERVALO $\Delta x_i$	DISTANCIA ACUMULATIVA $\sum \Delta x_i$	DEFLEXION D1 (umm)		AREA INTERVALO $a_i$	AREA ACUMULATIVA $\sum a_i$	DIFERENCIA ACUMULADA $Z_x$
			ENSAYADA	PROMEDIO			
88+500	0	0	396	396	0	0	0
88+600	100	100	850	623	62300	62300	9050
88+700	100	200	806	828	82800	145100	38599
88+800	100	300	690	748	74800	219900	60149
88+900	100	400	367	529	52850	272750	59748
89+000	100	500	594	481	48050	320800	54548
89+100	100	600	694	644	64400	385200	65697
89+200	100	700	517	606	60550	445750	72997
89+300	100	800	543	530	53000	498750	72746
89+400	100	900	183	363	36300	535050	55796
89+500	100	1000	501	342	34200	569250	36745
89+600	100	1100	347	424	42400	611650	25895
89+700	100	1200	474	411	41050	652700	13694
89+800	100	1300	768	621	62100	714800	22544
89+900	100	1400	522	645	64500	779300	33793
90+000	100	1500	616	569	56900	836200	37443
90+100	100	1600	253	435	43450	879650	27643
90+200	100	1700	174	214	21350	901000	-4258
90+300	100	1800	166	170	17000	918000	-40508
90+400	100	1900	212	189	18900	936900	-74859

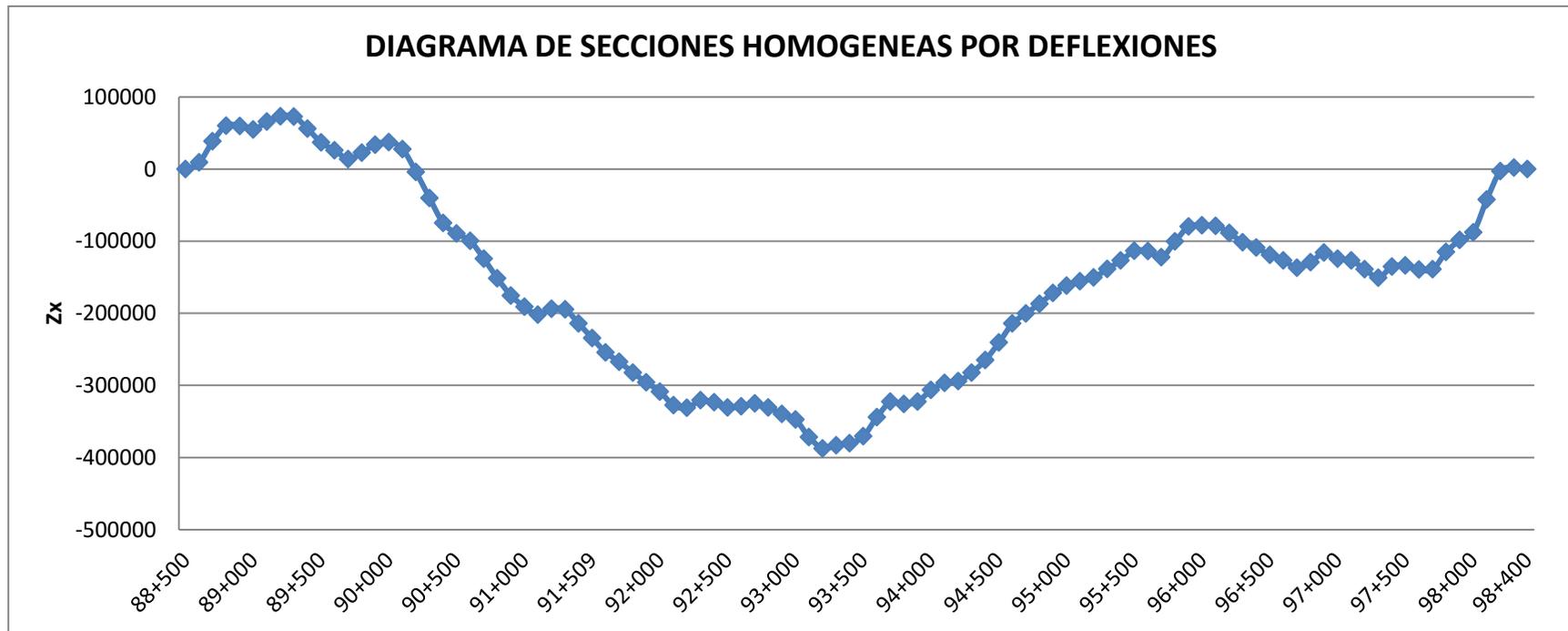
90+500	100	2000	558	385	38500	975400	-89609
90+600	100	2100	303	431	43050	1018450	-99810
90+700	100	2200	273	288	28800	1047250	-124260
90+800	100	2300	247	260	26000	1073250	-151511
90+900	100	2400	341	294	29400	1102650	-175361
91+000	100	2500	412	377	37650	1140300	-190962
91+100	100	2600	433	423	42250	1182550	-201962
91+200	100	2700	798	616	61550	1244100	-193663
91+300	100	2800	247	523	52250	1296350	-194663
91+400	100	2900	429	338	33800	1330150	-214113
91+509	109	3009	260	345	37551	1367701	-234606
91+600	91	3100	371	316	28711	1396411	-254353
91+700	100	3200	434	403	40250	1436661	-267354
91+800	100	3300	334	384	38400	1475061	-282204
91+900	100	3400	458	396	39600	1514661	-295855
92+000	100	3500	350	404	40400	1555061	-308705
92+100	100	3600	338	344	34400	1589461	-327556
92+200	100	3700	657	498	49750	1639211	-331056
92+300	100	3800	618	638	63750	1702961	-320557
92+400	100	3900	388	503	50300	1753261	-323507
92+500	100	4000	536	462	46200	1799461	-330558
92+600	100	4100	557	547	54650	1854111	-329158
92+700	100	4200	590	574	57350	1911461	-325059
92+800	100	4300	366	478	47800	1959261	-330509
92+900	100	4400	514	440	44000	2003261	-339759

93+000	100	4500	396	455	45500	2048761	-347510
93+100	100	4600	186	291	29100	2077861	-371660
93+200	100	4700	565	376	37550	2115411	-387361
93+300	100	4800	588	577	57650	2173061	-382961
93+400	100	4900	532	560	56000	2229061	-380212
93+500	100	5000	726	629	62900	2291961	-370562
93+600	100	5100	871	799	79850	2371811	-343963
93+700	100	5200	618	745	74450	2446261	-322763
93+800	100	5300	385	502	50150	2496411	-325864
93+900	100	5400	749	567	56700	2553111	-322414
94+000	100	5500	637	693	69300	2622411	-306365
94+105	105	5605	614	626	65678	2688089	-296600
94+200	95	5700	500	557	52915	2741004	-294273
94+300	100	5800	807	654	65350	2806354	-282173
94+400	100	5900	603	705	70500	2876854	-264924
94+500	100	6000	949	776	77600	2954454	-240574
94+600	100	6100	643	796	79600	3034054	-214225
94+700	100	6200	702	673	67250	3101304	-200225
94+800	100	6300	633	668	66750	3168054	-186726
94+900	100	6400	727	680	68000	3236054	-171976
95+000	100	6500	544	636	63550	3299604	-161677
95+100	100	6600	639	592	59150	3358754	-155777
95+200	100	6700	533	586	58600	3417354	-150428
95+300	100	6800	770	652	65150	3482504	-138528
95+400	100	6900	526	648	64800	3547304	-126979

95+500	100	7000	808	667	66700	3614004	-113529
95+600	100	7100	253	531	53050	3667054	-113729
95+700	100	7200	638	446	44550	3711604	-122430
95+800	100	7300	864	751	75100	3786704	-100580
95+900	100	7400	621	743	74250	3860954	-79581
96+000	100	7500	474	548	54750	3915704	-78081
96+100	100	7600	578	526	52600	3968304	-78732
96+201	101	7701	289	434	43784	4012087	-88731
96+300	99	7800	513	401	39699	4051786	-101750
96+400	100	7900	405	459	45900	4097686	-109101
96+500	100	8000	463	434	43400	4141086	-118951
96+600	100	8100	446	455	45450	4186536	-126752
96+700	100	8200	418	432	43200	4229736	-136802
96+799	99	8299	800	609	60291	4290027	-129229
96+900	101	8400	533	667	67317	4357344	-115696
97+000	100	8500	357	445	44500	4401844	-124446
97+100	100	8600	663	510	51000	4452844	-126696
97+200	100	8700	155	409	40900	4493744	-139047
97+300	100	8800	679	417	41700	4535444	-150597
97+400	100	8900	691	685	68500	4603944	-135348
97+500	100	9000	410	551	55050	4658994	-133548
97+600	100	9100	541	476	47550	4706544	-139249
97+700	100	9200	529	535	53500	4760044	-138999
97+800	100	9300	1014	772	77150	4837194	-115100
97+900	100	9400	385	700	69950	4907144	-98400

98+000	100	9500	895	640	64000	4971144	-87651
98+101	101	9601	1070	983	99233	5070376	-42201
98+200	99	9700	790	930	92070	5162446	-2849
98+300	100	9800	369	580	57950	5220396	1850
98+400	100	9900	659	514	51400	5271796	0

F =	533
-----	-----



NORMA APLICADA	PROYECTO	CARRIL	ABSCISA	FECHA
AASTHO 1993	CHUNCHI - ZHUD	DERECHO	123+000-165+700	01/02/2009

ABSCISA	DISTANCIA INTERVALO $\Delta x_i$	DISTANCIA ACUMULATIVA $\sum \Delta x_i$	DEFLEXION D1 (umm)		AREA INTERVALO $a_i$	AREA ACUMULATIVA $\sum a_i$	DIFERENCIA ACUMULADA $Z_x$
			ENSAYADA	PROMEDIO			
123+000	0	0	285	285	0	0	0
123+100	100	100	271	278	27800	27800	10665
123+200	100	200	776	524	52350	80150	45881
123+300	100	300	260	518	51800	131950	80546
123+400	100	400	309	285	28450	160400	91862
123+500	100	500	188	249	24850	185250	99577
123+600	100	600	324	256	25600	210850	108043
123+700	100	700	372	348	34800	245650	125708
123+800	100	800	235	304	30350	276000	138923
123+900	100	900	287	261	26100	302100	147889
124+000	100	1000	172	230	22950	325050	153704
124+100	100	1100	140	156	15600	340650	152170
124+200	100	1200	189	165	16450	357100	151485
124+300	100	1300	337	263	26300	383400	160651
124+400	100	1400	161	249	24900	408300	168416
124+500	100	1500	251	206	20600	428900	171881
124+600	100	1600	236	244	24350	453250	179097
124+700	100	1700	109	173	17250	470500	179212
124+800	100	1800	212	161	16050	486550	178128
124+900	100	1900	317	265	26450	513000	187443

125+000	100	2000	74	196	19550	532550	189859
125+100	100	2100	139	107	10650	543200	183374
125+200	100	2200	109	124	12400	555600	178639
125+300	100	2300	109	109	10900	566500	172405
125+400	100	2400	251	180	18000	584500	173270
125+500	100	2500	148	200	19950	604450	176086
125+606	106	2606	171	160	16907	621357	174830
125+700	94	2700	136	154	14429	635786	173153
125+800	100	2800	165	151	15050	650836	171068
125+900	100	2900	170	168	16750	667586	170683
126+000	100	3000	163	167	16650	684236	170199
126+100	100	3100	243	203	20300	704536	173364
126+200	100	3200	85	164	16400	720936	172630
126+300	100	3300	132	109	10850	731786	166345
126+400	100	3400	183	158	15750	747536	164960
126+500	100	3500	117	150	15000	762536	162826
126+600	100	3600	136	127	12650	775186	158341
126+700	100	3700	195	166	16550	791736	157757
126+800	100	3800	144	170	16950	808686	157572
126+900	100	3900	136	140	14000	822686	154438
127+000	100	4000	180	158	15800	838486	153103
127+100	100	4100	192	186	18600	857086	154568
127+200	100	4200	164	178	17800	874886	155234
127+300	100	4300	183	174	17350	892236	155449
127+400	100	4400	117	150	15000	907236	153315

127+500	100	4500	132	125	12450	919686	148630
127+600	100	4600	229	181	18050	937736	149546
127+701	101	4701	209	219	22119	959855	154359
127+800	99	4800	126	168	16583	976438	153978
127+900	100	4900	246	186	18600	995038	155443
128+000	100	5000	119	183	18250	1013288	156559
128+100	100	5100	185	152	15200	1028488	154624
128+206	106	5206	194	190	20087	1048575	156549
128+300	94	5300	94	144	13536	1062111	153978
128+400	100	5400	141	118	11750	1073861	148594
128+500	100	5500	95	118	11800	1085661	143259
128+600	100	5600	105	100	10000	1095661	136124
128+700	100	5700	135	120	12000	1107661	130990
128+800	100	5800	115	125	12500	1120161	126355
128+900	100	5900	164	140	13950	1134111	123171
129+000	100	6000	83	124	12350	1146461	118386
129+101	101	6101	94	89	8939	1155399	110019
129+200	99	6200	88	91	9009	1164408	102064
129+300	100	6300	79	84	8350	1172758	93280
129+400	100	6400	82	81	8050	1180808	84195
129+500	100	6500	1058	570	57000	1237808	124061
129+600	100	6600	255	657	65650	1303458	172576
129+700	100	6700	99	177	17700	1321158	173142
129+800	100	6800	125	112	11200	1332358	167207
129+900	100	6900	144	135	13450	1345808	163522

130+000	100	7000	221	183	18250	1364058	164638
130+100	100	7100	219	220	22000	1386058	169503
130+200	100	7200	167	193	19300	1405358	171669
130+300	100	7300	188	178	17750	1423108	172284
130+400	100	7400	129	159	15850	1438958	171000
130+500	100	7500	119	124	12400	1451358	166265
130+600	100	7600	208	164	16350	1467708	165480
130+700	100	7700	94	151	15100	1482808	163446
130+800	100	7800	93	94	9350	1492158	155661
130+900	100	7900	109	101	10100	1502258	148627
131+000	100	8000	113	111	11100	1513358	142592
131+100	100	8100	123	118	11800	1525158	137258
131+200	100	8200	88	106	10550	1535708	130673
131+300	100	8300	213	151	15050	1550758	128588
131+400	100	8400	311	262	26200	1576958	137654
131+500	100	8500	69	190	19000	1595958	139519
131+600	100	8600	246	158	15750	1611708	138135
131+700	100	8700	183	215	21450	1633158	142450
131+800	100	8800	222	203	20250	1653408	145566
131+900	100	8900	110	166	16600	1670008	154031
132+000	100	9000	202	156	15600	1685608	143496
132+100	100	9100	257	230	22950	1708558	149312
132+200	100	9200	179	218	21800	1730358	153977
132+300	100	9300	169	174	17400	1747758	154243
132+400	100	9400	111	140	14000	1761758	151108

132+500	100	9500	178	145	14450	1776208	148423
132+600	100	9600	239	209	20850	1797058	152139
132+700	100	9700	92	166	16550	1813608	151554
132+800	100	9800	399	246	24550	1838158	158970
132+902	102	9902	164	282	28713	1866871	170206
133+000	98	10000	57	111	10829	1877700	164243
133+100	100	10100	89	73	7300	1885000	154408
133+200	100	10200	111	100	10000	1895000	147273
133+304	104	10304	145	128	13312	1908312	142766
133+400	96	10400	161	153	14688	1923000	141004
133+500	100	10500	156	159	15850	1938850	139720
133+600	100	10600	294	225	22500	1961350	145085
133+700	100	10700	142	218	21800	1983150	149751
133+800	100	10800	292	217	21700	2004850	154316
133+900	100	10900	214	253	25300	2030150	162481
134+000	100	11000	146	180	18000	2048150	163347
134+100	100	11100	131	139	13850	2062000	160062
134+200	100	11200	429	280	28000	2090000	170928
134+300	100	11300	220	325	32450	2122450	186243
134+400	100	11400	141	181	18050	2140500	187159
134+500	100	11500	179	160	16000	2156500	186024
134+600	100	11600	104	142	14150	2170650	183039
134+700	100	11700	241	173	17250	2187900	183155
134+800	100	11800	114	178	17750	2205650	183770
134+900	100	11900	197	156	15550	2221200	182186

135+000	100	12000	389	293	29300	2250500	194351
135+100	100	12100	94	242	24150	2274650	201367
135+200	100	12200	108	101	10100	2284750	194332
135+300	100	12300	325	217	21650	2306400	198847
135+403	103	12403	176	251	25802	2332202	207000
135+500	97	12500	268	222	21534	2353736	211914
135+601	101	12601	86	177	17877	2371613	212485
135+700	99	12700	144	115	11385	2382998	206907
135+800	100	12800	210	177	17700	2400698	207472
135+900	100	12900	222	216	21600	2422298	211937
136+000	100	13000	141	182	18150	2440448	212953
136+100	100	13100	228	185	18450	2458898	214268
136+200	100	13200	94	161	16100	2474998	213234
136+300	100	13300	132	113	11300	2486298	207399
136+400	100	13400	279	206	20550	2506848	210815
136+500	100	13500	549	414	41400	2548248	235080
136+600	100	13600	251	400	40000	2588248	257945
136+700	100	13700	239	245	24500	2612748	265311
136+800	100	13800	273	256	25600	2638348	273776
136+900	100	13900	255	264	26400	2664748	283042
137+000	100	14000	92	174	17350	2682098	283257
137+103	103	14103	133	113	11588	2693685	277196
137+200	97	14200	76	105	10137	2703822	270712
137+300	100	14300	112	94	9400	2713222	262977
137+400	100	14400	249	181	18050	2731272	263893

137+500	100	14500	240	245	24450	2755722	271208
137+600	100	14600	191	216	21550	2777272	275624
137+700	100	14700	220	206	20550	2797822	279039
137+800	100	14800	187	204	20350	2818172	282255
137+901	101	14901	113	150	15150	2833322	280099
138+000	99	15000	165	139	13761	2847083	276896
138+100	100	15100	109	137	13700	2860783	273462
138+200	100	15200	213	161	16100	2876883	272427
138+300	100	15300	147	180	18000	2894883	273293
138+400	100	15400	138	143	14250	2909133	270408
138+500	100	15500	145	142	14150	2923283	267424
138+600	100	15600	192	169	16850	2940133	267139
138+700	100	15700	104	148	14800	2954933	264804
138+800	100	15800	134	119	11900	2966833	259570
138+910	110	15910	172	153	16830	2983663	257552
139+000	90	16000	73	123	11025	2994688	253156
139+100	100	16100	138	106	10550	3005238	246571
139+200	100	16200	100	119	11900	3017138	241337
139+300	100	16300	104	102	10200	3027338	234402
139+400	100	16400	112	108	10800	3038138	228067
139+500	100	16500	132	122	12200	3050338	223133
139+600	100	16600	70	101	10100	3060438	216098
139+705	105	16705	53	62	6458	3066895	204564
139+800	95	16800	78	66	6223	3073118	194509
139+900	100	16900	322	200	20000	3093118	197375

140+000	100	17000	131	227	22650	3115768	202890
140+100	100	17100	272	202	20150	3135918	205905
140+200	100	17200	221	247	24650	3160568	213421
140+300	100	17300	254	238	23750	3184318	220036
140+400	100	17400	88	171	17100	3201418	220002
140+500	100	17500	111	100	9950	3211368	212817
140+600	100	17600	69	90	9000	3220368	204683
140+700	100	17700	75	72	7200	3227568	194748
140+800	100	17800	279	177	17700	3245268	195313
140+900	100	17900	111	195	19500	3264768	197679
141+000	100	18000	122	117	11650	3276418	192194
141+100	100	18100	141	132	13150	3289568	188210
141+200	100	18200	62	102	10150	3299718	181225
141+300	100	18300	337	200	19950	3319668	184041
141+400	100	18400	125	231	23100	3342768	190006
141+500	100	18500	237	181	18100	3360868	190971
141+600	100	18600	295	266	26600	3387468	200437
141+703	103	18703	130	213	21888	3409355	204676
141+800	97	18800	107	119	11495	3420850	199550
141+900	100	18900	288	198	19750	3440600	202165
142+000	100	19000	213	251	25050	3465650	210080
142+100	100	19100	123	168	16800	3482450	209746
142+200	100	19200	181	152	15200	3497650	207811
142+300	100	19300	124	153	15250	3512900	205927
142+405	105	19405	67	96	10028	3522927	197963

142+500	95	19500	96	82	7743	3530670	189428
142+600	100	19600	373	235	23450	3554120	195743
142+700	100	19700	166	270	26950	3581070	205558
142+800	100	19800	114	140	14000	3595070	202424
142+900	100	19900	186	150	15000	3610070	200289
143+000	100	20000	194	190	19000	3629070	202155
143+101	101	20101	128	161	16261	3645331	201110
143+200	99	20200	102	115	11385	3656716	195532
143+300	100	20300	105	104	10350	3667066	188747
143+400	100	20400	98	102	10150	3677216	181762
143+500	100	20500	185	142	14150	3691366	178778
143+600	100	20600	136	161	16050	3707416	177693
143+700	100	20700	122	129	12900	3720316	173459
143+800	100	20800	84	103	10300	3730616	166624
143+904	104	20904	70	77	8008	3738624	156812
144+000	96	21000	83	77	7344	3745968	147707
144+101	101	21101	180	132	13282	3759249	143683
144+200	99	21200	74	127	12573	3771822	139292
144+300	100	21300	140	107	10700	3782522	132858
144+405	105	21405	223	182	19058	3801580	133924
144+500	95	21500	304	264	25033	3826612	142679
144+600	100	21600	185	245	24450	3851062	149994
144+700	100	21700	258	222	22150	3873212	155009
144+800	100	21800	115	187	18650	3891862	156525
144+900	100	21900	206	161	16050	3907912	155440

145+000	100	22000	113	160	15950	3923862	154256
145+100	100	22100	229	171	17100	3940962	154221
145+214	114	22214	316	273	31065	3972027	165753
145+300	86	22300	1040	678	58308	4030335	209325
145+400	100	22400	154	597	59700	4090035	251890
145+500	100	22500	65	110	10950	4100985	245706
145+600	100	22600	257	161	16100	4117085	244671
145+701	101	22701	132	195	19645	4136730	247010
145+800	99	22800	126	129	12771	4149501	242818
145+900	100	22900	118	122	12200	4161701	237883
146+005	105	23005	153	136	14228	4175928	234119
146+100	95	23100	276	215	20378	4196306	238219
146+200	100	23200	76	176	17600	4213906	238684
146+300	100	23300	92	84	8400	4222306	229950
146+400	100	23400	87	90	8950	4231256	221765
146+500	100	23500	79	83	8300	4239556	212931
146+600	100	23600	60	70	6950	4246506	202746
146+700	100	23700	59	60	5950	4252456	191562
146+800	100	23800	136	98	9750	4262206	184177
146+907	107	23907	155	146	15569	4277774	181411
147+000	93	24000	645	400	37200	4314974	202676
147+100	100	24100	122	384	38350	4353324	223892
147+200	100	24200	112	117	11700	4365024	218457
147+300	100	24300	98	105	10500	4375524	211823
147+400	100	24400	138	118	11800	4387324	206488

147+510	110	24510	159	149	16335	4403659	203975
147+600	90	24600	209	184	16560	4420219	205114
147+700	100	24700	97	153	15300	4435519	203279
147+800	100	24800	112	105	10450	4445969	196595
147+900	100	24900	241	177	17650	4463619	197110
148+000	100	25000	187	214	21400	4485019	201376
148+100	100	25100	104	146	14550	4499569	198791
148+200	100	25200	171	138	13750	4513319	195406
148+300	100	25300	147	159	15900	4529219	194172
148+400	100	25400	152	150	14950	4544169	191987
148+500	100	25500	121	137	13650	4557819	188503
148+600	100	25600	138	130	12950	4570769	184318
148+700	100	25700	181	160	15950	4586719	183134
148+800	100	25800	75	128	12800	4599519	178799
148+900	100	25900	94	85	8450	4607969	170114
149+000	100	26000	67	81	8050	4616019	161030
149+100	100	26100	61	64	6400	4622419	150295
149+200	100	26200	75	68	6800	4629219	139961
149+300	100	26300	71	73	7300	4636519	130126
149+400	100	26400	106	89	8850	4645369	121842
149+500	100	26500	132	119	11900	4657269	116607
149+600	100	26600	182	157	15700	4672969	115172
149+700	100	26700	119	151	15050	4688019	113088
149+800	100	26800	286	203	20250	4708269	116203
149+900	100	26900	154	220	22000	4730269	121069

150+000	100	27000	69	112	11150	4741419	115084
150+100	100	27100	103	86	8600	4750019	106550
150+200	100	27200	128	116	11550	4761569	100965
150+300	100	27300	120	124	12400	4773969	96230
150+400	100	27400	70	95	9500	4783469	88596
150+500	100	27500	75	73	7250	4790719	78711
150+600	100	27600	166	121	12050	4802769	73627
150+700	100	27700	119	143	14250	4817019	70742
150+800	100	27800	156	138	13750	4830769	67357
150+900	100	27900	214	185	18500	4849269	68723
151+000	100	28000	157	186	18550	4867819	70138
151+100	100	28100	102	130	12950	4880769	65954
151+200	100	28200	103	103	10250	4891019	59069
151+300	100	28300	76	90	8950	4899969	50885
151+400	100	28400	80	78	7800	4907769	41550
151+503	103	28503	75	78	7983	4915752	31884
151+600	97	28600	111	93	9021	4924773	24284
151+700	100	28700	110	111	11050	4935823	18200
151+800	100	28800	161	136	13550	4949373	14615
151+900	100	28900	124	143	14250	4963623	11731
152+000	100	29000	99	112	11150	4974773	5746
152+100	100	29100	200	150	14950	4989723	3562
152+200	100	29200	184	192	19200	5008923	5627
152+300	100	29300	141	163	16250	5025173	4742
152+400	100	29400	100	121	12050	5037223	-342

152+500	100	29500	129	115	11450	5048673	-6027
152+600	100	29600	170	150	14950	5063623	-8211
152+700	100	29700	97	134	13350	5076973	-11996
152+800	100	29800	76	87	8650	5085623	-20480
152+900	100	29900	107	92	9150	5094773	-28465
153+000	100	30000	166	137	13650	5108423	-31950
153+100	100	30100	98	132	13200	5121623	-35884
153+200	100	30200	150	124	12400	5134023	-40619
153+300	100	30300	141	146	14550	5148573	-43203
153+400	100	30400	143	142	14200	5162773	-46138
153+500	100	30500	213	178	17800	5180573	-45473
153+600	100	30600	95	154	15400	5195973	-47207
153+700	100	30700	111	103	10300	5206273	-54042
153+800	100	30800	135	123	12300	5218573	-58876
153+900	100	30900	102	119	11850	5230423	-64161
154+000	100	31000	98	100	10000	5240423	-71295
154+100	100	31100	70	84	8400	5248823	-80030
154+200	100	31200	108	89	8900	5257723	-88265
154+300	100	31300	99	104	10350	5268073	-95049
154+400	100	31400	84	92	9150	5277223	-103034
154+500	100	31500	76	80	8000	5285223	-112168
154+600	100	31600	67	72	7150	5292373	-122153
154+700	100	31700	97	82	8200	5300573	-131087
154+800	100	31800	79	88	8800	5309373	-139422
154+900	100	31900	155	117	11700	5321073	-144857

155+000	100	32000	178	167	16650	5337723	-145341
155+100	100	32100	131	155	15450	5353173	-147026
155+200	100	32200	109	120	12000	5365173	-152160
155+300	100	32300	142	126	12550	5377723	-156745
155+400	100	32400	104	123	12300	5390023	-161579
155+500	100	32500	111	108	10750	5400773	-167964
155+600	100	32600	71	91	9100	5409873	-175999
155+700	100	32700	83	77	7700	5417573	-185433
155+800	100	32800	130	107	10650	5428223	-191918
155+900	100	32900	88	109	10900	5439123	-198152
156+000	100	33000	312	200	20000	5459123	-195287
156+100	100	33100	238	275	27500	5486623	-184921
156+200	100	33200	162	200	20000	5506623	-182056
156+300	100	33300	291	227	22650	5529273	-176541
156+403	103	33403	173	232	23896	5553169	-170293
156+500	97	33500	59	116	11252	5564421	-175662
156+600	100	33600	86	73	7250	5571671	-185546
156+700	100	33700	91	89	8850	5580521	-193831
156+800	100	33800	133	112	11200	5591721	-199765
156+900	100	33900	73	103	10300	5602021	-206600
157+000	100	34000	117	95	9500	5611521	-214235
157+100	100	34100	95	106	10600	5622121	-220769
157+200	100	34200	92	94	9350	5631471	-228554
157+300	100	34300	119	106	10550	5642021	-235138
157+400	100	34400	96	108	10750	5652771	-241523

157+500	100	34500	174	135	13500	5666271	-245157
157+600	100	34600	231	203	20250	5686521	-242042
157+700	100	34700	217	224	22400	5708921	-236777
157+800	100	34800	156	187	18650	5727571	-235261
157+900	100	34900	243	200	19950	5747521	-232446
158+000	100	35000	362	303	30250	5777771	-219330
158+100	100	35100	211	287	28650	5806421	-207815
158+200	100	35200	117	164	16400	5822821	-208549
158+300	100	35300	175	146	14600	5837421	-211084
158+400	100	35400	124	150	14950	5852371	-213269
158+500	100	35500	162	143	14300	5866671	-216103
158+600	100	35600	209	186	18550	5885221	-214688
158+700	100	35700	148	179	17850	5903071	-213972
158+805	105	35805	129	139	14543	5917613	-217421
158+900	95	35900	116	123	11638	5929251	-222061
159+000	100	36000	117	117	11650	5940901	-227546
159+100	100	36100	130	124	12350	5953251	-232331
159+200	100	36200	164	147	14700	5967951	-234765
159+300	100	36300	476	320	32000	5999951	-219900
159+400	100	36400	242	359	35900	6035851	-201134
159+500	100	36500	174	208	20800	6056651	-197469
159+600	100	36600	175	175	17450	6074101	-197154
159+700	100	36700	144	160	15950	6090051	-198338
159+800	100	36800	157	151	15050	6105101	-200423
159+900	100	36900	240	199	19850	6124951	-197707

160+000	100	37000	182	211	21100	6146051	-193742
160+100	100	37100	263	223	22250	6168301	-188626
160+200	100	37200	208	236	23550	6191851	-182211
160+300	100	37300	172	190	19000	6210851	-180346
160+400	100	37400	171	172	17150	6228001	-180330
160+500	100	37500	166	169	16850	6244851	-180615
160+600	100	37600	360	263	26300	6271151	-171449
160+700	100	37700	291	326	32550	6303701	-156034
160+800	100	37800	642	467	46650	6350351	-126518
160+900	100	37900	241	442	44150	6394501	-99503
161+000	100	38000	123	182	18200	6412701	-98438
161+100	100	38100	221	172	17200	6429901	-98372
161+200	100	38200	413	317	31700	6461601	-83807
161+300	100	38300	180	297	29650	6491251	-71291
161+400	100	38400	392	286	28600	6519851	-59826
161+503	103	38503	179	286	29407	6549257	-48068
161+600	97	38600	317	248	24056	6573313	-40632
161+700	100	38700	455	386	38600	6611913	-19167
161+800	100	38800	408	432	43150	6655063	6848
161+900	100	38900	145	277	27650	6682713	17364
162+000	100	39000	102	124	12350	6695063	12579
162+100	100	39100	83	93	9250	6704313	4695
162+200	100	39200	138	111	11050	6715363	-1390
162+300	100	39300	669	404	40350	6755713	21826
162+400	100	39400	107	388	38800	6794513	43491

162+500	100	39500	125	116	11600	6806113	37956
162+600	100	39600	173	149	14900	6821013	35722
162+700	100	39700	102	138	13750	6834763	32337
162+800	100	39800	175	139	13850	6848613	29053
162+900	100	39900	108	142	14150	6862763	26068
163+000	100	40000	192	150	15000	6877763	23933
163+106	106	40106	143	168	17755	6895518	23526
163+200	94	40200	92	118	11045	6906563	18464
163+300	100	40300	167	130	12950	6919513	14280
163+400	100	40400	123	145	14500	6934013	11645
163+500	100	40500	70	97	9650	6943663	4161
163+600	100	40600	49	60	5950	6949613	-7024
163+700	100	40700	100	75	7450	6957063	-16709
163+800	100	40800	87	94	9350	6966413	-24493
163+900	100	40900	125	106	10600	6977013	-31028
164+000	100	41000	168	147	14650	6991663	-33512
164+100	100	41100	130	149	14900	7006563	-35747
164+200	100	41200	246	188	18800	7025363	-34081
164+301	101	41301	124	185	18685	7044048	-32702
164+400	99	41400	91	108	10643	7054691	-39023
164+501	101	41501	223	157	15857	7070548	-40472
164+600	99	41600	346	285	28166	7098713	-29270
164+700	100	41700	238	292	29200	7127913	-17204
164+800	100	41800	133	186	18550	7146463	-15789
164+900	100	41900	119	126	12600	7159063	-20323

165+000	100	42000	101	110	11000	7170063	-26458
165+100	100	42100	139	120	12000	7182063	-31593
165+200	100	42200	528	334	33350	7215413	-15377
165+300	100	42300	197	363	36250	7251663	3738
165+400	100	42400	215	206	20600	7272263	7204
165+500	100	42500	151	183	18300	7290563	8369
165+600	100	42600	87	119	11900	7302463	3135
165+700	100	42700	193	140	14000	7316463	0

F =	171
-----	-----

**DIAGRAMA DE SECCIONES HOMOGENEAS POR DEFLEXIONES**



NORMA APLICADA	PROYECTO	CARRIL	ABSCISA	FECHA
AASTHO 1993	LICAN - BALBANEDA	IZQUIERDO	0+500-15+750	01/02/2009

ABSCISA	DISTANCIA INTERVALO $\Delta x_i$	DISTANCIA ACUMULATIVA $\sum \Delta x_i$	DEFLEXION D1 (umm)		AREA INTERVALO $a_i$	AREA ACUMULATIVA $\sum a_i$	DIFERENCIA ACUMULADA $Z_x$
			ENSAYADA	PROMEDIO			
0+050	0	0	606	606	0	0	0
0+150	100	100	884	745	74500	74500	18413
0+250	100	200	442	663	66300	140800	28625
0+350	100	300	699	571	57050	197850	29588
0+450	100	400	597	648	64800	262650	38301
0+550	100	500	635	616	61600	324250	43814
0+650	100	600	513	574	57400	381650	45126
0+750	100	700	565	539	53900	435550	42939
0+850	100	800	450	508	50750	486300	37602
0+950	100	900	557	504	50350	536650	31865
1+050	100	1000	744	651	65050	601700	40827
1+150	100	1100	609	677	67650	669350	52390
1+250	100	1200	612	611	61050	730400	57353
1+350	100	1300	544	578	57800	788200	59066
1+450	100	1400	437	491	49050	837250	52028
1+550	100	1500	598	518	51750	889000	47691
1+650	100	1600	544	571	57100	946100	48704
1+750	100	1700	509	527	52650	998750	45267
1+850	100	1800	505	507	50700	1049450	39879
1+950	100	1900	544	525	52450	1101900	36242

2+050	100	2000	495	520	51950	1153850	32105
2+150	100	2100	578	537	53650	1207500	29668
2+250	100	2200	442	510	51000	1258500	24580
2+350	100	2300	399	421	42050	1300550	10543
2+450	100	2400	654	527	52650	1353200	7106
2+550	100	2500	448	551	55100	1408300	6118
2+650	100	2600	451	450	44950	1453250	-5019
2+750	100	2700	510	481	48050	1501300	-13056
2+850	100	2800	351	431	43050	1544350	-26093
2+950	100	2900	490	421	42050	1586400	-40131
3+050	100	3000	441	466	46550	1632950	-49668
3+150	100	3100	606	524	52350	1685300	-53405
3+250	100	3200	733	670	66950	1752250	-42542
3+350	100	3300	1074	904	90350	1842600	-8280
3+450	100	3400	420	747	74700	1917300	10333
3+550	100	3500	452	436	43600	1960900	-2154
3+650	100	3600	400	426	42600	2003500	-15641
3+750	100	3700	882	641	64100	2067600	-7629
3+850	100	3800	516	699	69900	2137500	6184
3+950	100	3900	310	413	41300	2178800	-8603
4+050	100	4000	1078	694	69400	2248200	4710
4+150	100	4100	519	799	79850	2328050	28472
4+250	100	4200	549	534	53400	2381450	25785
4+350	100	4300	747	648	64800	2446250	34498
4+450	100	4400	845	796	79600	2525850	58011

4+550	100	4500	872	859	85850	2611700	87773
4+650	100	4600	723	798	79750	2691450	111436
4+750	100	4700	730	727	72650	2764100	127999
4+850	100	4800	470	600	60000	2824100	131911
4+950	100	4900	411	441	44050	2868150	119874
5+050	100	5000	505	458	45800	2913950	109587
5+150	100	5100	593	549	54900	2968850	108400
5+250	100	5200	564	579	57850	3026700	110162
5+350	100	5300	692	628	62800	3089500	116875
5+450	100	5400	446	569	56900	3146400	117688
5+550	100	5500	661	554	55350	3201750	116951
5+650	100	5600	480	571	57050	3258800	117913
5+750	100	5700	408	444	44400	3303200	106226
5+850	100	5800	450	429	42900	3346100	93039
5+950	100	5900	1016	733	73300	3419400	110252
6+050	100	6000	730	873	87300	3506700	141464
6+150	100	6100	649	690	68950	3575650	154327
6+250	100	6200	722	686	68550	3644200	166790
6+350	100	6300	634	678	67800	3712000	178503
6+450	100	6400	851	743	74250	3786250	196665
6+550	100	6500	482	667	66650	3852900	207228
6+650	100	6600	615	549	54850	3907750	205991
6+750	100	6700	846	731	73050	3980800	222954
6+850	100	6800	847	847	84650	4065450	251516
6+950	100	6900	480	664	66350	4131800	261779

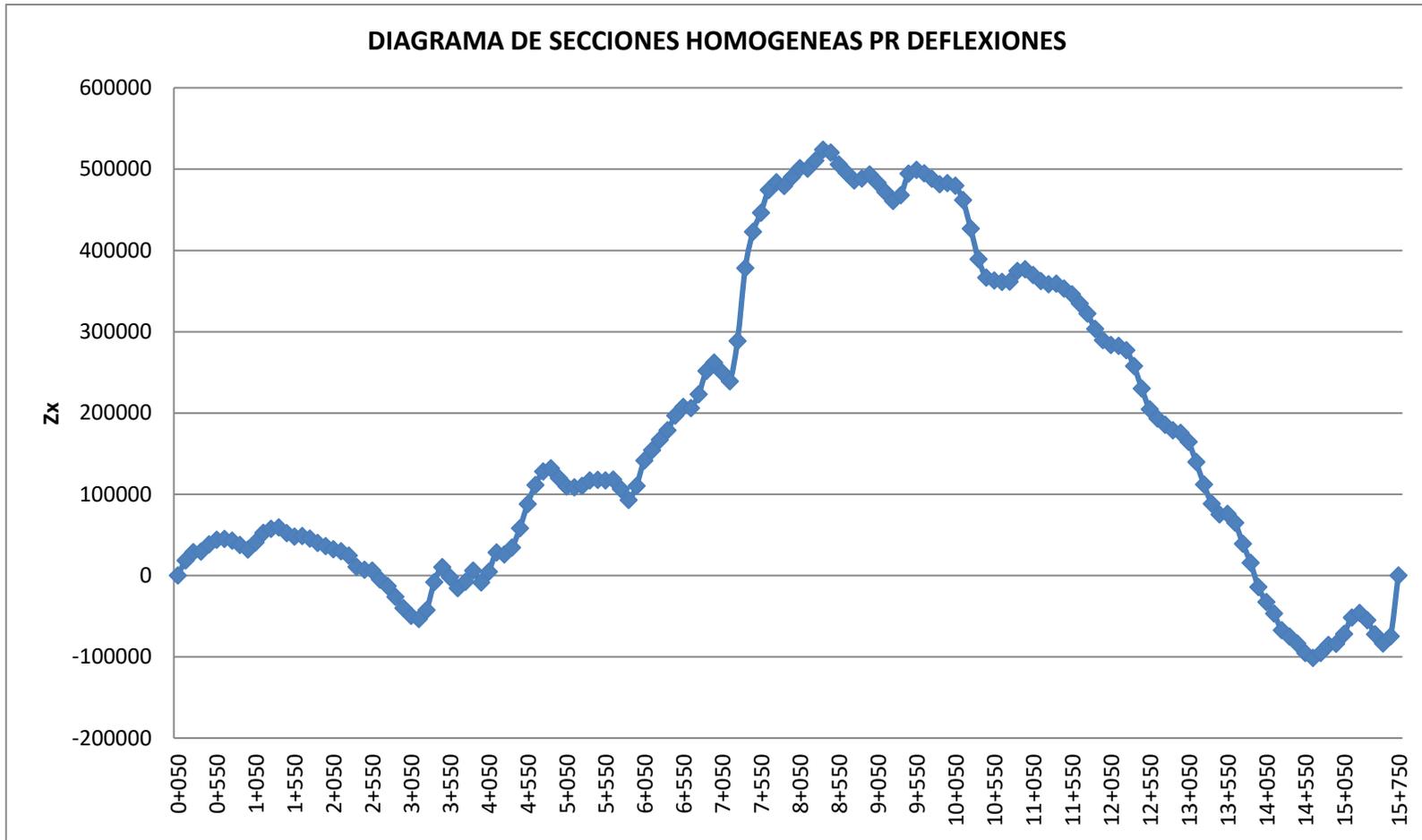
7+050	100	7000	404	442	44200	4176000	249892
7+150	100	7100	497	451	45050	4221050	238854
7+250	100	7200	1620	1059	105850	4326900	288617
7+350	100	7300	1294	1457	145700	4472600	378230
7+450	100	7400	719	1007	100650	4573250	422793
7+550	100	7500	871	795	79500	4652750	446205
7+650	100	7600	813	842	84200	4736950	474318
7+750	100	7700	496	655	65450	4802400	483681
7+850	100	7800	539	518	51750	4854150	479344
7+950	100	7900	799	669	66900	4921050	490156
8+050	100	8000	544	672	67150	4988200	501219
8+150	100	8100	567	556	55550	5043750	500682
8+250	100	8200	749	658	65800	5109550	510395
8+350	100	8300	642	696	69550	5179100	523857
8+450	100	8400	407	525	52450	5231550	520220
8+550	100	8500	430	419	41850	5273400	505983
8+650	100	8600	481	456	45550	5318950	495446
8+750	100	8700	451	466	46600	5365550	485958
8+850	100	8800	724	588	58750	5424300	488621
8+950	100	8900	492	608	60800	5485100	493334
9+050	100	9000	423	458	45750	5530850	482996
9+150	100	9100	472	448	44750	5575600	471659
9+250	100	9200	430	451	45100	5620700	460672
9+350	100	9300	838	634	63400	5684100	467985
9+450	100	9400	817	828	82750	5766850	494647

9+550	100	9500	397	607	60700	5827550	499260
9+650	100	9600	640	519	51850	5879400	495023
9+750	100	9700	343	492	49150	5928550	488086
9+850	100	9800	642	493	49250	5977800	481248
9+950	100	9900	513	578	57750	6035550	482911
10+050	100	10000	542	528	52750	6088300	479574
10+150	100	10100	226	384	38400	6126700	461887
10+250	100	10200	192	209	20900	6147600	426699
10+350	100	10300	180	186	18600	6166200	389212
10+450	100	10400	486	333	33300	6199500	366425
10+550	100	10500	567	527	52650	6252150	362988
10+650	100	10600	518	543	54250	6306400	361150
10+750	100	10700	610	564	56400	6362800	361463
10+850	100	10800	779	695	69450	6432250	374826
10+950	100	10900	382	581	58050	6490300	376789
11+050	100	11000	598	490	49000	6539300	369701
11+150	100	11100	375	487	48650	6587950	362264
11+250	100	11200	668	522	52150	6640100	358327
11+350	100	11300	466	567	56700	6696800	358939
11+450	100	11400	541	504	50350	6747150	353202
11+550	100	11500	435	488	48800	6795950	345915
11+650	100	11600	461	448	44800	6840750	334628
11+750	100	11700	409	435	43500	6884250	322040
11+850	100	11800	342	376	37550	6921800	303503
11+950	100	11900	505	424	42350	6964150	289766

12+050	100	12000	493	499	49900	7014050	283597
12+150	100	12100	611	552	55200	7069250	282691
12+250	100	12200	404	508	50750	7120000	277354
12+350	100	12300	327	366	36550	7156550	257817
12+450	100	12400	239	283	28300	7184850	230030
12+550	100	12500	376	308	30750	7215600	204692
12+650	100	12600	513	445	44450	7260050	193055
12+750	100	12700	452	483	48250	7308300	185218
12+850	100	12800	535	494	49350	7357650	178481
12+950	100	12900	527	531	53100	7410750	175493
13+050	100	13000	373	450	45000	7455750	164406
13+150	100	13100	251	312	31200	7486950	139519
13+250	100	13200	319	285	28500	7515450	111932
13+350	100	13300	326	323	32250	7547700	88094
13+450	100	13400	535	431	43050	7590750	75057
13+550	100	13500	604	570	56950	7647700	75920
13+650	100	13600	299	452	45150	7692850	64982
13+750	100	13700	306	303	30250	7723100	39145
13+850	100	13800	343	325	32450	7755550	15508
13+950	100	13900	188	266	26550	7782100	-14029
14+050	100	14000	561	375	37450	7819550	-32667
14+150	100	14100	278	420	41950	7861500	-46804
14+250	100	14200	434	356	35600	7897100	-67291
14+350	100	14300	530	482	48200	7945300	-75178
14+450	100	14400	424	477	47700	7993000	-83566

14+550	100	14500	459	442	44150	8037150	-95503
14+650	100	14600	547	503	50300	8087450	-101290
14+750	100	14700	691	619	61900	8149350	-95477
14+850	100	14800	633	662	66200	8215550	-85365
14+950	100	14900	519	576	57600	8273150	-83852
15+050	100	15000	842	681	68050	8341200	-71889
15+150	100	15100	682	762	76200	8417400	-51776
15+250	100	15200	555	619	61850	8479250	-46014
15+350	100	15300	385	470	47000	8526250	-55101
15+450	100	15400	391	388	38800	8565050	-72388
15+550	100	15500	507	449	44900	8609950	-83575
15+650	100	15600	791	649	64900	8674850	-74763
15+750	100	15700	1826	1309	130850	8805700	0

F =	561
-----	-----



NORMA APLICADA	PROYECTO	CARRIL	ABSCISA	FECHA
AASTHO 1993	BALBANEDA - GUAMOTE	IZQUIERDO	15+750-44+450	01/02/2009

ABSCISA	DISTANCIA INTERVALO $\Delta x_i$	DISTANCIA ACUMULATIVA $\sum \Delta x_i$	DEFLEXION D1 (umm)		AREA INTERVALO $a_i$	AREA ACUMULATIVA $\sum a_i$	DIFERENCIA ACUMULADA $Z_x$
			ENSAYADA	PROMEDIO			
15+750	0	0	312	312	0	0	0
15+850	100	100	387	350	34950	34950	-32882
15+950	100	200	494	441	44050	79000	-56664
16+050	100	300	297	396	39550	118550	-84947
16+150	100	400	487	392	39200	157750	-113579
16+250	100	500	516	502	50150	207900	-131261
16+350	100	600	426	471	47100	255000	-151993
16+450	100	700	612	519	51900	306900	-167926
16+550	100	800	996	804	80400	387300	-155358
16+650	100	900	798	897	89700	477000	-133490
16+750	100	1000	742	770	77000	554000	-124322
16+850	100	1100	659	701	70050	624050	-122105
16+950	100	1200	590	625	62450	686500	-127487
17+050	100	1300	861	726	72550	759050	-122769
17+150	100	1400	871	866	86600	845650	-104001
17+250	100	1500	1091	981	98100	943750	-73733
17+350	100	1600	893	992	99200	1042950	-42366
17+450	100	1700	1170	1032	103150	1146100	-7048
17+550	100	1800	1007	1089	108850	1254950	33970
17+650	100	1900	1011	1009	100900	1355850	67038

17+750	100	2000	1058	1035	103450	1459300	102655
17+850	100	2100	946	1002	100200	1559500	135023
17+950	100	2200	534	740	74000	1633500	141191
18+050	100	2300	803	669	66850	1700350	140209
18+150	100	2400	869	836	83600	1783950	155976
18+250	100	2500	875	872	87200	1871150	175344
18+350	100	2600	837	856	85600	1956750	193112
18+450	100	2700	841	839	83900	2040650	209180
18+550	100	2800	893	867	86700	2127350	228048
18+650	100	2900	799	846	84600	2211950	244815
18+750	100	3000	1197	998	99800	2311750	276783
18+850	100	3100	1216	1207	120650	2432400	329601
18+950	100	3200	1071	1144	114350	2546750	376119
19+050	100	3300	951	1011	101100	2647850	409386
19+150	100	3400	896	924	92350	2740200	433904
19+250	100	3500	620	758	75800	2816000	441872
19+350	100	3600	871	746	74550	2890550	448590
19+450	100	3700	893	882	88200	2978750	468957
19+550	100	3800	733	813	81300	3060050	482425
19+650	100	3900	771	752	75200	3135250	489793
19+750	100	4000	893	832	83200	3218450	505161
19+850	100	4100	928	911	91050	3309500	528379
19+950	100	4200	717	823	82250	3391750	542796
20+050	100	4300	958	838	83750	3475500	558714
20+150	100	4400	643	801	80050	3555550	570932

20+250	100	4500	691	667	66700	3622250	569800
20+350	100	4600	702	697	69650	3691900	571617
20+450	100	4700	593	648	64750	3756650	568535
20+550	100	4800	856	725	72450	3829100	573153
20+650	100	4900	1018	937	93700	3922800	599021
20+750	100	5000	897	958	95750	4018550	626939
20+850	100	5100	1240	1069	106850	4125400	665956
20+950	100	5200	1090	1165	116500	4241900	714624
21+050	100	5300	819	955	95450	4337350	742242
21+150	100	5400	734	777	77650	4415000	752060
21+250	100	5500	831	783	78250	4493250	762477
21+350	100	5600	718	775	77450	4570700	772095
21+450	100	5700	886	802	80200	4650900	784463
21+550	100	5800	850	868	86800	4737700	803431
21+650	100	5900	810	830	83000	4820700	818598
21+750	100	6000	976	893	89300	4910000	840066
21+850	100	6100	951	964	96350	5006350	868584
21+950	100	6200	822	887	88650	5095000	889402
22+050	100	6300	932	877	87700	5182700	909270
22+150	100	6400	917	925	92450	5275150	933887
22+250	100	6500	867	892	89200	5364350	955255
22+350	100	6600	1059	963	96300	5460650	983723
22+450	100	6700	870	965	96450	5557100	1012341
22+550	100	6800	1087	979	97850	5654950	1042358
22+650	100	6900	966	1027	102650	5757600	1077176

22+750	100	7000	839	903	90250	5847850	1099594
22+850	100	7100	796	818	81750	5929600	1113512
22+950	100	7200	710	753	75300	6004900	1120979
23+050	100	7300	639	675	67450	6072350	1120597
23+150	100	7400	635	637	63700	6136050	1116465
23+250	100	7500	631	633	63300	6199350	1111933
23+350	100	7600	580	606	60550	6259900	1104651
23+450	100	7700	978	779	77900	6337800	1114718
23+550	100	7800	784	881	88100	6425900	1134986
23+650	100	7900	681	733	73250	6499150	1140404
23+750	100	8000	548	615	61450	6560600	1134022
23+850	100	8100	733	641	64050	6624650	1130239
23+950	100	8200	875	804	80400	6705050	1142807
24+050	100	8300	662	769	76850	6781900	1151825
24+150	100	8400	881	772	77150	6859050	1161143
24+250	100	8500	751	816	81600	6940650	1174910
24+350	100	8600	797	774	77400	7018050	1184478
24+450	100	8700	355	576	57600	7075650	1174246
24+550	100	8800	438	397	39650	7115300	1146064
24+650	100	8900	445	442	44150	7159450	1122382
24+750	100	9000	504	475	47450	7206900	1101999
24+850	100	9100	510	507	50700	7257600	1084867
24+950	100	9200	602	556	55600	7313200	1072635
25+050	100	9300	662	632	63200	7376400	1068003
25+150	100	9400	524	593	59300	7435700	1059470

25+250	100	9500	550	537	53700	7489400	1045338
25+350	100	9600	641	596	59550	7548950	1037056
25+450	100	9700	531	586	58600	7607550	1027824
25+550	100	9800	539	535	53500	7661050	1013491
25+650	100	9900	499	519	51900	7712950	997559
25+750	100	10000	485	492	49200	7762150	978927
25+850	100	10100	596	541	54050	7816200	965145
25+950	100	10200	453	525	52450	7868650	949763
26+050	100	10300	538	496	49550	7918200	931480
26+150	100	10400	634	586	58600	7976800	922248
26+250	100	10500	663	649	64850	8041650	919266
26+350	100	10600	662	663	66250	8107900	917684
26+450	100	10700	569	616	61550	8169450	911401
26+550	100	10800	611	590	59000	8228450	902569
26+650	100	10900	608	610	60950	8289400	895687
26+750	100	11000	519	564	56350	8345750	884205
26+850	100	11100	469	494	49400	8395150	865772
26+950	100	11200	645	557	55700	8450850	853640
27+050	100	11300	620	633	63250	8514100	849058
27+150	100	11400	758	689	68900	8583000	850126
27+250	100	11500	531	645	64450	8647450	846744
27+350	100	11600	626	579	57850	8705300	836761
27+450	100	11700	569	598	59750	8765050	828679
27+550	100	11800	625	597	59700	8824750	820547
27+650	100	11900	535	580	58000	8882750	810715

27+750	100	12000	490	513	51250	8934000	794132
27+850	100	12100	536	513	51300	8985300	777600
27+950	100	12200	578	557	55700	9041000	765468
28+050	100	12300	587	583	58250	9099250	755886
28+150	100	12400	527	557	55700	9154950	743753
28+250	100	12500	616	572	57150	9212100	733071
28+350	100	12600	461	539	53850	9265950	719089
28+450	100	12700	455	458	45800	9311750	697057
28+550	100	12800	459	457	45700	9357450	674925
28+650	100	12900	386	423	42250	9399700	649342
28+750	100	13000	619	503	50250	9449950	631760
28+850	100	13100	603	611	61100	9511050	625028
28+950	100	13200	516	560	55950	9567000	613146
29+050	100	13300	457	487	48650	9615650	593963
29+150	100	13400	655	556	55600	9671250	581731
29+250	100	13500	548	602	60150	9731400	574049
29+350	100	13600	626	587	58700	9790100	564917
29+450	100	13700	430	528	52800	9842900	549884
29+550	100	13800	449	440	43950	9886850	526002
29+650	100	13900	373	411	41100	9927950	499270
29+750	100	14000	461	417	41700	9969650	473138
29+850	100	14100	493	477	47700	10017350	453006
29+950	100	14200	562	528	52750	10070100	437923
30+050	100	14300	492	527	52700	10122800	422791
30+150	100	14400	524	508	50800	10173600	405759

30+250	100	14500	528	526	52600	10226200	390527
30+350	100	14600	362	445	44500	10270700	367194
30+450	100	14700	626	494	49400	10320100	348762
30+550	100	14800	601	614	61350	10381450	342280
30+650	100	14900	553	577	57700	10439150	332148
30+750	100	15000	244	399	39850	10479000	304166
30+850	100	15100	568	406	40600	10519600	276933
30+950	100	15200	575	572	57150	10576750	266251
31+050	100	15300	774	675	67450	10644200	265869
31+150	100	15400	523	649	64850	10709050	262887
31+250	100	15500	437	480	48000	10757050	243054
31+350	100	15600	524	481	48050	10805100	223272
31+450	100	15700	511	518	51750	10856850	207190
31+550	100	15800	427	469	46900	10903750	186258
31+650	100	15900	593	510	51000	10954750	169425
31+750	100	16000	573	583	58300	11013050	159893
31+850	100	16100	452	513	51250	11064300	143311
31+950	100	16200	663	558	55750	11120050	131229
32+050	100	16300	652	658	65750	11185800	129147
32+150	100	16400	574	613	61300	11247100	122614
32+250	100	16500	722	648	64800	11311900	119582
32+350	100	16600	764	743	74300	11386200	126050
32+450	100	16700	798	781	78100	11464300	136318
32+550	100	16800	883	841	84050	11548350	152535
32+650	100	16900	926	905	90450	11638800	175153

32+750	100	17000	1006	966	96600	11735400	203921
32+850	100	17100	574	790	79000	11814400	215089
32+950	100	17200	552	563	56300	11870700	203556
33+050	100	17300	680	616	61600	11932300	197324
33+150	100	17400	611	646	64550	11996850	194042
33+250	100	17500	683	647	64700	12061550	190910
33+350	100	17600	547	615	61500	12123050	184578
33+450	100	17700	608	578	57750	12180800	174495
33+550	100	17800	500	554	55400	12236200	162063
33+650	100	17900	515	508	50750	12286950	144981
33+750	100	18000	513	514	51400	12338350	128549
33+850	100	18100	525	519	51900	12390250	112616
33+950	100	18200	484	505	50450	12440700	95234
34+050	100	18300	764	624	62400	12503100	89802
34+150	100	18400	785	775	77450	12580550	99420
34+250	100	18500	613	699	69900	12650450	101487
34+350	100	18600	716	665	66450	12716900	100105
34+450	100	18700	788	752	75200	12792100	107473
34+550	100	18800	754	771	77100	12869200	116741
34+650	100	18900	655	705	70450	12939650	119359
34+750	100	19000	670	663	66250	13005900	117776
34+850	100	19100	938	804	80400	13086300	130344
34+950	100	19200	720	829	82900	13169200	145412
35+050	100	19300	718	719	71900	13241100	149480
35+150	100	19400	870	794	79400	13320500	161047

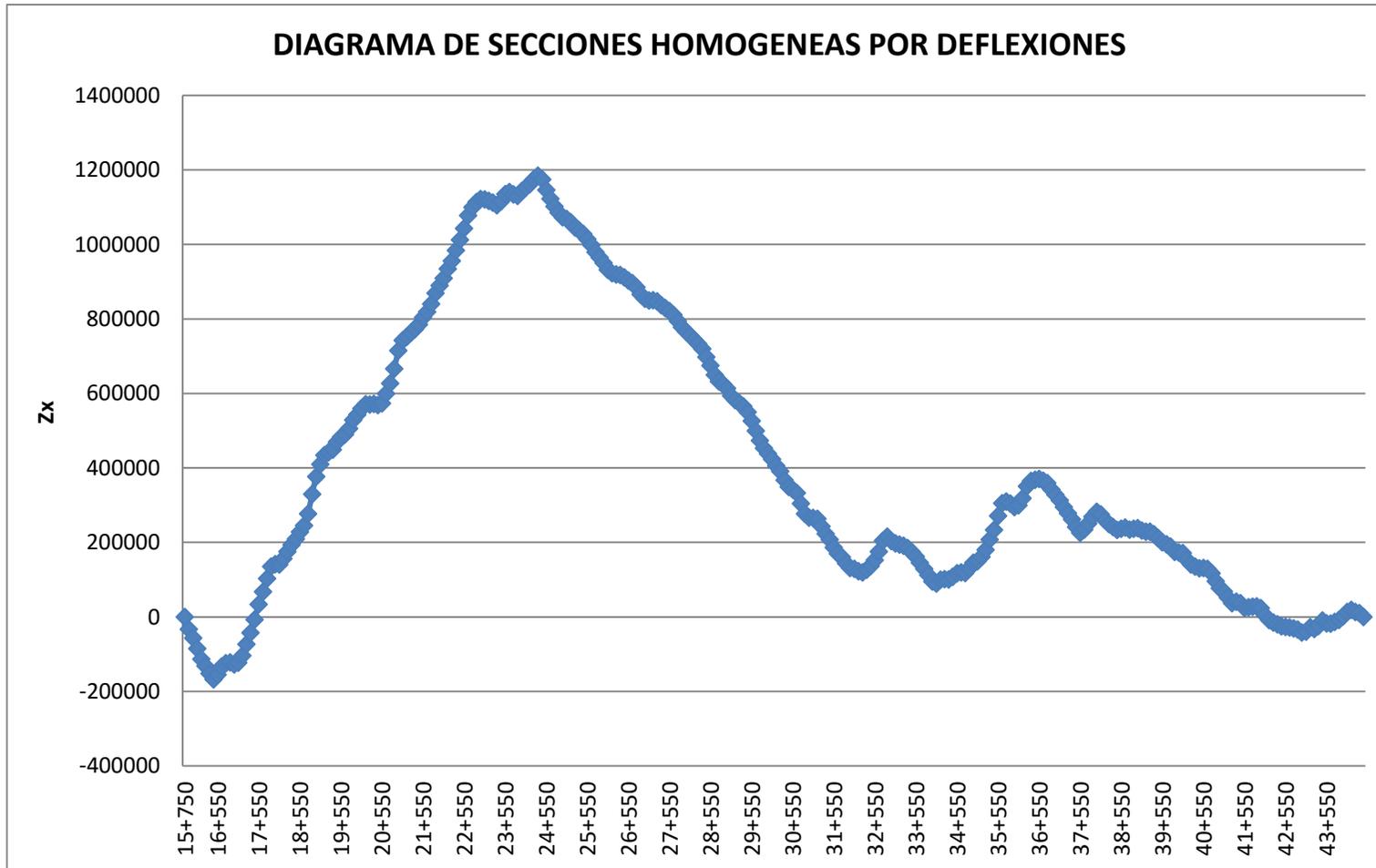
35+250	100	19500	865	868	86750	13407250	179965
35+350	100	19600	1042	954	95350	13502600	207483
35+450	100	19700	830	936	93600	13596200	233251
35+550	100	19800	1278	1054	105400	13701600	270818
35+650	100	19900	766	1022	102200	13803800	305186
35+750	100	20000	678	722	72200	13876000	309554
35+850	100	20100	568	623	62300	13938300	304022
35+950	100	20200	605	587	58650	13996950	294840
36+050	100	20300	847	726	72600	14069550	299607
36+150	100	20400	888	868	86750	14156300	318525
36+250	100	20500	1104	996	99600	14255900	350293
36+350	100	20600	540	822	82200	14338100	364661
36+450	100	20700	877	709	70850	14408950	367678
36+550	100	20800	524	701	70050	14479000	369896
36+650	100	20900	749	637	63650	14542650	365714
36+750	100	21000	480	615	61450	14604100	359332
36+850	100	21100	527	504	50350	14654450	341849
36+950	100	21200	553	540	54000	14708450	328017
37+050	100	21300	501	527	52700	14761150	312885
37+150	100	21400	496	499	49850	14811000	294903
37+250	100	21500	528	512	51200	14862200	278271
37+350	100	21600	500	514	51400	14913600	261838
37+450	100	21700	441	471	47050	14960650	241056
37+550	100	21800	610	526	52550	15013200	225774
37+650	100	21900	912	761	76100	15089300	234042

37+750	100	22000	783	848	84750	15174050	250959
37+850	100	22100	929	856	85600	15259650	268727
37+950	100	22200	695	812	81200	15340850	282095
38+050	100	22300	518	607	60650	15401500	274913
38+150	100	22400	538	528	52800	15454300	259880
38+250	100	22500	600	569	56900	15511200	248948
38+350	100	22600	601	601	60050	15571250	241166
38+450	100	22700	602	602	60150	15631400	233484
38+550	100	22800	808	705	70500	15701900	236152
38+650	100	22900	620	714	71400	15773300	239719
38+750	100	23000	618	619	61900	15835200	233787
38+850	100	23100	790	704	70400	15905600	236355
38+950	100	23200	598	694	69400	15975000	237923
39+050	100	23300	634	616	61600	16036600	231690
39+150	100	23400	669	652	65150	16101750	229008
39+250	100	23500	673	671	67100	16168850	228276
39+350	100	23600	553	613	61300	16230150	221744
39+450	100	23700	592	573	57250	16287400	211161
39+550	100	23800	551	572	57150	16344550	200479
39+650	100	23900	699	625	62500	16407050	195147
39+750	100	24000	518	609	60850	16467900	188165
39+850	100	24100	567	543	54250	16522150	174583
39+950	100	24200	760	664	66350	16588500	173100
40+050	100	24300	557	659	65850	16654350	171118
40+150	100	24400	443	500	50000	16704350	153286

40+250	100	24500	663	553	55300	16759650	140754
40+350	100	24600	575	619	61900	16821550	134821
40+450	100	24700	691	633	63300	16884850	130289
40+550	100	24800	682	687	68650	16953500	131107
40+650	100	24900	621	652	65150	17018650	128425
40+750	100	25000	514	568	56750	17075400	117343
40+850	100	25100	405	460	45950	17121350	95460
40+950	100	25200	572	489	48850	17170200	76478
41+050	100	25300	616	594	59400	17229600	68046
41+150	100	25400	416	516	51600	17281200	51814
41+250	100	25500	639	528	52750	17333950	36731
41+350	100	25600	792	716	71550	17405500	40449
41+450	100	25700	485	639	63850	17469350	36467
41+550	100	25800	632	559	55850	17525200	24485
41+650	100	25900	752	692	69200	17594400	25852
41+750	100	26000	632	692	69200	17663600	27220
41+850	100	26100	743	688	68750	17732350	28138
41+950	100	26200	514	629	62850	17795200	23156
42+050	100	26300	477	496	49550	17844750	4874
42+150	100	26400	609	543	54300	17899050	-8659
42+250	100	26500	624	617	61650	17960700	-14841
42+350	100	26600	628	626	62600	18023300	-20073
42+450	100	26700	629	629	62850	18086150	-25055
42+550	100	26800	690	660	65950	18152100	-26938
42+650	100	26900	634	662	66200	18218300	-28570

42+750	100	27000	676	655	65500	18283800	-30902
42+850	100	27100	621	649	64850	18348650	-33884
42+950	100	27200	582	602	60150	18408800	-41567
43+050	100	27300	818	700	70000	18478800	-39399
43+150	100	27400	766	792	79200	18558000	-28031
43+250	100	27500	507	637	63650	18621650	-32213
43+350	100	27600	1008	758	75750	18697400	-24295
43+450	100	27700	645	827	82650	18780050	-9478
43+550	100	27800	549	597	59700	18839750	-17610
43+650	100	27900	796	673	67250	18907000	-18192
43+750	100	28000	659	728	72750	18979750	-13274
43+850	100	28100	801	730	73000	19052750	-8107
43+950	100	28200	749	775	77500	19130250	1561
44+050	100	28300	843	796	79600	19209850	13329
44+150	100	28400	626	735	73450	19283300	18947
44+250	100	28500	609	618	61750	19345050	12864
44+350	100	28600	694	652	65150	19410200	10180
44+450	100	28700	459	577	57650	19467850	0

F=	678
----	-----



NORMA APLICADA	PROYECTO	CARRIL	ABSCISA	FECHA
AASTHO 1993	GUAMOTE - ALAUSI	IZQUIERDO	44+550-88+450	02/01/2009

ABSCISA	DISTANCIA INTERVALO $\Delta x_i$	DISTANCIA ACUMULATIVA $\sum \Delta x_i$	DEFLEXION D1 (umm)		AREA INTERVALO $a_i$	AREA ACUMULATIVA $\sum a_i$	DIFERENCIA ACUMULADA $Z_x$
			ENSAYADA	PROMEDIO			
44+550	0	0	614	614	0	0	0
44+650	100	100	609	612	61150	61150	-1458
44+750	100	200	455	532	53200	114350	-10865
44+850	100	300	405	430	43000	157350	-30473
44+950	100	400	516	461	46050	203400	-47031
45+050	100	500	597	557	55650	259050	-53989
45+150	100	600	720	659	65850	324900	-50746
45+250	100	700	858	789	78900	403800	-34454
45+350	100	800	770	814	81400	485200	-15662
45+450	100	900	752	761	76100	561300	-2169
45+550	100	1000	812	782	78200	639500	13423
45+650	100	1100	668	740	74000	713500	24815
45+750	100	1200	819	744	74350	787850	36557
45+850	100	1300	462	641	64050	851900	38000
45+950	100	1400	550	506	50600	902500	25992
46+050	100	1500	471	511	51050	953550	14434
46+150	100	1600	402	437	43650	997200	-4523
46+250	100	1700	716	559	55900	1053100	-11231
46+350	100	1800	722	719	71900	1125000	-1939
46+450	100	1900	649	686	68550	1193550	4003

46+550	100	2000	603	626	62600	1256150	3996
46+650	100	2100	503	553	55300	1311450	-3312
46+750	100	2200	499	501	50100	1361550	-15820
46+850	100	2300	477	488	48800	1410350	-29627
46+950	100	2400	585	531	53100	1463450	-39135
47+050	100	2500	806	696	69550	1533000	-32193
47+150	100	2600	585	696	69550	1602550	-25251
47+250	100	2700	904	745	74450	1677000	-13408
47+350	100	2800	1070	987	98700	1775700	22684
47+450	100	2900	739	905	90450	1866150	50526
47+550	100	3000	700	720	71950	1938100	59869
47+650	100	3100	850	775	77500	2015600	74761
47+750	100	3200	752	801	80100	2095700	92253
47+850	100	3300	664	708	70800	2166500	100445
47+950	100	3400	576	620	62000	2228500	99838
48+050	100	3500	559	568	56750	2285250	93980
48+150	100	3600	294	427	42650	2327900	74022
48+250	100	3700	277	286	28550	2356450	39965
48+350	100	3800	498	388	38750	2395200	16107
48+450	100	3900	704	601	60100	2455300	13599
48+550	100	4000	746	725	72500	2527800	23491
48+650	100	4100	775	761	76050	2603850	36934
48+750	100	4200	434	605	60450	2664300	34776
48+850	100	4300	504	469	46900	2711200	19068
48+950	100	4400	400	452	45200	2756400	1661

49+050	100	4500	455	428	42750	2799150	-18197
49+150	100	4600	677	566	56600	2855750	-24205
49+250	100	4700	1127	902	90200	2945950	3387
49+350	100	4800	1839	1483	148300	3094250	89080
49+450	100	4900	813	1326	132600	3226850	159072
49+550	100	5000	635	724	72400	3299250	168864
49+650	100	5100	781	708	70800	3370050	177057
49+750	100	5200	881	831	83100	3453150	197549
49+850	100	5300	780	831	83050	3536200	217991
49+950	100	5400	569	675	67450	3603650	222833
50+050	100	5500	931	750	75000	3678650	235226
50+150	100	5600	949	940	94000	3772650	266618
50+250	100	5700	619	784	78400	3851050	282410
50+350	100	5800	851	735	73500	3924550	293303
50+449	99	5899	729	790	78210	4002760	309531
50+550	101	6000	464	597	60247	4063007	306544
50+650	100	6100	789	627	62650	4125657	306586
50+750	100	6200	721	755	75500	4201157	319478
50+850	100	6300	1428	1075	107450	4308607	364321
50+950	100	6400	1053	1241	124050	4432657	425763
51+050	100	6500	881	967	96700	4529357	459855
51+150	100	6600	733	807	80700	4610057	477947
51+250	100	6700	812	773	77250	4687307	492590
51+350	100	6800	706	759	75900	4763207	505882
51+450	100	6900	969	838	83750	4846957	527024

51+550	100	7000	758	864	86350	4933307	550767
51+650	100	7100	1006	882	88200	5021507	576359
51+750	100	7200	773	890	88950	5110457	602701
51+850	100	7300	926	850	84950	5195407	625043
51+950	100	7400	886	906	90600	5286007	653036
52+050	100	7500	655	771	77050	5363057	667478
52+150	100	7600	670	663	66250	5429307	671120
52+250	100	7700	635	653	65250	5494557	673763
52+350	100	7800	788	712	71150	5565707	682305
52+450	100	7900	627	708	70750	5636457	690447
52+550	100	8000	656	642	64150	5700607	691989
52+650	100	8100	645	651	65050	5765657	694432
52+750	100	8200	815	730	73000	5838657	704824
52+850	100	8300	1028	922	92150	5930807	734366
52+950	100	8400	1199	1114	111350	6042157	783109
53+050	100	8500	566	883	88250	6130407	808751
53+150	100	8600	689	628	62750	6193157	808893
53+250	100	8700	819	754	75400	6268557	821658
53+350	100	8800	759	789	78900	6347457	837978
53+450	100	8900	709	734	73400	6420857	848770
53+550	100	9000	637	673	67300	6488157	853462
53+650	100	9100	650	644	64350	6552507	855205
53+750	100	9200	941	796	79550	6632057	872147
53+850	100	9300	652	797	79650	6711707	889189
53+950	100	9400	746	699	69900	6781607	896481

54+050	100	9500	622	684	68400	6850007	902274
54+150	100	9600	654	638	63800	6913807	903466
54+250	100	9700	571	613	61250	6975057	902108
54+350	100	9800	765	668	66800	7041857	906301
54+450	100	9900	703	734	73400	7115257	917093
54+550	100	10000	650	677	67650	7182907	922135
54+650	100	10100	750	700	70000	7252907	929527
54+750	100	10200	812	781	78100	7331007	945020
54+850	100	10300	699	756	75550	7406557	957962
54+950	100	10400	743	721	72100	7478657	967454
55+050	100	10500	885	814	81400	7560057	986247
55+150	100	10600	867	876	87600	7647657	1011239
55+249	99	10699	698	783	77468	7725124	1026725
55+350	101	10800	669	684	69034	7794158	1032524
55+450	100	10900	699	684	68400	7862558	1038317
55+550	100	11000	819	759	75900	7938458	1051609
55+650	100	11100	812	816	81550	8020008	1070551
55+750	100	11200	662	737	73700	8093708	1081644
55+850	100	11300	705	684	68350	8162058	1087386
55+950	100	11400	792	749	74850	8236908	1099628
56+050	100	11500	561	677	67650	8304558	1104671
56+150	100	11600	709	635	63500	8368058	1105563
56+250	100	11700	600	655	65450	8433508	1108405
56+349	99	11799	536	568	56232	8489740	1102655
56+450	101	11900	462	499	50399	8540139	1089821

56+550	100	12000	802	632	63200	8603339	1090413
56+650	100	12100	719	761	76050	8679389	1103855
56+750	100	12200	510	615	61450	8740839	1102698
56+850	100	12300	596	553	55300	8796139	1095390
56+950	100	12400	708	652	65200	8861339	1097982
57+050	100	12500	533	621	62050	8923389	1097424
57+150	100	12600	775	654	65400	8988789	1100217
57+250	100	12700	468	622	62150	9050939	1099759
57+350	100	12800	504	486	48600	9099539	1085751
57+450	100	12900	522	513	51300	9150839	1074444
57+550	100	13000	516	519	51900	9202739	1063736
57+650	100	13100	816	666	66600	9269339	1067728
57+750	100	13200	501	659	65850	9335189	1070970
57+850	100	13300	431	466	46600	9381789	1054963
57+949	99	13399	533	482	47718	9429507	1040699
58+050	101	13500	443	488	49288	9478795	1026753
58+150	100	13600	407	425	42500	9521295	1006646
58+250	100	13700	629	518	51800	9573095	995838
58+350	100	13800	640	635	63450	9636545	996680
58+450	100	13900	747	694	69350	9705895	1003422
58+551	101	14001	543	645	65145	9771040	1005334
58+650	99	14100	643	593	58707	9829747	1002059
58+750	100	14200	601	622	62200	9891947	1001651
58+850	100	14300	685	643	64300	9956247	1003344
58+950	100	14400	470	578	57750	10013997	998486

59+050	100	14500	706	588	58800	10072797	994678
59+149	99	14599	668	687	68013	10140810	1000709
59+250	101	14700	516	592	59792	10200602	997268
59+350	100	14800	701	609	60850	10261452	995510
59+450	100	14900	717	709	70900	10332352	1003802
59+550	100	15000	898	808	80750	10413102	1021945
59+650	100	15100	689	794	79350	10492452	1038687
59+750	100	15200	783	736	73600	10566052	1049679
59+850	100	15300	808	796	79550	10645602	1066621
59+950	100	15400	674	741	74100	10719702	1078114
60+050	100	15500	788	731	73100	10792802	1088606
60+150	100	15600	540	664	66400	10859202	1092398
60+250	100	15700	526	533	53300	10912502	1083091
60+350	100	15800	526	526	52600	10965102	1073083
60+450	100	15900	593	560	55950	11021052	1066425
60+550	100	16000	436	515	51450	11072502	1055267
60+650	100	16100	464	450	45000	11117502	1037660
60+750	100	16200	366	415	41500	11159002	1016552
60+850	100	16300	464	415	41500	11200502	995444
60+950	100	16400	496	480	48000	11248502	980837
61+050	100	16500	503	500	49950	11298452	968179
61+150	100	16600	522	513	51250	11349702	956821
61+249	99	16699	436	479	47421	11397123	942261
61+350	101	16800	647	542	54692	11451814	933718
61+450	100	16900	663	655	65500	11517314	936611

61+550	100	17000	471	567	56700	11574014	930703
61+650	100	17100	387	429	42900	11616914	910995
61+750	100	17200	630	509	50850	11667764	899237
61+850	100	17300	757	694	69350	11737114	905980
61+950	100	17400	802	780	77950	11815064	921322
62+049	99	17499	649	726	71825	11886889	931165
62+149	100	17599	751	700	70000	11956889	938557
62+250	101	17700	717	734	74134	12031023	949457
62+350	100	17800	598	658	65750	12096773	952600
62+450	100	17900	577	588	58750	12155523	948742
62+550	100	18000	885	731	73100	12228623	959234
62+650	100	18100	498	692	69150	12297773	965776
62+750	100	18200	679	589	58850	12356623	962019
62+850	100	18300	705	692	69200	12425823	968611
62+950	100	18400	503	604	60400	12486223	966403
63+050	100	18500	635	569	56900	12543123	960696
63+150	100	18600	612	624	62350	12605473	960438
63+250	100	18700	509	561	56050	12661523	953880
63+350	100	18800	1019	764	76400	12737923	967672
63+450	100	18900	613	816	81600	12819523	986665
63+550	100	19000	306	460	45950	12865473	970007
63+650	100	19100	1186	746	74600	12940073	981999
63+750	100	19200	713	950	94950	13035023	1014342
63+850	100	19300	559	636	63600	13098623	1015334
63+949	99	19399	356	458	45293	13143915	998645

64+050	101	19500	467	412	41562	13185477	976972
64+150	100	19600	405	436	43600	13229077	957965
64+250	100	19700	662	534	53350	13282427	948707
64+350	100	19800	734	698	69800	13352227	955899
64+450	100	19900	648	691	69100	13421327	962392
64+550	100	20000	587	618	61750	13483077	961534
64+650	100	20100	849	718	71800	13554877	970726
64+750	100	20200	585	717	71700	13626577	979818
64+850	100	20300	705	645	64500	13691077	981711
64+950	100	20400	1117	911	91100	13782177	1010203
65+050	100	20500	782	950	94950	13877127	1042545
65+149	99	20599	561	672	66479	13943605	1047042
65+250	101	20700	652	607	61257	14004862	1045065
65+350	100	20800	655	654	65350	14070212	1047807
65+450	100	20900	721	688	68800	14139012	1053999
65+550	100	21000	643	682	68200	14207212	1059592
65+650	100	21100	564	604	60350	14267562	1057334
65+750	100	21200	611	588	58750	14326312	1053476
65+850	100	21300	676	644	64350	14390662	1055219
65+950	100	21400	755	716	71550	14462212	1064161
66+050	100	21500	469	612	61200	14523412	1062753
66+150	100	21600	549	509	50900	14574312	1051045
66+250	100	21700	687	618	61800	14636112	1050238
66+350	100	21800	853	770	77000	14713112	1064630
66+449	99	21899	833	843	83457	14796569	1086105

66+550	101	22000	1123	978	98778	14895347	1121650
66+650	100	22100	566	845	84450	14979797	1143492
66+750	100	22200	613	590	58950	15038747	1139834
66+850	100	22300	700	657	65650	15104397	1142877
66+950	100	22400	987	844	84350	15188747	1164619
67+050	100	22500	1116	1052	105150	15293897	1207161
67+150	100	22600	1132	1124	112400	15406297	1256953
67+250	100	22700	1054	1093	109300	15515597	1303646
67+347	97	22797	937	996	96564	15612160	1339480
67+449	102	22899	348	643	65535	15677695	1341155
67+550	101	23000	507	428	43178	15720873	1321099
67+649	99	23099	712	610	60341	15781213	1319457
67+750	101	23200	1093	903	91153	15872366	1347376
67+850	100	23300	882	988	98750	15971116	1383518
67+949	99	23399	688	785	77715	16048831	1399252
68+050	101	23500	607	648	65398	16114228	1401415
68+150	100	23600	424	516	51550	16165778	1390358
68+250	100	23700	785	605	60450	16226228	1388200
68+350	100	23800	952	869	86850	16313078	1412442
68+450	100	23900	851	902	90150	16403228	1439985
68+550	100	24000	568	710	70950	16474178	1448327
68+650	100	24100	408	488	48800	16522978	1434519
68+750	100	24200	810	609	60900	16583878	1432811
68+850	100	24300	432	621	62100	16645978	1432304
68+950	100	24400	396	414	41400	16687378	1411096

69+048	98	24498	420	408	39984	16727362	1389724
69+150	102	24600	693	557	56763	16784125	1382628
69+250	100	24700	602	648	64750	16848875	1384770
69+350	100	24800	555	579	57850	16906725	1380012
69+450	100	24900	705	630	63000	16969725	1380404
69+550	100	25000	731	718	71800	17041525	1389597
69+650	100	25100	543	637	63700	17105225	1390689
69+750	100	25200	376	460	45950	17151175	1374031
69+850	100	25300	551	464	46350	17197525	1357774
69+950	100	25400	712	632	63150	17260675	1358316
70+050	100	25500	547	630	62950	17323625	1358658
70+150	100	25600	483	515	51500	17375125	1347550
70+251	101	25701	460	472	47622	17422747	1331938
70+350	99	25800	1065	763	75488	17498234	1345444
70+450	100	25900	817	941	94100	17592334	1376936
70+550	100	26000	976	897	89650	17681984	1403979
70+650	100	26100	593	785	78450	17760434	1419821
70+750	100	26200	677	635	63500	17823934	1420713
70+850	100	26300	452	565	56450	17880384	1414555
70+950	100	26400	581	517	51650	17932034	1403598
71+050	100	26500	752	667	66650	17998684	1407640
71+150	100	26600	533	643	64250	18062934	1409282
71+250	100	26700	550	542	54150	18117084	1400825
71+350	100	26800	483	517	51650	18168734	1389867
71+450	100	26900	500	492	49150	18217884	1376409

71+550	100	27000	420	460	46000	18263884	1359801
71+650	100	27100	591	506	50550	18314434	1347744
71+750	100	27200	481	536	53600	18368034	1338736
71+850	100	27300	541	511	51100	18419134	1327228
71+950	100	27400	604	573	57250	18476384	1321871
72+050	100	27500	581	593	59250	18535634	1318513
72+150	100	27600	445	513	51300	18586934	1307205
72+250	100	27700	592	519	51850	18638784	1296448
72+350	100	27800	560	576	57600	18696384	1291440
72+450	100	27900	420	490	49000	18745384	1277832
72+550	100	28000	840	630	63000	18808384	1278224
72+650	100	28100	596	718	71800	18880184	1287417
72+750	100	28200	355	476	47550	18927734	1272359
72+850	100	28300	571	463	46300	18974034	1256051
72+950	100	28400	429	500	50000	19024034	1243444
73+050	100	28500	512	471	47050	19071084	1227886
73+150	100	28600	510	511	51100	19122184	1216378
73+250	100	28700	469	490	48950	19171134	1202720
73+350	100	28800	801	635	63500	19234634	1203613
73+450	100	28900	622	712	71150	19305784	1212155
73+550	100	29000	735	679	67850	19373634	1217397
73+650	100	29100	606	671	67050	19440684	1221840
73+750	100	29200	549	578	57750	19498434	1216982
73+850	100	29300	665	607	60700	19559134	1215074
73+950	100	29400	553	609	60900	19620034	1213366

74+050	100	29500	624	589	58850	19678884	1209609
74+150	100	29600	663	644	64350	19743234	1211351
74+250	100	29700	553	608	60800	19804034	1209543
74+350	100	29800	814	684	68350	19872384	1215286
74+450	100	29900	614	714	71400	19943784	1224078
74+550	100	30000	668	641	64100	20007884	1225570
74+650	100	30100	537	603	60250	20068134	1223212
74+750	100	30200	435	486	48600	20116734	1209205
74+850	100	30300	826	631	63050	20179784	1209647
74+950	100	30400	748	787	78700	20258484	1225739
75+050	100	30500	684	716	71600	20330084	1234732
75+150	100	30600	681	683	68250	20398334	1240374
75+250	100	30700	971	826	82600	20480934	1260366
75+351	101	30801	1171	1071	108171	20589105	1305303
75+450	99	30900	732	952	94199	20683304	1337520
75+550	100	31000	767	750	74950	20758254	1349862
75+650	100	31100	909	838	83800	20842054	1371055
75+750	100	31200	690	800	79950	20922004	1388397
75+850	100	31300	1090	890	89000	21011004	1414789
75+950	100	31400	714	902	90200	21101204	1442382
76+050	100	31500	616	665	66500	21167704	1446274
76+150	100	31600	752	684	68400	21236104	1452066
76+250	100	31700	842	797	79700	21315804	1469158
76+350	100	31800	1136	989	98900	21414704	1505451
76+450	100	31900	552	844	84400	21499104	1527243

76+550	100	32000	561	557	55650	21554754	1520285
76+650	100	32100	427	494	49400	21604154	1507078
76+750	100	32200	669	548	54800	21658954	1499270
76+850	100	32300	1099	884	88400	21747354	1525062
76+950	100	32400	631	865	86500	21833854	1548954
77+050	100	32500	528	580	57950	21891804	1544297
77+150	100	32600	662	595	59500	21951304	1541189
77+250	100	32700	576	619	61900	22013204	1540481
77+350	100	32800	495	536	53550	22066754	1531424
77+450	100	32900	570	533	53250	22120004	1522066
77+550	100	33000	542	556	55600	22175604	1515058
77+650	100	33100	696	619	61900	22237504	1514351
77+750	100	33200	619	658	65750	22303254	1517493
77+850	100	33300	701	660	66000	22369254	1520885
77+950	100	33400	632	667	66650	22435904	1524927
78+050	100	33500	473	553	55250	22491154	1517570
78+150	100	33600	373	423	42300	22533454	1497262
78+250	100	33700	418	396	39550	22573004	1474204
78+350	100	33800	740	579	57900	22630904	1469497
78+450	100	33900	534	637	63700	22694604	1470589
78+550	100	34000	852	693	69300	22763904	1477281
78+650	100	34100	747	800	79950	22843854	1494623
78+750	100	34200	664	706	70550	22914404	1502566
78+850	100	34300	507	586	58550	22972954	1498508
78+950	100	34400	980	744	74350	23047304	1510250

79+050	100	34500	649	815	81450	23128754	1529093
79+150	100	34600	918	784	78350	23207104	1544835
79+250	100	34700	505	712	71150	23278254	1553377
79+350	100	34800	719	612	61200	23339454	1551969
79+450	100	34900	489	604	60400	23399854	1549762
79+550	100	35000	376	433	43250	23443104	1530404
79+650	100	35100	398	387	38700	23481804	1506496
79+750	100	35200	288	343	34300	23516104	1478189
79+849	99	35299	308	298	29502	23545606	1445709
79+950	101	35400	277	293	29543	23575148	1412018
80+050	100	35500	349	313	31300	23606448	1380710
80+150	100	35600	345	347	34700	23641148	1352802
80+250	100	35700	354	350	34950	23676098	1325144
80+350	100	35800	324	339	33900	23709998	1296437
80+450	100	35900	395	360	35950	23745948	1269779
80+550	100	36000	338	367	36650	23782598	1243821
80+650	100	36100	265	302	30150	23812748	1211364
80+750	100	36200	272	269	26850	23839598	1175606
80+850	100	36300	260	266	26600	23866198	1139598
80+950	100	36400	239	250	24950	23891148	1101940
81+050	100	36500	428	334	33350	23924498	1072683
81+150	100	36600	317	373	37250	23961748	1047325
81+250	100	36700	336	327	32650	23994398	1017367
81+350	100	36800	219	278	27750	24022148	982510
81+450	100	36900	323	271	27100	24049248	947002

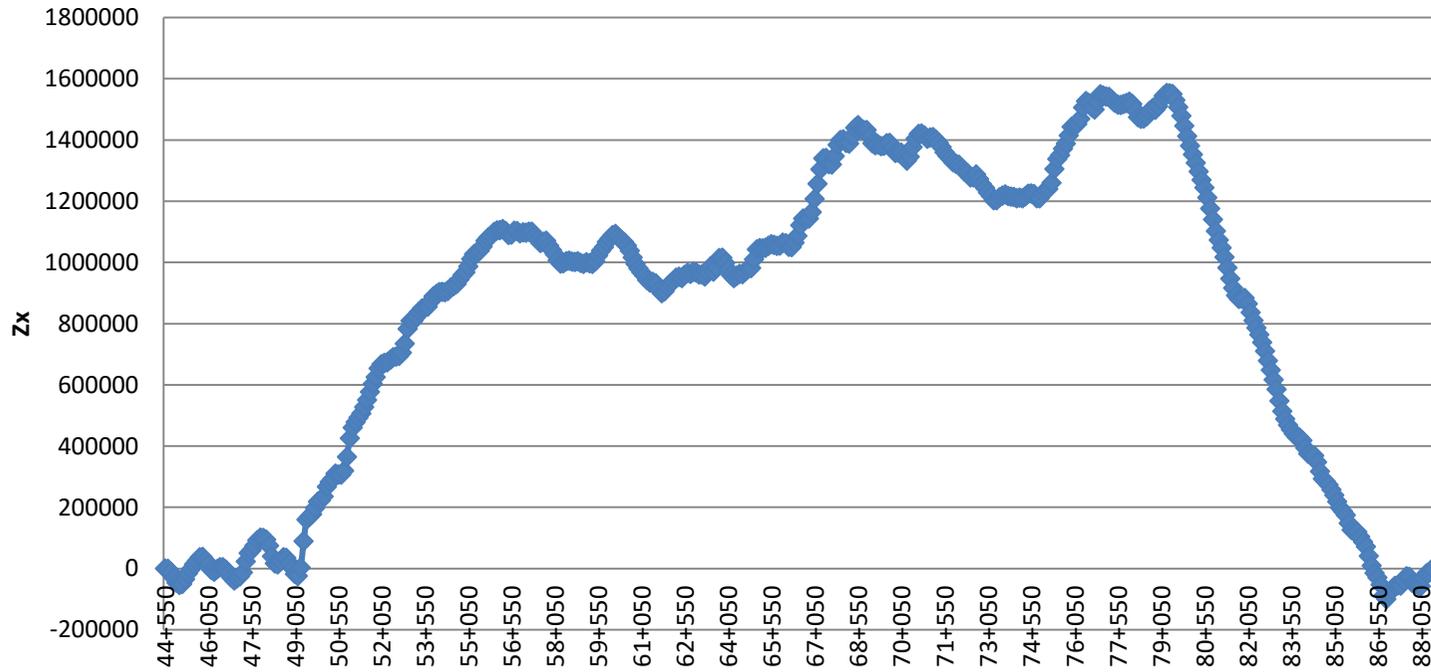
81+550	100	37000	312	318	31750	24080998	916144
81+649	99	37099	458	385	38115	24119113	892278
81+750	101	37200	553	506	51056	24170169	880099
81+850	100	37300	728	641	64050	24234219	881542
81+950	100	37400	570	649	64900	24299119	883834
82+050	100	37500	302	436	43600	24342719	864826
82+150	100	37600	379	341	34050	24376769	836268
82+250	100	37700	350	365	36450	24413219	810111
82+350	100	37800	416	383	38300	24451519	785803
82+450	100	37900	395	406	40550	24492069	763745
82+550	100	38000	359	377	37700	24529769	738838
82+650	100	38100	316	338	33750	24563519	709980
82+750	100	38200	318	317	31700	24595219	679072
82+850	100	38300	308	313	31300	24626519	647764
82+950	100	38400	332	320	32000	24658519	617157
83+050	100	38500	278	305	30500	24689019	585049
83+150	100	38600	224	251	25100	24714119	547541
83+250	100	38700	358	291	29100	24743219	514034
83+350	100	38800	381	370	36950	24780169	488376
83+450	100	38900	476	429	42850	24823019	468618
83+550	100	39000	475	476	47550	24870569	453560
83+650	100	39100	517	496	49600	24920169	440553
83+750	100	39200	510	514	51350	24971519	429295
83+850	100	39300	713	612	61150	25032669	427837
83+950	100	39400	343	528	52800	25085469	418030

84+050	100	39500	426	385	38450	25123919	393872
84+150	100	39600	449	438	43750	25167669	375014
84+250	100	39700	727	588	58800	25226469	371206
84+350	100	39800	474	601	60050	25286519	368649
84+451	101	39901	365	420	42370	25328888	347784
84+550	99	40000	271	318	31482	25360370	317285
84+650	100	40100	502	387	38650	25399020	293327
84+750	100	40200	574	538	53800	25452820	284519
84+850	100	40300	444	509	50900	25503720	272812
84+950	100	40400	496	470	47000	25550720	257204
85+050	100	40500	405	451	45050	25595770	239646
85+150	100	40600	418	412	41150	25636920	218189
85+250	100	40700	441	430	42950	25679870	198531
85+350	100	40800	580	511	51050	25730920	186973
85+450	100	40900	420	500	50000	25780920	174365
85+550	100	41000	310	365	36500	25817420	148258
85+650	100	41100	501	406	40550	25857970	126200
85+750	100	41200	608	555	55450	25913420	119042
85+850	100	41300	655	632	63150	25976570	119585
85+950	100	41400	283	469	46900	26023470	103877
86+050	100	41500	631	457	45700	26069170	86969
86+150	100	41600	316	474	47350	26116520	71711
86+250	100	41700	317	317	31650	26148170	40754
86+350	100	41800	304	311	31050	26179220	9196
86+450	100	41900	459	382	38150	26217370	-15262

86+550	100	42000	509	484	48400	26265770	-29469
86+652	102	42102	287	398	40596	26306366	-52733
86+750	98	42200	243	265	25970	26332336	-88119
86+850	100	42300	766	505	50450	26382786	-100277
86+950	100	42400	884	825	82500	26465286	-80384
87+050	100	42500	644	764	76400	26541686	-66592
87+150	100	42600	796	720	72000	26613686	-57200
87+250	100	42700	496	646	64600	26678286	-55207
87+350	100	42800	745	621	62050	26740336	-55765
87+450	100	42900	821	783	78300	26818636	-40073
87+550	100	43000	715	768	76800	26895436	-25881
87+650	100	43100	504	610	60950	26956386	-27538
87+750	100	43200	368	436	43600	26999986	-46546
87+850	100	43300	785	577	57650	27057636	-51504
87+950	100	43400	400	593	59250	27116886	-54861
88+050	100	43500	790	595	59500	27176386	-57969
88+150	100	43600	1016	903	90300	27266686	-30277
88+250	100	43700	513	765	76450	27343136	-16435
88+350	100	43800	800	657	65650	27408786	-13392
88+450	100	43900	720	760	76000	27484786	0

F =	626
-----	-----

### DIAGRA DE SECCIONES HOMOGENEAS POR DEFLEXIONES



NORMA APLICADA	PROYECTO	CARRIL	ABSCISA	FECHA
AASTHO 1993	ALAUSI - GUASUNTOS	IZQUIERDO	88+550-98+350	02/01/2009

ABSCISA	DISTANCIA INTERVALO $\Delta x_i$	DISTANCIA ACUMULATIVA $\sum \Delta x_i$	DEFLEXION D1 (umm)		AREA INTERVALO $a_i$	AREA ACUMULATIVA $\sum a_i$	DIFERENCIA ACUMULADA $Z_x$
			ENSAYADA	PROMEDIO			
88+550	0	0	407	407	0	0	0
88+650	100	100	582	495	49450	49450	791
88+750	100	200	367	475	47450	96900	-418
88+850	100	300	734	551	55050	151950	5974
88+950	100	400	662	698	69800	221750	27115
89+050	100	500	546	604	60400	282150	38856
89+150	100	600	793	670	66950	349100	57147
89+250	100	700	602	698	69750	418850	78238
89+350	100	800	606	604	60400	479250	89980
89+450	100	900	281	444	44350	523600	85671
89+550	100	1000	459	370	37000	560600	74012
89+650	100	1100	424	442	44150	604750	69503
89+749	99	1199	402	413	40887	645637	62218
89+850	101	1300	539	471	47521	693158	60593
89+950	100	1400	465	502	50200	743358	62134
90+050	100	1500	286	376	37550	780908	51025
90+150	100	1600	197	242	24150	805058	26517
90+250	100	1700	163	180	18000	823058	-4142

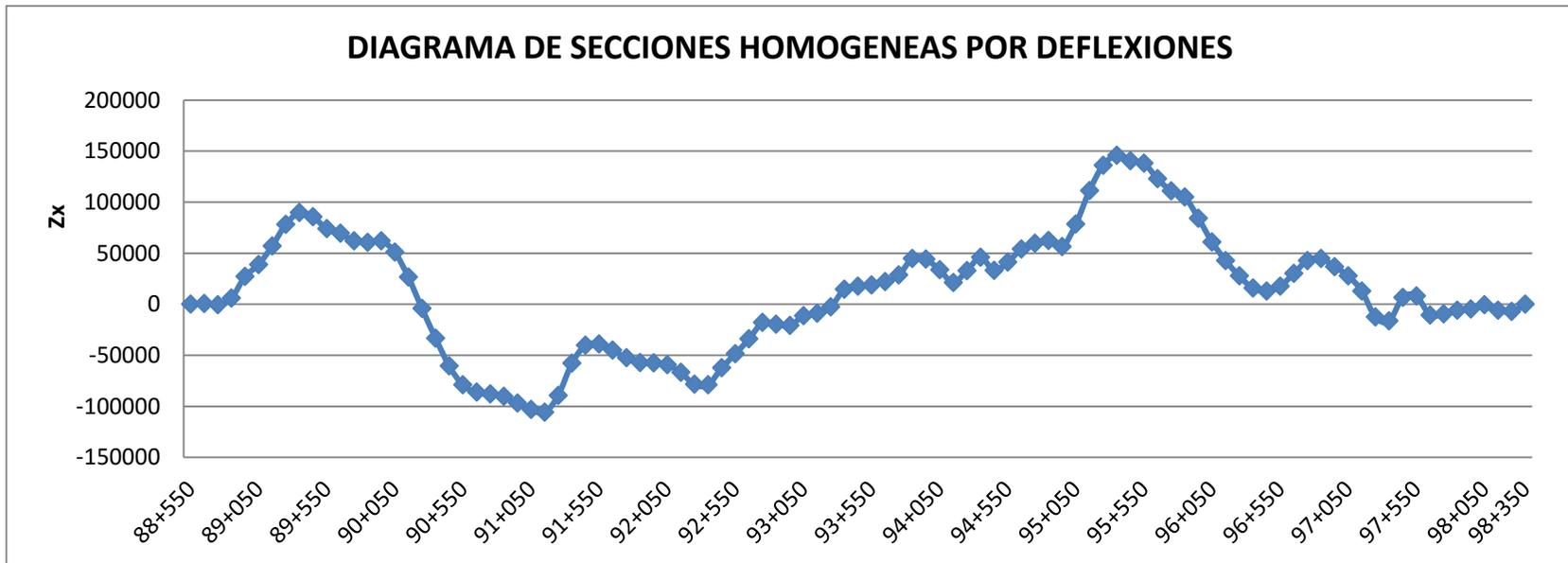
90+350	100	1800	226	195	19450	842508	-33351
90+450	100	1900	205	216	21550	864058	-60460
90+550	100	2000	397	301	30100	894158	-79019
90+650	100	2100	434	416	41550	935708	-86128
90+750	100	2200	505	470	46950	982658	-87836
90+850	100	2300	419	462	46200	1028858	-90295
90+949	99	2399	420	420	41531	1070388	-96937
91+050	101	2500	431	426	42976	1113364	-103107
91+150	100	2600	486	459	45850	1159214	-105916
91+250	100	2700	820	653	65300	1224514	-89274
91+350	100	2800	780	800	80000	1304514	-57933
91+450	100	2900	547	664	66350	1370864	-40242
91+550	100	3000	454	501	50050	1420914	-38851
91+650	100	3100	396	425	42500	1463414	-45010
91+750	100	3200	430	413	41300	1504714	-52368
91+850	100	3300	448	439	43900	1548614	-57127
91+950	100	3400	520	484	48400	1597014	-57386
92+050	100	3500	418	469	46900	1643914	-59145
92+150	100	3600	401	410	40950	1684864	-66854
92+250	100	3700	340	371	37050	1721914	-78463
92+350	100	3800	624	482	48200	1770114	-78921
92+450	100	3900	681	653	65250	1835364	-62330
92+550	100	4000	566	624	62350	1897714	-48639
92+650	100	4100	699	633	63250	1960964	-34048
92+750	100	4200	596	648	64750	2025714	-17957

92+850	100	4300	345	471	47050	2072764	-19565
92+950	100	4400	601	473	47300	2120064	-20924
93+050	100	4500	564	583	58250	2178314	-11333
93+150	100	4600	457	511	51050	2229364	-8942
93+250	100	4700	642	550	54950	2284314	-2651
93+349	99	4799	680	661	65439	2349753	14616
93+450	101	4900	352	516	52116	2401869	17587
93+550	100	5000	648	500	50000	2451869	18928
93+650	100	5100	387	518	51750	2503619	22019
93+750	100	5200	718	553	55250	2558869	28610
93+850	100	5300	581	650	64950	2623819	44902
93+950	100	5400	377	479	47900	2671719	44143
94+050	100	5500	386	382	38150	2709869	33634
94+150	100	5600	342	364	36400	2746269	21375
94+250	100	5700	860	601	60100	2806369	32816
94+350	100	5800	376	618	61800	2868169	45957
94+450	100	5900	343	360	35950	2904119	33249
94+550	100	6000	791	567	56700	2960819	41290
94+650	100	6100	438	615	61450	3022269	54081
94+750	100	6200	647	543	54250	3076519	59672
94+850	100	6300	380	514	51350	3127869	62363
94+950	100	6400	472	426	42600	3170469	56305
95+050	100	6500	943	708	70750	3241219	78396
95+150	100	6600	689	816	81600	3322819	111337
95+251	101	6701	774	732	73882	3396700	136073

95+350	99	6800	399	587	58064	3454764	145964
95+450	100	6900	466	433	43250	3498014	140556
95+550	100	7000	459	463	46250	3544264	138147
95+650	100	7100	210	335	33450	3577714	122938
95+750	100	7200	524	367	36700	3614414	110979
95+850	100	7300	333	429	42850	3657264	105170
95+950	100	7400	222	278	27750	3685014	84261
96+050	100	7500	287	255	25450	3710464	61053
96+150	100	7600	319	303	30300	3740764	42694
96+250	100	7700	354	337	33650	3774414	27685
96+350	100	7800	381	368	36750	3811164	15776
96+450	100	7900	534	458	45750	3856914	12867
96+550	100	8000	538	536	53600	3910514	17809
96+650	100	8100	681	610	60950	3971464	30100
96+750	100	8200	547	614	61400	4032864	42841
96+850	100	8300	466	507	50650	4083514	44832
96+950	100	8400	345	406	40550	4124064	36723
97+050	100	8500	452	399	39850	4163914	27915
97+150	100	8600	219	336	33550	4197464	12806
97+250	100	8700	249	234	23400	4220864	-12453
97+350	100	8800	646	448	44750	4265614	-16362
97+450	100	8900	787	717	71650	4337264	6629
97+550	100	9000	218	503	50250	4387514	8220
97+650	100	9100	380	299	29900	4417414	-10538
97+750	100	9200	616	498	49800	4467214	-9397

97+850	100	9300	430	523	52300	4519514	-5756
97+950	100	9400	564	497	49700	4569214	-4715
98+050	100	9500	493	529	52850	4622064	-524
98+150	100	9600	370	432	43150	4665214	-6032
98+250	100	9700	584	477	47700	4712914	-6991
98+350	100	9800	529	557	55650	4768564	0

F =	487
-----	-----



NORMA APLICADA	PROYECTO	CARRIL	ABSCISA	FECHA
AASTHO 1993	CHUNCHI - ZHUD	IZQUIERDO	123+050-165+650	02/01/2009

ABSCISA	DISTANCIA INTERVALO $\Delta x_i$	DISTANCIA ACUMULATIVA $\sum \Delta x_i$	DEFLEXION D1 (umm)		AREA INTERVALO $a_i$	AREA ACUMULATIVA $\sum a_i$	DIFERENCIA ACUMULADA $Z_x$
			ENSAYADA	PROMEDIO			
123+050	0	0	321	321	0	0	0
123+150	100	100	449	385	38500	38500	20081
123+250	100	200	336	393	39250	77750	40913
123+350	100	300	296	316	31600	109350	54094
123+450	100	400	307	302	30150	139500	65826
123+550	100	500	325	316	31600	171100	79007
123+650	100	600	307	316	31600	202700	92188
123+750	100	700	283	295	29500	232200	103270
123+850	100	800	319	301	30100	262300	114951
123+950	100	900	391	355	35500	297800	132033
124+050	100	1000	279	335	33500	331300	147114
124+150	100	1100	149	214	21400	352700	150095
124+250	100	1200	202	176	17550	370250	149227
124+350	100	1300	244	223	22300	392550	153108
124+450	100	1400	213	229	22850	415400	157540
124+550	100	1500	249	231	23100	438500	162221
124+650	100	1600	281	265	26500	465000	170302
124+750	100	1700	291	286	28600	493600	180484
124+850	100	1800	236	264	26350	519950	188415
124+950	100	1900	222	229	22900	542850	192897

125+050	100	2000	194	208	20800	563650	195278
125+150	100	2100	353	274	27350	591000	204209
125+250	100	2200	660	507	50650	641650	236441
125+350	100	2300	105	383	38250	679900	256272
125+450	100	2400	81	93	9300	689200	247154
125+550	100	2500	152	117	11650	700850	240385
125+650	100	2600	152	152	15200	716050	237166
125+750	100	2700	309	231	23050	739100	241798
125+850	100	2800	132	221	22050	761150	245429
125+950	100	2900	109	121	12050	773200	239061
126+050	100	3000	168	139	13850	787050	234492
126+150	100	3100	153	161	16050	803100	232123
126+250	100	3200	135	144	14400	817500	228105
126+350	100	3300	205	170	17000	834500	226686
126+450	100	3400	164	185	18450	852950	226718
126+550	100	3500	145	155	15450	868400	223749
126+650	100	3600	219	182	18200	886600	223530
126+750	100	3700	121	170	17000	903600	222112
126+850	100	3800	133	127	12700	916300	216393
126+950	100	3900	120	127	12650	928950	210625
127+050	100	4000	118	119	11900	940850	204106
127+150	100	4100	91	105	10450	951300	196137
127+250	100	4200	99	95	9500	960800	187219
127+350	100	4300	87	93	9300	970100	178100
127+450	100	4400	158	123	12250	982350	171932

127+550	100	4500	145	152	15150	997500	168663
127+650	100	4600	184	165	16450	1013950	166694
127+750	100	4700	153	169	16850	1030800	165126
127+850	100	4800	130	142	14150	1044950	160857
127+950	100	4900	142	136	13600	1058550	156039
128+050	100	5000	234	188	18800	1077350	156420
128+150	100	5100	147	191	19050	1096400	157051
128+250	100	5200	139	143	14300	1110700	152933
128+350	100	5300	164	152	15150	1125850	149664
128+450	100	5400	118	141	14100	1139950	145346
128+550	100	5500	97	108	10750	1150700	137677
128+650	100	5600	160	129	12850	1163550	132108
128+750	100	5700	120	140	14000	1177550	127690
128+850	100	5800	184	152	15200	1192750	124471
128+950	100	5900	131	158	15750	1208500	121803
129+050	100	6000	677	404	40400	1248900	143784
129+150	100	6100	436	557	55650	1304550	181015
129+250	100	6200	609	523	52250	1356800	214847
129+350	100	6300	145	377	37700	1394500	234128
129+450	100	6400	123	134	13400	1407900	229110
129+550	100	6500	449	286	28600	1436500	239291
129+650	100	6600	231	340	34000	1470500	254872
129+750	100	6700	289	260	26000	1496500	262454
129+850	100	6800	113	201	20100	1516600	264135
129+950	100	6900	77	95	9500	1526100	255217

130+050	100	7000	286	182	18150	1544250	254948
130+150	100	7100	122	204	20400	1564650	256929
130+250	100	7200	158	140	14000	1578650	252511
130+350	100	7300	122	140	14000	1592650	248092
130+450	100	7400	109	116	11550	1604200	241224
130+550	100	7500	143	126	12600	1616800	235405
130+650	100	7600	92	118	11750	1628550	228736
130+750	100	7700	96	94	9400	1637950	219718
130+850	100	7800	121	109	10850	1648800	212149
130+950	100	7900	73	97	9700	1658500	203431
131+050	100	8000	105	89	8900	1667400	193912
131+150	100	8100	109	107	10700	1678100	186193
131+250	100	8200	115	112	11200	1689300	178975
131+350	100	8300	83	99	9900	1699200	170456
131+450	100	8400	131	107	10700	1709900	162738
131+550	100	8500	173	152	15200	1725100	159519
131+650	100	8600	98	136	13550	1738650	154650
131+750	100	8700	87	93	9250	1747900	145482
131+850	100	8800	75	81	8100	1756000	135163
131+950	100	8900	93	84	8400	1764400	125145
132+050	100	9000	100	97	9650	1774050	116376
132+150	100	9100	118	109	10900	1784950	108857
132+250	100	9200	112	115	11500	1796450	101939
132+350	100	9300	70	91	9100	1805550	92620
132+450	100	9400	104	87	8700	1814250	82902

132+550	100	9500	80	92	9200	1823450	73683
132+650	100	9600	116	98	9800	1833250	65064
132+750	100	9700	818	467	46700	1879950	93346
132+850	100	9800	231	525	52450	1932400	127377
132+950	100	9900	222	227	22650	1955050	131609
133+050	100	10000	90	156	15600	1970650	128790
133+150	100	10100	76	83	8300	1978950	118671
133+250	100	10200	156	116	11600	1990550	111853
133+350	100	10300	253	205	20450	2011000	113884
133+450	100	10400	111	182	18200	2029200	113666
133+550	100	10500	597	354	35400	2064600	130647
133+650	100	10600	322	460	45950	2110550	158178
133+750	100	10700	409	366	36550	2147100	176310
133+850	100	10800	128	269	26850	2173950	184741
133+950	100	10900	120	124	12400	2186350	178722
134+050	100	11000	106	113	11300	2197650	171604
134+150	100	11100	131	119	11850	2209500	165035
134+250	100	11200	154	143	14250	2223750	160867
134+350	100	11300	228	191	19100	2242850	161548
134+450	100	11400	324	276	27600	2270450	170729
134+550	100	11500	223	274	27350	2297800	179661
134+650	100	11600	146	185	18450	2316250	179692
134+750	100	11700	389	268	26750	2343000	188024
134+850	100	11800	159	274	27400	2370400	197005
134+950	100	11900	326	243	24250	2394650	202836

135+050	100	12000	359	343	34250	2428900	218668
135+150	100	12100	269	314	31400	2460300	231649
135+250	100	12200	263	266	26600	2486900	239831
135+350	100	12300	171	217	21700	2508600	243112
135+450	100	12400	224	198	19750	2528350	244443
135+550	100	12500	297	261	26050	2554400	252075
135+650	100	12600	232	265	26450	2580850	260106
135+750	100	12700	214	223	22300	2603150	263988
135+850	100	12800	158	186	18600	2621750	264169
135+950	100	12900	171	165	16450	2638200	262200
136+050	100	13000	158	165	16450	2654650	260232
136+150	100	13100	159	159	15850	2670500	257663
136+250	100	13200	128	144	14350	2684850	253595
136+350	100	13300	94	111	11100	2695950	246276
136+450	100	13400	302	198	19800	2715750	247657
136+550	100	13500	345	324	32350	2748100	261589
136+650	100	13600	211	278	27800	2775900	270970
136+750	100	13700	139	175	17500	2793400	270052
136+850	100	13800	135	137	13700	2807100	265333
136+950	100	13900	155	145	14500	2821600	261414
137+050	100	14000	173	164	16400	2838000	259396
137+150	100	14100	400	287	28650	2866650	269627
137+250	100	14200	336	368	36800	2903450	288009
137+350	100	14300	152	244	24400	2927850	293990
137+450	100	14400	156	154	15400	2943250	290971

137+550	100	14500	162	159	15900	2959150	288453
137+650	100	14600	144	153	15300	2974450	285334
137+750	100	14700	269	207	20650	2995100	287566
137+850	100	14800	105	187	18700	3013800	287847
137+950	100	14900	154	130	12950	3026750	282378
138+050	100	15000	306	230	23000	3049750	286960
138+150	100	15100	91	199	19850	3069600	288391
138+250	100	15200	101	96	9600	3079200	279573
138+350	100	15300	223	162	16200	3095400	277354
138+450	100	15400	127	175	17500	3112900	276435
138+550	100	15500	90	109	10850	3123750	268867
138+650	100	15600	154	122	12200	3135950	262648
138+750	100	15700	97	126	12550	3148500	256780
138+850	100	15800	136	117	11650	3160150	250011
138+950	100	15900	124	130	13000	3173150	244592
139+050	100	16000	135	130	12950	3186100	239124
139+150	100	16100	172	154	15350	3201450	236055
139+250	100	16200	137	155	15450	3216900	233087
139+350	100	16300	204	171	17050	3233950	231718
139+450	100	16400	121	163	16250	3250200	229549
139+550	100	16500	147	134	13400	3263600	224531
139+650	100	16600	85	116	11600	3275200	217712
139+750	100	16700	98	92	9150	3284350	208444
139+850	100	16800	132	115	11500	3295850	201525
139+950	100	16900	102	117	11700	3307550	194806

140+050	100	17000	123	113	11250	3318800	187638
140+150	100	17100	102	113	11250	3330050	180469
140+250	100	17200	138	120	12000	3342050	174051
140+350	100	17300	414	276	27600	3369650	183232
140+450	100	17400	105	260	25950	3395600	190763
140+550	100	17500	136	121	12050	3407650	184395
140+650	100	17600	85	111	11050	3418700	177026
140+750	100	17700	101	93	9300	3428000	167908
140+950	200	17900	83	92	18400	3446400	149470
141+050	100	18000	72	78	7750	3454150	138802
141+150	100	18100	211	142	14150	3468300	134533
141+250	100	18200	396	304	30350	3498650	146465
141+350	100	18300	254	325	32500	3531150	160546
141+450	100	18400	191	223	22250	3553400	164377
141+550	100	18500	153	172	17200	3570600	163159
141+650	100	18600	117	135	13500	3584100	158240
141+750	100	18700	100	109	10850	3594950	150672
141+850	100	18800	109	105	10450	3605400	142703
141+950	100	18900	227	168	16800	3622200	141084
142+050	100	19000	129	178	17800	3640000	140466
142+150	100	19100	125	127	12700	3652700	134747
142+250	100	19200	121	123	12300	3665000	128629
142+350	100	19300	135	128	12800	3677800	123010
142+450	100	19400	263	199	19900	3697700	124491
142+550	100	19500	98	181	18050	3715750	124123

142+650	100	19600	394	246	24600	3740350	130304
142+750	100	19700	205	300	29950	3770300	141836
142+850	100	19800	162	184	18350	3788650	141767
142+950	100	19900	117	140	13950	3802600	137298
143+050	100	20000	203	160	16000	3818600	134880
143+150	100	20100	166	185	18450	3837050	134911
143+250	100	20200	128	147	14700	3851750	131193
143+350	100	20300	140	134	13400	3865150	126174
143+450	100	20400	171	156	15550	3880700	123305
143+550	100	20500	150	161	16050	3896750	120937
143+650	100	20600	142	146	14600	3911350	117118
143+750	100	20700	118	130	13000	3924350	111700
143+850	100	20800	425	272	27150	3951500	120431
143+950	100	20900	193	309	30900	3982400	132912
144+050	100	21000	252	223	22250	4004650	136744
144+150	100	21100	114	183	18300	4022950	136625
144+250	100	21200	176	145	14500	4037450	132707
144+348	98	21298	241	209	20433	4057883	135089
144+450	102	21400	228	235	23919	4081802	140221
144+550	100	21500	226	227	22700	4104502	144503
144+650	100	21600	139	183	18250	4122752	144334
144+750	100	21700	94	117	11650	4134402	137566
144+850	100	21800	121	108	10750	4145152	129897
144+950	100	21900	390	256	25550	4170702	137028
145+050	100	22000	104	247	24700	4195402	143310

145+150	100	22100	236	170	17000	4212402	141891
145+250	100	22200	507	372	37150	4249552	160623
145+350	100	22300	190	349	34850	4284402	177054
145+450	100	22400	263	227	22650	4307052	181285
145+550	100	22500	208	236	23550	4330602	186417
145+650	100	22600	120	164	16400	4347002	184398
145+750	100	22700	150	135	13500	4360502	179480
145+850	100	22800	193	172	17150	4377652	178211
145+950	100	22900	123	158	15800	4393452	175592
146+050	100	23000	357	240	24000	4417452	181174
146+150	100	23100	250	304	30350	4447802	193105
146+250	100	23200	90	170	17000	4464802	191687
146+350	100	23300	225	158	15750	4480552	189018
146+450	100	23400	192	209	20850	4501402	191449
146+550	100	23500	152	172	17200	4518602	190231
146+650	100	23600	143	148	14750	4533352	186562
146+750	100	23700	270	207	20650	4554002	188794
146+850	100	23800	492	381	38100	4592102	208475
146+950	100	23900	105	299	29850	4621952	219906
147+050	100	24000	174	140	13950	4635902	215438
147+150	100	24100	203	189	18850	4654752	215869
147+250	100	24200	185	194	19400	4674152	216851
147+350	100	24300	174	180	17950	4692102	216382
147+449	99	24399	106	140	13860	4705962	212008
147+550	101	24500	118	112	11312	4717274	204717

147+650	100	24600	133	126	12550	4729824	198848
147+750	100	24700	175	154	15400	4745224	195830
147+850	100	24800	65	120	12000	4757224	189411
147+950	100	24900	99	82	8200	4765424	179192
148+050	100	25000	169	134	13400	4778824	174174
148+150	100	25100	151	160	16000	4794824	171755
148+250	100	25200	195	173	17300	4812124	170637
148+350	100	25300	389	292	29200	4841324	181418
148+450	100	25400	153	271	27100	4868424	190099
148+550	100	25500	128	141	14050	4882474	185731
148+650	100	25600	229	179	17850	4900324	185162
148+750	100	25700	150	190	18950	4919274	185694
148+850	100	25800	125	138	13750	4933024	181025
148+950	100	25900	257	191	19100	4952124	181706
149+050	100	26000	438	348	34750	4986874	198038
149+150	100	26100	103	271	27050	5013924	206669
149+250	100	26200	147	125	12500	5026424	200751
149+350	100	26300	122	135	13450	5039874	195782
149+450	100	26400	122	122	12200	5052074	189563
149+550	100	26500	314	218	21800	5073874	192945
149+650	100	26600	458	386	38600	5112474	213126
149+750	100	26700	125	292	29150	5141624	223858
149+850	100	26800	197	161	16100	5157724	221539
149+950	100	26900	237	217	21700	5179424	224820
150+050	100	27000	487	362	36200	5215624	242602

150+150	100	27100	139	313	31300	5246924	255483
150+250	100	27200	234	187	18650	5265574	255715
150+350	100	27300	95	165	16450	5282024	253746
150+450	100	27400	125	110	11000	5293024	246327
150+550	100	27500	92	109	10850	5303874	238759
150+650	100	27600	458	275	27500	5331374	247840
150+750	100	27700	351	405	40450	5371824	269872
150+850	100	27800	95	223	22300	5394124	273753
150+950	100	27900	144	120	11950	5406074	267284
151+050	100	28000	98	121	12100	5418174	260966
151+150	100	28100	145	122	12150	5430324	254697
151+250	100	28200	76	111	11050	5441374	247329
151+350	100	28300	147	112	11150	5452524	240060
151+450	100	28400	101	124	12400	5464924	234041
151+550	100	28500	156	129	12850	5477774	228473
151+650	100	28600	143	150	14950	5492724	225004
151+750	100	28700	333	238	23800	5516524	230386
151+850	100	28800	81	207	20700	5537224	232667
151+950	100	28900	99	90	9000	5546224	223248
152+050	100	29000	133	116	11600	5557824	216430
152+150	100	29100	93	113	11300	5569124	209311
152+250	100	29200	117	105	10500	5579624	201393
152+350	100	29300	133	125	12500	5592124	195474
152+450	100	29400	243	188	18800	5610924	195855
152+550	100	29500	354	299	29850	5640774	207287

152+650	100	29600	139	247	24650	5665424	213518
152+750	100	29700	155	147	14700	5680124	209800
152+850	100	29800	270	213	21250	5701374	212631
152+950	100	29900	249	260	25950	5727324	220162
153+050	100	30000	109	179	17900	5745224	219644
153+150	100	30100	153	131	13100	5758324	214325
153+250	100	30200	87	120	12000	5770324	207907
153+350	100	30300	135	111	11100	5781424	200588
153+450	100	30400	98	117	11650	5793074	193819
153+550	100	30500	469	284	28350	5821424	203751
153+650	100	30600	214	342	34150	5855574	219482
153+750	100	30700	260	237	23700	5879274	224764
153+850	100	30800	145	203	20250	5899524	226595
153+950	100	30900	164	155	15450	5914974	223626
154+050	100	31000	98	131	13100	5928074	218308
154+150	100	31100	96	97	9700	5937774	209589
154+250	100	31200	77	87	8650	5946424	199821
154+350	100	31300	75	76	7600	5954024	189002
154+450	100	31400	124	100	9950	5963974	180533
154+550	100	31500	72	98	9800	5973774	171915
154+650	100	31600	83	78	7750	5981524	161246
154+750	100	31700	117	100	10000	5991524	152828
154+850	100	31800	140	129	12850	6004374	147259
154+950	100	31900	82	111	11100	6015474	139940
155+050	100	32000	96	89	8900	6024374	130422

155+150	100	32100	180	138	13800	6038174	125803
155+250	100	32200	81	131	13050	6051224	120434
155+350	100	32300	111	96	9600	6060824	111616
155+450	100	32400	266	189	18850	6079674	112047
155+550	100	32500	229	248	24750	6104424	118379
155+650	100	32600	101	165	16500	6120924	116460
155+750	100	32700	151	126	12600	6133524	110641
155+850	100	32800	121	136	13600	6147124	105823
155+950	100	32900	143	132	13200	6160324	100604
156+050	100	33000	84	114	11350	6171674	93536
156+150	100	33100	320	202	20200	6191874	95317
156+250	100	33200	442	381	38100	6229974	114998
156+350	100	33300	175	309	30850	6260824	127430
156+450	100	33400	246	211	21050	6281874	130061
156+550	100	33500	276	261	26100	6307974	137743
156+650	100	33600	222	249	24900	6332874	144224
156+750	100	33700	208	215	21500	6354374	147305
156+850	100	33800	124	166	16600	6370974	145487
156+950	100	33900	114	119	11900	6382874	138968
157+050	100	34000	107	111	11050	6393924	131600
157+150	100	34100	167	137	13700	6407624	126881
157+250	100	34200	178	173	17250	6424874	125712
157+350	100	34300	235	207	20650	6445524	127944
157+450	100	34400	175	205	20500	6466024	130025
157+550	100	34500	151	163	16300	6482324	127907

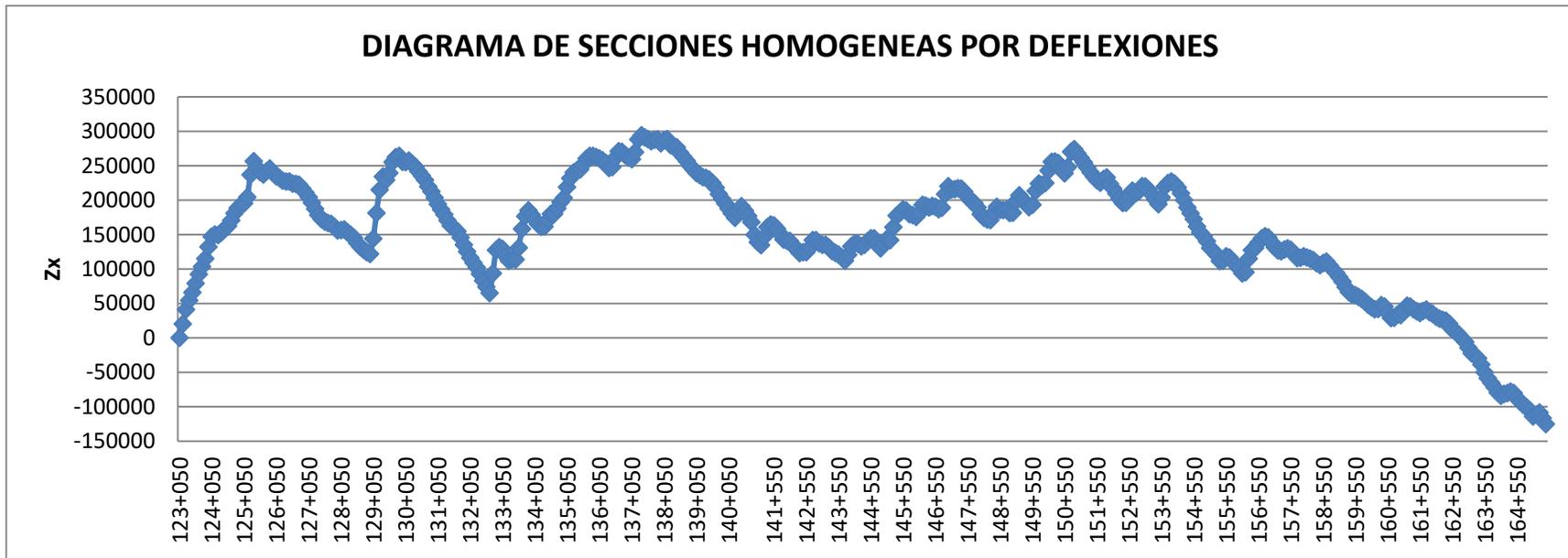
157+650	100	34600	111	131	13100	6495424	122588
157+750	100	34700	121	116	11600	6507024	115769
157+850	100	34800	253	187	18700	6525724	116051
157+950	100	34900	158	206	20550	6546274	118182
158+050	100	35000	179	169	16850	6563124	116614
158+150	100	35100	158	169	16850	6579974	115045
158+250	100	35200	163	161	16050	6596024	112676
158+350	100	35300	122	143	14250	6610274	108508
158+450	100	35400	188	155	15500	6625774	105589
158+550	100	35500	236	212	21200	6646974	108371
158+650	100	35600	174	205	20500	6667474	110452
158+750	100	35700	89	132	13150	6680624	105183
158+850	100	35800	160	125	12450	6693074	99215
158+950	100	35900	108	134	13400	6706474	94196
159+050	100	36000	139	124	12350	6718824	88128
159+150	100	36100	99	119	11900	6730724	81609
159+250	100	36200	107	103	10300	6741024	73490
159+350	100	36300	119	113	11300	6752324	66372
159+450	100	36400	177	148	14800	6767124	62753
159+550	100	36500	172	175	17450	6784574	61785
159+650	100	36600	151	162	16150	6800724	59516
159+750	100	36700	153	152	15200	6815924	56297
159+850	100	36800	142	148	14750	6830674	52629
159+950	100	36900	128	135	13500	6844174	47710
160+050	100	37000	174	151	15100	6859274	44392

160+150	100	37100	131	153	15250	6874524	41223
160+250	100	37200	250	191	19050	6893574	41854
160+350	100	37300	231	241	24050	6917624	47486
160+450	100	37400	90	161	16050	6933674	45117
160+550	100	37500	90	90	9000	6942674	35699
160+650	100	37600	137	114	11350	6954024	28630
160+750	100	37700	240	189	18850	6972874	29061
160+850	100	37800	224	232	23200	6996074	33843
160+950	100	37900	126	175	17500	7013574	32924
161+050	100	38000	335	231	23050	7036624	37556
161+150	100	38100	210	273	27250	7063874	46387
161+250	100	38200	140	175	17500	7081374	45468
161+350	100	38300	143	142	14150	7095524	41200
161+450	100	38400	168	156	15550	7111074	38331
161+550	100	38500	155	162	16150	7127224	36063
161+650	100	38600	269	212	21200	7148424	38844
161+750	100	38700	144	207	20650	7169074	41075
161+850	100	38800	145	145	14450	7183524	37107
161+950	100	38900	169	157	15700	7199224	34388
162+050	100	39000	119	144	14400	7213624	30370
162+150	100	39100	200	160	15950	7229574	27901
162+250	100	39200	128	164	16400	7245974	25882
162+350	100	39300	214	171	17100	7263074	24564
162+450	100	39400	69	142	14150	7277224	20295
162+550	100	39500	136	103	10250	7287474	12127

162+650	100	39600	165	151	15050	7302524	8758
162+750	100	39700	121	143	14300	7316824	4639
162+850	100	39800	140	131	13050	7329874	-729
162+950	100	39900	122	131	13100	7342974	-6048
163+050	100	40000	76	99	9900	7352874	-14566
163+150	100	40100	133	105	10450	7363324	-22535
163+250	100	40200	174	154	15350	7378674	-25604
163+350	100	40300	104	139	13900	7392574	-30122
163+450	100	40400	86	95	9500	7402074	-39041
163+550	100	40500	65	76	7550	7409624	-49909
163+650	100	40600	131	98	9800	7419424	-58528
163+750	100	40700	99	115	11500	7430924	-65447
163+850	100	40800	142	121	12050	7442974	-71815
163+950	100	40900	70	106	10600	7453574	-79634
164+050	100	41000	209	140	13950	7467524	-84102
164+150	100	41100	208	209	20850	7488374	-81671
164+250	100	41200	185	197	19650	7508024	-80440
164+350	100	41300	225	205	20500	7528524	-78358
164+450	100	41400	106	166	16550	7545074	-80227
164+550	100	41500	116	111	11100	7556174	-87545
164+650	100	41600	145	131	13050	7569224	-92914
164+750	100	41700	134	140	13950	7583174	-97383
164+850	100	41800	166	150	15000	7598174	-100801
164+950	100	41900	108	137	13700	7611874	-105520
165+050	100	42000	88	98	9800	7621674	-114138

165+150	100	42100	331	210	20950	7642624	-111607
165+250	100	42200	102	217	21650	7664274	-108376
165+350	100	42300	99	101	10050	7674324	-116744
165+450	100	42400	99	99	9900	7684224	-125263
165+550	100	42500	1428	764	76350	7760574	-67331
165+650	100	42600	287	858	85750	7846324	0

F =	184
-----	-----



**ENSAYO CONO DE PENETRACION DINAMICO D.C .P.**

ENSAYO No: 1

ABSCISA: 0+000

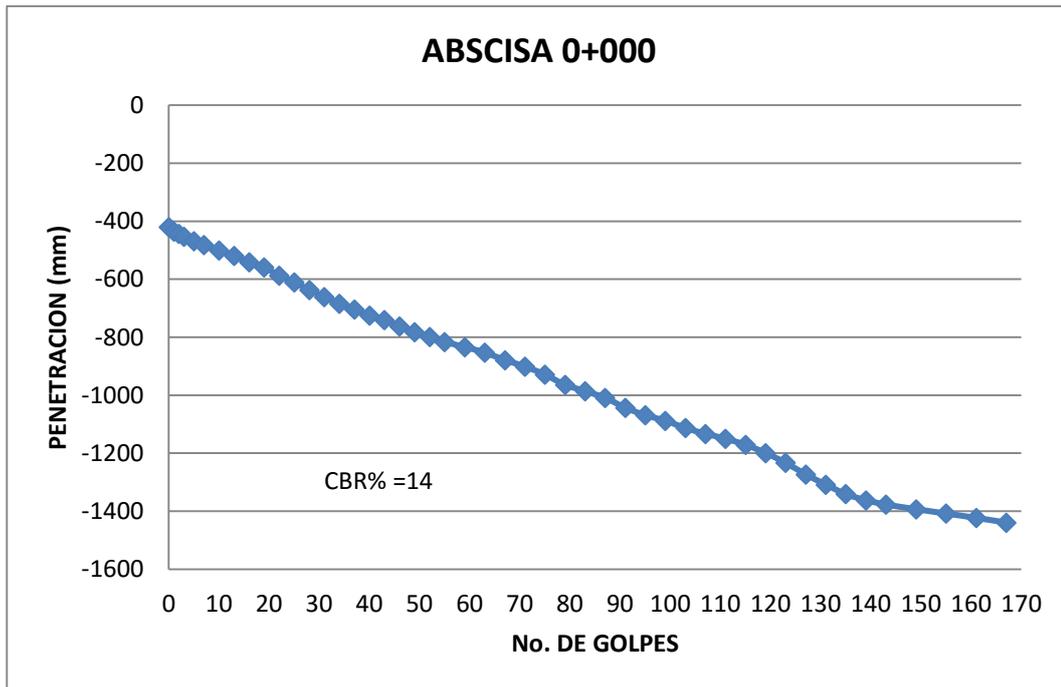
Profundidad de la Subrasante  
mm: 420

LECTURA INICIAL mm. 84

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	84	420
1	1	99	435
1	2	107	443
1	3	117	453
2	5	132	468
2	7	146	482
3	10	164	500
3	13	183	519
3	16	205	541
3	19	223	559
3	22	251	587
3	25	275	611
3	28	301	637
3	31	325	661
3	34	348	684
3	37	368	704
3	40	389	725
3	43	405	741
3	46	426	762
3	49	446	782
3	52	463	799
3	55	480	816
4	59	498	834
4	63	517	853
4	67	543	879
4	71	565	901
4	75	593	929
4	79	628	964
4	83	650	986
4	87	673	1009
4	91	707	1043
4	95	733	1069
4	99	752	1088

4	103	777	1113
4	107	797	1133
4	111	814	1150
4	115	835	1171
4	119	863	1199
4	123	897	1233
4	127	937	1273
4	131	972	1308
4	135	1005	1341
4	139	1026	1362
4	143	1041	1377
6	149	1057	1393
6	155	1072	1408
6	161	1087	1423
6	167	1103	1439





ENSAYO No: 2

ABSCISA: 4+000

Profundidad de la Subrasante

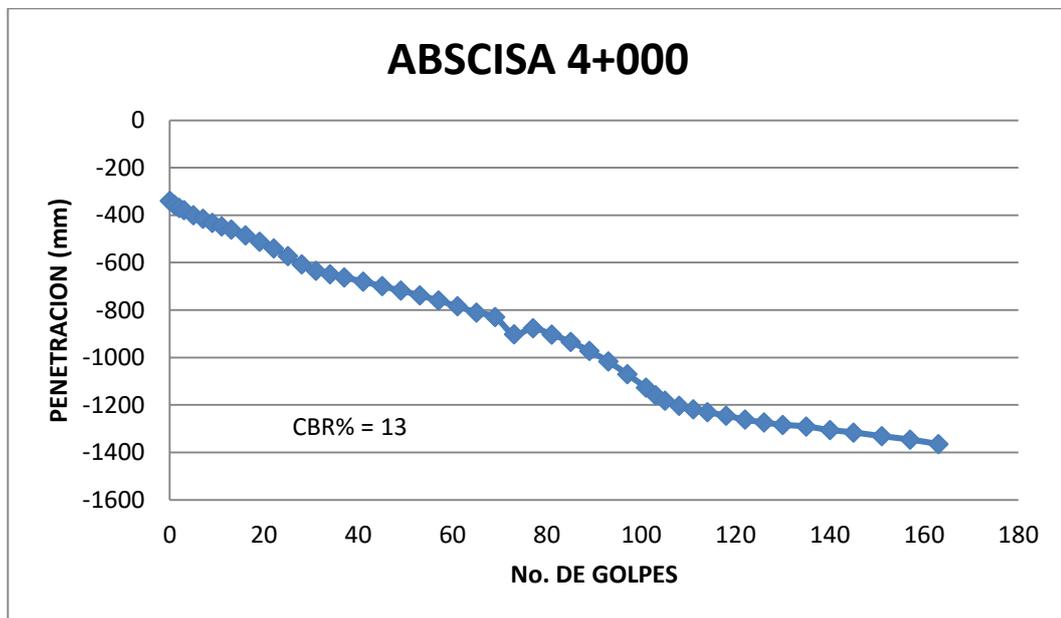
mm: 700

LECTURA INICIAL mm. 84

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	13	340
1	1	30	357
1	2	42	369
1	3	52	379
2	5	73	400
2	7	88	415
2	9	105	432
2	11	120	447
2	13	134	461
3	16	158	485
3	19	185	512
3	22	213	540
3	25	245	572
3	28	280	607
3	31	307	634
3	34	322	649
3	37	335	662
4	41	353	680
4	45	372	699
4	49	391	718
4	53	411	738
4	57	433	760
4	61	457	784
4	65	483	810
4	69	503	830
4	73	575	902
4	77	550	877
4	81	576	903
4	85	607	934
4	89	645	972
4	93	690	1017
4	97	743	1070
4	101	800	1127
2	103	832	1159

2	105	855	1182
3	108	876	1203
3	111	892	1219
3	114	904	1231
4	118	918	1245
4	122	935	1262
4	126	947	1274
4	130	957	1284
5	135	964	1291
5	140	979	1306
5	145	989	1316
6	151	1005	1332
6	157	1019	1346
6	163	1038	1365



ENSAYO No: 3

ABSCISA: 8+000

Profundidad de la Subrasante

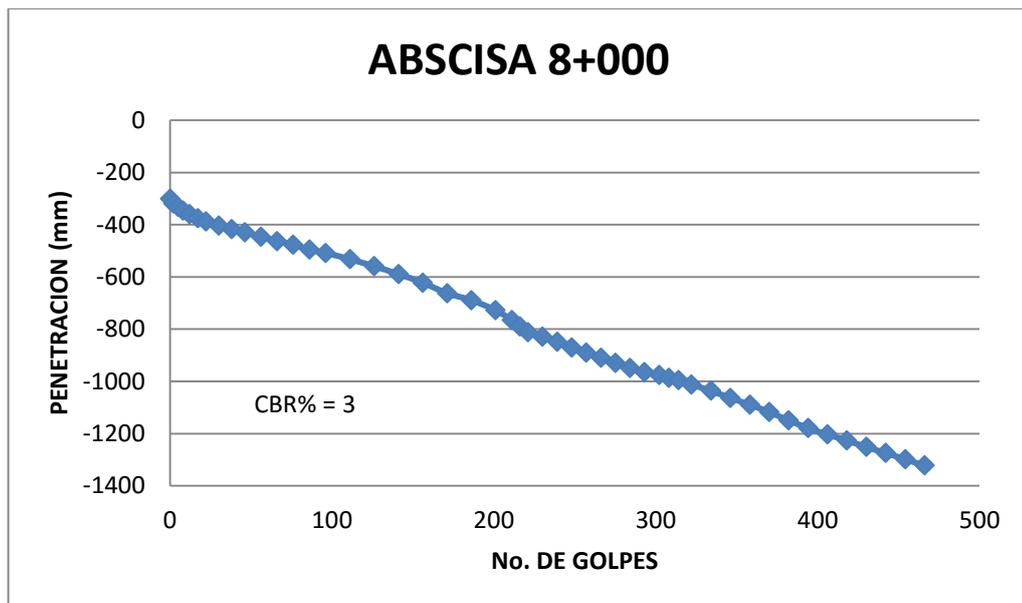
mm: 400

LECTURA INICIAL mm. 84

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	0	300
2	2	19	319
3	5	32	332
3	8	46	346
4	12	59	359
5	17	75	375
5	22	87	387
8	30	103	403
8	38	116	416
8	46	129	429
10	56	146	446
10	66	163	463
10	76	176	476
10	86	195	495
10	96	208	508
15	111	232	532
15	126	259	559
15	141	289	589
15	156	322	622
15	171	362	662
15	186	389	689
15	201	427	727
10	211	465	765
5	216	489	789
5	221	512	812
9	230	529	829
9	239	548	848
9	248	570	870
9	257	590	890
9	266	610	910
9	275	629	929
9	284	648	948
9	293	665	965
9	302	675	975

6	308	686	986
6	314	695	995
8	322	712	1012
12	334	736	1036
12	346	763	1063
12	358	789	1089
12	370	817	1117
12	382	849	1149
12	394	878	1178
12	406	903	1203
12	418	926	1226
12	430	951	1251
12	442	974	1274
12	454	998	1298
12	466	1022	1322



ENSAYO No: 4

ABSCISA: 12+000

Profundidad de la Subrasante

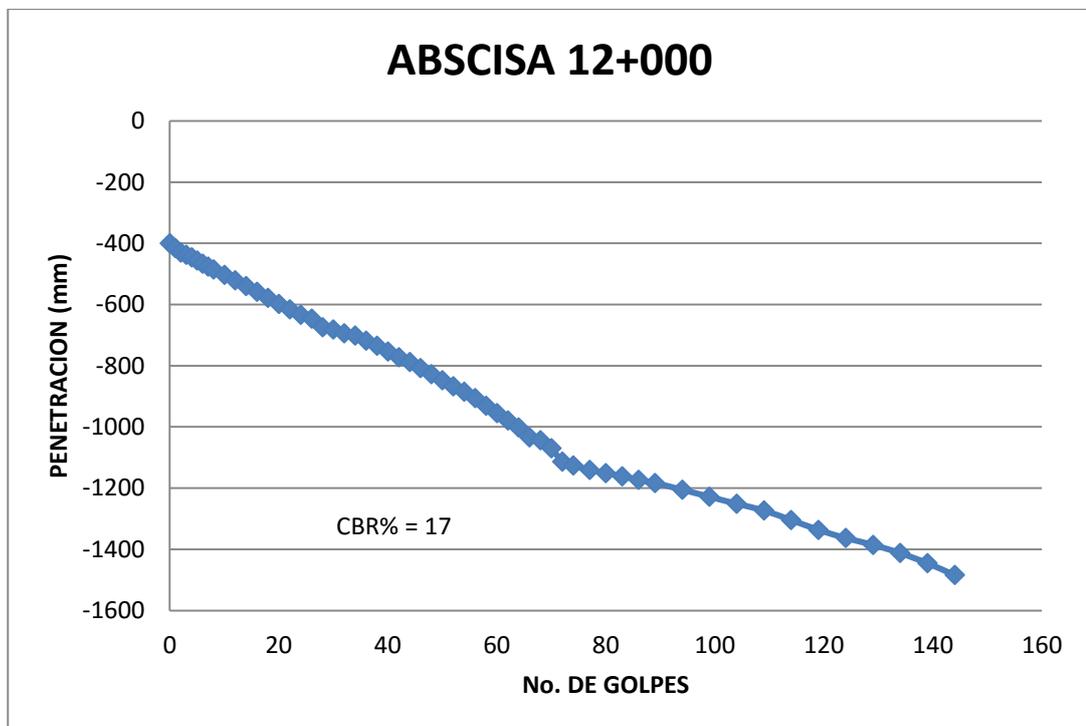
mm: 400

LECTURA INICIAL mm. 84

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	45	400
1	1	60	415
1	2	75	430
1	3	82	437
1	4	91	446
1	5	101	456
1	6	111	466
1	7	121	476
1	8	130	485
2	10	148	503
2	12	166	521
2	14	185	540
2	16	203	558
2	18	223	578
2	20	243	598
2	22	261	616
2	24	278	633
2	26	291	646
2	28	319	674
2	30	326	681
2	32	339	694
2	34	346	701
2	36	363	718
2	38	380	735
2	40	398	753
2	42	417	772
2	44	433	788
2	46	453	808
2	48	472	827
2	50	492	847
2	52	512	867
2	54	530	885
2	56	551	906
2	58	576	931

2	60	600	955
2	62	624	979
2	64	647	1002
2	66	679	1034
2	68	688	1043
2	70	714	1069
2	72	758	1113
2	74	771	1126
3	77	785	1140
3	80	796	1151
5	104	896	1251
5	109	918	1273
5	114	949	1304
5	119	981	1336
5	124	1008	1363
5	129	1030	1385
5	134	1057	1412
5	139	1090	1445
5	144	1129	1484



ENSAYO No: 5

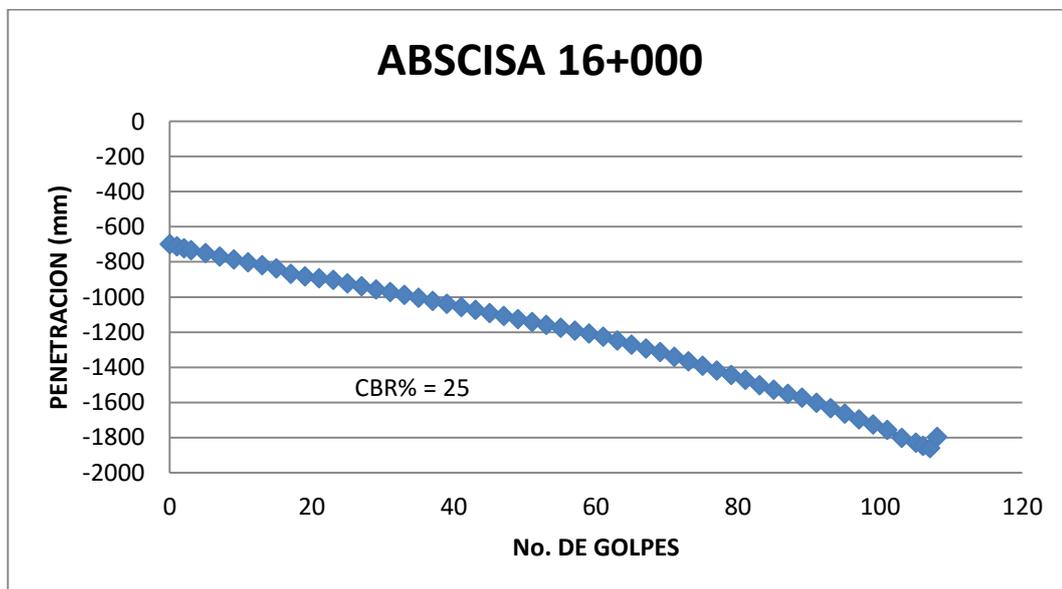
ABSCISA: 16+000  
Profundidad de la Subrasante  
mm: 700

LECTURA INICIAL mm. 288

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	288	700
1	1	300	712
1	2	311	723
1	3	321	733
2	5	338	750
2	7	358	770
2	9	375	787
2	11	391	803
2	13	408	820
2	15	426	838
2	17	456	868
2	19	470	882
2	21	481	893
2	23	491	903
2	25	510	922
2	27	527	939
2	29	545	957
2	31	560	972
2	33	576	988
2	35	593	1005
2	37	610	1022
2	39	627	1039
2	41	645	1057
2	43	661	1073
2	45	679	1091
2	47	697	1109
2	49	715	1127
2	51	730	1142
2	53	747	1159
2	55	763	1175
2	57	779	1191
2	59	797	1209
2	61	815	1227
2	63	836	1248

2	65	860	1272
2	67	881	1293
2	69	902	1314
2	71	928	1340
2	73	955	1367
2	75	980	1392
2	77	1007	1419
2	79	1032	1444
2	95	1253	1665
2	97	1286	1698
2	99	1314	1726
2	101	1345	1757
2	103	1390	1802
2	105	1418	1830
1	106	1436	1848
1	107	1448	1860
1	108	1385	1797



ENSAYO No: 6

ABSCISA: 20+000

Profundidad de la Subrasante

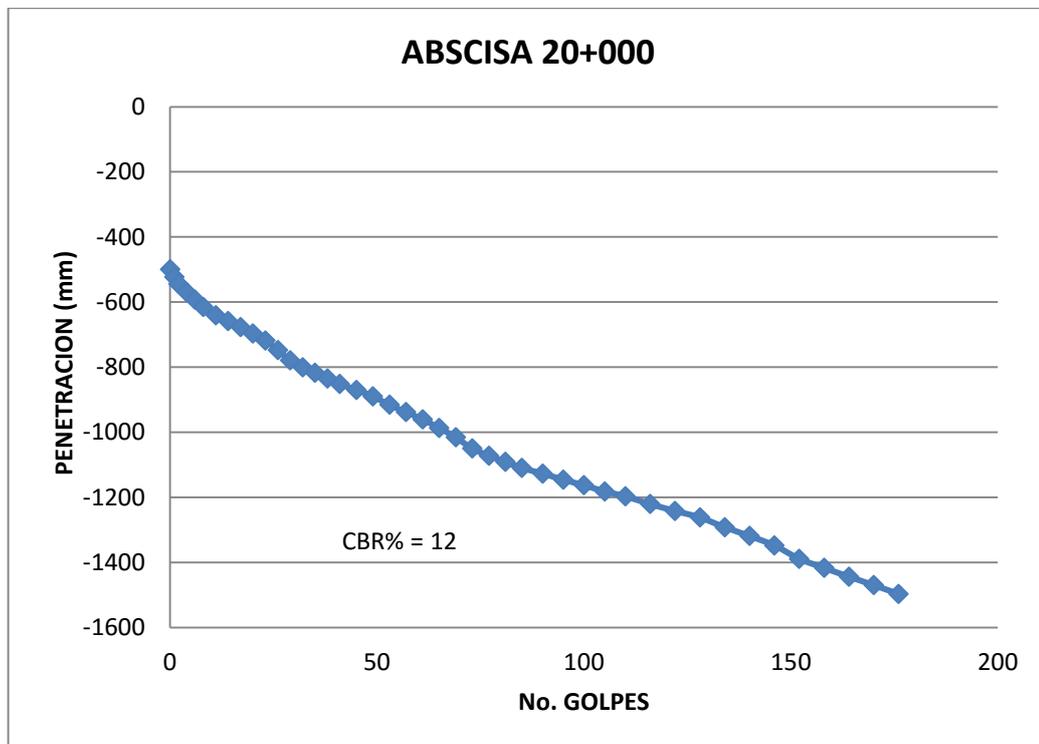
mm: 500

LECTURA INICIAL mm. 25

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	25	500
1	1	48	523
1	2	70	545
2	4	95	570
2	6	118	593
2	8	140	615
3	11	166	641
3	14	184	659
3	17	202	677
3	20	222	697
3	23	243	718
3	26	273	748
3	29	304	779
3	32	326	801
3	35	342	817
3	38	360	835
3	41	377	852
4	45	395	870
4	49	415	890
4	53	441	916
4	57	463	938
4	61	486	961
4	65	512	987
4	69	541	1016
4	73	575	1050
4	77	597	1072
4	81	616	1091
4	85	635	1110
5	90	652	1127
5	95	671	1146
5	100	688	1163
5	105	707	1182
5	110	722	1197
6	116	746	1221

6	122	767	1242
6	128	787	1262
6	134	817	1292
6	140	844	1319
6	146	873	1348
6	152	914	1389
6	158	942	1417
6	164	969	1444
6	170	995	1470
6	176	1022	1497



ENSAYO No: 7

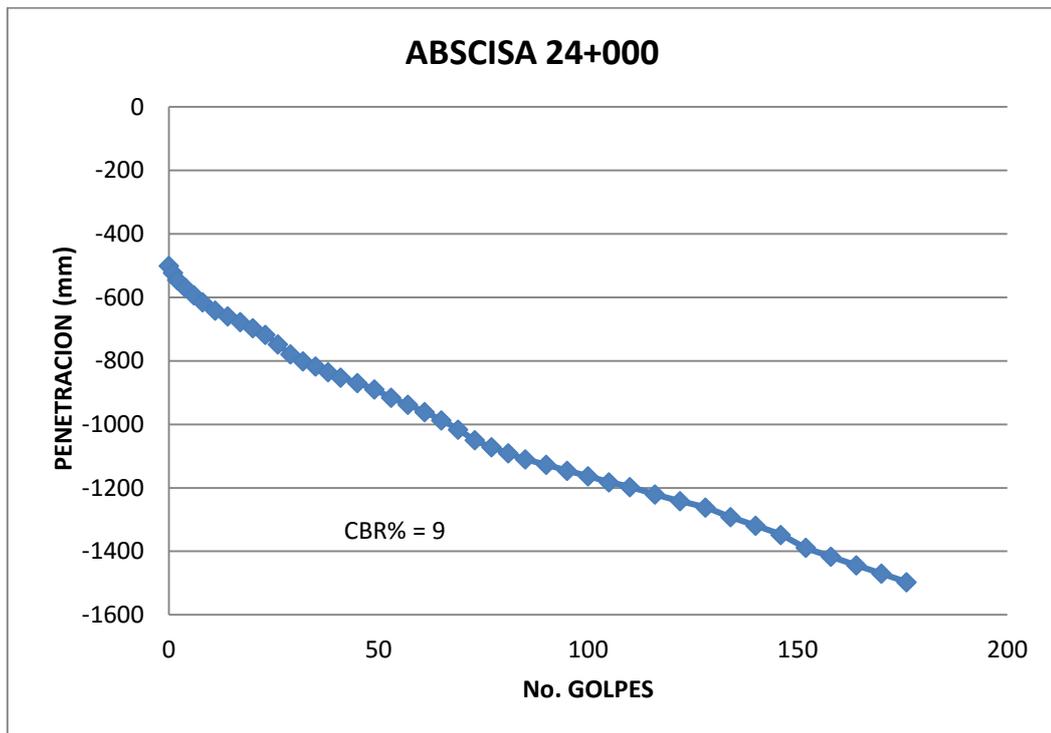
ABSCISA: 24+000  
Profundidad de la Subrasante  
mm: 520

LECTURA INICIAL mm. 115

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	115	520
1	1	124	529
2	3	147	552
2	5	161	566
4	9	170	575
5	14	180	585
8	22	194	599
10	32	217	622
5	37	240	645
5	42	262	667
5	47	292	697
5	52	342	747
3	55	376	781
3	58	405	810
3	61	433	838
3	64	457	862
3	67	478	883
3	70	495	900
4	74	516	921
4	78	536	941
4	82	555	960
5	87	580	985
5	92	605	1010
5	97	628	1033
5	102	650	1055
5	107	671	1076
5	112	687	1092
5	117	708	1113
5	122	718	1123
5	127	738	1143
5	132	756	1161
5	137	770	1175
5	142	786	1191
5	147	805	1210

5	152	820	1225
5	157	836	1241
5	162	852	1257
8	170	881	1286
8	178	911	1316
8	186	945	1350
5	191	973	1378
4	195	1005	1410
3	198	1040	1445
3	201	1085	1490
2	203	1115	1520
2	205	1140	1545
2	207	1168	1573
2	209	1198	1603
2	211	1221	1626



ENSAYO No: 8

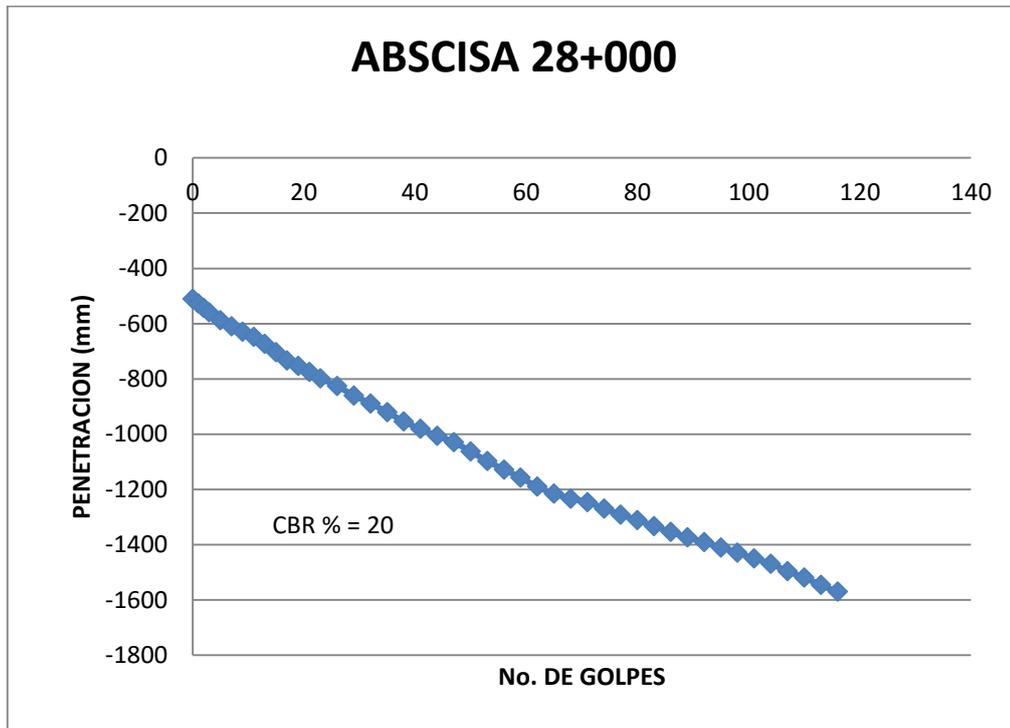
ABSCISA: 28+000  
Profundidad de la Subrasante  
mm: 510

LECTURA INICIAL mm. 117

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	117	510
1	1	134	527
1	2	150	543
1	3	166	559
2	5	195	588
2	7	217	610
2	9	236	629
2	11	255	648
2	13	280	673
2	15	310	703
2	17	340	733
2	19	360	753
2	21	382	775
2	23	405	798
3	26	433	826
3	29	467	860
3	32	496	889
3	35	527	920
3	38	561	954
3	41	588	981
3	44	613	1006
3	47	636	1029
3	50	670	1063
3	53	704	1097
3	56	735	1128
3	59	764	1157
3	62	797	1190
3	65	822	1215
3	68	840	1233
3	71	853	1246
3	74	876	1269
3	77	898	1291
3	80	918	1311
3	83	940	1333

3	86	961	1354
3	89	980	1373
3	92	998	1391
3	95	1017	1410
3	98	1036	1429
3	101	1057	1450
3	104	1076	1469
3	107	1103	1496
3	110	1126	1519
3	113	1153	1546
3	116	1177	1570



ENSAYO No: 9

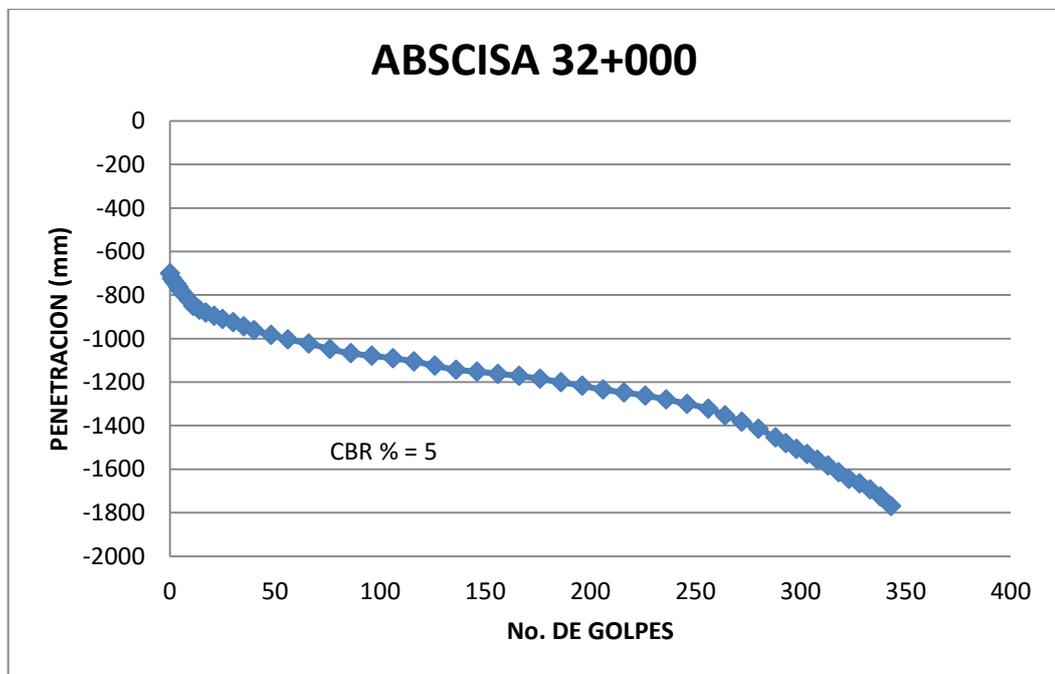
ABSCISA: 32+000  
Profundidad de la Subrasante  
mm: 700

LECTURA INICIAL mm. 301

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	301	700
1	1	325	724
1	2	339	738
1	3	351	750
1	4	364	763
1	5	381	780
2	7	402	801
2	9	424	823
2	11	451	850
3	14	468	867
3	17	481	880
4	21	496	895
4	25	510	909
5	30	525	924
5	35	544	943
5	40	562	961
8	48	584	983
8	56	604	1003
10	66	623	1022
10	76	648	1047
10	86	668	1067
10	96	679	1078
10	106	691	1090
10	116	705	1104
10	126	725	1124
10	136	743	1142
10	146	752	1151
10	156	762	1161
10	166	772	1171
10	176	785	1184
10	186	801	1200
10	196	817	1216
10	206	835	1234
10	216	848	1247

10	226	862	1261
10	236	880	1279
10	246	900	1299
10	256	922	1321
8	264	953	1352
8	272	983	1382
8	280	1015	1414
8	288	1055	1454
5	293	1081	1480
5	298	1107	1506
5	303	1131	1530
5	308	1157	1556
5	313	1184	1583
5	318	1215	1614
5	323	1245	1644
5	328	1265	1664
5	333	1293	1692
5	338	1326	1725
5	343	1370	1769



ENSAYO No: 10

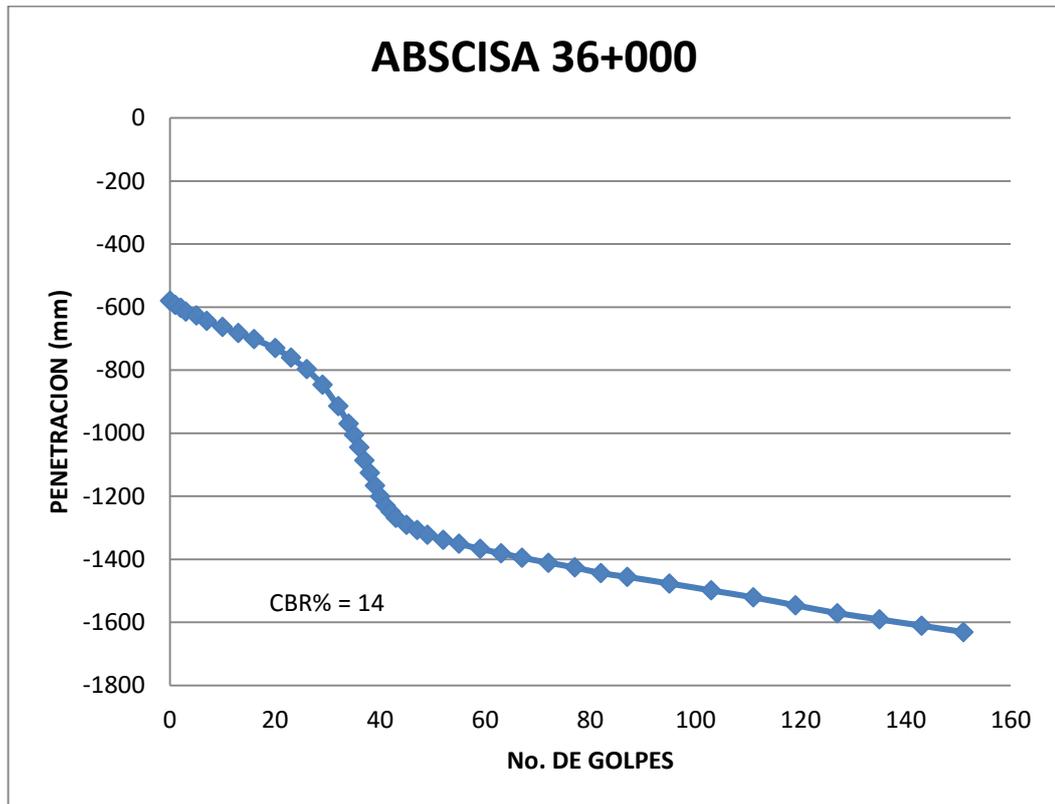
ABSCISA: 36+000  
Profundidad de la Subrasante  
mm: 580

LECTURA INICIAL mm. 170

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	170	580
1	1	183	593
1	2	192	602
1	3	204	614
2	5	217	627
2	7	234	644
3	10	253	663
3	13	272	682
3	16	291	701
4	20	320	730
3	23	350	760
3	26	387	797
3	29	436	846
3	32	504	914
2	34	560	970
1	35	595	1005
1	36	635	1045
1	37	676	1086
1	38	716	1126
1	39	756	1166
1	40	791	1201
1	41	820	1230
1	42	839	1249
1	43	859	1269
2	45	881	1291
2	47	897	1307
2	49	912	1322
3	52	929	1339
3	55	941	1351
4	59	957	1367
4	63	971	1381
4	67	985	1395
5	72	1001	1411

5	77	1016	1426
5	82	1034	1444
5	87	1046	1456
8	95	1067	1477
8	103	1089	1499
8	111	1111	1521
8	119	1136	1546
8	127	1161	1571
8	135	1181	1591
8	143	1201	1611
8	151	1221	1631



ENSAYO No: 11

ABSCISA:  
Profundidad de la Subrasante  
mm:

40+000

700

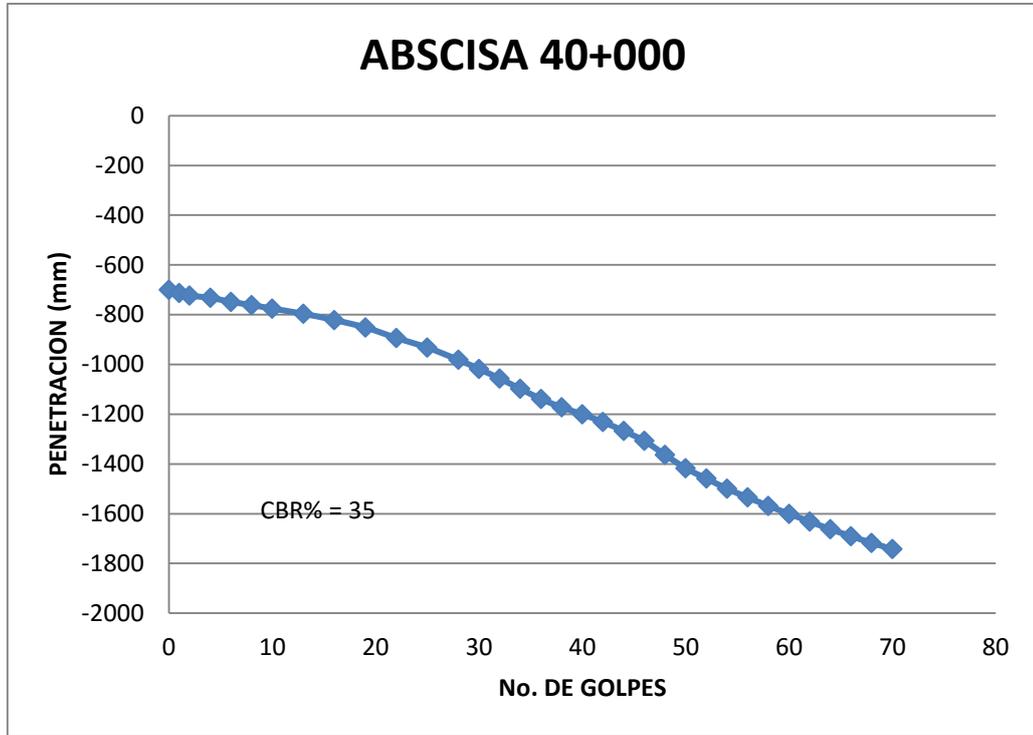
LECTURA INICIAL mm. 362

FECHA:

03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	362	700
1	1	375	713
1	2	385	723
2	4	394	732
2	6	410	748
2	8	423	761
2	10	437	775
3	13	458	796
3	16	483	821
3	19	513	851
3	22	555	893
3	25	594	932
3	28	643	981
2	30	680	1018
2	32	718	1056
2	34	760	1098
2	36	800	1138
2	38	834	1172
2	40	862	1200
2	42	893	1231
2	44	929	1267
2	46	969	1307
2	48	1025	1363
2	50	1079	1417
2	52	1120	1458
2	54	1161	1499
2	56	1196	1534
2	58	1230	1568
2	60	1262	1600
2	62	1293	1631
2	64	1324	1662
2	66	1352	1690
2	68	1379	1717

2	70	1404	1742
---	----	------	------



ENSAYO No: 12

ABSCISA:  
Profundidad de la Subrasante  
mm:

44+000

650

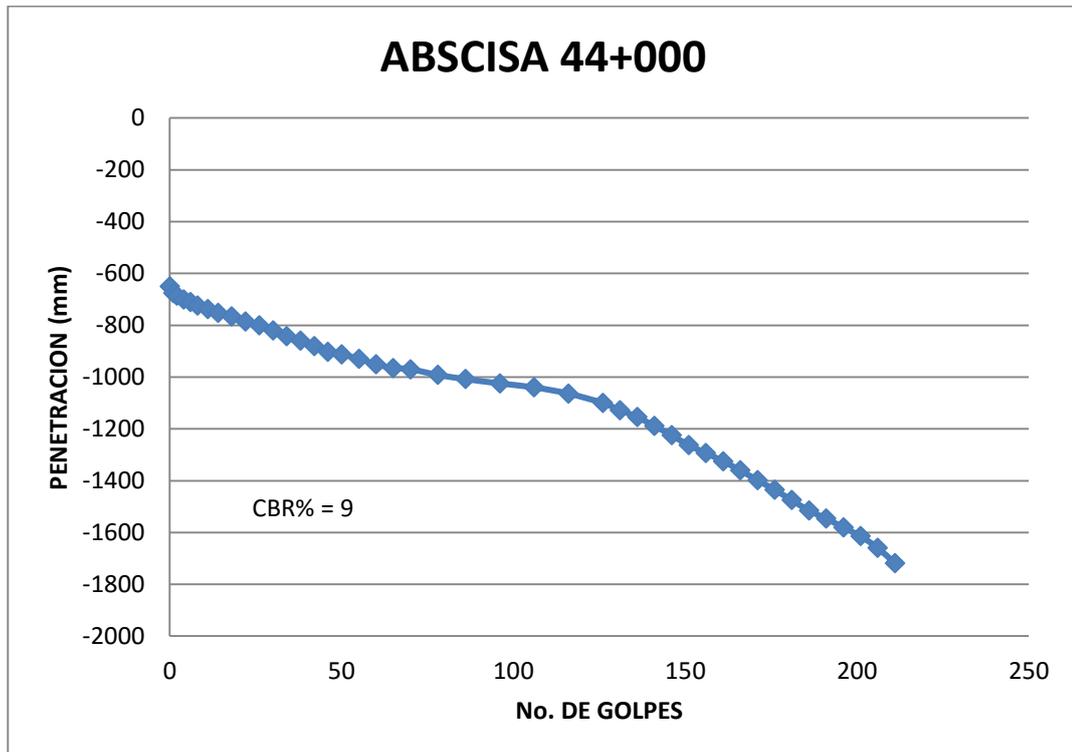
LECTURA INICIAL mm. 222

FECHA:

03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	222	650
1	1	248	676
1	2	258	686
2	4	273	701
2	6	283	711
2	8	296	724
3	11	310	738
3	14	324	752
4	18	338	766
4	22	358	786
4	26	372	800
4	30	392	820
4	34	414	842
4	38	432	860
4	42	453	881
4	46	475	903
4	50	485	913
5	55	502	930
5	60	523	951
5	65	537	965
5	70	542	970
8	78	564	992
8	86	580	1008
10	96	597	1025
10	106	612	1040
10	116	636	1064
10	126	672	1100
5	131	700	1128
5	136	726	1154
5	141	761	1189
5	146	796	1224
5	151	835	1263
5	156	865	1293

5	161	897	1325
5	166	932	1360
5	171	970	1398
5	176	1007	1435
5	181	1047	1475
5	186	1087	1515
5	191	1118	1546
5	196	1152	1580
5	201	1186	1614
5	206	1231	1659
5	211	1290	1718



ENSAYO No: 13

ABSCISA:  
Profundidad de la Subrasante  
mm:

48+000

500

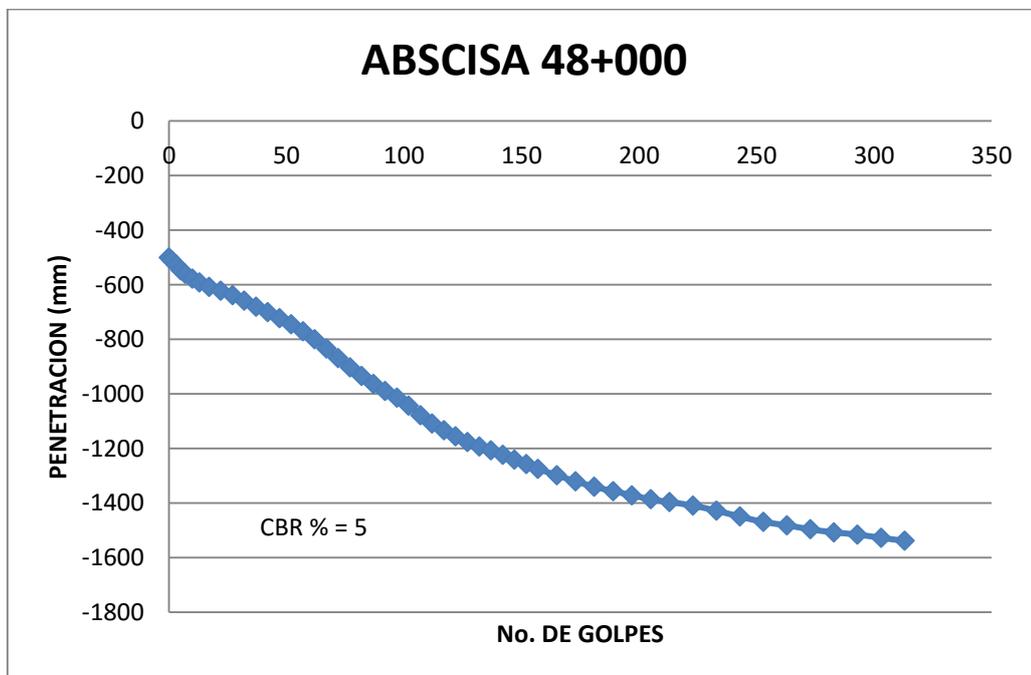
LECTURA INICIAL mm. 145

FECHA:

03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	145	500
1	1	155	510
2	3	171	526
2	5	192	547
2	7	205	560
3	10	222	577
3	13	236	591
4	17	253	608
5	22	267	622
5	27	283	638
5	32	303	658
5	37	325	680
5	42	345	700
5	47	367	722
5	52	389	744
5	57	415	770
5	62	445	800
5	67	478	833
5	72	514	869
5	77	548	903
5	82	579	934
5	87	608	963
5	92	634	989
5	97	659	1014
5	102	688	1043
5	107	723	1078
5	112	753	1108
5	117	778	1133
5	122	800	1155
5	127	821	1176
5	132	838	1193
5	137	852	1207
5	142	868	1223

5	147	885	1240
5	152	902	1257
5	157	919	1274
8	165	943	1298
8	173	965	1320
8	181	985	1340
8	189	1001	1356
8	197	1016	1371
8	205	1031	1386
8	213	1041	1396
10	223	1054	1409
10	233	1073	1428
10	243	1094	1449
10	253	1114	1469
10	263	1126	1481
10	273	1141	1496
10	283	1152	1507
10	293	1160	1515
10	303	1172	1527
10	313	1183	1538



ENSAYO No: 14

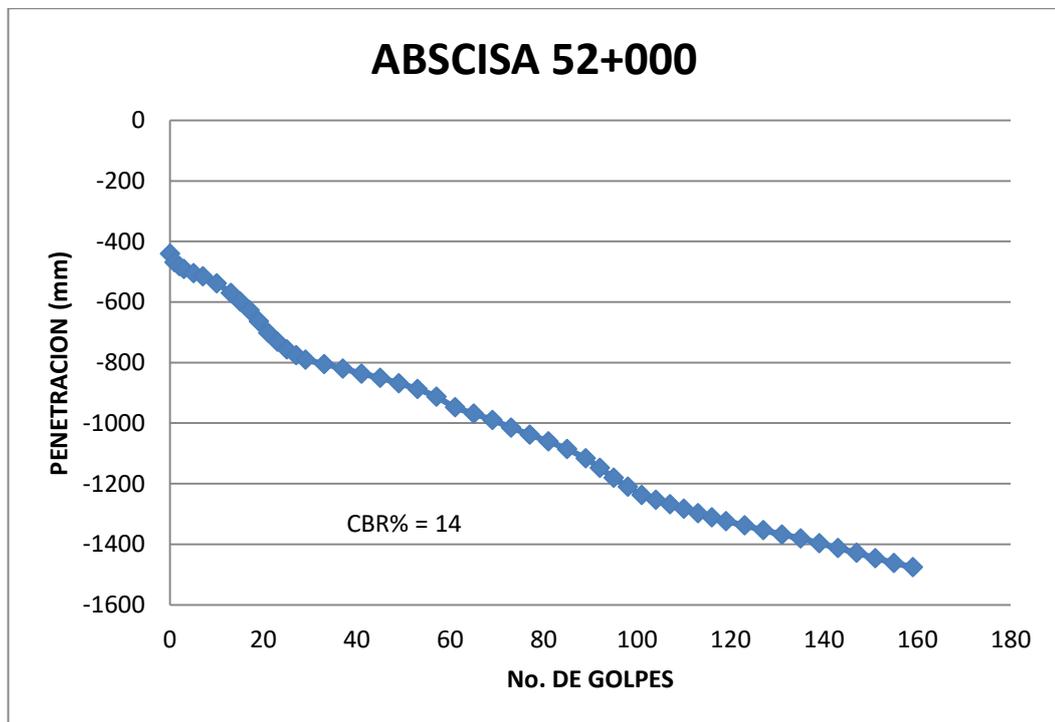
ABSCISA: 52+000  
 Profundidad de la Subrasante  
 mm: 440

LECTURA INICIAL mm. 12

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	12	440
1	1	40	468
1	2	53	481
1	3	62	490
2	5	76	504
2	7	87	515
3	10	110	538
3	13	141	569
2	15	170	598
2	17	198	626
2	19	235	663
2	21	273	701
2	23	303	731
2	25	328	756
2	27	347	775
2	29	362	790
4	33	376	804
4	37	391	819
4	41	408	836
4	45	422	850
4	49	440	868
4	53	459	887
4	57	484	912
4	61	519	947
4	65	540	968
4	69	561	989
4	73	586	1014
4	77	609	1037
4	81	632	1060
4	85	657	1085
4	89	688	1116
3	92	719	1147
3	95	752	1180
3	98	781	1209

3	101	809	1237
3	104	825	1253
3	107	839	1267
3	110	854	1282
3	113	869	1297
3	116	883	1311
3	119	895	1323
4	123	909	1337
4	127	925	1353
4	131	939	1367
4	135	952	1380
4	139	968	1396
4	143	984	1412
4	147	1000	1428
4	151	1017	1445
4	155	1033	1461
4	159	1047	1475



ENSAYO No: 15

ABSCISA:  
Profundidad de la Subrasante  
mm:

56+000

700

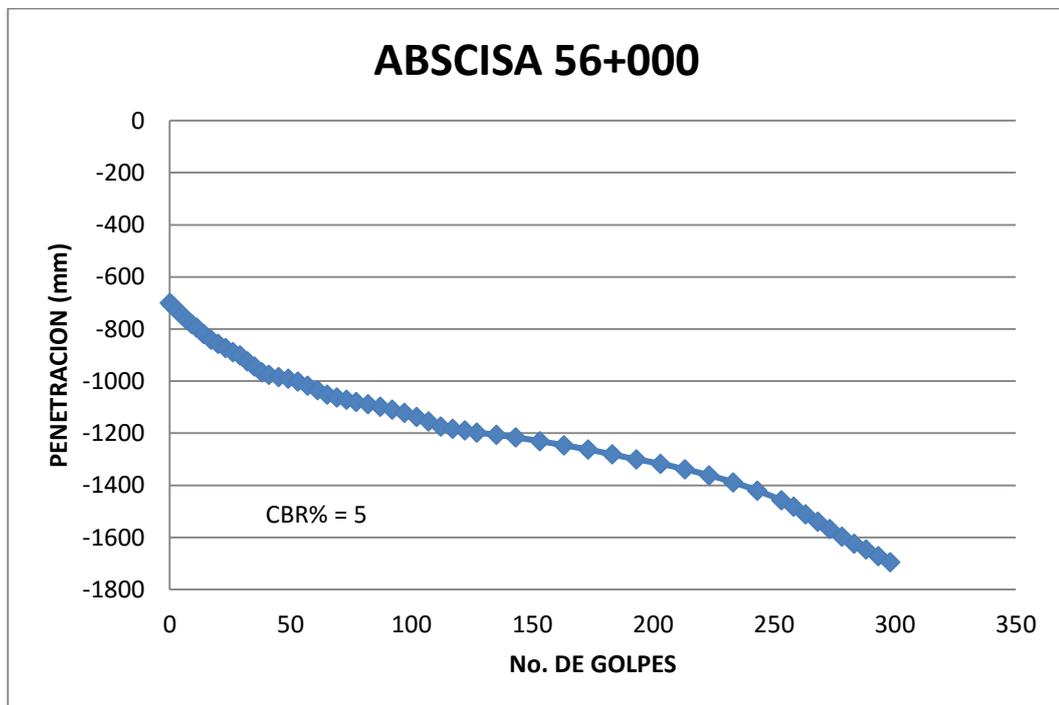
LECTURA INICIAL mm. 292

FECHA:

03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	292	700
1	1	301	709
2	3	320	728
2	5	338	746
2	7	357	765
2	9	372	780
2	11	386	794
3	14	411	819
3	17	433	841
3	20	449	857
3	23	464	872
3	26	480	888
3	29	493	901
3	32	516	924
3	35	536	944
3	38	558	966
3	41	567	975
4	45	576	984
4	49	582	990
4	53	593	1001
4	57	609	1017
4	61	626	1034
4	65	643	1051
4	69	654	1062
4	73	663	1071
4	77	671	1079
5	82	680	1088
5	87	690	1098
5	92	701	1109
5	97	713	1121
5	102	729	1137
5	107	746	1154
5	112	766	1174

5	117	775	1183
5	122	781	1189
5	127	789	1197
8	135	798	1206
8	143	808	1216
10	153	822	1230
10	163	838	1246
10	173	854	1262
10	183	873	1281
10	193	892	1300
10	203	909	1317
10	213	930	1338
5	273	1159	1567
5	278	1189	1597
5	283	1215	1623
5	288	1238	1646
5	293	1263	1671
5	298	1287	1695



ENSAYO No: 16

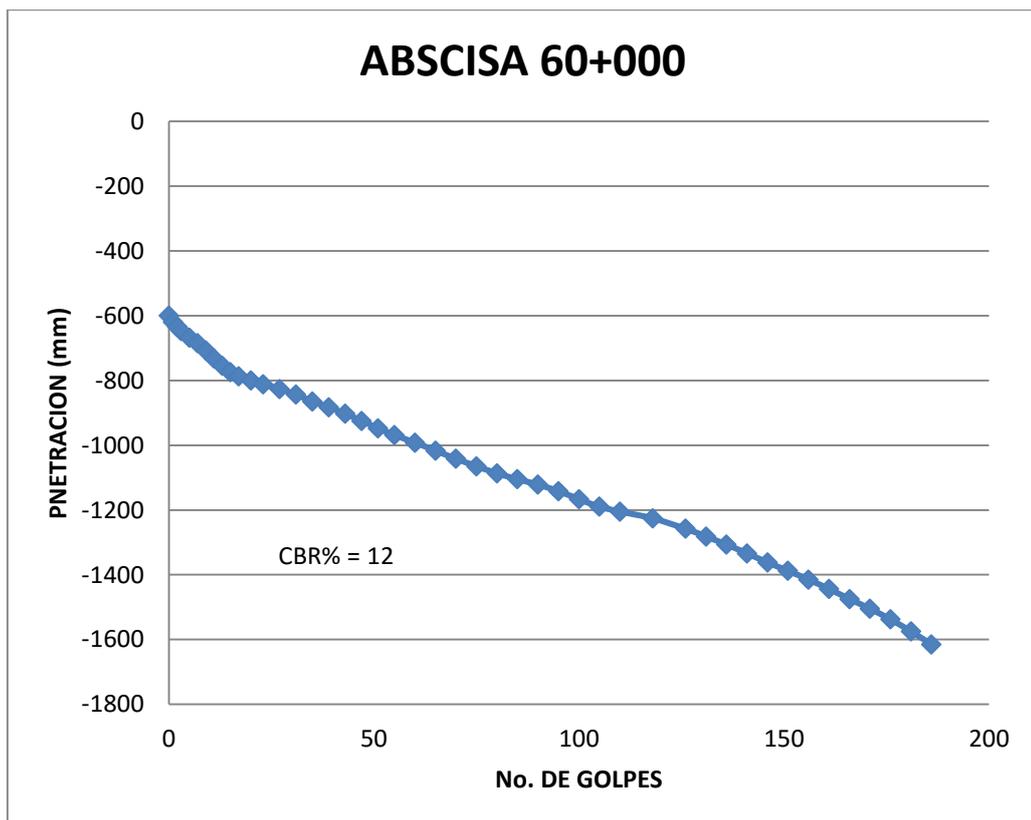
ABSCISA: 60+000  
Profundidad de la Subrasante  
mm: 600

LECTURA INICIAL mm. 275

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	275	600
1	1	295	620
1	2	310	635
1	3	322	647
2	5	343	668
2	7	360	685
2	9	383	708
2	11	407	732
2	13	430	755
2	15	450	775
2	17	462	787
3	20	475	800
3	23	487	812
4	27	502	827
4	31	519	844
4	35	540	865
4	39	558	883
4	43	578	903
4	47	600	925
4	51	623	948
4	55	644	969
5	60	667	992
5	65	692	1017
5	70	717	1042
5	75	740	1065
5	80	762	1087
5	85	780	1105
5	90	797	1122
5	95	817	1142
5	100	842	1167
5	105	865	1190
5	110	880	1205
8	118	901	1226

8	126	933	1258
5	131	957	1282
5	136	982	1307
5	141	1009	1334
5	146	1037	1362
5	151	1063	1388
5	156	1090	1415
5	161	1119	1444
5	166	1150	1475
5	171	1180	1505
5	176	1213	1538
5	181	1250	1575
5	186	1290	1615



ENSAYO No: 17

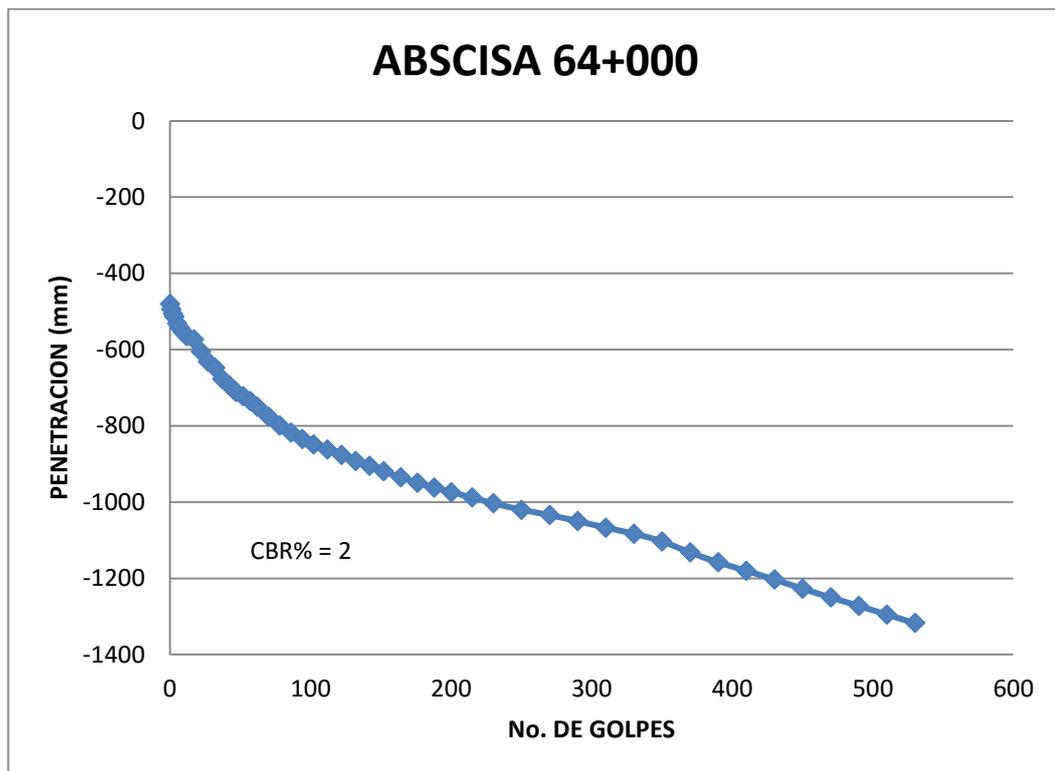
ABSCISA: 64+000  
Profundidad de la Subrasante  
mm: 480

LECTURA INICIAL mm. 77

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	77	480
1	1	91	494
1	2	103	506
1	3	111	514
2	5	128	531
2	7	140	543
2	9	150	553
3	12	162	565
5	17	170	573
5	22	202	605
5	27	229	632
5	32	245	648
5	37	274	677
5	42	291	694
5	47	308	711
5	52	319	722
5	57	332	735
5	62	347	750
8	70	373	776
8	78	396	799
8	86	415	818
8	94	431	834
8	102	446	849
10	112	459	862
10	122	473	876
10	132	489	892
10	142	502	905
10	152	516	919
12	164	532	935
12	176	546	949
12	188	559	962
12	200	571	974
15	215	585	988
15	230	600	1003

20	250	617	1020
20	270	631	1034
20	290	647	1050
20	310	664	1067
20	330	680	1083
20	350	700	1103
20	370	729	1132
20	390	755	1158
20	410	777	1180
20	430	800	1203
20	450	824	1227
20	470	847	1250
20	490	869	1272
20	510	892	1295
20	530	914	1317



ENSAYO No: 18

ABSCISA:  
Profundidad de la Subrasante  
mm:

68+000

450

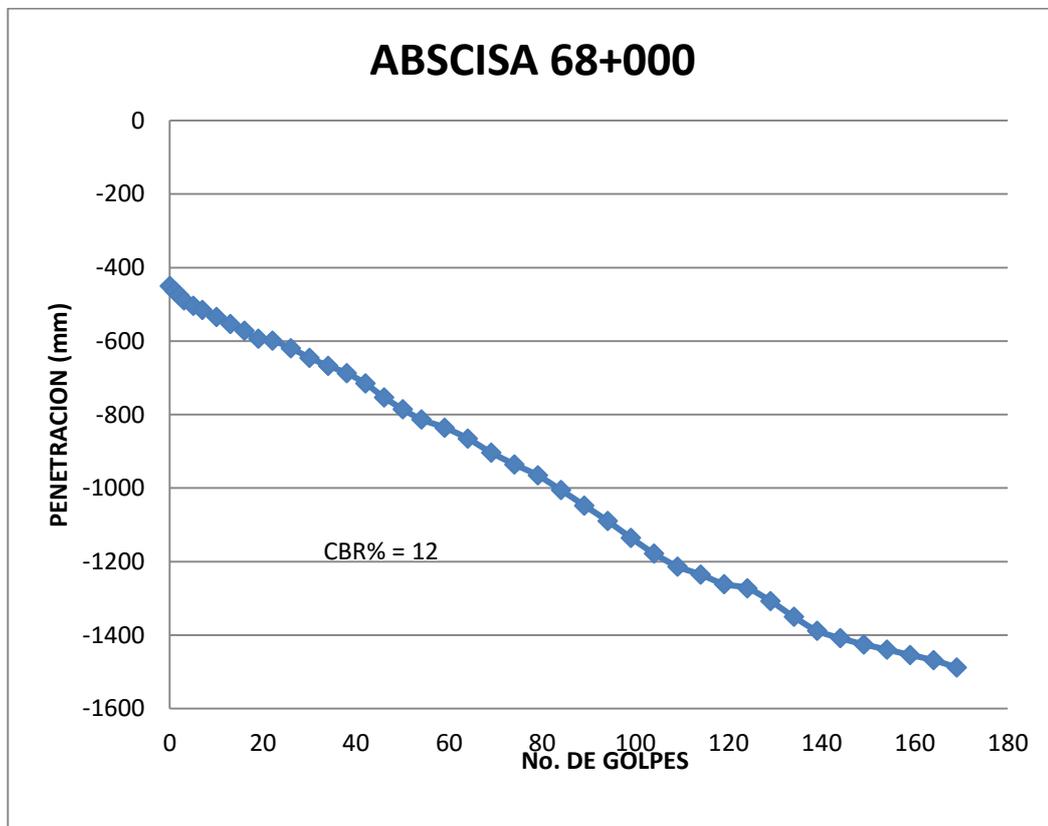
LECTURA INICIAL mm. 23

FECHA:

03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	23	450
1	1	37	464
1	2	48	475
1	3	62	489
2	5	77	504
2	7	88	515
3	10	107	534
3	13	126	553
3	16	144	571
3	19	166	593
3	22	171	598
4	26	192	619
4	30	218	645
4	34	240	667
4	38	260	687
4	42	288	715
4	46	326	753
4	50	358	785
4	54	386	813
5	59	408	835
5	64	438	865
5	69	476	903
5	74	508	935
5	79	538	965
5	84	578	1005
5	89	620	1047
5	94	662	1089
5	99	708	1135
5	104	751	1178
5	109	786	1213
5	114	808	1235
5	119	834	1261
5	124	845	1272

5	129	880	1307
5	134	923	1350
5	139	961	1388
5	144	981	1408
5	149	998	1425
5	154	1012	1439
5	159	1027	1454
5	164	1041	1468
5	169	1061	1488



ENSAYO No: 19

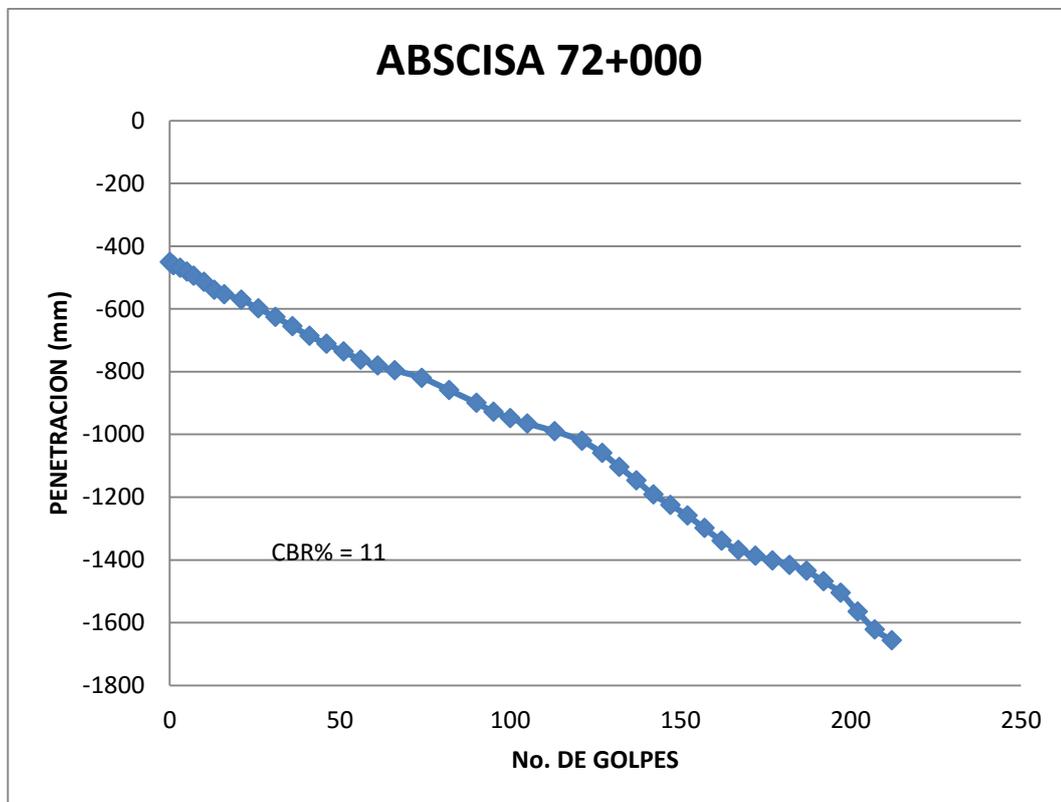
ABSCISA: 72+000  
 Profundidad de la Subrasante  
 mm: 450

LECTURA INICIAL mm. 67

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	67	450
1	1	77	460
2	3	85	468
2	5	98	481
2	7	111	494
3	10	130	513
3	13	156	539
3	16	170	553
5	21	187	570
5	26	215	598
5	31	242	625
5	36	272	655
5	41	302	685
5	46	328	711
5	51	352	735
5	56	378	761
5	61	397	780
5	66	412	795
8	74	436	819
8	82	475	858
8	90	516	899
5	95	544	927
5	100	565	948
5	105	582	965
8	113	606	989
8	121	637	1020
6	127	676	1059
5	132	720	1103
5	137	763	1146
5	142	808	1191
5	147	841	1224
5	152	875	1258
5	157	915	1298
5	162	955	1338

5	167	985	1368
5	172	1003	1386
5	177	1018	1401
5	182	1033	1416
5	187	1051	1434
5	192	1085	1468
5	197	1121	1504
5	202	1181	1564
5	207	1238	1621
5	212	1273	1656



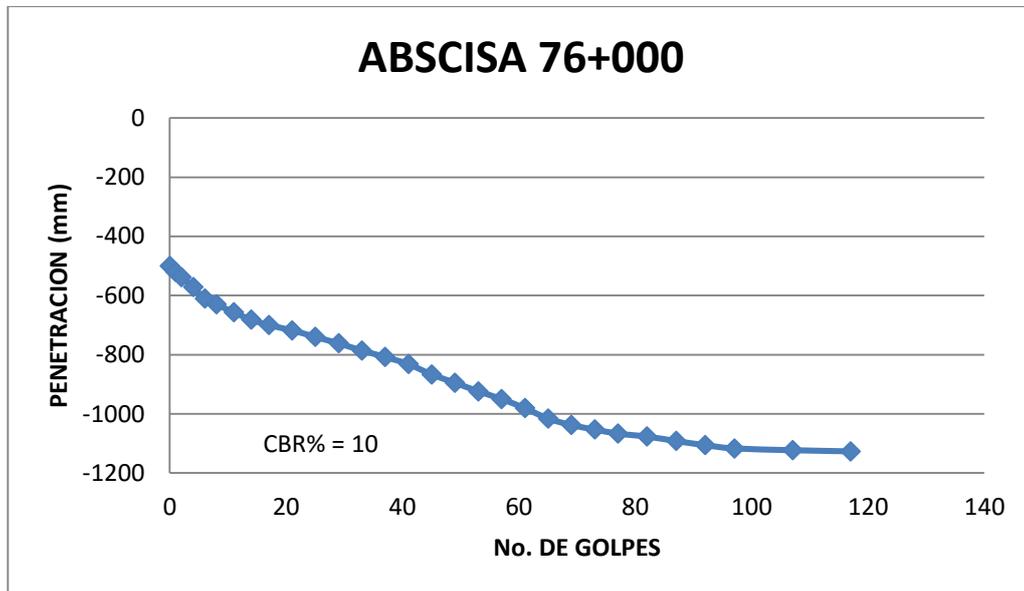
ENSAYO No: 20

ABSCISA: 76+000  
Profundidad de la Subrasante  
mm: 500

LECTURA INICIAL mm. 100

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	100	500
1	1	121	521
1	2	138	538
2	4	172	572
2	6	210	610
2	8	230	630
3	11	257	657
3	14	282	682
3	17	300	700
4	21	318	718
4	25	340	740
4	29	362	762
4	33	386	786
4	37	408	808
4	41	432	832
4	45	467	867
4	49	495	895
4	53	524	924
4	57	550	950
4	61	581	981
4	65	616	1016
4	69	638	1038
4	73	653	1053
4	77	667	1067
5	82	677	1077
5	87	692	1092
5	92	706	1106
5	97	717	1117
10	107	723	1123
10	117	727	1127



ENSAYO No: 21

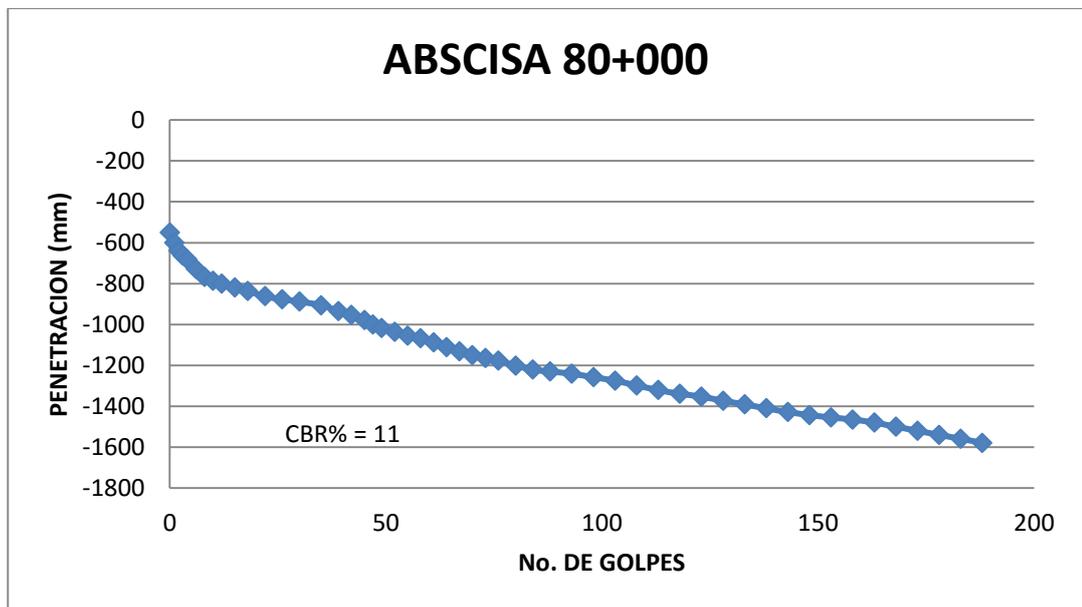
ABSCISA: 80+000  
 Profundidad de la Subrasante  
 mm: 550

LECTURA INICIAL mm. 180

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	180	550
1	1	231	601
1	2	270	640
1	3	293	663
1	4	312	682
2	6	358	728
2	8	397	767
2	10	416	786
2	12	430	800
3	15	450	820
3	18	466	836
4	22	492	862
4	26	507	877
4	30	518	888
5	35	536	906
4	39	564	934

3	42	584	954
3	45	609	979
2	47	630	1000
2	49	647	1017
3	52	666	1036
3	55	685	1055
3	58	698	1068
3	61	717	1087
3	64	741	1111
3	67	762	1132
3	70	780	1150
3	73	794	1164
3	76	806	1176
4	80	831	1201
4	84	851	1221
4	88	860	1230
5	93	871	1241
5	98	888	1258
5	103	905	1275
5	108	928	1298
5	113	951	1321
5	118	969	1339
5	123	983	1353
5	128	1003	1373
5	133	1021	1391
5	138	1040	1410
5	143	1058	1428
5	148	1073	1443
5	153	1085	1455
5	158	1095	1465
5	163	1110	1480
5	168	1130	1500
5	173	1150	1520
5	178	1170	1540
5	183	1189	1559
5	188	1209	1579



ENSAYO No: 22

ABSCISA: 84+000

Profundidad de la Subrasante  
mm:

550

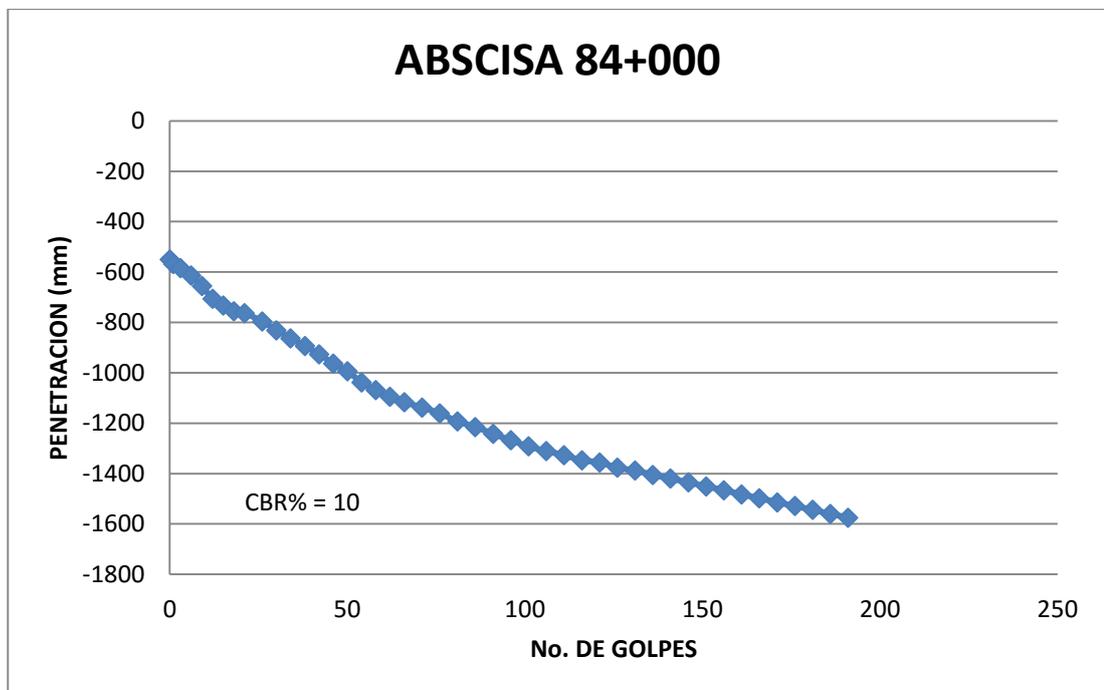
LECTURA INICIAL mm. 139

FECHA:

03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	139	550
1	1	157	568
2	3	173	584
3	6	203	614
3	9	245	656
3	12	295	706
3	15	322	733
3	18	345	756
3	21	352	763
5	26	385	796
4	30	420	831
4	34	452	863
4	38	483	894
4	42	515	926
4	46	552	963

4	50	583	994
4	54	627	1038
4	58	658	1069
4	62	684	1095
4	66	705	1116
5	71	727	1138
5	76	750	1161
5	81	782	1193
5	86	804	1215
5	91	831	1242
5	96	857	1268
5	101	881	1292
5	161	1072	1483
5	166	1087	1498
5	171	1103	1514
5	176	1118	1529
5	181	1133	1544
5	186	1149	1560
5	191	1164	1575



ENSAYO No: 23

ABSCISA:  
Profundidad de la Subrasante  
mm:

88+000

420

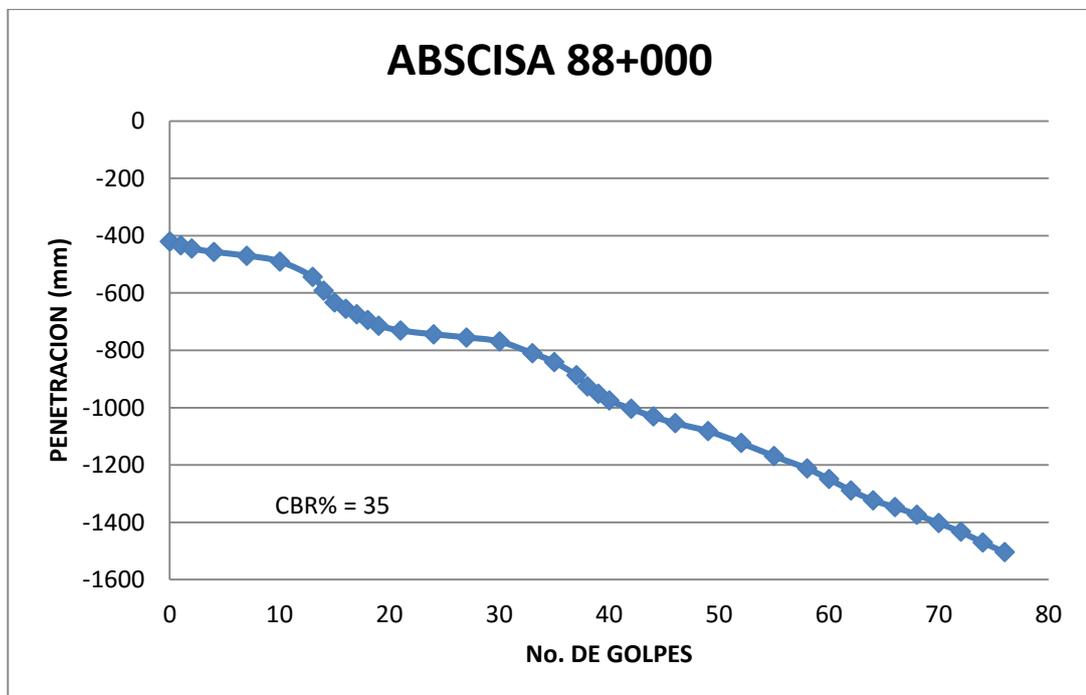
LECTURA INICIAL mm. 61

FECHA:

03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	61	420
1	1	75	434
1	2	86	445
2	4	98	457
3	7	111	470
3	10	131	490
3	13	185	544
1	14	233	592
1	15	274	633
1	16	296	655
1	17	315	674
1	18	335	694
1	19	355	714
2	21	372	731
3	24	385	744
3	27	396	755
3	30	410	769
3	33	451	810
2	35	482	841
2	37	528	887
1	38	567	926
1	39	593	952
1	40	616	975
2	42	645	1004
2	44	672	1031
2	46	695	1054
3	49	723	1082
3	52	764	1123
3	55	810	1169
3	58	853	1212
2	60	890	1249
2	62	930	1289
2	64	964	1323

2	66	988	1347
2	68	1014	1373
2	70	1044	1403
2	72	1074	1433
2	74	1111	1470
2	76	1145	1504



ENSAYO No: 24

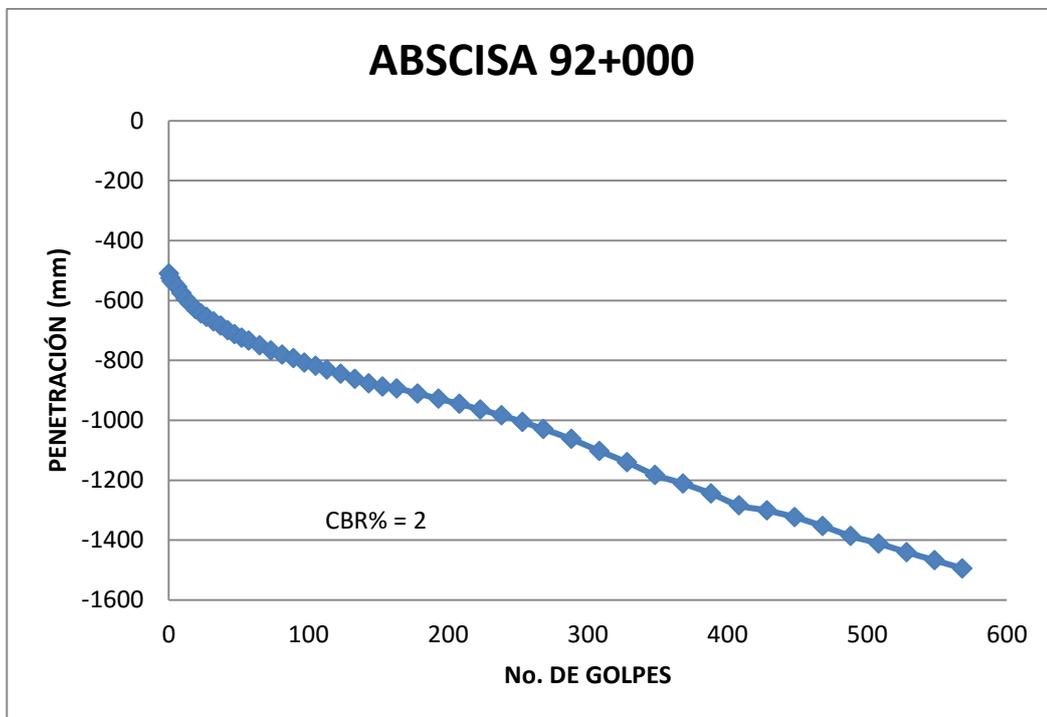
ABSCISA: 92+000  
Profundidad de la Subrasante  
mm: 510

LECTURA INICIAL mm. 148

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	148	510
1	1	163	525
1	2	173	535
2	4	183	545
2	6	193	555
3	9	213	575
3	12	232	594
3	15	247	609
4	19	267	629
4	23	281	643
4	27	293	655
5	32	308	670
5	37	322	684
5	42	338	700
5	47	350	712
5	52	362	724
5	57	372	734
8	65	388	750
8	73	405	767
8	81	419	781
8	89	430	792
8	97	445	807
8	105	456	818
8	113	469	831
10	123	482	844
10	133	499	861
10	143	514	876
10	153	525	887
10	163	531	893
15	178	548	910
15	193	566	928
15	208	583	945
15	223	602	964
15	238	621	983

15	253	643	1005
15	268	667	1029
20	288	700	1062
20	308	740	1102
20	328	778	1140
20	348	820	1182
20	368	849	1211
20	388	882	1244
20	408	922	1284
20	428	939	1301
20	448	961	1323
20	468	991	1353
20	488	1024	1386
20	508	1049	1411
20	528	1078	1440
20	548	1105	1467
20	568	1132	1494



ENSAYO No: 25

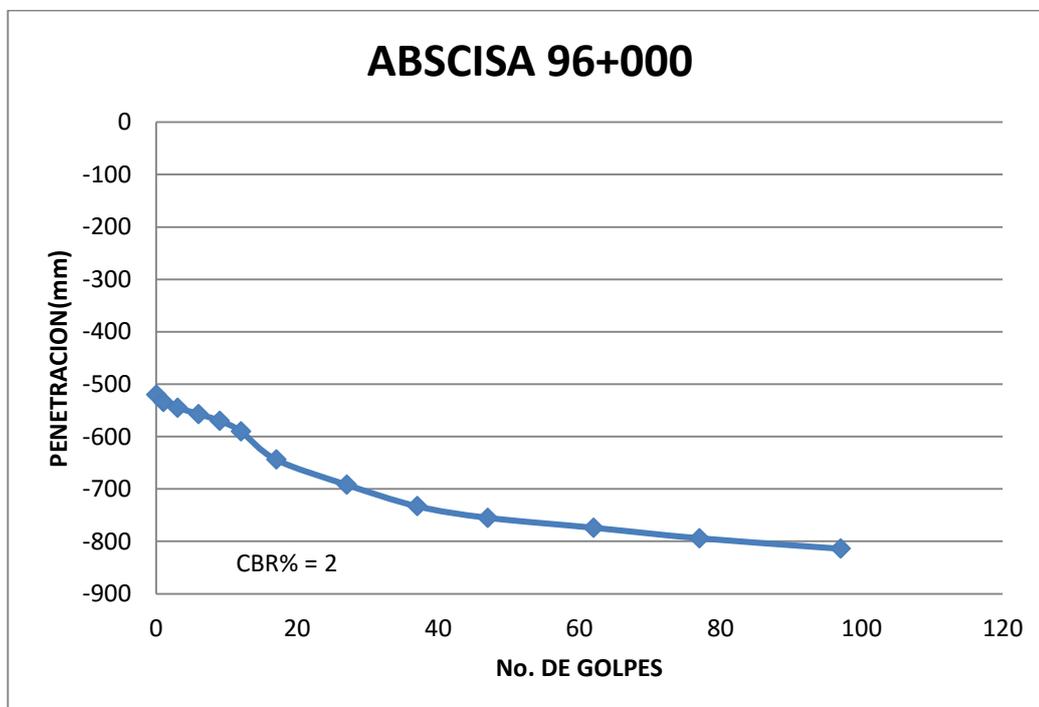
ABSCISA: 96+000

Profundidad de la Subrasante  
mm: 520

LECTURA INICIAL mm. 61

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	61	520
1	1	75	534
2	3	86	545
3	6	98	557
3	9	111	570
3	12	131	590
5	17	185	644
10	27	233	692
10	37	274	733
10	47	296	755
15	62	315	774
15	77	335	794
20	97	355	814



ENSAYO No: 26

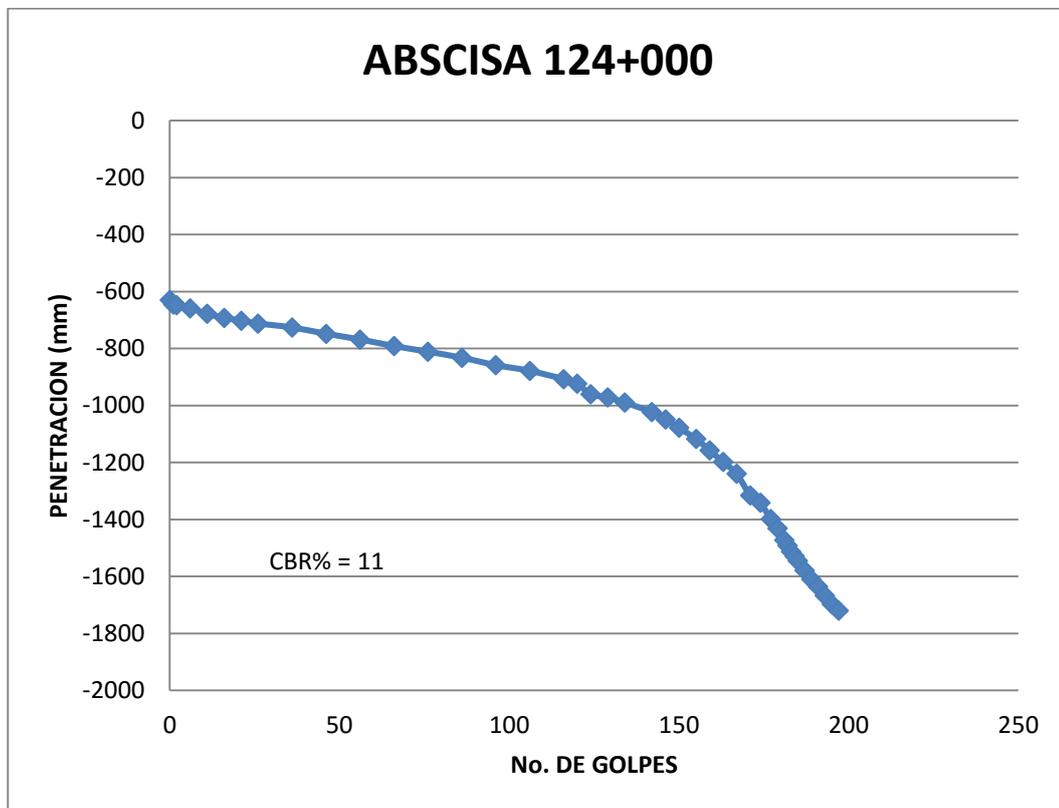
ABSCISA: 124+000  
Profundidad de la Subrasante  
mm: 630

LECTURA INICIAL mm. 144

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	144	630
1	1	159	645
1	2	161	647
4	6	173	659
5	11	192	678
5	16	206	692
5	21	216	702
5	26	226	712
10	36	240	726
10	46	262	748
10	56	282	768
10	66	305	791
10	76	325	811
10	86	346	832
10	96	372	858
10	106	392	878
10	116	421	907
4	120	437	923
4	124	474	960
5	129	485	971
5	134	503	989
8	142	537	1023
4	146	562	1048
4	150	592	1078
5	155	631	1117
4	159	671	1157
4	163	712	1198
4	167	753	1239
4	171	829	1315
3	174	855	1341
3	177	912	1398
2	179	945	1431
2	181	986	1472
1	182	1005	1491

1	183	1026	1512
1	184	1042	1528
1	185	1059	1545
2	187	1092	1578
2	189	1124	1610
2	191	1150	1636
2	193	1181	1667
2	195	1211	1697
2	197	1234	1720



ENSAYO No: 28

ABSCISA: 132+000  
Profundidad de la Subrasante

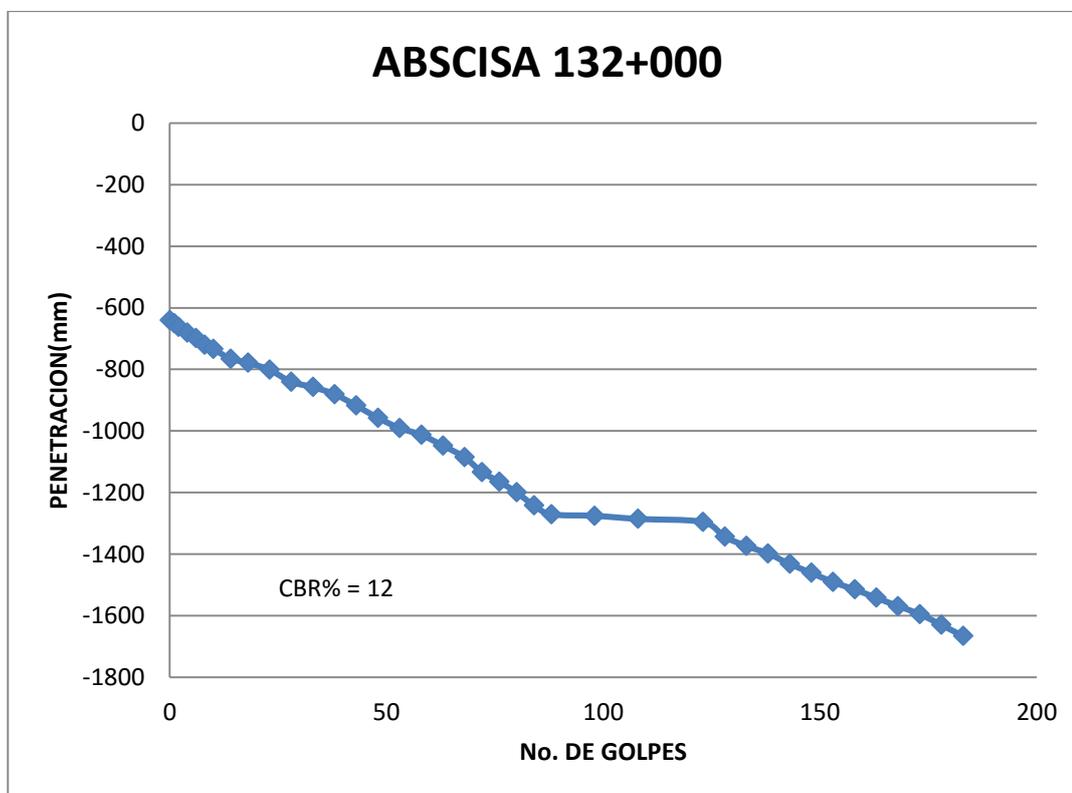
mm: 640

LECTURA INICIAL mm. 144

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	163	640
1	1	173	650
1	2	185	662
2	4	203	680
2	6	221	698
2	8	243	720
2	10	256	733
4	14	288	765
4	18	301	778
5	23	324	801
5	28	363	840
5	33	380	857
5	38	403	880
5	43	440	917
5	48	480	957
5	53	513	990
5	58	535	1012
5	63	570	1047
5	68	608	1085
4	72	656	1133
4	76	687	1164
4	80	722	1199
4	84	764	1241
4	88	793	1270
10	98	798	1275
10	108	808	1285
15	123	818	1295
5	128	866	1343
5	133	896	1373
5	138	920	1397
5	143	954	1431
5	148	983	1460
5	153	1013	1490

5	158	1037	1514
5	163	1064	1541
5	168	1091	1568
5	173	1117	1594
5	178	1152	1629
5	183	1188	1665



ENSAYO No: 30

ABSCISA: 140+000

Profundidad de la Subrasante  
mm:

1000

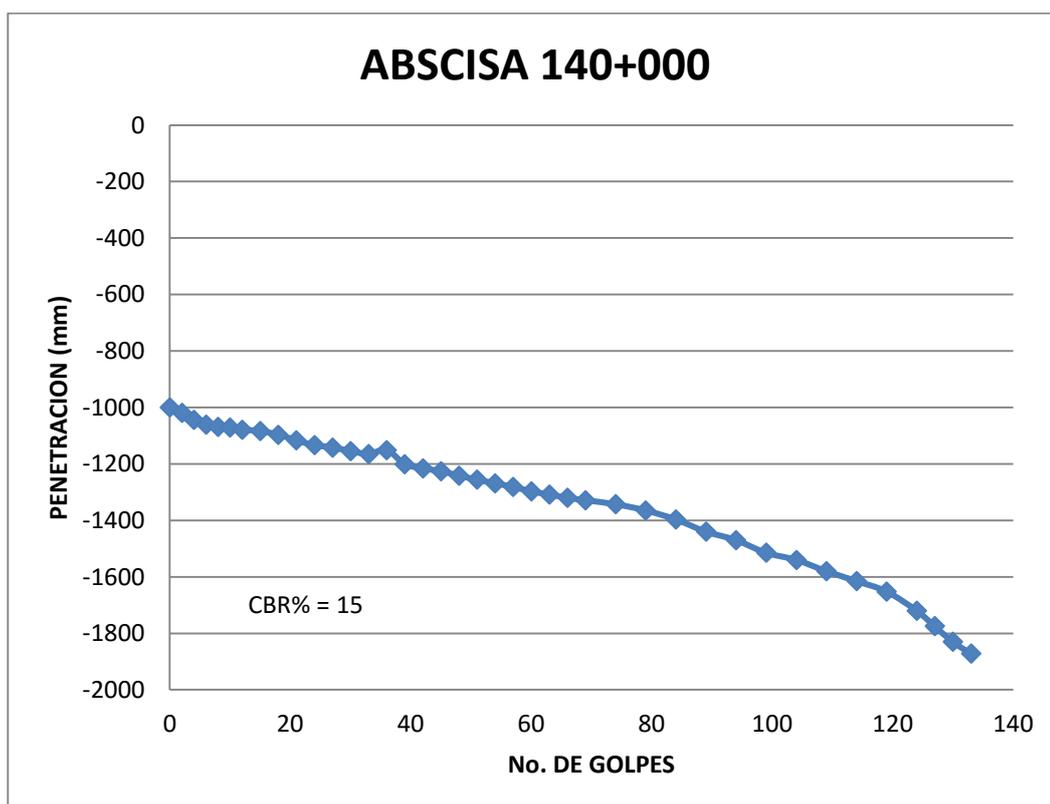
LECTURA INICIAL mm. 461

FECHA:

03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	461	1000
2	2	480	1019
2	4	505	1044
2	6	522	1061
2	8	530	1069
2	10	532	1071
2	12	540	1079
3	15	545	1084
3	18	558	1097
3	21	578	1117
3	24	595	1134
3	27	603	1142
3	30	616	1155
3	33	626	1165
3	36	612	1151
3	39	662	1201
3	42	677	1216
3	45	687	1226
3	48	703	1242
3	51	717	1256
3	54	730	1269
3	57	743	1282
3	60	758	1297
3	63	770	1309
3	66	781	1320
3	69	790	1329
5	74	804	1343
5	79	826	1365
5	84	858	1397
5	89	901	1440
5	94	931	1470
5	99	976	1515
5	104	1001	1540
5	109	1041	1580

5	114	1076	1615
5	119	1113	1652
5	124	1181	1720
3	127	1236	1775
3	130	1291	1830
3	133	1333	1872



ENSAYO No: 31

ABSCISA:  
Profundidad de la Subrasante  
mm:

144+000

800

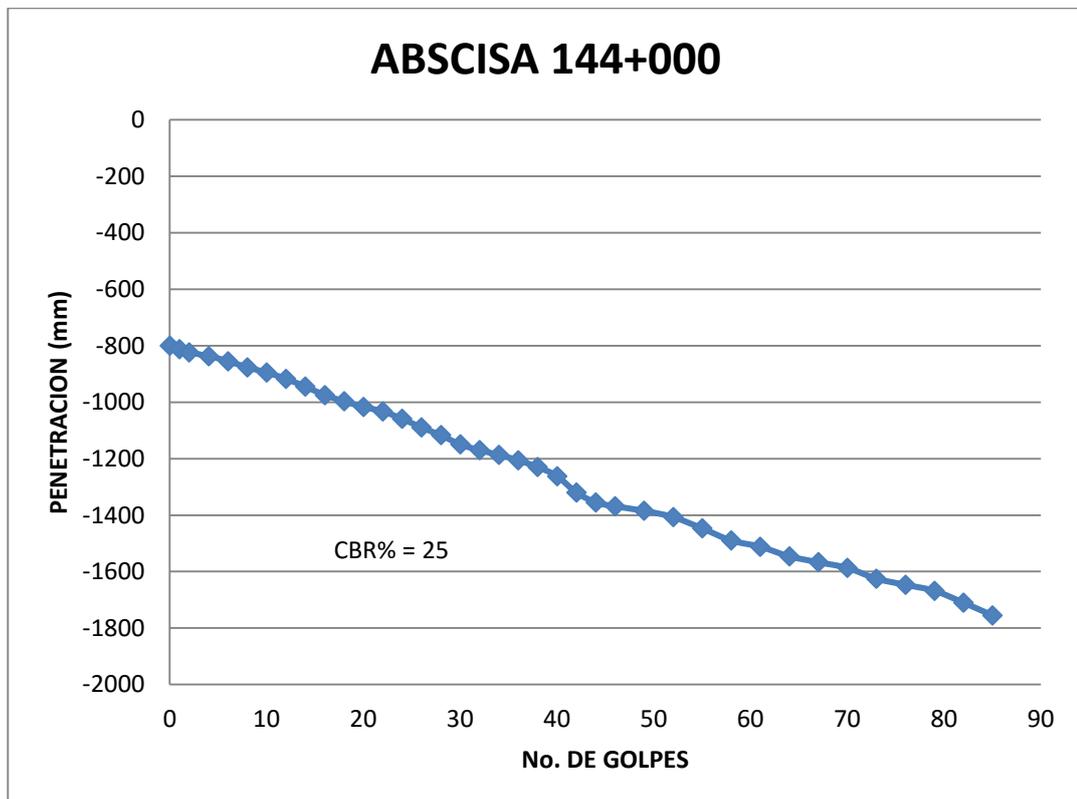
LECTURA INICIAL mm. 350

FECHA:

03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	350	800
1	1	362	812
1	2	374	824
2	4	387	837
2	6	405	855
2	8	427	877
2	10	445	895
2	12	468	918
2	14	495	945
2	16	525	975
2	18	547	997
2	20	567	1017
2	22	583	1033
2	24	609	1059
2	26	640	1090
2	28	667	1117
2	30	700	1150
2	32	720	1170
2	34	737	1187
2	36	756	1206
2	38	780	1230
2	40	812	1262
2	42	870	1320
2	44	905	1355
2	46	919	1369
3	49	935	1385
3	52	957	1407
3	55	997	1447
3	58	1040	1490
3	61	1062	1512
3	64	1096	1546
3	67	1117	1567
3	70	1137	1587

3	73	1175	1625
3	76	1197	1647
3	79	1218	1668
3	82	1260	1710
3	85	1305	1755



ENSAYO No: 32

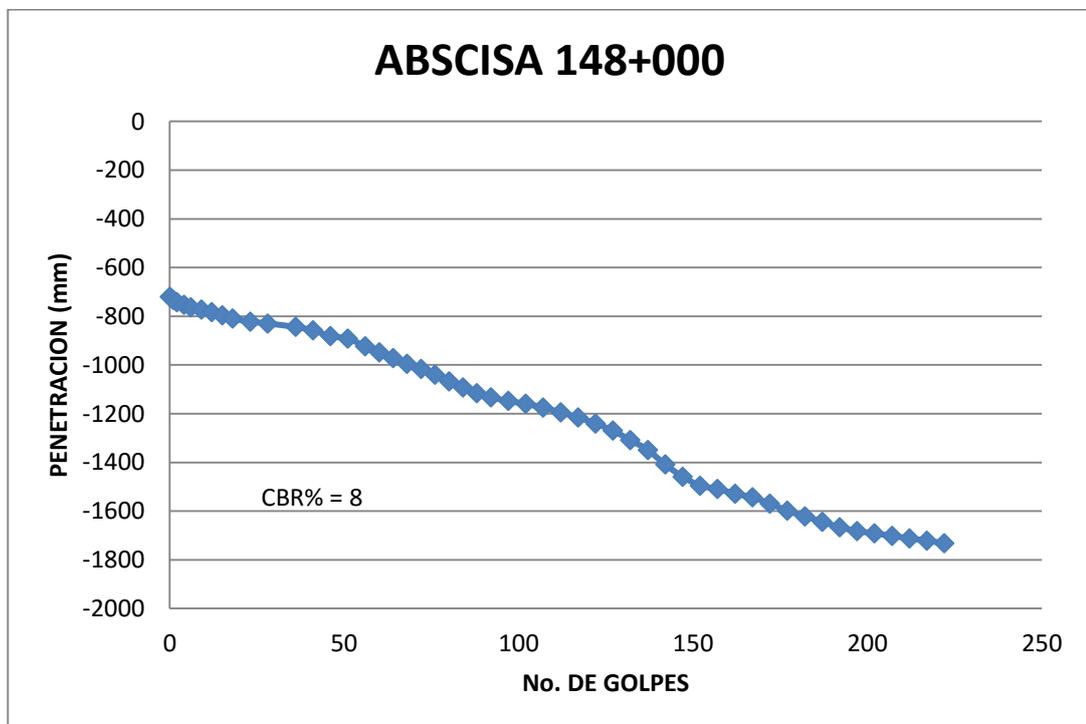
ABSCISA: 148+000  
Profundidad de la Subrasante  
mm: 720

LECTURA INICIAL mm. 292

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	292	720
1	1	305	733
1	2	315	743
2	4	325	753
2	6	335	763
3	9	345	773
3	12	355	783
3	15	368	796
3	18	382	810
5	23	394	822
5	28	402	830
8	36	416	844
5	41	430	858
5	46	454	882
5	51	464	892
5	56	495	923
4	60	520	948
4	64	544	972
4	68	568	996
4	72	588	1016
4	76	612	1040
4	80	640	1068
4	84	665	1093
4	88	688	1116
4	92	705	1133
5	97	720	1148
5	102	732	1160
5	107	747	1175
5	112	767	1195
5	117	788	1216
5	122	812	1240
5	127	842	1270
5	132	881	1309
5	137	921	1349

5	142	981	1409
5	147	1031	1459
5	152	1068	1496
5	157	1081	1509
5	162	1101	1529
5	167	1116	1544
5	172	1141	1569
5	177	1171	1599
5	182	1194	1622
5	187	1216	1644
5	192	1239	1667
5	197	1254	1682
5	202	1264	1692
5	207	1274	1702
5	212	1284	1712
5	217	1294	1722
5	222	1304	1732



ENSAYO No: 33

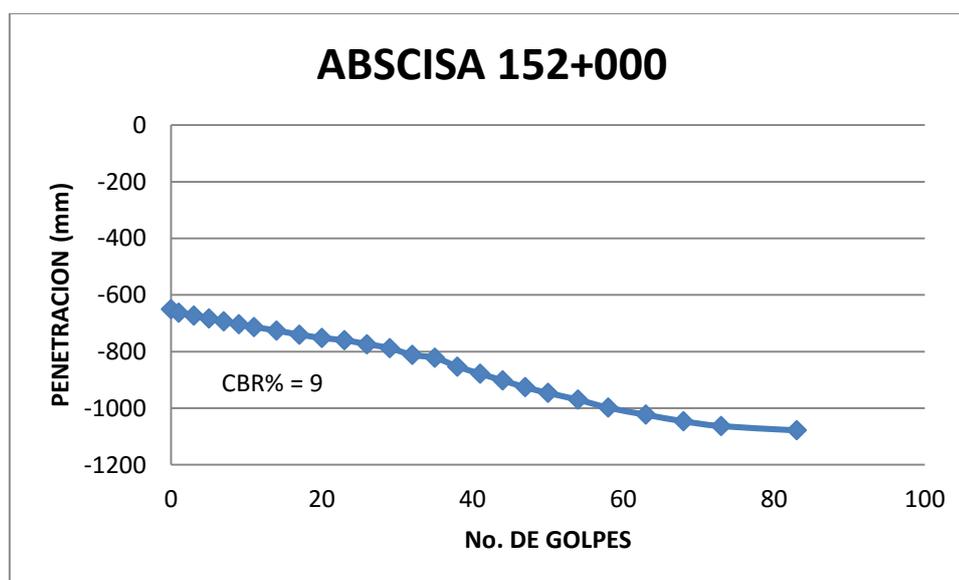
ABSCISA: 152+000

Profundidad de la Subrasante  
mm: 650

LECTURA INICIAL mm. 292

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	292	650
1	1	305	663
2	3	315	673
2	5	325	683
2	7	335	693
2	9	345	703
2	11	355	713
3	14	368	726
3	26	416	774
3	29	430	788
3	50	588	946
4	54	612	970
4	58	640	998
5	63	665	1023
5	68	688	1046
5	73	705	1063
10	83	720	1078



ENSAYO No: 34

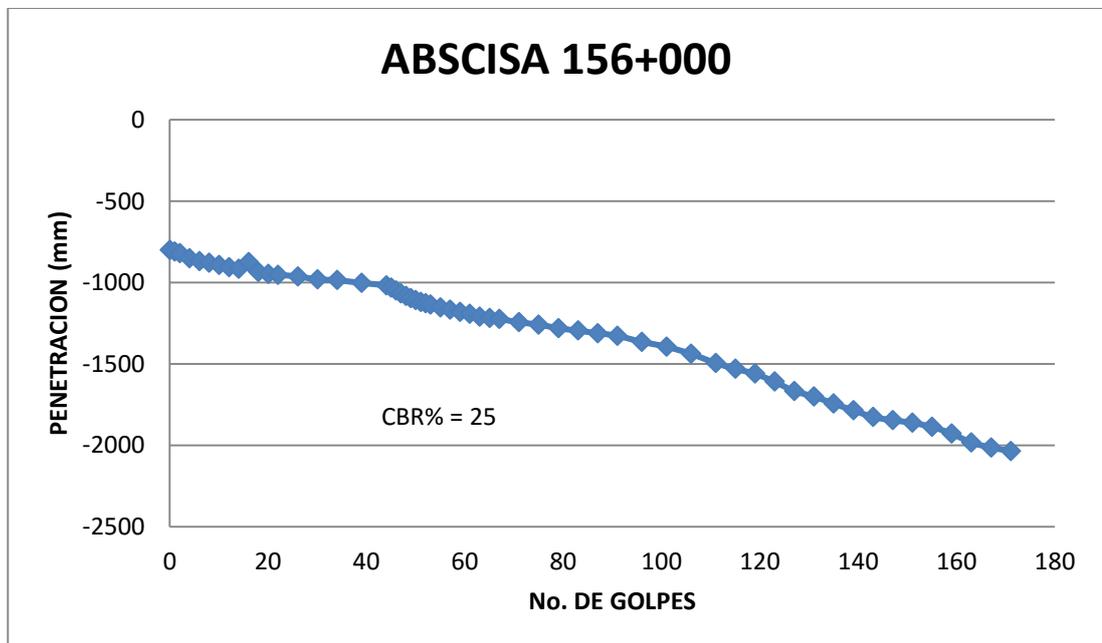
ABSCISA: 156+000  
Profundidad de la Subrasante  
mm: 800

LECTURA INICIAL mm. 375

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	375	800
1	1	384	809
1	2	395	820
2	4	425	850
2	6	443	868
2	8	454	879
2	10	468	893
2	12	480	905
2	14	490	915
2	16	450	875
2	18	510	935
2	20	523	948
2	22	527	952
4	26	537	962
4	30	555	980
4	34	560	985
5	39	577	1002
5	44	592	1017
1	45	606	1031
1	46	624	1049
1	47	641	1066
1	48	657	1082
1	49	672	1097
1	50	682	1107
1	51	694	1119
1	52	702	1127
1	53	711	1136
2	55	728	1153
2	57	741	1166
2	59	756	1181
2	61	768	1193
2	63	784	1209
2	65	793	1218

2	67	798	1223
4	71	819	1244
4	75	833	1258
4	79	855	1280
4	83	870	1295
4	87	886	1311
4	91	902	1327
5	96	939	1364
5	101	969	1394
5	106	1013	1438
5	111	1069	1494
4	115	1105	1530
4	119	1135	1560
4	151	1437	1862
4	155	1462	1887
4	159	1503	1928
4	163	1558	1983
4	167	1589	2014
4	171	1610	2035



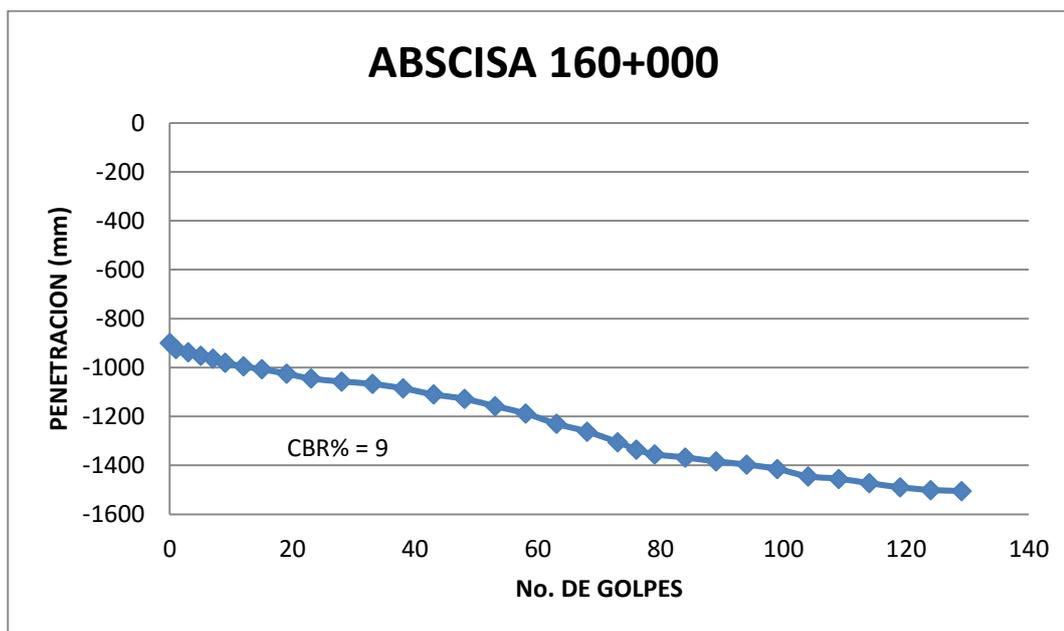
ENSAYO No: 35

ABSCISA: 160+000  
Profundidad de la Subrasante  
mm: 900

LECTURA INICIAL mm. 370

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	370	900
1	1	394	924
2	3	407	937
2	5	422	952
2	7	433	963
2	9	450	980
3	12	465	995
3	15	477	1007
4	19	495	1025
4	23	515	1045
5	28	527	1057
5	33	537	1067
5	38	555	1085
5	43	580	1110
5	48	598	1128
5	53	628	1158
5	58	658	1188
5	63	700	1230
5	68	732	1262
5	73	775	1305
3	76	805	1335
3	79	825	1355
5	84	838	1368
5	89	854	1384
5	94	867	1397
5	99	885	1415
5	104	915	1445
5	109	925	1455
5	114	943	1473
5	119	960	1490
5	124	971	1501
5	129	975	1505



ENSAYO No: 36

ABSCISA: 164+000

Profundidad de la Subrasante

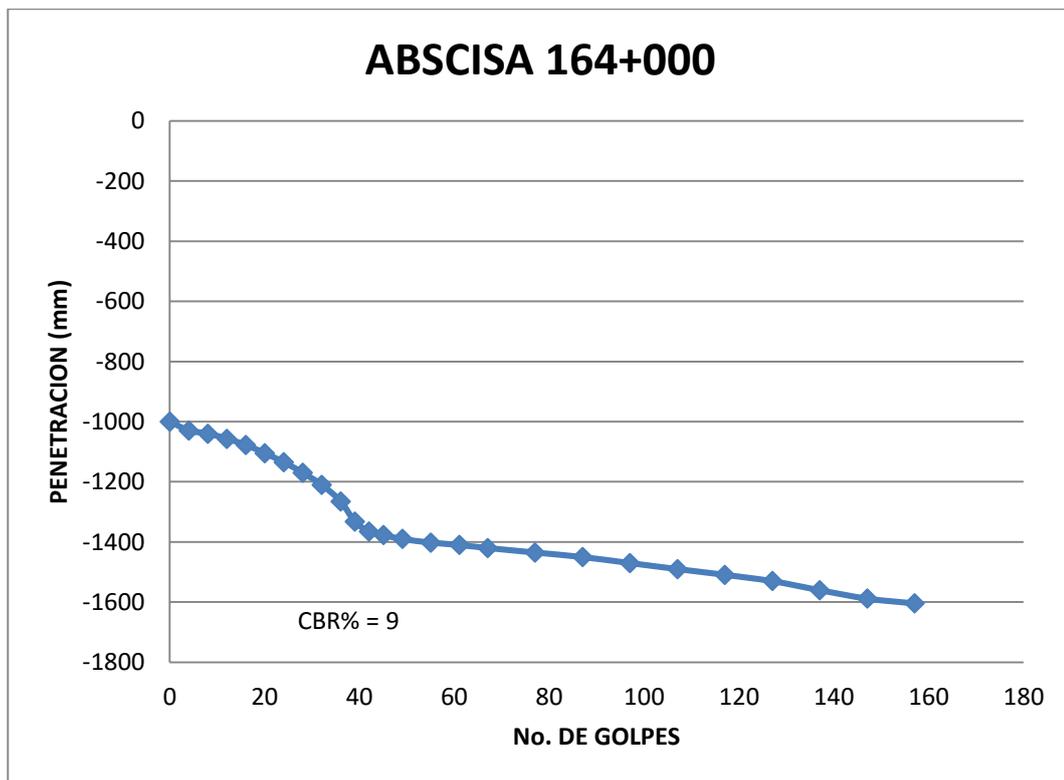
mm: 1000

LECTURA INICIAL mm. 555

FECHA: 03/02/09

No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADOS	LECTURAS PENETRACION mm.	PENETRACION CORREGIDA mm.
0	0	555	1000
4	4	585	1030
4	8	595	1040
4	12	612	1057
4	16	633	1078
4	20	660	1105
4	24	690	1135
4	28	725	1170
4	32	765	1210
4	36	820	1265
3	39	887	1332
3	42	920	1365
3	45	932	1377
4	49	945	1390
6	55	957	1402
6	61	965	1410

6	67	975	1420
10	77	990	1435
10	87	1005	1450
10	97	1025	1470
10	107	1045	1490
10	117	1064	1509
10	127	1085	1530
10	137	1115	1560
10	147	1143	1588
10	157	1159	1604



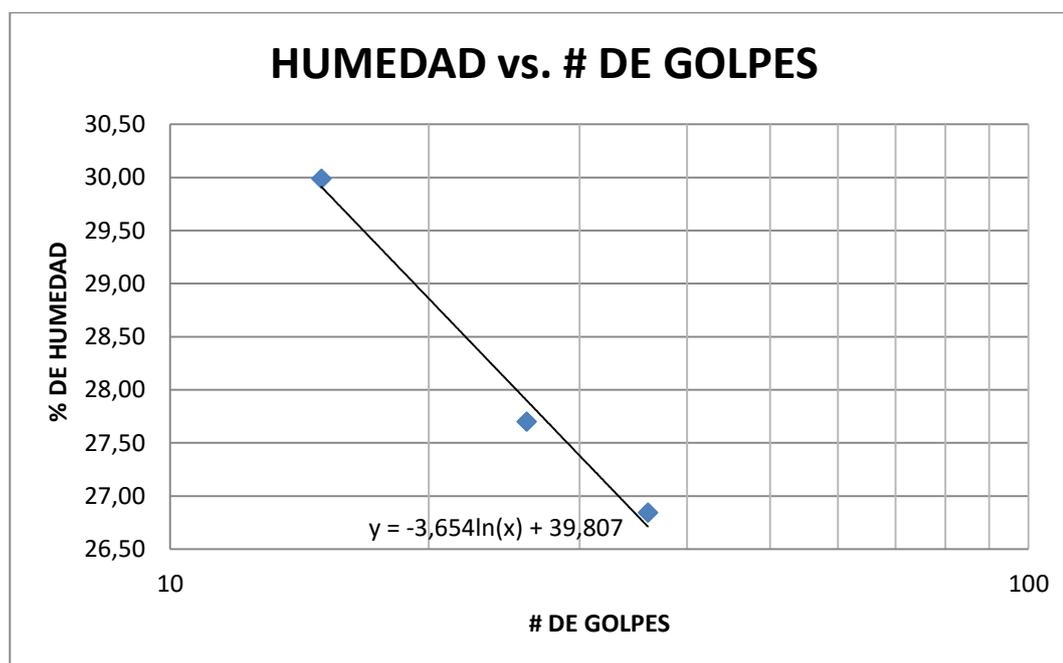
## **GRANULOMETRÍA**

PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	0+000	<b>TIPO DE SUELLO:</b>	GRANULAR		
<b>SECTOR:</b>	LADO IZQUIERDO	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.06-0.30		
<b>MUESTRA:</b>	1				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
27	243	234	67	5,39	
25	222	215	74	4,96	<b>5,18</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"	1342	1342	9	91	
2 ½"	583	1925	12	88	
2"	441	2366	15	85	
1 ½"	283	2649	17	83	
1"	942	3591	23	77	
¾"	651	4242	27	73	
½"	863	5105	33	67	
⅜"	564	5669	36	64	
N° 4	1573	7242	46	54	
Pasa N° 4	8381		54		
N° 8					
N° 10		60	9	45	
N° 40		161	25	29	
N° 50					
N° 100					
N° 200		272	42	12	0-20
pasa N° 200	86				
TOTAL MUESTRA	15623				
<b>GRAVA:</b>	46%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>	5,18%		
<b>ARENAS:</b>	42%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	12%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	SW - SM	<b>INDICE PLASTICO:</b>	NP		
<b>AASTHO:</b>	A - 1a				

PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	4+000	<b>TIPO DE SUELLO:</b>	GRANULAR		
<b>SECTOR:</b>	LADO DERECHO	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.10-0.38		
<b>MUESTRA:</b>	2				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
22	274	256	66	9,47	
26	271	254	68	9,14	9,31
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"	1178	1178	11	89	
2 ½"		1178	11	89	
2"	411	1589	15	85	
1 ½"	664	2253	22	78	
1"	749	3002	29	71	
¾"	409	3411	33	67	
½"	464	3875	37	63	
⅜"	294	4169	40	60	
N° 4	765	4934	47	53	
Pasa N° 4	5489		53		
N° 8					
N° 10		42	7	46	
N° 40		127	22	31	
N° 50					
N° 100					
N° 200		231	41	12	0-20
pasa N° 200	83				
TOTAL MUESTRA	10423				
<b>GRAVA:</b>	47%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>	9,31%		
<b>ARENAS:</b>	41%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	12%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	SW - SM	<b>INDICE PLASTICO:</b>	NP		
<b>AASTHO:</b>	A - 1b				

PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	8+000	<b>TIPO DE SUELLO:</b>	GRANULAR		
<b>SECTOR:</b>	LADO IZQUIERDO	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.10-0.20		
<b>MUESTRA:</b>	3				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
21	292	278	66	6,60	
24	288	275	67	6,25	6,43
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"	806	806	7	93	
2 ½"		806	7	93	
2"		806	7	93	
1 ½"		806	7	93	
1"	598	1404	12	88	
¾"	827	2231	20	80	
½"	698	2929	26	74	
⅜"	486	3415	30	70	
N° 4	1235	4650	41	59	
Pasa N° 4	6780		59		
N° 8					
N° 10		56	13	46	
N° 40		137	31	28	
N° 50					
N° 100					
N° 200		210	48	11	0-20
pasa N° 200	65				
TOTAL MUESTRA	11430				
<b>GRAVA:</b>	41%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>	6,43%		
<b>ARENAS:</b>	48%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	11%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	SW - SM	<b>INDICE PLASTICO:</b>	NP		
<b>AASTHO:</b>	A - 1a				

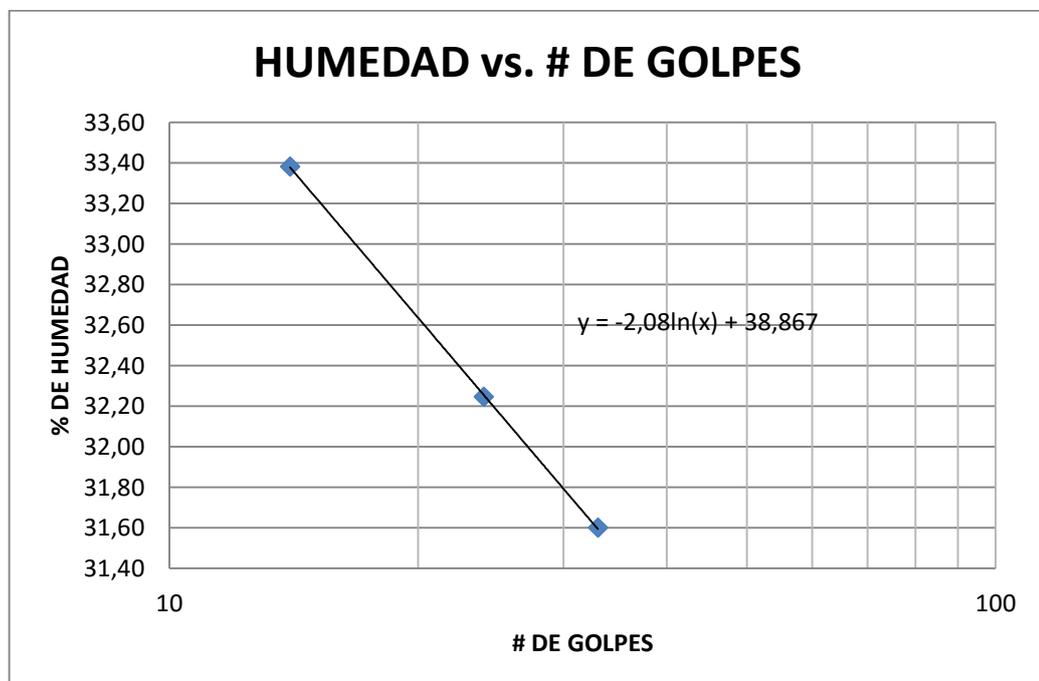
N° TARRO	N° DE GOLFES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
<b>LIMETE LIQUIDO (ASTM D4318)</b>						
38	36	31,59	27,07	10,23	26,84	
5	26	32,58	27,32	8,33	27,70	
28	15	29,01	24,17	8,03	29,99	
						<b>28,02</b>
<b>LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)</b>						
67	-----	13,04	12,54	10,28	22,12	
32	-----	13,33	12,8	10,4	22,08	
						<b>22,10</b>



PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	12+000	<b>TIPO DE SUELLO:</b>	GRANULAR		
<b>SECTOR:</b>	LADO DERECHO	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.09-0.40		
<b>MUESTRA:</b>	5				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
4	198	186	65	9,92	
5	213	200	67	9,77	<b>9,85</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"	1477	1477	11	89	
2 ½"	505	1982	15	85	
2"	415	2397	18	82	
1 ½"	555	2952	23	77	
1"	490	3442	26	74	
¾"	607	4049	31	69	
½"	578	4627	35	65	
⅜"	484	5111	39	61	
N° 4	1358	6469	50	50	
Pasa N° 4	6580		50		
N° 8					
N° 10		58	11	39	
N° 40		125	24	26	
N° 50					
N° 100					
N° 200		191	36	14	0-20
pasa N° 200	75				
TOTAL MUESTRA	13049				
<b>GRAVA:</b>	50%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>	9,85%		
<b>ARENAS:</b>	36%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	14%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	GM	<b>INDICE PLASTICO:</b>	NP		
<b>AASTHO:</b>	A - 1a				

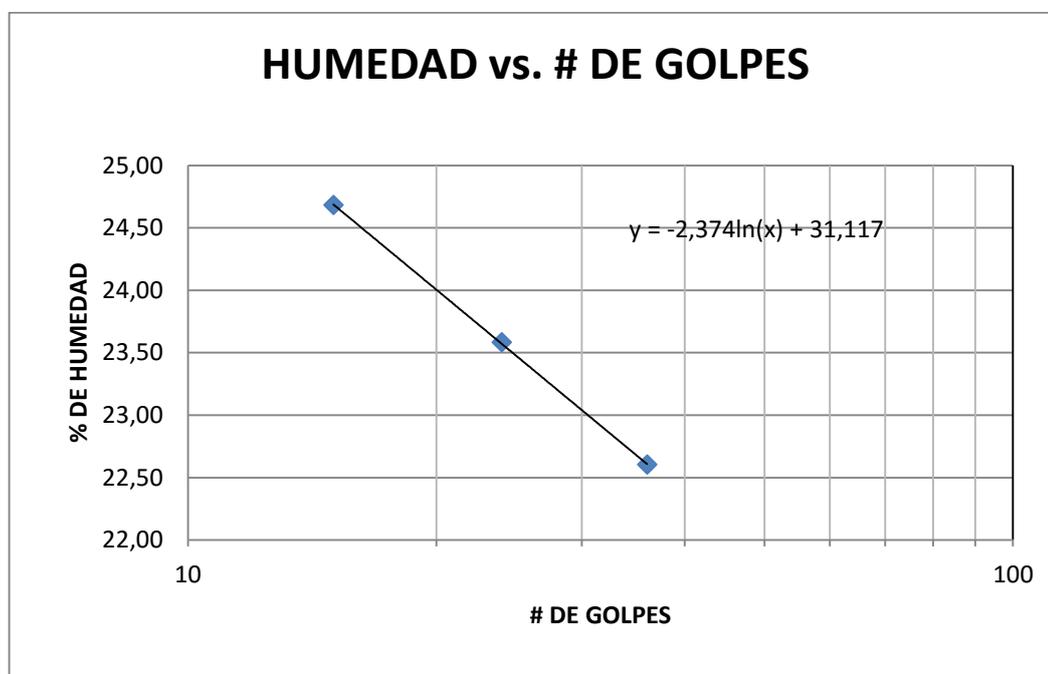
PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	12+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO IZQUIERDO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.40-1.20	
<b>MUESTRA:</b>	6				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
31	258	233	69	15,24	
20	287	258	69	15,34	15,29
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"					
¾"					
½"					
⅜"					
N° 4		822	5	95	
Pasa N° 4			95		
N° 8					
N° 10		35	4	91	
N° 40		103	13	82	
N° 50					
N° 100					
N° 200		215	27	68	0-20
pasa N° 200	98				
TOTAL MUESTRA	0				
<b>GRAVA:</b>	5%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		15,29%	
<b>ARENAS:</b>	27%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>		31,96%	
<b>FINOS:</b>	68%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>		26,50%	
<b>SUCS:</b>	SM	<b>INDICE PLASTICO:</b>		5,46	
<b>AASTHO:</b>	A-4				

N° TARRO	N° DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
<b>LIMETE LIQUIDO (ASTM D4318)</b>						
89	33	28,86	23,57	6,83	31,60	
35	24	30,08	24,84	8,59	32,25	
23	14	28,57	23,97	10,19	33,38	
						<b>31,96</b>
<b>LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)</b>						
10	-----	12,27	11,43	8,24	26,33	
24	-----	13,85	13,09	10,24	26,67	
						<b>26,50</b>



PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	16+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO IZQUIERDO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.70-1.20	
<b>MUESTRA:</b>	7				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
92	72,89	63,56	17,65	20,32	
23	79,13	68,75	17,81	20,38	20,35
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"					
¾"					
½"					
⅜"					
N° 4	44	44	10	90	
Pasa N° 4					
N° 8					
N° 10		77	18	82	
N° 40		135	32	68	
N° 50					
N° 100					
N° 200		204	48	52	0-20
pasa N° 200	220				
TOTAL MUESTRA					
<b>GRAVA:</b>	10%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		20,35%	
<b>ARENAS:</b>	48%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>		23,43%	
<b>FINOS:</b>	52%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>		20,70%	
<b>SUCS:</b>	ML	<b>INDICE PLASTICO:</b>		2,73	
<b>AASTHO:</b>	A-4				

N° TARRO	N° DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
<b>LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)</b>						
75	36	32,75	28,27	8,45	22,60	
67	24	33,6	29,15	10,28	23,58	
19	15	32,02	27,74	10,4	24,68	
						<b>23,43</b>
<b>LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)</b>						
93	-----	9,82	9,29	6,74	20,78	
6	-----	10,95	10,42	7,85	20,62	
						<b>20,70</b>

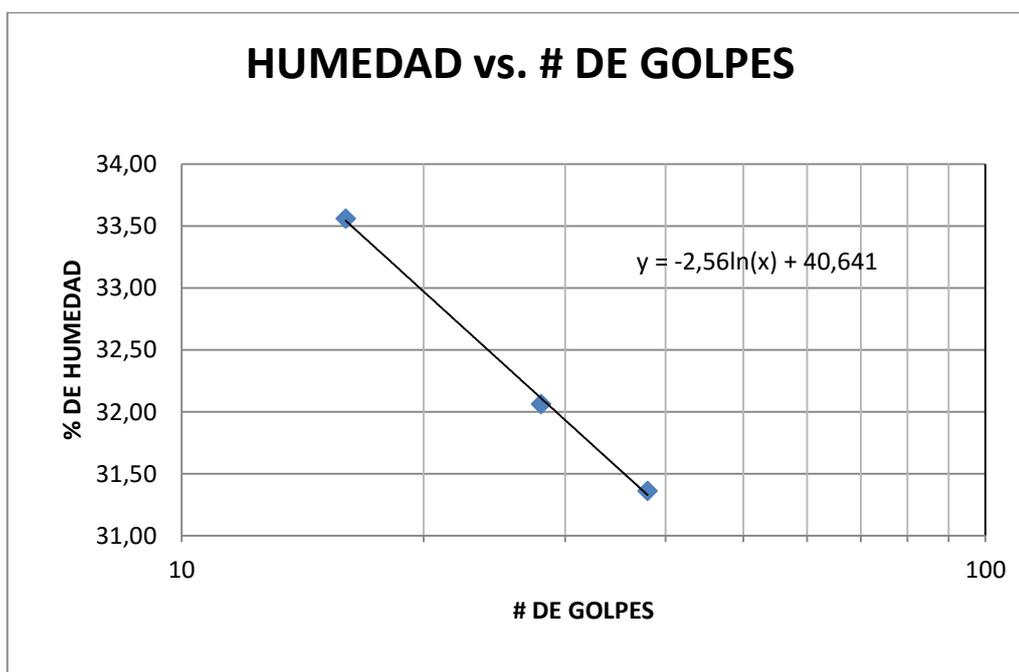


PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	20+000	<b>TIPO DE SUELLO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO DERECHO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.10-0.26	
<b>MUESTRA:</b>	8				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
6	177	161	65	16,67	
7	149	138	61	14,29	<b>15,48</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"				100	
2 ½"				100	
2"	857	857	8	92	
1 ½"	957	1814	17	83	
1"	821	2635	24	76	
¾"	684	3319	30	70	
½"	686	4005	37	63	
⅜"	567	4572	42	58	
N° 4	1338	5910	54	46	
Pasa N° 4	4993		46		
N° 8					
N° 10		33	5	41	
N° 40		95	15	31	
N° 50					
N° 100					
N° 200		185	29	17	0-20
pasa N° 200	108				
TOTAL MUESTRA	10903				
<b>GRAVA:</b>	54%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		15,48%	
<b>ARENAS:</b>	29%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	17%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	GM	<b>INDICE PLASTICO:</b>		NP	
<b>AASTHO:</b>	A - 1b				

PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	24+000	<b>TIPO DE SUELLO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO IZQUIERDO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.11-0.31	
<b>MUESTRA:</b>	9				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
31	258	233	69	15,24	
20	287	258	69	15,34	15,29
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"			0	100	
2 ½"	688	688	8	92	
2"		688	8	92	
1 ½"	1034	1722	21	79	
1"	880	2602	31	69	
¾"	562	3164	38	62	
½"	499	3663	44	56	
⅜"	417	4080	49	51	
N° 4	999	5079	61	39	
Pasa N° 4	3225		39		
N° 8					
N° 10		35	4	35	
N° 40		103	13	26	
N° 50					
N° 100					
N° 200		215	27	12	0-20
pasa N° 200	98				
TOTAL MUESTRA	8304				
<b>GRAVA:</b>	61%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		15,29%	
<b>ARENAS:</b>	27%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	12%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	SW - SM	<b>INDICE PLASTICO:</b>		NP	
<b>AASTHO:</b>	A - 1a				

PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	24+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO IZQUIERDO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.50-1.20	
<b>MUESTRA:</b>	10				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
54	82,9	68,46	18,2	28,73	
62	77,55	64,12	17,51	28,81	<b>28,77</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"					
¾"					
½"					
⅜"					
N° 4		6	3	97	
Pasa N° 4					
N° 8					
N° 10		21	9	91	
N° 40		47	20	80	
N° 50					
N° 100					
N° 200		68	29	71	0-20
pasa N° 200	165		71		
TOTAL MUESTRA					
<b>GRAVA:</b>	3%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		28,77%	
<b>ARENAS:</b>	29%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>		32,43%	
<b>FINOS:</b>	71%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>		28,43%	
<b>SUCS:</b>	ML	<b>INDICE PLASTICO:</b>		4,00	
<b>AASTHO:</b>	A-4				

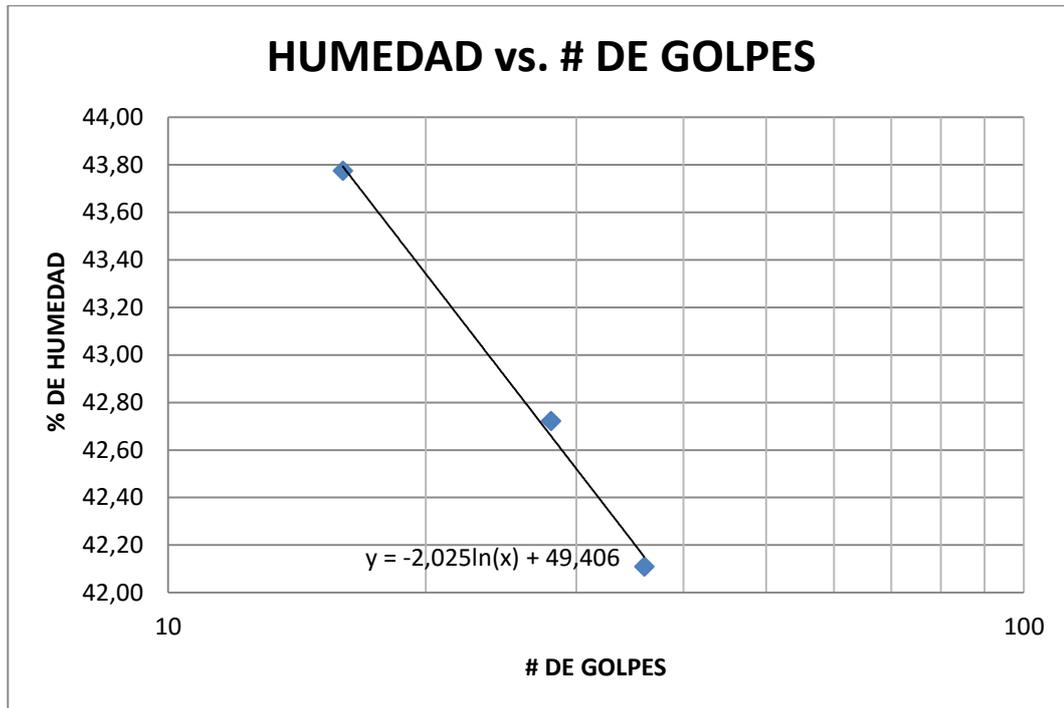
N° TARRO	N° DE GOLFES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
<b>LIMETE LIQUIDO (ASTM D4318)</b>						
17	38	29,05	24,07	8,19	31,36	
74	28	25,49	20,95	6,79	32,06	
45	16	26,4	21,47	6,78	33,56	
						<b>32,43</b>
<b>LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)</b>						
5	-----	12,22	11,36	8,33	28,38	
24	-----	14,21	13,33	10,24	28,48	
						<b>28,43</b>



PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	28+000	<b>TIPO DE SUELLO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO IZQUIERDO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.11-0.26	
<b>MUESTRA:</b>	11				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
26	245	227	68	11,32	
25	252	233	74	11,95	<b>11,64</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"				100	
2 ½"				100	
2"	857	857	8	92	
1 ½"	1238	2095	19	81	
1"	1092	3187	29	71	
¾"	1220	4407	40	60	
½"	941	5348	49	51	
⅜"	673	6021	55	45	
N° 4	1150	7171	65	35	
Pasa N° 4	3837		35		
N° 8					
N° 10		40	4	31	
N° 40		193	20	15	
N° 50					
N° 100					
N° 200		248	26	9	0-20
pasa N° 200	81				
TOTAL MUESTRA	11008				
<b>GRAVA:</b>	65%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		11,64%	
<b>ARENAS:</b>	26%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	9%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	GW-GM	<b>INDICE PLASTICO:</b>		NP	
<b>AASTHO:</b>	A - 1a				

PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	28+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO DERECHO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.51-1.20	
<b>MUESTRA:</b>	12				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
13	76,84	61,63	18,52	35,28	
65	78,77	62,97	18,76	35,74	<b>35,51</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"					
¾"					
½"					
⅜"					
N° 4		20	7	93	
Pasa N° 4					
N° 8					
N° 10		29	11	89	
N° 40		46	17	83	
N° 50					
N° 100					
N° 200		86	32	68	0-20
pasa N° 200	185		68		
TOTAL MUESTRA					
<b>GRAVA:</b>	7%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		35,51%	
<b>ARENAS:</b>	32%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>		43,93%	
<b>FINOS:</b>	68%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>		37,29%	
<b>SUCS:</b>	ML	<b>INDICE PLASTICO:</b>		6,64	
<b>AASTHO:</b>	A-5				

N° TARRO	N° DE GOLFES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
<b>LIMETE LIQUIDO (ASTM D4318)</b>						
29	36	29,14	23,51	10,14	42,11	
80	28	27,78	21,5	6,8	42,72	
69	16	28,96	23,3	10,37	43,77	
						<b>43,93</b>
<b>LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)</b>						
73	-----	9,56	8,78	6,68	37,14	
6	-----	10,97	10,12	7,85	37,44	
						<b>37,29</b>

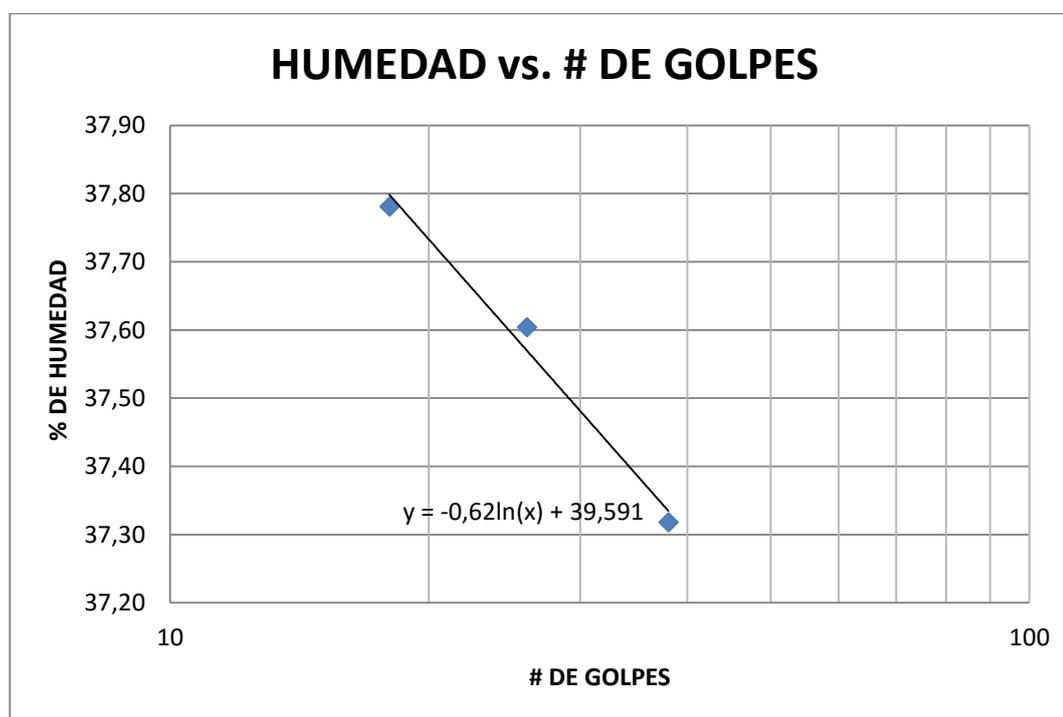


PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	32+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO IZQUIERDO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.11-0.40	
<b>MUESTRA:</b>	13				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
79	93,64	83,67	18,36	15,27	
25	98,41	87,97	18,52	15,03	<b>15,15</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"				100	
2 ½"				100	
2"				100	
1 ½"	868	868	9	91	
1"	613	1481	16	84	
¾"	784	2265	24	76	
½"	798	3063	32	68	
⅜"	629	3692	39	61	
N° 4	1408	5100	53	47	
Pasa N° 4	4435		47		
N° 8					
N° 10		60	7	39	
N° 40		171	20	26	
N° 50					
N° 100					
N° 200		286	34	12	0-20
pasa N° 200	103				
TOTAL MUESTRA	9535				
<b>GRAVA:</b>	53%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		15,15%	
<b>ARENAS:</b>	34%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	12%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	GW-GM	<b>INDICE PLASTICO:</b>		NP	
<b>AASTHO:</b>	A - 1a				

PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	32+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO DERECHO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.34-0.65	
<b>MUESTRA:</b>	14				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
1	92,31	84,66	17,86	11,45	
51	86,91	79,9	18,47	11,41	<b>11,43</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"	1240	1240	9	91	
2 ½"	804	2044	16	84	
2"	746	2790	21	79	
1 ½"	1682	4472	34	66	
1"	829	5301	41	59	
¾"	1049	6350	49	51	
½"	966	7316	56	44	
⅜"	635	7951	61	39	
N° 4	992	8943	68	32	
Pasa N° 4	4113		32		
N° 8					
N° 10		42	5	26	
N° 40		88	11	20	
N° 50					
N° 100					
N° 200		156	20	11	0-20
pasa N° 200	86				
TOTAL MUESTRA	13056				
<b>GRAVA:</b>	68%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		11,43%	
<b>ARENAS:</b>	20%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	11%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	GW-GM	<b>INDICE PLASTICO:</b>		NP	
<b>AASTHO:</b>	A - 1a				

PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	48+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO IZQUIERDO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.50-1.20	
<b>MUESTRA:</b>	15				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
2	78,8	68,58	18,06	20,23	
8	82,53	71,6	18,03	20,40	<b>20,32</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"					
¾"					
½"					
⅜"					
N° 4		2	1	99	
Pasa N° 4			99		
N° 8					
N° 10		16	9	84	
N° 40		48	18	79	
N° 50					
N° 100					
N° 200		97	25	57	
pasa N° 200	130		57		
TOTAL MUESTRA					
<b>GRAVA:</b>	1%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		20,32%	
<b>ARENAS:</b>	25%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>		37,78%	
<b>FINOS:</b>	57%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>		33,20%	
<b>SUCS:</b>	ML	<b>INDICE PLASTICO:</b>		4,58	
<b>AASTHO:</b>	A-4				

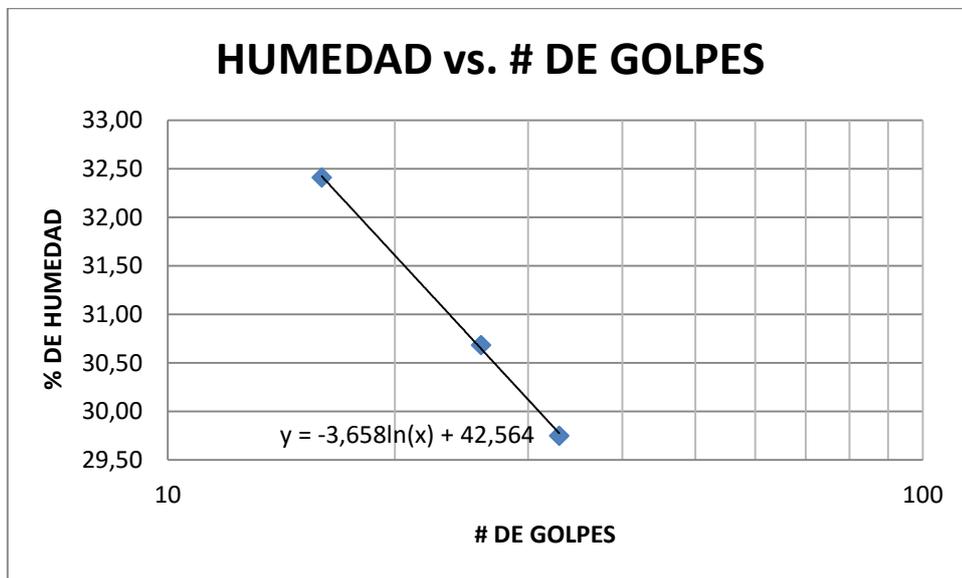
N° TARRO	N° DE GOLFES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
<b>LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)</b>						
21	38	30,71	24,81	9	37,32	
44	26	30,28	24,85	10,41	37,60	
94	18	25,71	20,5	6,71	37,78	
						<b>37,78</b>
<b>LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)</b>						
17	-----	11,35	10,57	8,19	32,77	
40	-----	9,97	9,23	7,03	33,64	
						<b>33,20</b>



PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	52+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO DERECHO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.13-0.44	
<b>MUESTRA:</b>	16				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
80	93,74	84,18	17,68	14,38	
40	92,51	83,13	18,17	14,44	<b>14,41</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"	1262	1262	8	92	
2 ½"		1262	8	92	
2"	865	2127	13	87	
1 ½"	1510	3637	22	78	
1"	1659	5296	32	68	
¾"	1133	6429	38	62	
½"	1256	7685	46	54	
⅜"	724	8409	50	50	
N° 4	1640	10049	60	40	
Pasa N° 4	6714		40		
N° 8					
N° 10		54	9	31	
N° 40		111	18	22	
N° 50					
N° 100					
N° 200		174	29	11	0-20
pasa N° 200					
TOTAL MUESTRA	16763				
<b>GRAVA:</b>	60%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		14,41%	
<b>ARENAS:</b>	29%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	11%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	GW-GM	<b>INDICE PLASTICO:</b>		NP	
<b>AASTHO:</b>	A - 1a				

PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	60+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO IZQUIERDO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.60-1.20	
<b>MUESTRA:</b>	17				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
68	85,27	73,09	18,06	22,13	
61	81,53	70	18,41	22,35	<b>22,24</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"					
¾"					
½"					
⅜"					
N° 4		28	10	90	
Pasa N° 4					
N° 8					
N° 10		55	55	45	
N° 40		103	37	63	
N° 50					
N° 100					
N° 200		185	67	33	
pasa N° 200	91		33		
TOTAL MUESTRA					
<b>GRAVA:</b>	10%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		22,24%	
<b>ARENAS:</b>	67%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>		30,77%	
<b>FINOS:</b>	33%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>		27,49%	
<b>SUCS:</b>	SM	<b>INDICE PLASTICO:</b>		3,28	

AASTHO: A-4						
N° TARRO	N° DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
<b>LIMETE LIQUIDO (ASTM D4318)</b>						
45	33	28,02	23,15	6,78	29,75	
59	26	28,87	23,85	7,49	30,68	
62	16	29,24	24,09	8,2	32,41	
						<b>30,77</b>
<b>LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)</b>						
3	-----	13,32	12,73	10,55	27,06	
16	-----	9,53	8,93	6,78	27,91	
						<b>27,49</b>

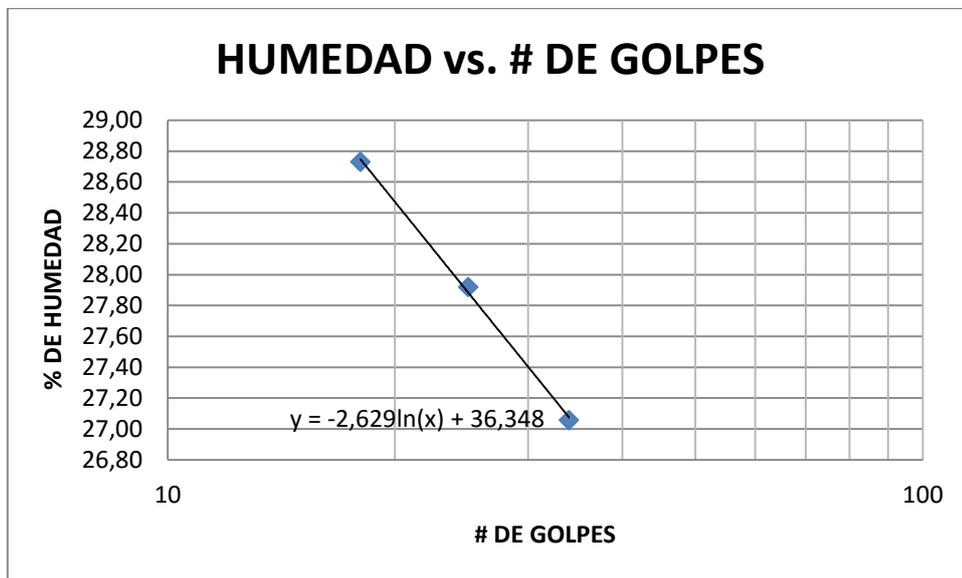


PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
ABSCISA:	64+000	TIPO DE SUELLO:	GRANULAR		
SECTOR:	LADO IZQUIERDO	PROFUNDIDAD:	0.12-0.48		
MUESTRA:	18				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
5	95,31	87,19	17,55	11,66	
20	92,33	84,67	18,38	11,56	<b>11,61</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"	851	851	5	95	
2 ½"	1048	1899	11	89	
2"		1899	11	89	
1 ½"	2078	3977	24	76	
1"	1474	5451	33	67	
¾"	1204	6655	40	60	
½"	1476	8131	49	51	
⅜"	869	9000	54	46	
N° 4	1605	10605	64	36	
Pasa N° 4	6086		36		
N° 8					
N° 10		64	8	29	
N° 40		161	19	17	
N° 50					
N° 100					
N° 200		257	30	6	0-20
pasa N° 200	52				
TOTAL MUESTRA	16691				
GRAVA:	64%	HUMEDAD NATURAL:	11,61%		
ARENAS:	30%	LIMITE LIQUIDO:			
FINOS:	6%	LIMITE PLASTICO:			
SUCS:	GW-GM	INDICE PLASTICO:	NP		
AASTHO:	A - 1a				

PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	68+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO DERECHO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.13-0.45	
<b>MUESTRA:</b>	19				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
34	74,25	67,02	18,47	14,89	
12	69,12	62,4	17,64	15,01	<b>14,95</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"				100	
2 ½"				100	
2"	325	325	2	98	
1 ½"	3085	3410	23	77	
1"	2616	6026	40	60	
¾"	2138	8164	54	46	
½"	1308	9472	63	37	
⅜"	570	10042	66	34	
N° 4	1257	11299	75	25	
Pasa N° 4	3802		25		
N° 8					
N° 10		35	4	22	
N° 40		84	9	16	
N° 50					
N° 100					
N° 200		171	18	7	0-20
pasa N° 200	72				
TOTAL MUESTRA	15101				
<b>GRAVA:</b>	75%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		14,95%	
<b>ARENAS:</b>	18%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	7%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	GW-GM	<b>INDICE PLASTICO:</b>		NP	
<b>AASTHO:</b>	A - 1a				

PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	72+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO IZQUIERDO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.45-1.20	
<b>MUESTRA:</b>	20				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
2	86,88	78,02	18,06	14,78	
47	84,5	75,99	18,37	14,77	<b>14,77</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"					
¾"					
½"					
⅜"					
N° 4		80	80	20	
Pasa N° 4					
N° 8					
N° 10		116	116	-16	
N° 40		161	73	27	
N° 50					
N° 100					
N° 200		217	98	2	
pasa N° 200	98		2		
TOTAL MUESTRA					
<b>GRAVA:</b>	80%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		14,77%	
<b>ARENAS:</b>	18%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>		27,87%	
<b>FINOS:</b>	2%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>		22,24%	
<b>SUCS:</b>	SM	<b>INDICE PLASTICO:</b>		5,63	

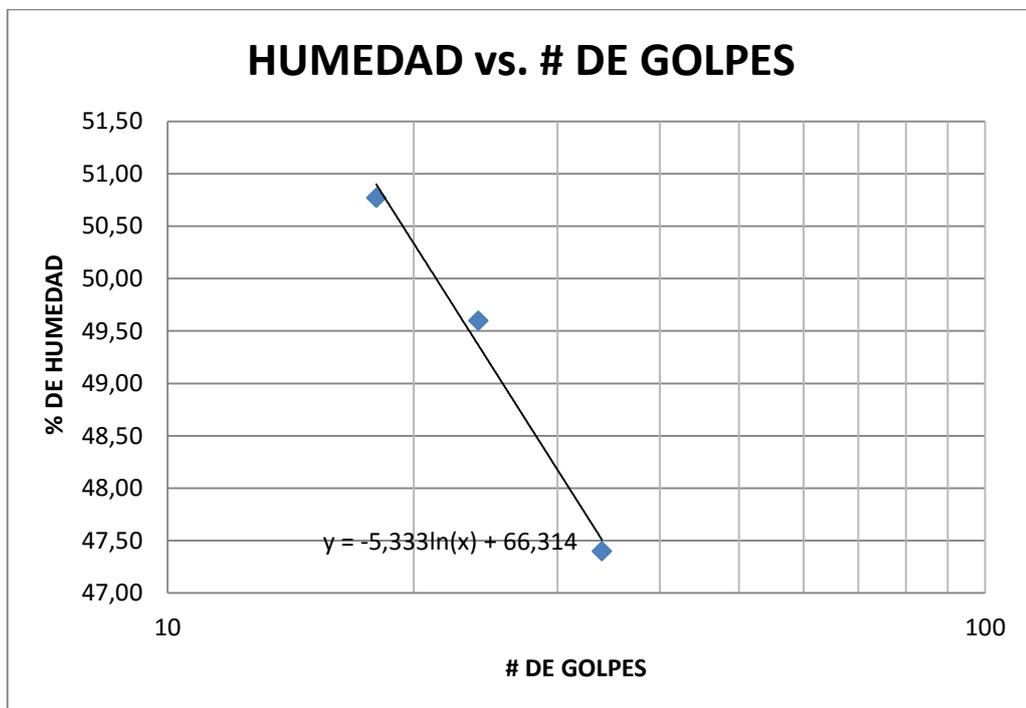
AASTHO: A-4						
N° TARRO	N° DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
<b>LIMETE LIQUIDO (ASTM D4318)</b>						
2	34	31,83	27,26	10,37	27,06	
80	25	27,83	23,24	6,8	27,92	
6	18	26,31	22,19	7,85	28,73	
						<b>27,87</b>
<b>LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)</b>						
29	-----	13,41	12,81	10,14	22,47	
3	-----	13,72	13,15	10,56	22,01	
						<b>22,24</b>



PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	76+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO DERECHO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.11-0.50	
<b>MUESTRA:</b>	21				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
63	80,43	73,21	17,93	13,06	
17	82,25	74,96	17,8	12,75	<b>12,91</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"				100	
2 ½"				100	
2"				100	
1 ½"	1911	1911	15	85	
1"	1283	3194	25	75	
¾"	1417	4611	36	64	
½"	760	5371	42	58	
⅜"	502	5873	46	54	
N° 4	1004	6877	54	46	
Pasa N° 4	5892		46		
N° 8					
N° 10		39	6	41	
N° 40		101	14	32	
N° 50					
N° 100					
N° 200		220	31	15	0-20
pasa N° 200	105				
TOTAL MUESTRA	12769				
<b>GRAVA:</b>	54%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		12,91%	
<b>ARENAS:</b>	31%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	15%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	GM	<b>INDICE PLASTICO:</b>		NP	
<b>AASTHO:</b>	A - 1a				

PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	80+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO IZQUIERDO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.55-1.20	
<b>MUESTRA:</b>	22				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
90	74,03	62,24	17,28	26,22	
28	72,51	61,11	18,29	26,62	<b>26,42</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"					
¾"					
½"					
⅜"					
N° 4		39	39	61	
Pasa N° 4					
N° 8					
N° 10		65	65	35	
N° 40		109	38	62	
N° 50					
N° 100					
N° 200		158	55	45	
pasa N° 200	170		45		
TOTAL MUESTRA					
<b>GRAVA:</b>	39%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		26,42%	
<b>ARENAS:</b>	16%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>		49,12%	
<b>FINOS:</b>	45%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>		33,91%	
<b>SUCS:</b>	SM	<b>INDICE PLASTICO:</b>		15,21	
<b>AASTHO:</b>	A-7-5				

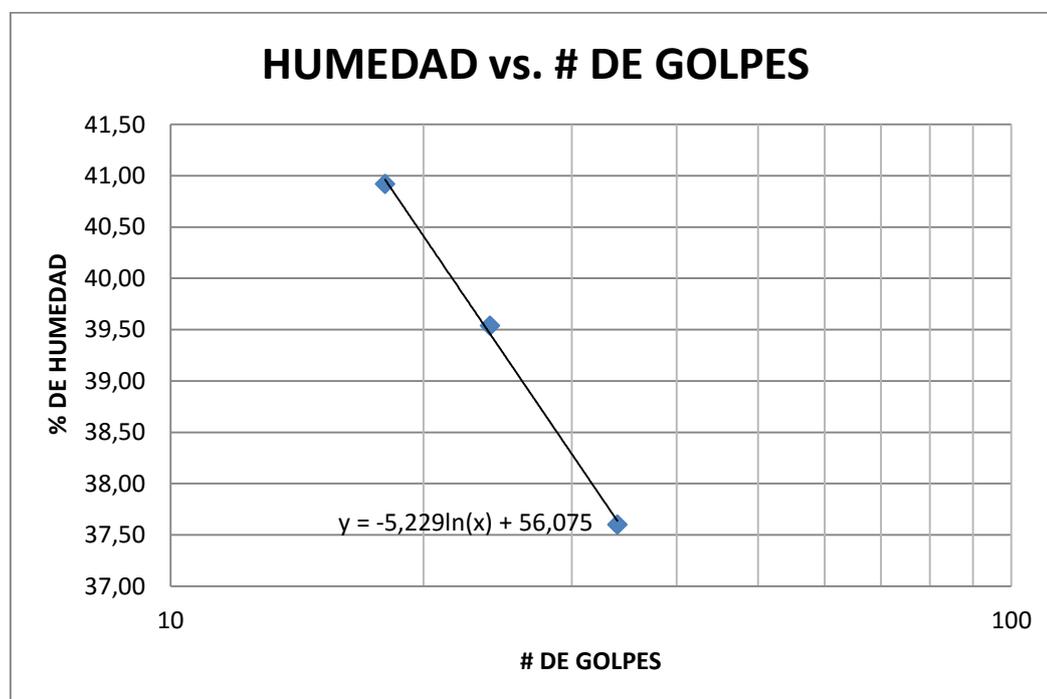
N° TARRO	N° DE GOLFES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
<b>LIMETE LIQUIDO (ASTM D4318)</b>						
13	34	31,81	24,88	10,26	47,40	
24	24	30,81	23,99	10,24	49,60	
18	18	29,68	22,43	8,15	50,77	
						<b>49,12</b>
<b>LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)</b>						
84	-----	9,56	8,89	6,92	34,01	
93	-----	9,55	8,84	6,74	33,81	
						<b>33,91</b>



PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	84+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO DERECHO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.15-0.38	
<b>MUESTRA:</b>	23				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
45	92,65	85,42	18,24	10,76	
85	89,18	82,2	16,95	10,70	<b>10,73</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"				100	
2 ½"				100	
2"	1066	1066	8	92	
1 ½"	786	1852	15	85	
1"	905	2757	22	78	
¾"	978	3735	29	71	
½"	1160	4895	38	62	
⅜"	985	5880	46	54	
N° 4	2210	8090	63	37	
Pasa N° 4	4675		37		
N° 8					
N° 10		77	8	29	
N° 40		206	22	15	
N° 50					
N° 100					
N° 200		272	29	8	0-20
pasa N° 200	77				
TOTAL MUESTRA	12765				
<b>GRAVA:</b>	63%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		10,73%	
<b>ARENAS:</b>	29%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	8%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	GW-GM	<b>INDICE PLASTICO:</b>		NP	
<b>AASTHO:</b>	A - 1a				

PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	84+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO DERECHO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.55-1.20	
<b>MUESTRA:</b>	24				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
53	69,71	57,04	17,46	32,01	
75	70,24	57,49	17,7	32,04	<b>32,03</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"					
¾"					
½"					
⅜"					
N° 4		20	20	80	
Pasa N° 4					
N° 8					
N° 10		26	26	74	
N° 40		40	16	84	
N° 50					
N° 100					
N° 200		87	34	66	
pasa N° 200	169		66		
TOTAL MUESTRA					
<b>GRAVA:</b>	20%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		32,03%	
<b>ARENAS:</b>	14%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>		39,23%	
<b>FINOS:</b>	66%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>		29,27%	
<b>SUCS:</b>	ML	<b>INDICE PLASTICO:</b>		9,96	
<b>AASTHO:</b>	A-4				

N° TARRO	N° DE GOLFES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
<b>LIMETE LIQUIDO (ASTM D4318)</b>						
55	34	31,07	25,43	10,43	37,60	
57	24	28,7	22,56	7,03	39,54	
95	18	28,29	22,05	6,8	40,92	
						<b>39,23</b>
<b>LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)</b>						
45	-----	10,37	9,56	6,78	29,14	
1	-----	13,53	12,78	10,23	29,41	
						<b>29,27</b>



PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	92+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO DERECHO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.16-0.28	
<b>MUESTRA:</b>	25				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
57	89,42	82,26	18,67	11,26	
5	85,8	78,93	17,55	11,19	<b>11,23</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"				100	
2 ½"				100	
2"				100	
1 ½"	2073	2073	19	81	
1"	1256	3329	30	70	
¾"	1223	4552	41	59	
½"	1124	5676	51	49	
⅜"	587	6263	56	44	
N° 4	1173	7436	67	33	
Pasa N° 4	3687		33		
N° 8					
N° 10		43	6	27	
N° 40		115	15	18	
N° 50					
N° 100					
N° 200		195	26	7	0-20
pasa N° 200	57				
TOTAL MUESTRA	11123				
<b>GRAVA:</b>	67%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		11,23%	
<b>ARENAS:</b>	26%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	7%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	GM	<b>INDICE PLASTICO:</b>		NP	
<b>AASTHO:</b>	A - 1a				

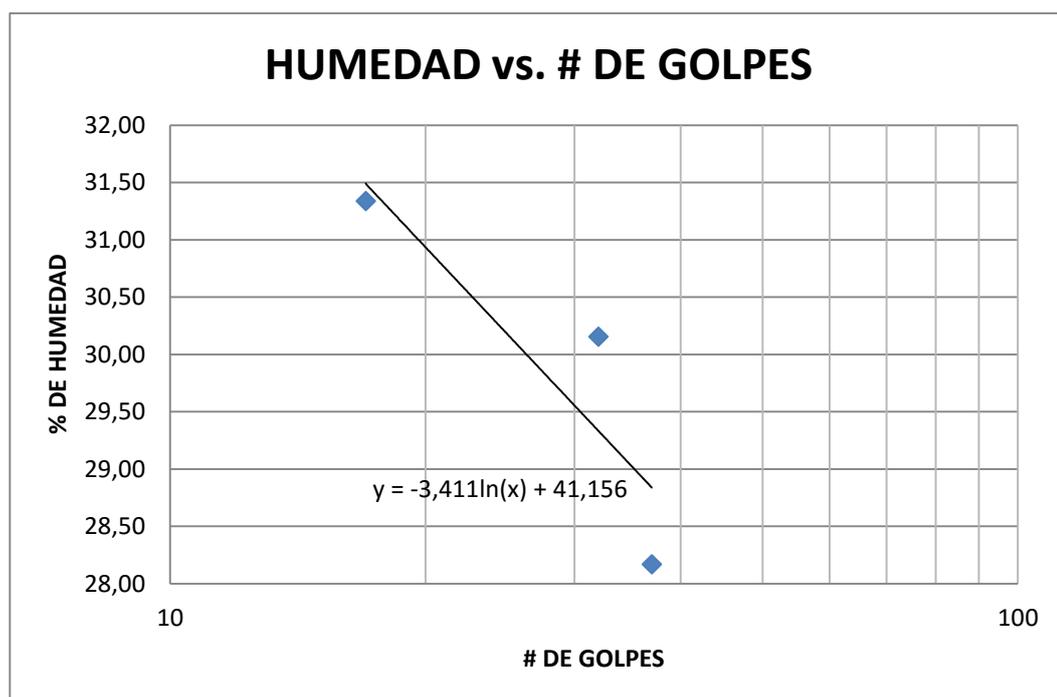
PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	96+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO IZQUIERDO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.16-0.36	
<b>MUESTRA:</b>	26				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
9	85,98	74,55	17,66	20,09	
62	82,52	71,77	17,51	19,81	<b>19,95</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
W-GM				100	100
3"				100	
2 ½"	646	646	5	95	
2"		646	5	95	
1 ½"	1729	2375	18	82	
1"	1551	3926	30	70	
¾"	1709	5635	43	57	
½"	1899	7534	57	43	
⅜"	734	8268	62	38	
N° 4	1754	10022	76	24	
Pasa N° 4	3236		24		
N° 8					
N° 10		95	8	17	
N° 40		145	12	13	
N° 50					
N° 100					
N° 200		241	20	5	0-20
pasa N° 200	57				
TOTAL MUESTRA	13258				
<b>GRAVA:</b>	76%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		19,95%	
<b>ARENAS:</b>	20%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	5%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	GW-GM	<b>INDICE PLASTICO:</b>		NP	
<b>AASTHO:</b>	A - 1a				

PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	124+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO DERECHO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.32-0.50	
<b>MUESTRA:</b>	27				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
29	93,08	84,65	18,07	12,66	
77	89,62	81,52	17,5	12,65	<b>12,66</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"				100	
2 ½"				100	
2"				100	
1 ½"	402	402	4	96	
1"	1434	1836	18	82	
¾"	1064	2900	28	72	
½"	1259	4159	40	60	
⅜"	982	5141	50	50	
N° 4	1822	6963	68	32	
Pasa N° 4	3327		32		
N° 8					
N° 10		57	8	25	
N° 40		147	20	13	
N° 50					
N° 100					
N° 200		200	27	6	0-20
pasa N° 200	44				
TOTAL MUESTRA	10290				
<b>GRAVA:</b>	68%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		12,66%	
<b>ARENAS:</b>	27%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	6%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	GW-GM	<b>INDICE PLASTICO:</b>		NP	
<b>AASTHO:</b>	A - 1a				

PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	128+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO IZQUIERDO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.35-0.85	
<b>MUESTRA:</b>	28				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
49	79,65	73,15	18,15	11,82	
8	79,25	72,79	18	11,79	<b>11,80</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"				100	
2 ½"				100	
2"	338	338	3	97	
1 ½"	1184	1522	14	86	
1"	1338	2860	27	73	
¾"	1029	3889	37	63	
½"	1946	5835	55	45	
⅜"	14	5849	55	45	
N° 4	1816	7665	72	28	
Pasa N° 4	2978		28		
N° 8					
N° 10		87	9	19	
N° 40		168	16	12	
N° 50					
N° 100					
N° 200		212	21	7	0-20
pasa N° 200	74				
TOTAL MUESTRA	10643				
<b>GRAVA:</b>	72%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		11,80%	
<b>ARENAS:</b>	21%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	7%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	GW-GM	<b>INDICE PLASTICO:</b>		NP	

<b>AASTHO:</b> A - 1a					
<b>PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD</b>					
<b>ABSCISA:</b>	132+000	<b>TIPO DE SUELLO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO DERECHO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.60-1.20	
<b>MUESTRA:</b>	29				
<b>HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)</b>					
<b>N° TARRO</b>	<b>PESO HUMEDO</b>	<b>PESO SECO</b>	<b>PESO TARRO</b>	<b>% HUMEDAD</b>	<b>% PROMEDIO</b>
40	93,23	84,52	18,67	13,23	
74	90,72	82,29	17,82	13,08	<b>13,15</b>
<b>GRANULOMETRIA (ASTM D422)</b>					
<b>TAMIZ</b>	<b>PESO RETENIDO PARCIAL</b>	<b>PESO RETENIDO ACUMULADO</b>	<b>% RETENIDO</b>	<b>% QUE PASA</b>	<b>% ESPECIFICADO</b>
4"				100	
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"					
¾"					
½"					
⅜"					
N° 4		152	44	56	
Pasa N° 4					
N° 8					
N° 10		208	60	40	
N° 40		252	72	28	
N° 50					
N° 100					
N° 200		283	81	19	
pasa N° 200	65		19		
TOTAL MUESTRA					
<b>GRAVA:</b>	44%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		13,15%	
<b>ARENAS:</b>	81%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>		30,17%	
<b>FINOS:</b>	19%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>		20,63%	
<b>SUCS:</b>	SC	<b>INDICE PLASTICO:</b>		9,54	
<b>AASTHO:</b>	A-2-4				

N° TARRO	N° DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
<b>LIMETE LIQUIDO (ASTM D4318)</b>						
5	37	31,17	26,15	8,33	28,17	
10	32	27,62	23,13	8,24	30,15	
28	17	30,41	25,07	8,03	31,34	
						<b>30,17</b>
<b>LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)</b>						
74	-----	11,17	10,42	6,79	20,66	
89	-----	10,46	9,84	6,83	20,60	
						<b>20,63</b>

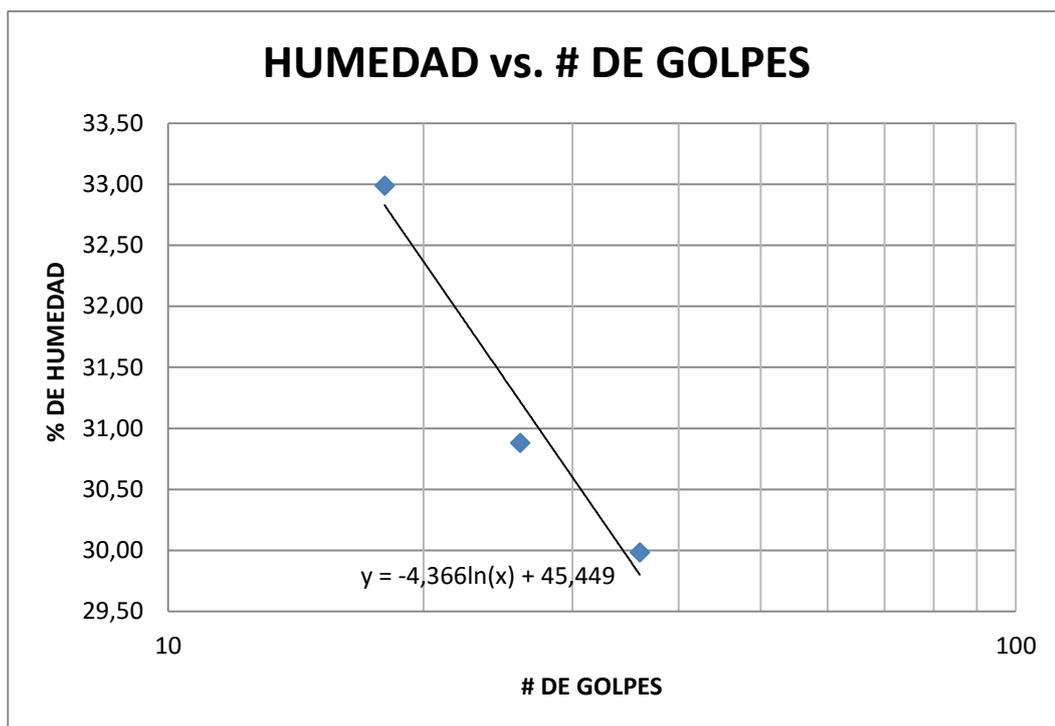


PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	136+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO IZQUIERDO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.08-0.33	
<b>MUESTRA:</b>	30				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
76	92,99	80,28	17,47	20,24	
43	96,58	83,48	17,81	19,95	<b>20,09</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"				100	
2 ½"				100	
2"				100	
1 ½"	444	444	5	95	
1"	676	1120	12	88	
¾"	879	1999	22	78	
½"	1114	3113	34	66	
⅜"	837	3950	43	57	
N° 4	1665	5615	62	38	
Pasa N° 4	3467		38		
N° 8					
N° 10		40	5	33	
N° 40		125	17	21	
N° 50					
N° 100					
N° 200		190	25	13	0-20
pasa N° 200	96				
TOTAL MUESTRA	9082				
<b>GRAVA:</b>	62%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		20,09%	
<b>ARENAS:</b>	25%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	13%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	GM	<b>INDICE PLASTICO:</b>		NP	
<b>AASTHO:</b>	A - 1a				

PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	140+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO DERECHO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.38-0.60	
<b>MUESTRA:</b>	31				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
33	96,18	86,62	18,19	13,97	
51	97,72	87,98	18,47	14,01	<b>13,99</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"				100	
2 ½"				100	
2"				100	
1 ½"	237	237	2	98	
1"	1509	1746	14	86	
¾"	1295	3041	24	76	
½"	1346	4387	34	66	
⅜"	905	5292	42	58	
N° 4	1842	7134	56	44	
Pasa N° 4	5604		44		
N° 8					
N° 10		65	8	36	
N° 40		175	21	23	
N° 50					
N° 100					
N° 200		286	34	10	0-20
pasa N° 200	79				
TOTAL MUESTRA	12738				
<b>GRAVA:</b>	56%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		13,99%	
<b>ARENAS:</b>	34%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	10%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	GW-GM	<b>INDICE PLASTICO:</b>		NP	
<b>AASTHO:</b>	A - 1a				

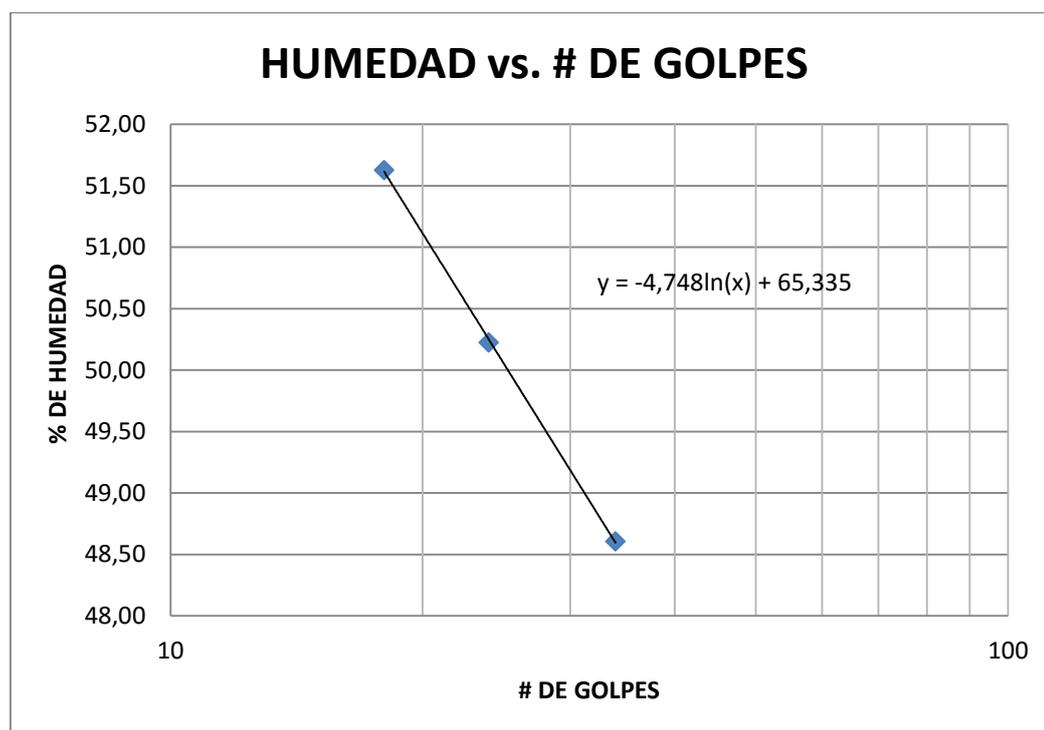
PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	144+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO IZQUIERDO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.80-1.20	
<b>MUESTRA:</b>	32				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
67	82,07	72,25	18,31	18,21	
30	82,76	72,76	18,01	18,26	<b>18,24</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"					
¾"					
½"					
⅜"					
N° 4		86	30	70	
Pasa N° 4					
N° 8					
N° 10		120	41	59	
N° 40		157	54	46	
N° 50					
N° 100					
N° 200		203	70	30	
pasa N° 200	88		30		
TOTAL MUESTRA					
<b>GRAVA:</b>	30%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		18,24%	
<b>ARENAS:</b>	40%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>		31,49%	
<b>FINOS:</b>	30%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>		22,12%	
<b>SUCS:</b>	SC	<b>INDICE PLASTICO:</b>		9,37	
<b>AASTHO:</b>	A-2-4				

N° TARRO	N° DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
<b>LIMETE LIQUIDO (ASTM D4318)</b>						
17	36	31,6	26,2	8,19	29,98	
54	26	27,93	23,06	7,29	30,88	
31	18	27,92	23,13	8,61	32,99	
						<b>31,49</b>
<b>LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)</b>						
76	-----	9,57	9,08	6,89	22,37	
56	-----	12,86	12,39	10,24	21,86	
						<b>22,12</b>



PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	148+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO IZQUIERDO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.72-1.20	
<b>MUESTRA:</b>	33				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
80	69,01	55,58	17,68	35,44	
52	77,64	62,55	18,2	34,02	<b>34,73</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"					
¾"					
½"					
⅜"					
N° 4		56	22	78	
Pasa N° 4					
N° 8					
N° 10		73	29	71	
N° 40		96	38	62	
N° 50					
N° 100					
N° 200		123	49	51	
pasa N° 200	127		51		
TOTAL MUESTRA					
<b>GRAVA:</b>	22%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		34,73%	
<b>ARENAS:</b>	27%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>		50,01%	
<b>FINOS:</b>	51%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>		39,95%	
<b>SUCS:</b>	ML	<b>INDICE PLASTICO:</b>		10,06	
<b>AASTHO:</b>	A-5				

N° TARRO	N° DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
<b>LIMETE LIQUIDO (ASTM D4318)</b>						
16	34	25,83	19,56	6,66	48,60	
62	24	28,39	21,64	8,2	50,22	
67	18	28,46	22,27	10,28	51,63	
						<b>50,01</b>
<b>LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)</b>						
75	-----	11,61	10,71	8,45	39,82	
44	-----	13,8	12,83	10,41	40,08	
						<b>39,95</b>



PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	152+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO DERECHO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.11-0.38	
<b>MUESTRA:</b>	34				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
55	89,62	78,28	18,48	18,96	
88	87,66	76,49	17,89	19,06	<b>19,01</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"				100	
2 ½"				100	
2"	754	754	7	93	
1 ½"	512	1266	12	88	
1"	767	2033	20	80	
¾"	747	2780	27	73	
½"	982	3762	37	63	
⅜"	863	4625	45	55	
N° 4	1636	6261	61	39	
Pasa N° 4	3980		39		
N° 8					
N° 10		78	12	27	
N° 40		169	27	12	
N° 50					
N° 100					
N° 200		204	32	7	0-20
pasa N° 200	43		7		
TOTAL MUESTRA	10241				
<b>GRAVA:</b>	61%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		19,01%	
<b>ARENAS:</b>	32%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	7%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	GW-GM	<b>INDICE PLASTICO:</b>		NP	
<b>AASTHO:</b>	A - 1a				

PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	156+000	<b>TIPO DE SUELLO:</b>	GRANULAR		
<b>SECTOR:</b>	LADO DERECHO	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.37-0.80		
<b>MUESTRA:</b>	35				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
83	88,92	80,57	17,98	13,34	
25	97,17	87,99	18,52	13,21	<b>13,28</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"				100	
2 ½"				100	
2"				100	
1 ½"				100	
1"	817	817	9	91	
¾"	1734	2551	28	72	
½"	1561	4112	45	55	
⅜"	998	5110	56	44	
N° 4	1652	6762	74	26	
Pasa N° 4	2427		26		
N° 8					
N° 10		112	12	14	
N° 40		168	18	9	
N° 50					
N° 100					
N° 200		199	21	5	0-20
pasa N° 200	49		5		
TOTAL MUESTRA	9189				
<b>GRAVA:</b>	74%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>	13,28%		
<b>ARENAS:</b>	21%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	5%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	GW-GM	<b>INDICE PLASTICO:</b>	NP		
<b>AASTHO:</b>	A - 1a				

PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	160+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO DERECHO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		0.36-0.90	
<b>MUESTRA:</b>	36				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
56	85,66	78,02	17,9	12,71	
1	87,98	80,06	17,86	12,73	<b>12,72</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"				100	
2 ½"				100	
2"				100	
1 ½"	259	259	2	98	
1"	567	826	6	94	
¾"	2748	3574	28	72	
½"	2192	5766	45	55	
⅜"	1351	7117	55	45	
N° 4	2578	9695	75	25	
Pasa N° 4	3220		25		
N° 8					
N° 10		72	7	17	
N° 40		143	15	10	
N° 50					
N° 100					
N° 200		182	19	6	0-20
pasa N° 200	58		6		
TOTAL MUESTRA	12915				
<b>GRAVA:</b>	75%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		12,72%	
<b>ARENAS:</b>	19%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	6%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	GW-GM	<b>INDICE PLASTICO:</b>		NP	
<b>AASTHO:</b>	A - 1a				

PROYECTO : RIOBAMBA - ZHUD					
<b>ABSCISA:</b>	164+000	<b>TIPO DE SUELO:</b>		GRANULAR	
<b>SECTOR:</b>	LADO DERECHO	<b>PROFUNDIDAD:</b>		1.00-1.20	
<b>MUESTRA:</b>	37				
HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
35	78,85	62,37	17,53	36,75	
30	73,6	58,94	18,01	35,82	<b>36,29</b>
GRANULOMETRIA (ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
4"				100	100
3"				100	
2 ½"				100	
2"				100	
1 ½"	155	155	2	98	
1"	184	339	4	96	
¾"	167	506	6	94	
½"	606	1112	14	86	
⅜"	711	1823	22	78	
N° 4	2002	3825	47	53	
Pasa N° 4	4286		53		
N° 8					
N° 10		83	12	41	
N° 40		191	27	26	
N° 50					
N° 100					
N° 200		265	37	16	0-20
pasa N° 200	111		16		
TOTAL MUESTRA	8111				
<b>GRAVA:</b>	47%	<b>HUMEDAD NATURAL:</b>		36,29%	
<b>ARENAS:</b>	37%	<b>LIMITE LIQUIDO:</b>			
<b>FINOS:</b>	16%	<b>LIMITE PLASTICO:</b>			
<b>SUCS:</b>	SM	<b>INDICE PLASTICO:</b>		NP	
<b>AASTHO:</b>	A - 1b				

## **FOTOGRAFÍAS**



**Figura1.4.1.** Muestra de Material Fresado



**Figura1.4.2.** Ensayo de Granulometría



**Figura1.4.3.** Ensayo de Granulometría



**Figura1.4.4.** Densidad de Campo



**Figura1.4.5.** Toma de Muestra



**Figura1.4.6.** Pavimento envejecido (Piel de Cocodrilo)



**Figura1.4.7.** Firme existente Fresado



**Figura1.4.8.** Preparación para la distribución del Cemento sobre la Base Reciclada



**Figura1.4.9.** Distribución mecánica del cemento sobre la Base Reciclada



**Figura1.4.9.** Mezcla del cemento con la base reciclada, para su Estabilización



**Figura1.4.10.** Colocación de la carpeta asfáltica



**Figura1.4.11.** Acabado de la vía