



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO TÉCNICO, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

TEMA:

ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LOS SECTORES LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS, DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

Autor: Carlos Damián Peñafiel Bonilla

Tutor: Ing. Mg. Vinicio Almeida

Ambato – Ecuador

2017

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del trabajo de graduación, certifico que el presente proyecto técnico realizado por el Sr. Carlos Damián Peñafiel Bonilla, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato, previo a la obtención del Título de Ingeniería Civil, se desarrolló bajo mi tutoría, es un trabajo personal e inédito, bajo el tema: **“ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LOS SECTORES LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS, DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

En el presente trabajo de graduación bajo mi tutoría fueron concluidos de manera satisfactoria los 4 capítulos que conforman el proyecto técnico dentro del tiempo establecido según la normativa que rige en la Universidad Técnica de Ambato.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y puede continuar con el trámite pertinente.

En la ciudad de Ambato, a los 27 días del mes de Marzo de 2017.

Ing. Mg. Vinicio Almeida

Tutor

AUTORÍA DEL PROYECTO TÉCNICO

Yo, Carlos Damián Peñafiel Bonilla, declaro que los contenidos y los resultados en el presente proyecto técnico, como requerimiento previo para la obtención del título de Ingeniero Civil, son absolutamente originales, auténticos y personales a excepción de las citas, tablas y gráficos de origen bibliográfico.

Egdo. Carlos Damián Peñafiel Bonilla

Autor

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores calificadores, una vez revisado aprueban el informe de investigación sobre el tema: **“ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LOS SECTORES LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, de la Sr. Carlos Damián Peñafiel Bonilla, de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Mayo del 2017

Ing. Mg. Favio Portilla
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Mg. Miton Aldaz
PROFESOR CALIFICADOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de éste documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Marzo del 2017

Autor

Carlos Damián Peñafiel Bonilla

CI: 160068358-3

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado para mi hermano, que aunque no está presente, me dio las fuerzas, y el cuidado para que este sueño se haga realidad, Christian Andrés Robalino Bonilla, “Pollito Dj” en el cielo. A mi familia que me brindó su apoyo incondicional en el transcurso de todo mi tiempo de estudio, a mi Padre, el mejor maestro que la vida me ha dado. A mi hermano Oswaldo, que es mi ejemplo de lucha y perseverancia de vida junto a mi sobrino Patricio, “Patito”.

AGRADECIMIENTO

A toda mi familia, a mi hermano y hermanas, que me ayudaron en todos los sentidos a lograr esta meta. A mi tutor Ing. Mg. Vinicio Almeida, por su paciencia y voluntad para guiarme a lo largo de este proyecto. Al personal de la oficina de Obras Públicas del Gobierno Autónomo Descentralizado Baños de Agua Santa. A todos los que me apoyaron en esta etapa de mi vida, a la persona que me supo apoyar en los tiempos más difíciles, gracias a su carácter y palabras de superación en los momentos que más necesitaba, Christina.

ÍNDICE GENERAL

A.- PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
AUTORÍA DEL PROYECTO TÉCNICO.....	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	IV
DERECHOS DE AUTOR.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICOS, PLANOS.....	X
RESUMEN EJECUTIVO.....	XIV

B.- TEXTO

CAPÍTULO I	1
EL PROBLEMA.....	1
1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN:	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	1
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos Específicos:	3
CAPÍTULO II	4
FUNDAMENTACIÓN.....	4
2.1. INVESTIGACIONES PREVIAS.....	4
2.2. FUNDAMENTACIÓN LEGAL	5
2.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
2.3.1. Carreteras	5
2.3.2. Diseño geométrico de vías	5
2.3.3. Topografía del terreno.....	6
2.3.4. El tráfico.....	10
2.3.5 Velocidad de diseño	15
2.3.6 Alineamiento horizontal.....	18
2.3.7. Distancias de visibilidad.....	28
2.3.8. Alineamiento Vertical	34
2.3.9 . Secciones transversales	40
2.3.10. Drenaje	45
2.3.10. Estudio de suelos.....	47
CAPÍTULO III	51

3.1. UBICACIÓN	51
3.2. SELECCIÓN DE LA RUTA.....	54
3.2.1. Recolección de la información disponible	54
3.2.2. Línea de pendientes o línea de ceros.....	54
3.2.3. Evaluación de rutas.....	58
3.2.4. Evaluación ambiental	59
3.2.5. Evaluación por tenencia de suelo e hidrología	60
3.2.6. Evaluación geológica	61
3.3. ESTUDIO DE TRÁFICO	63
3.3.1. Análisis de datos de tráfico	64
3.3.2. Hora pico (Estación 1).....	64
3.3.2. Hora pico (Estación 2).....	65
3.4. ESTUDIO DEL CLIMA.....	72
3.5. TOPOGRAFÍA	72
• Análisis por elevaciones	73
• Análisis de pendientes	74
3.6. ESTUDIO DE SUELOS.....	75
3.6.1. Granulometría.....	75
3.6.2. Contenido de humedad natural.....	76
3.6.3. Compactación.....	77
3.7. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA.....	79
3.7.1. Diseño horizontal	79
3.7.2. Diseño vertical de la vía.....	87
3.7.3. Sección transversal.....	89
3.7.4. Diseño del pavimento flexible.....	90
Propuestas:	105
3.7.5. Drenaje	110
3.8. PRESUPUESTO.....	124
3.8.1. Volúmenes de obra.....	124
3.8.2. Presupuesto referencial	128
3.8.3. Cronograma	130
3.8.4. Especificaciones técnicas	132
3.8.5. Viabilidad económica.....	143
3.9. MEDIDAS AMBIENTALES.....	150
3.9.1. Nombre del Proyecto.....	150
3.9.2. Ficha Ambiental	150
CAPÍTULO IV	156
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	156
4.1. CONCLUSIONES.....	156

3.2. RECOMENDACIONES.....	158
MATERIAL DE REFERENCIA	160
ANEXOS	166
ANEXO A: CONTEO VEHICULAR.....	167
ANEXO B: CÁLCULO DE RUTAS, DESNIVELES Y PENDIENTES	178
ANEXO C: ARCHIVO FOTOGRÁFICO	181
ANEXO D: ESTUDIO DE SUELOS.....	185
ANEXO E: PLANOS	231

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado	13
Tabla 2. Clasificación de carreteras según su importancia	13
Tabla 3. Clasificación de carreteras según su pendiente.....	14
Tabla 4. Relación de velocidad de operación con la velocidad de diseño	17
Tabla 5. Velocidades de diseño.....	18
Tabla 6. Valores de radio mínimo.....	21
Tabla 7. Fórmulas para los elementos de la curva circular simple	22
Tabla 8. Valores límites permisibles de fuerza centrífuga.....	24
Tabla 9. Distancias de visibilidad mínimas de parada (Metros)	30
Tabla 10. Distancia de visibilidad mínima para parada. Pav. mojados.....	31
Tabla 11. Distancia de visibilidad mínima para parada.	31
Tabla 12. Valores de distancias de visibilidad mínimas para el rebasamiento	33
Tabla 13. Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas	35
Tabla 14. Curvas verticales convexas mínimas	36
Tabla 15. Coeficiente “K” para longitudes de curvas convexas mínimas	36
Tabla 16. Curvas verticales cóncavas mínimas	38
Tabla 17. Coeficiente “K” para longitud de curvas cóncavas mínimas	38
Tabla 18. Anchos de Calzada.....	40
Tabla 19. Ancho de espaldón según el tipo de carretera.....	41
Tabla 20. Valores de diseño recomendables de los taludes en terrenos planos	42
Tabla 21. Clasificación de las superficies de rodadura	42
Tabla 22. Velocidades del agua con que se erosionan diferentes materiales.....	45
Tabla 23. Clasificación de los suelos según SUCS.....	48
Tabla 24. Clasificación general de suelo	48
Tabla 25. Calificación del suelo según el CBR	50
Tabla 26. Penetración y carga unitaria patrón.....	50
Tabla 27. Coordenadas de la ubicación del proyecto.....	53
Tabla 28. Valores de K para los distintos tipos de superficie de rodadura	58
Tabla 29. Cálculo de la longitud resistente	59
Tabla 30. Evaluación de rutas por el uso de suelo	60
Tabla 31. Análisis hidrológico de rutas	61
Tabla 32. Resumen de conteo vehicular (Estación 1).....	64
Tabla 33. Hora Pico Estación 1.....	64
Tabla 34. Resumen de conteo vehicular (Estación 2).....	65
Tabla 35. Hora Pico	65

Tabla 36. Resumen.....	67
Tabla 37. Tabla de crecimiento de tráfico (%).....	68
Tabla 38. Tráfico Actual.....	70
Tabla 39. Tráfico futuro o proyectado	71
Tabla 40. Clasificación del proyecto según el TPDA futuro o Proyectado	72
Tabla 41. Tabla de elevaciones.....	73
Tabla 42. Tabla de pendientes.....	75
Tabla 43. Resultados de Ensayo de Granulometría	76
Tabla 44. Resultados del ensayo de Contenido de humedad natural	76
Tabla 45. Resultados del ensayo de compactación	77
Tabla 46. Resultados del ensayo de C.B.R puntual	77
Tabla 47. Límites para la selección de CBR de diseño.....	78
Tabla 48. Distribución de CBR.....	78
Tabla 49. Coeficiente de fricción.....	80
Tabla 50. Valores de diseño recomendado por la Norma MOP	83
Tabla 51. Factor de daño.....	91
Tabla 52. Valores para periodo de Análisis	92
Tabla 53. Factor de distribución por carril.....	92
Tabla 54. Factor de distribución por dirección	92
Tabla 55. Tráfico futuro o proyectado	93
Tabla 56. Valores de confiabilidad "R" recomendados	94
Tabla 57. Relación entre confiabilidad y Zr	94
Tabla 58. Desviación estándar	95
Tabla 59. Módulos elásticos para a1	97
Tabla 60. Valores para el coeficiente a2.....	98
Tabla 61. Coeficiente a3 para sub-bases.....	100
Tabla 62. Niveles de drenaje.....	100
Tabla 63. Valores para índices de drenaje	101
Tabla 64. Cálculo de espesores de la estructura del pavimento	103
Tabla 65. Espesores mínimos D1 y D2 en función del tráfico W18.....	104
Tabla 66. Espesor (mm) de la sub base (adaptado de BSI, 2001a).....	105
Tabla 67. Especificaciones para sub - base.....	106
Tabla 68. Especificaciones para materiales de base.....	107
Tabla 69. Resultados de ensayos en las minas de referencia	107
Tabla 70. Especificaciones para materiales de la capa de rodadura.....	108
Tabla 71. Ensayos y especificaciones de agregados para carpeta asfáltica	108
Tabla 72. Criterios para el diseño Marshall	109
Tabla 73. Granulometría para agregados pétreos.....	110
Tabla 75. Tipo de tratamiento y cantidades de materiales (E.).....	110
Tabla 76. Coeficientes de Manning para diferentes superficies	112
Tabla 77. Velocidades y caudales con diferentes valores de pendientes	113
Tabla 78. Valores de escorrentía.....	114
Tabla 79. Obras de drenaje	119
Tabla 80. Presupuesto con carpeta asfáltica.....	128
Tabla 81. Presupuesto referencial con doble tratamiento superficial bituminoso.....	129
Tabla 82. Cronograma valorado de trabajo (carpeta asfáltica)	130
Tabla 83. Cronograma valorado de trabajo (D.T.S.B.).....	131

Tabla 84. Costo de mano de obra (M.O) en mantenimiento vial.....	144
Tabla 85. Costo anual de mantenimiento.....	144
Tabla 85. Beneficios por costo de operación vehicular	145
Tabla 86. Beneficio generado por turismo.....	147
Tabla 88. Revalorización de predios.....	147
Tabla 89. Flujo de caja con presupuesto de carpeta asfáltica	148
Tabla 90. Flujo de caja con presupuesto de D.T.S.B.	149
Tabla 91. Identificación del Proyecto	150
Tabla 92. Localización.....	151
Tabla 93. Temperatura.....	152
Tabla 94. Suelos.....	152
Tabla 95. Hidrología.....	153
Tabla 96. Ecosistemas.....	153
Tabla 97. Flora.....	154
Tabla 98. Fauna Silvestre.....	154
Tabla 99. Demografía	155
Tabla 100. Rutas, abscisas y cotas	179
Tabla 101. Cálculo de desniveles, pendientes y distancias horizontales	180

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Zonas UTM.....	8
Gráfico 2. Curvas de nivel	9
Gráfico 3. Tipos de curvas de nivel	10
Gráfico 4. Relación entre las velocidades de diseño y de circulación.	17
Gráfico 5. Tangentes.....	19
Gráfico 6. Elementos de un curva circular simple	21
Gráfico 7. Peralte	23
Gráfico 8. Valores de coeficiente de fricción en función de la velocidad	24
Gráfico 9. Desarrollo del peralte.....	25
Gráfico 10. Sobreebanco en curvas	27
Gráfico 11. Transición del peralte y sobreebanco	28
Gráfico 12. Coeficiente de fricción para para patinaje longitudinal.	30
Gráfico 13. Visibilidad lateral.....	32
Gráfico 14. Curva convexa	37
Gráfico 15. Curva cóncava	37
Gráfico 16. Curvas simétricas y asimétricas	39
Gráfico 17. Sección transversal	43
Gráfico 18. Pavimento Flexible	44
Gráfico 19. Elementos de una alcantarilla	46
Gráfico 20. Límite Plástico	49
Gráfico 21. Ubicación.....	51
Gráfico 22. Parroquia Río Negro (ubicación del proyecto)	52
Gráfico 23. Georreferenciación del proyecto.....	53
Gráfico 24. Trazo de la línea de pendientes o línea de ceros	55
Gráfico 25. Trazo de línea de ceros	56

Gráfico 26. Rutas	57
Gráfico 27. Mapa geológico de la Parroquia Río Negro.....	62
Gráfico 28. Estaciones de conteo.....	63
Gráfico 29. Análisis del terreno por elevaciones	73
Gráfico 30. Análisis de pendientes	74
Gráfico 31. CBR de diseño	78
Gráfico 32. Nomograma para valores de coeficiente a1	96
Gráfico 33. Valores del coeficiente a2.....	98
Gráfico 34. Valores de coeficiente a3.....	99
Gráfico 35. Cálculo de SN con programa Ecuación AASHTO 93	102
Gráfico 36. Capas de la estructura del pavimento.....	105
Gráfico 37. Geometría de la cuneta	111
Gráfico 38. Cabezal de pasos de agua (C.P.A)	120
Gráfico 39. Vista superior de la caja de paso de agua.	120
Gráfico 40. Cabezal tipo 1	121
Gráfico 41. Cabezal tipo 2	121
Gráfico 42. Cabezal tipo 3	122
Gráfico 43. Cabezal tipo 4	122
Gráfico 44. Cabezal Tipo 5.....	123
Gráfico 45. Cabezal Tipo 6.....	123
Gráfico 46. Señalización horizontal.....	137
Gráfico 47. Señales informativas.....	138
Gráfico 48. Señales ecológicas	139
Gráfico 49. Señales preventivas.....	140
Gráfico 50. Señales regulatorias	141
Gráfico 51. Ubicación de escombrera (alternativa)	142

ÍNDICE DE PLANOS.

1. Plano de rutas
2. Planos de planta y perfil
3. Planos de secciones transversales

RESUMEN EJECUTIVO
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LOS SECTORES LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS DE LA PARROQUIA RIO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

El presente trabajo tiene la finalidad del estudio vial de los sectores La Floresta y San Juan de los Diablos, para poner en práctica todos los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Civil.

Se inicia por el reconocimiento del terreno con inspecciones acompañado de los habitantes de las comunidades involucradas y posteriormente juntar toda la información para trazar tres rutas como alternativas para el diseño preliminar de la carretera.

Con el Método de Bruce y la línea de ceros, se selecciona la mejor ruta, con mayor beneficio en el campo técnico, ambiental y económico. Con estos elementos se procede con el diseño horizontal y vertical del proyecto, siguiendo los lineamientos de las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras del MOP 2003.

Se realiza el estudio de tráfico para verificar la categoría o clase de carretera. La actividad siguiente es los estudios de suelo respectivos, se conoce el CBR (California Bearing Ratio ó Relación de soporte California) de diseño que se utiliza en el diseño de la estructura del pavimento flexible. Se diseñan las obras de drenaje y el presupuesto referencial.

EXECUTIVE SUMMARY
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

THEME:

STUDY FOR THE OPENING OF THE ROUTE BETWEEN SECTORS LA FLORESTA AND SAN JUAN DE LOS DIABLOS OF THE PERROQUIA RIO NEGRO OF BAÑOS DE AGUA SANTA, OF TUNGURAHUA PROVINCE.

The present work has the purpose of the road study of the sectors La Floresta and San Juan de los Diablos, to put into practice all the knowledge acquired in the career of Civil Engineering.

It begins by recognizing the terrain with inspections accompanied by the inhabitants of the communities involved and then gathering all the information to draw three routes as alternatives for the preliminary design of the road.

With the Bruce Method and the zero line, the best route is selected, with the greatest benefit in the technical, environmental and economic fields. With these elements proceed with the horizontal and vertical design of the project, following the guidelines of the Standards of Geometric Design of Roads of the MOP 2003.

The traffic study is carried out to verify the category or class of road. The next activity is the respective soil studies, known as the California Bearing Ratio (CBR) design that is used in the design of the flexible pavement structure. Drainage works and the referential budget are designed.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN:

ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LOS SECTORES LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS, DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

1.2. JUSTIFICACIÓN

En la humanidad, los caminos son el medio de desarrollo de las civilizaciones. Actualmente esto se refleja en todo el mundo, si comparamos el desarrollo entre países que poseen una red vial que abarca más territorios que algunos otros países que se centran en construir caminos que comunican únicamente ciudades principales. [1].

Un país dotado de buenas infraestructuras viales genera los elementos básicos de competitividad y hacen posible la aparición de nuevas oportunidades de desarrollo económico, social y cultural. Las mejoras en la red vial reducen tiempos y costos de transporte. [2]

El transporte tiene vínculos muy estrechos con el desarrollo económico en nuestro país. La producción de nuestro territorio está en desarrollo debido a las nuevas políticas filosóficas del Sumak Kawsay (Buen Vivir), además del cambio de la matriz productiva. [3]

El transporte ayuda a diversificar la producción. Es un motor que “mueve” la economía. En Ecuador el sector “transporte y almacenamiento representa aproximadamente un 7% del PIB. [3]

El progreso de comunidades agrícolas y ganaderas se basa en la facilidad de transporte y movilidad de su producción. En San Juan de los Diablos, los habitantes se dedican al cultivo de mandarinas, yucas y naranjilla, y su principal actividad es la ganadería en grandes áreas de pasto, las cuales se pueden incrementar con una vía de acceso.

En La Floresta, las personas se dedican en su mayoría a la actividad turística y crianza de truchas, por la abundancia de recursos naturales como el Río Margajitas, arroyos y vertientes de agua cristalina. Las dos comunidades tienen una necesidad en común: la comunicación entre estas, que se podrá solucionar mediante la construcción de una carretera.

Por este motivo, el presente proyecto tiene como finalidad realizar el estudio de la construcción de la vía entre los sectores La Floresta y San Juan de los Diablos, de la Parroquia Río Negro, del Cantón Baños de Agua Santa, Provincia de Tungurahua.

La vía en proyecto tendrá una longitud aproximada de 8 Km y está destinada especialmente para actividades turísticas, pues está ubicada en una zona de abundante biodiversidad, flora y fauna exóticas. Además servirá para explotar recursos hídricos para proyectos de acuicultura en el sector La Floresta que gran parte de la población se dedica a estas actividades.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Realizar el estudio para la construcción de la vía que comunique a los sectores: La Floresta con San Juan de los Diablos, pertenecientes a la Parroquia Río Negro, del Cantón Baños de Agua Santa, Provincia de Tungurahua.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Determinar la ruta que mejor se ajuste a la topografía del terreno, utilizando la línea de ceros, y proporcione mayores beneficios técnicos y económicos.
- Realizar el diseño geométrico de la vía.
- Diseñar la estructura del pavimento.
- Obtener el presupuesto referencial y especificaciones técnicas de la vía.
- Determinar la viabilidad económica del proyecto.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1. INVESTIGACIONES PREVIAS

Como investigaciones previas se tomó en cuenta las tesis realizadas en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato:

Según la tesis realizada por el Sr. Víctor Hernández (2016) indica que en nuestro país el sistema vial se encuentra en un proceso de mejoramiento que fortalece y contribuye en el desarrollo socio económico de los ecuatorianos, siendo uno de los ejes principales que facilita la movilidad y comunicación entre los pueblos. [4]

El proyecto de investigación del Sr. Diego Aillón (2016) señala que el diseño óptimo de una vía incrementa la comercialización de los productos agrícolas con mayor rapidez, seguridad y comodidad, evitando accidentes y daños vehiculares. [5]

La Srta. Adriana Andrade (2015) en su trabajo de tesis indica como recomendación la necesidad de socializar con los moradores del sector para que entiendan la importancia y beneficios que obtendrán por la ejecución del proyecto, evitando problemas que posteriormente afectarían la construcción de la misma. [6]

Según la tesis realizada por el Sr. Diego Barba (2013) señala que los métodos empleados en el trazado y diseño de vías son utilizados para el efecto que persigue, son conocidos a nivel mundial pero su aplicabilidad tiene mucho que ver con las condiciones topográficas y geológicas del sitio. [7]

La tesis realizada por el Sr. César Terán (2006) comenta que el desarrollo del ser humano está íntimamente ligado al grado de desarrollo que ha logrado en sus medios de comunicación y transporte. [8]

2.2. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

El presente proyecto tiene como fundamentos legales las siguientes normas:

Norma de Diseño Geométrico 2003 MOP

Normas AASHTO-93 para el diseño de Pavimento Flexible.

Normas ASTM D653 para la clasificación de suelos y agregados para la construcción de vías.

Normas INEN.

Plan de Ordenamiento Territorial (POT) Baños de Agua Santa

Norma Ecuatoriana Vial NEVI – 12

Normas SUCS

Normas MOP 2002

2.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.3.1. Carreteras

Una carretera es una infraestructura de transporte, acondicionada dentro de una faja de terreno llamada derecho de vía, que permite la circulación continua de los vehículos en el espacio y tiempo. [9]

2.3.2. Diseño geométrico de vías

Es el proceso de correlacionar los elementos físicos con las condiciones de operación del tránsito de la vía, incluyendo la topografía del terreno. [10]

El diseño geométrico configura la geometría tridimensional, para que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente. [9].

Los factores que influyen en el diseño son:

Externos o previamente existentes. Son los relacionados la topografía, características geológicas y geotécnicas del terreno; el tránsito, el medio ambiente, clima e hidrología de la zona, los desarrollos urbanísticos y socioeconómicos y la estructura de las propiedades.

Internos.- Contemplan las velocidades a tener en cuenta para el diseño, y los efectos operacionales vinculados con la seguridad exigida y la estética junto con la armonía de la solución.

2.3.3. Topografía del terreno

La topografía es un factor principal de localización física de la vía, de este estudio dependen muchos criterios de diseño que afectan sus alineamientos horizontal y vertical, sus pendientes, sus distancias de visibilidad y sus secciones transversales. [11]

Las características topográficas del terreno dan las características geométricas de un camino y estos pueden ser: planos o llanos, ondulados, montañosos y escarpados.

Los **terrenos planos** tienen pendientes transversales a la vía menores de 5°, pendientes longitudinales menores al 3%, no presentan dificultad en el trazado y exigen un mínimo de movimiento de tierras en la construcción de carreteras. [10]

Los **terrenos ondulados** tienen pendientes transversales de 6° a 12°, moderado movimiento de tierras, alineamientos más o menos rectos y pendientes longitudinales típicamente del 3% al 6%. [10]

Los **terrenos montañosos** tienen pendientes trasversales del 13° al 40°, grandes movimientos de tierra, dificultad en el trazado y pendientes longitudinales comúnmente del 6% al 8%. [10]

Los **terrenos escarpados**, sus pendientes transversales con frecuencia pasan del 40°, mucha dificultad en el trazado, máximo movimiento de tierras y abundan las pendientes longitudinales mayores al 8%. [10]

En base a estas definiciones, se pone mayor énfasis en el parámetro básico del diseño vial, que es la velocidad. Entonces, para un terreno plano se establecerá una velocidad de valor alto, un valor medio para terrenos ondulados y un valor bajo para vías de terreno montañoso. [11]

Para topografías de terrenos montañosos y escarpados es recomendable reducir el ancho de la sección típica normal, en una topografía plana la vía se la construye sobre elevada por razones de drenaje, utilizando material de préstamo que puede ser local o importado. La topografía es un factor limitante, debido al aumento de costos de construcción de obras de drenaje pequeñas. [11]

Reconocimientos

Aéreo.- Ofrece la mayor ventaja, desde la altura se abarca grandes zonas.

Terrestre.- Abarca una menor área de estudio, por lo que no se puede determinar la geología, las deformaciones fallas, etc.

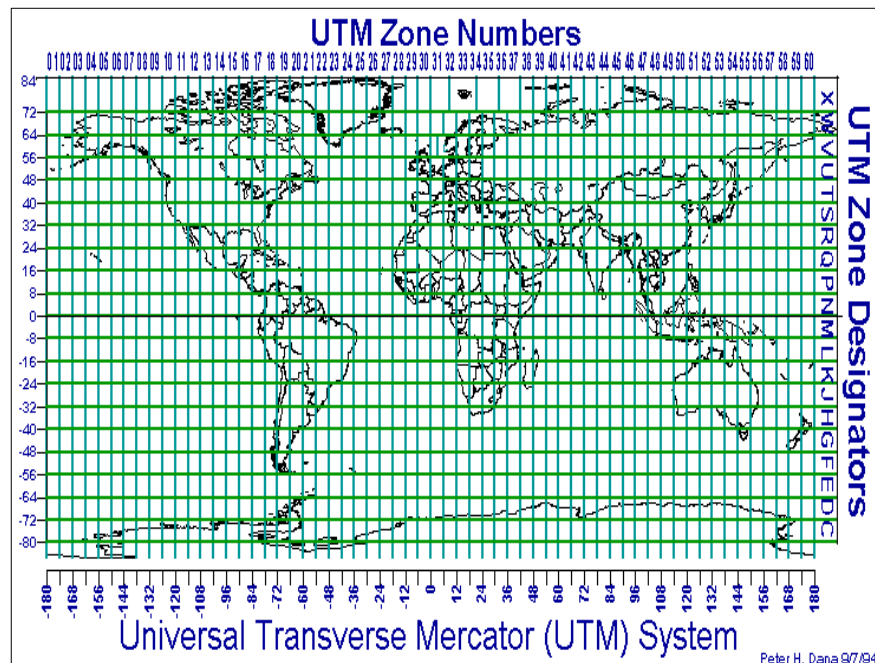
Combinado.- Es aplicable cuando no se disponen de fotografías aéreas de la zona, se realiza un reconocimiento aéreo ubicando las posibles rutas en cartas topográficas, para realizar inspecciones terrestres siguiendo dichos lineamientos. [11]

2.3.3.1. Coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator)

El Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator (Universal Transverse Mercator, UTM) es un sistema que está dentro de las llamadas proyecciones cilíndricas, por emplear un cilindro situado en una determinada posición espacial de coordenadas, está basado también en la proyección geográfica transversal de Mercator, pero en vez de hacerla tangente al Ecuador, se la hace tangente a un meridiano.

Las magnitudes en el sistema UTM se expresan en metros únicamente al nivel del mar que es la base de la proyección del elipsoide de referencia. Está proyección es "conforme", es decir, que conserva los ángulos y casi no distorsiona las formas pero inevitablemente sí lo hace con distancias y áreas. El sistema UTM implica el uso de escalas no lineales para las coordenadas X e Y (longitud y latitud cartográficas) para asegurar que el mapa proyectado resulte conforme. [12]

Gráfico 1. Zonas UTM



Fuente: Características de las coordenadas UTM y descripción de este tipo de coordenadas [13]

2.3.3.2. Escalas y planos

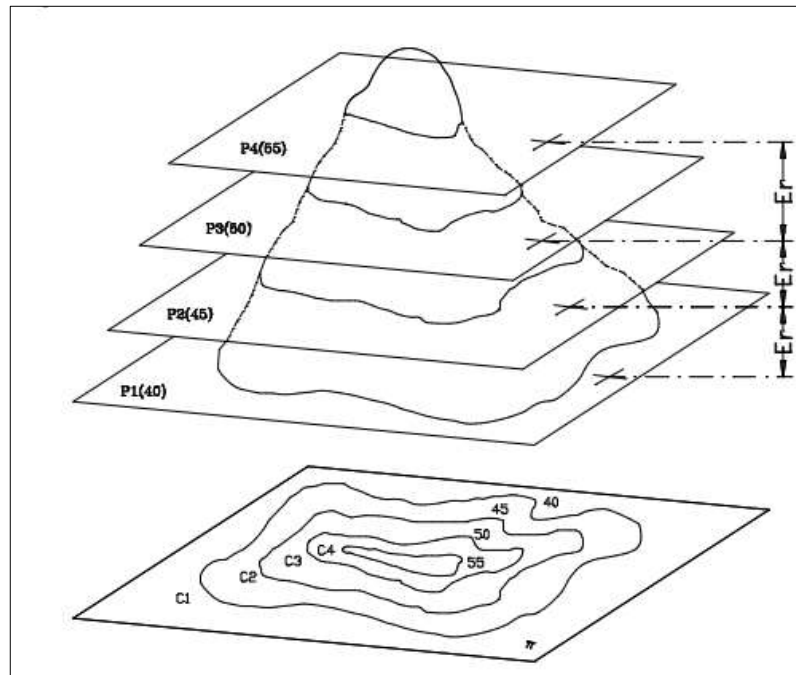
De acuerdo a la importancia del proyecto o carretera, se determinará las escalas a usarse así:

- Para clases I-III planta 1:1000.
Perfil longitudinal: horizontal 1:1000, vertical 1:100.
- Para clases IV y V planta 1:2000.
Perfil longitudinal: horizontal 1:2000, vertical 1:200.

Curvas de Nivel

Son el resultado de la intersección del terreno con una serie de planos horizontales y equidistantes. Esa intersección genera unas series de líneas planas curvas. Todos los puntos pertenecientes a una de estas curvas tiene la misma cota, generadas por la intersección con un plano horizontal, que tiene una cota constante. [14]

Gráfico 2. Curvas de nivel



Fuente: *personal.us.es* [14]

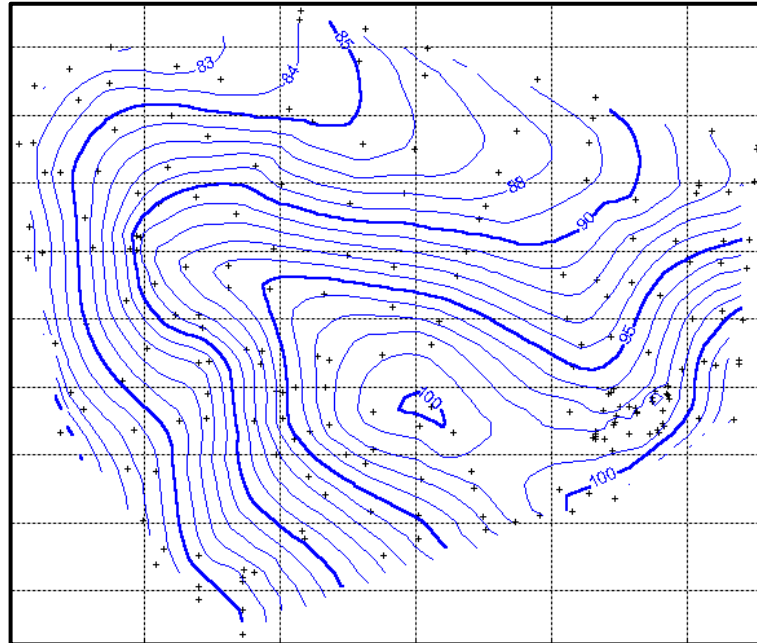
Tipos de curvas de nivel

Curvas índices o maestras (cada 5m): son las líneas más gruesas, indican la altura en número como guía válida para todos los puntos de esa curva. Cada 5 curvas se traza una curva maestra para facilitar la interpretación de la lectura del plano. [4]

Curvas Intermedias o secundarias (cada 1 m): son líneas finas en las que no se lee la altura, pero que podemos averiguar fácilmente tomando como referencia las líneas más gruesas teniendo en cuenta la equidistancia según la escala del plano. [4]

Curvas Suplementarias: son aquellas entre cortadas dentro del plano. Son aquellas que no guardan equidistancia normal, por lo tanto debe ir acotadas. [4]

Gráfico 3. Tipos de curvas de nivel



Fuente: ciconiastur.blogspot.com [15]

2.3.4. El tráfico

Es el conjunto de vehículos que circulan o circularán por una vía. Afecta directamente en el diseño geométrico e indica para qué servicio se va a construir la carretera. La influencia más determinante es la de conocer y analizar las cargas a las que estará sometida la vía para diseñar su estructura o afirmado. [10]

Para vías en las que se van a realizar mejoras, ensanchamientos, pavimentación, etc. es fácil realizar el conteo del tráfico y pronosticar la demanda futura, pero para vías que van a ser aperturadas hacia zonas inexploradas, es difícil e incierta la estimación del tráfico futuro. Están relacionadas estrechamente con otros proyectos de aprovechamiento de recursos, como colonización, regadíos, agropecuarios, etc.

2.3.4.1 Volumen de tráfico

Debemos conocer los siguientes conceptos:

Tráfico promedio diario anual (TPDA).- Representa el Tránsito total que circula por la carretera durante un año dividido por 365. Es el volumen promedio de Tránsito por día. Para determinar el TPDA lo ideal es tener una estación de conteo fija y realizar por lo menos un conteo manual de siete días seguidos en una semana que no sea afectada por feriados o eventos especiales. [10]

Tipos de conteo

Manuales.- Se debe contar con una estación y un observador que lleve un informe del tipo y la cantidad de vehículos que pasan durante un período determinado. [11]

Automáticos.- Los equipos de conteo automáticos deben ir acompañados por conteos manuales, se debe tener cuidado con la calibración de estos ya que cuentan pares de ejes, o sea por cada dos impulsos percibidos registran un vehículo. [11]

Tráfico actual (Tac).- Volumen de vehículos que utilizaran la vía mejorada en el momento de ser puesta en servicio.

Tráfico generado (Tg).- Aquel número de viajes que se efectuarían sólo si las mejoras propuestas ocurren. Corresponde al 20% del TPDA actual.

Tráfico desarrollado (Td).- El 5% del TPDA actual. Es el incremento en el volumen de tráfico por las mejoras en el suelo en zonas adyacentes a la carretera.

Tráfico atraído (Ta).- Cantidad de vehículos que serán atraídos desde otras carreteras por las mejoras o aperturas realizadas. Corresponde al 10% del TPDA actual.

Volumen de la hora pico

Es la determinada cantidad de vehículos que pasan por un mismo punto en la hora de tránsito más intenso.

Volumen horario de diseño (VHD)

Se lo utiliza para el diseño, o sea para la comparación de la capacidad de la vía en estudio.

Tráfico futuro.- Es el volumen de tráfico de una vía que se espera que va a usarla. Para el diseño de vías nuevas o mejoramiento se lo utiliza para acomodar el volumen de tránsito que se espera que se presente durante el último año de vida útil de la vía, con un adecuado mantenimiento y suponiendo que el volumen aumente cada año. [10] Esta predicción de tráfico se usa para conocer cuando una vía debe ser mejorada o reparada. Para un diseño óptimo se deben hacer conteos de tráfico y determinar el volumen de Tránsito correspondiente a la 30va hora. En nuestro país no se han hecho estudios para determinar este valor, pero según investigaciones se puede tomar un valor con relación al TPDA del 5% al 10%. [11]

El tráfico actual y su crecimiento

Es el que está utilizando la carretera antes de una mejora, si la vía es nueva el tráfico actual no existe.

Cuando la vía va a ser mejorada el tráfico actual está formado por *el tráfico existente* y *el tráfico desviado*. El existente es el que circula antes de aplicar la mejora, mientras que el desviado es el que existirá después de haberse efectuado el mismo, ya que está sería una forma de ahorro de tiempo en los viajes o por la comodidad que la vía ya restaurada brindaría. [11]

En el caso de una vía nueva, al tráfico desviado se lo tomaría como el tráfico actual, estaría formado por el tráfico inicial que se desarrollará en el área de influencia de la

carretera. Para analizar la proyección del tráfico se puede relacionar el mismo con la población o con la producción de la zona. [11].

Las proyecciones de tráfico se usan para la clasificación de carreteras como lo veremos a continuación:

Tabla 1. Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado

CLASE DE CARRETERA	TRÁFICO PROYECTADO TPDA
R- I O R-II	MAS DE 8000
I	DE 3000 A 8000
II	DE 1000 A 3000
III	DE 300 A 1000
IV	DE 100 A 300
V	MENOS DE 100

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

Tabla 2. Clasificación de carreteras según su importancia

FUNCIÓN	CLASE DE CARRETERA	TPDA
CORREDOR ARTERIAL	R- I o R - II	MAS DE 8000
	I	DE 3000 A 8000
COLECTORA	II	DE 1000 A 3000
	III	DE 300 A 1000
VECINAL	IV	DE 100 A 300
	V	MENOS DE 100

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

Corredores arteriales.- Son las autopistas y vías de dos carriles con circulación en ambas direcciones, con espaldones, carriles auxiliares, zonas de giro, paraderos y accesos a través de rampas de servicio.

Colectora.- Recolectan el tráfico de las zonas rurales y los conducen hacia los corredores arteriales.

Vecinal.- Son vías de acceso a zonas agrícolas o turísticas, incluidas todos los caminos rurales no mencionados en las clasificaciones anteriores. Son carreteras convencionales básicas. [11]

La clasificación de carreteras en función de la máxima inclinación media de la línea de máxima pendiente son las siguientes:

Tabla 3. Clasificación de carreteras según su pendiente

TIPO DE RELIEVE	MÁXIMA INCLINACIÓN MEDIA
LLANO	$i \leq 5\%$
ONDULADO	$5\% < i \leq 15\%$
ACCIDENTADO(MONTAÑOSO)	$15\% < i \leq 25\%$
MUY ACCIDENTADO(ESCARPADO)	$\%25 < i$

Fuente: Norma Ecuatoriana Vial NEVI -12 M.T.O.P. [16]

La Norma Ecuatoriana Vial NEVI -12 M.T.O.P señala la clasificación de carreteras según el número de calzadas, siendo éstas *las de calzadas separadas y las carreteras de calzada única*.

Otra clasificación que se da en esta misma norma es la de acuerdo a la superficie de rodamiento:

Pavimentos flexibles.- Su capa de rodadura está conformada por una mezcla bituminosa de asfalto.

Pavimentos rígidos.- La capa de rodadura contiene una losa de concreto hidráulico (agua, cemento, grava y arena), con o sin refuerzo estructural, sobre una capa sub-razante de material granular.

Afirmados.- Su capa superior es de material granular que no excede de dos y media pulgadas de tamaño, combinado con una proporción de finos bien compactados entre los mismos.

Superficie Natural.- su superficie de rodadura es su propio terreno natural debidamente conformado.

Clasificación según su jurisdicción:

Red vial estatal.- El Ministerio De Obras Públicas es el encargado en obras de vialidad en las redes primarias y secundarias.

Red vial Provincial.- El encargado de la administración son cada uno de los gobiernos provinciales. Comprenden vías secundarias y terciarias.

Red vial Cantonal.- tiene como administrador los gobiernos autónomos descentralizados de cada cantón. Se conforman por vías terciarias y caminos vecinales.

2.3.5 Velocidad de diseño

La velocidad es la relación entre el espacio recorrido en un tiempo determinado, expresada por lo general en Km/h (kilómetros/hora). [17]

Los factores que influyen en la velocidad están directamente relacionados con la capacidad tanto del conductor como la del vehículo además de las condiciones climáticas, el volumen del tráfico, el control de las normas legales y las características físicas de la vía y de las zonas aledañas a está. [10]

2.3.5.1. Velocidad de diseño o directriz

Es la máxima velocidad segura en un trayecto de vía en donde las condiciones son favorable. Está velocidad gobernara la correlación de las características en el diseño geométrico de la carretera. Depende principalmente de las características del terreno, de la economía de la vía y de la seguridad. [10]

La velocidad de diseño debe ser constante para el diseño de cada tramo, pero debido a la topografía podría producirse un cambio repentino de velocidades [10]. La diferencia

de velocidades entre un tramo y otro no debe ser menor a 20 Km/h, esto permitirá al conductor reaccionar y cambiar de velocidad gradualmente evitando daños en el vehículo y accidentes al conductor [11].

Se debe seleccionar el tramo de vía más desfavorable, y en este determinar el valor de la velocidad de diseño. Los tramos deben tener un mínimo entre 5 y 10 Km. [11]

Para un buen diseño, los parámetros los principales parámetros a considerar son:

Naturaleza del terreno.- Si la vía pasa por un terreno poco ondulado o llano la velocidad será mayor, o a su vez si pasa por una zona rural.

La modalidad de los conductores.- Al proyectar hay que considerar la velocidad a la que preferirían viajar la mayoría de los usuarios.

El factor económico.- Las obras destinadas a un tránsito de alta velocidad son más costosas, el desgaste de los vehículos que circulan a estas grandes velocidades también aumentan, por lo que hay que tomar en cuenta esto antes de elegir la velocidad de diseño. [11]

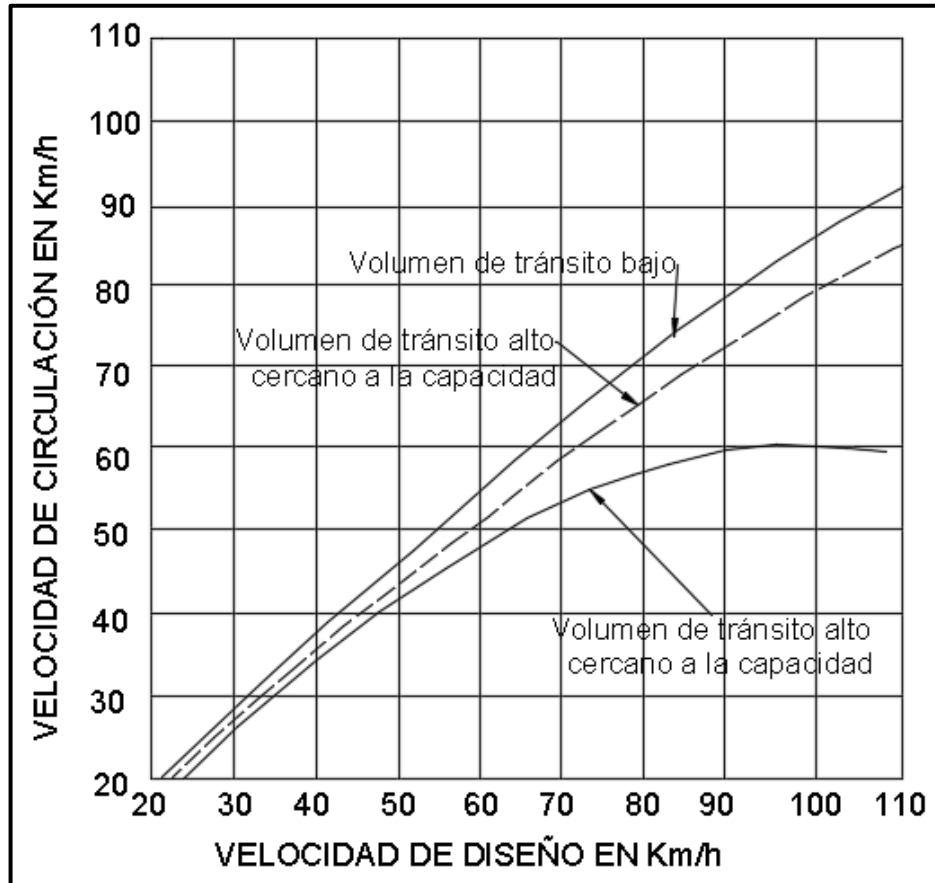
2.3.5.2. Relación con la velocidad de circulación

La velocidad de circulación es la velocidad real con la que circula un vehículo a lo largo de un tramo específico de carretera, esta mide el nivel de servicio que ofrece una carretera. Para fines de diseño se debe conocer la velocidad que se espera que circulen los vehículos en diferentes volúmenes de tránsito. [11]

Los valores para volúmenes de Tráfico bajo dominan el diseño de peraltes, curvas de intersecciones y los carriles de cambio de velocidad. La velocidad de marcha puede variar dependiendo de la variación del volumen de tránsito, si está en la hora de máxima demanda o en otra.

Los valores de velocidad de operación de volumen de tráfico bajo, se utiliza para el diseño de distancias de visibilidad y rebasamiento de vehículos. [11]

Gráfico 4. Relación entre las velocidades de diseño y de circulación.



Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

Tabla 4. Relación de velocidad de operación con la velocidad de diseño

VELOCIDAD DE DISEÑO Km/h	VELOCIDAD DE OPERACIÓN PROMEDIO – Km/h VOLUMEN DE TRÁNSITO		
	BAJO	MEDIO	ALTO
25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	79	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

Fuente: Manual Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

Tabla 5. Velocidades de diseño

CATEGORÍA DE LA VÍA	TPDA ESPERADO	VELOCIDAD DE DISEÑO EN Km/h												
		BÁSICA				PERMISIBLE EN TRAMOS DIFÍCILES								
		RELIEVE PLANO				RELIEVE ONDULADO				RELIEVE MONTAÑOSO				
		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		
		RECOM.	ABSOL.	RECOM.	ABSOL.	RECOM.	ABSOL.	RECOM.	ABSOL.	RECOM.	ABSOL.	RECOM.	ABSOL.	
R-I o R-II (TIPO)	>8000	120	110	100	95	110	90	95	85	90	80	90	90	
I	TODOS	3000-8000	110	100	100	90	100	80	90	80	80	60	80	60
II	TODOS	1000-3000	100	90	90	85	90	80	85	80	70	50	70	50
III	TODOS	300-1000	90	80	85	80	80	60	80	60	60	40	60	40
IV	TIPO	100-300	80	60	80	60	60	35	60	35	50	25	50	25
	6.6E.6 Y 7													
V	4 Y 4E	<100	60	50	60	50	50	35	50	35	40	25	40	25

Fuente: Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

Los valores recomendados se utilizarán cuando el TPDA este cercano al límite superior, mientras que los valores absolutos cuando el TPDA se encuentre cerca al límite inferior.

2.3.6 Alineamiento horizontal

El diseño geométrico de carreteras está definido por el alineamiento en planta y en perfil, y por el trazado de las secciones transversales.

Un alineamiento horizontal está constituido por una serie de líneas rectas definidas por una línea preliminar enlazadas por curvas circulares o por curvas de grado de curvatura variable que permiten la transición cómoda y segura de los vehículos que pasan de tramos rectos a tramos curvos. Los tramos rectos que permaneces luego de una curva son llamadas tangentes, pueden llegar a ser nulas, es decir que dos curvas pueden ser sucesivas. [18]

Las curvas son necesarias colocarlas cuando se cambia el rumbo de la vía dependiendo de los siguientes factores:

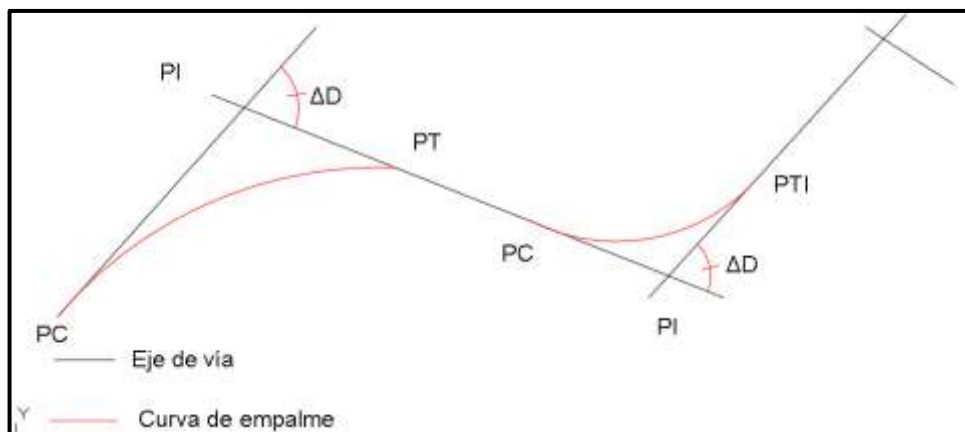
- Topográfico: Para acomodar el alineamiento al perfil del terreno evitando cortes y rellenos excesivos.
- Construcciones existentes y futuras: Para evitar obstáculos que sean de importancia derivados de los terrenos por donde va a pasar la vía.
- Hidráulico: cuando se requiere cruzar un paso de agua.
- Vial: con la finalidad de disminuir el conflicto cuando exista otra vía de clase férrea u otras, que cruzan por el proyecto de la carretera.
- Técnica: Para evadir zonas de problemas geotécnicos o geológicos cuya solución podría resultar demasiado costosa. [18]

a. Tangentes

Son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de dos tangentes se la llama PI y el ángulo formado entre las mismas se define como alfa α . [11]

Las tangentes demasiado largas no son recomendables, pues producen en el conductor sueño y esto puede ser el origen de muchos accidentes, en lugar de esto es recomendable diseñar tramos curvos con radios de mayor dimensión.

Gráfico 5. Tangentes



Fuente: Topografía I – Curvas Horizontales [19]

b. Curvas circulares

Pueden ser simples, compuestas. Son arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas. Está formada por los siguientes elementos, sus fórmulas están detalladas en la Tabla 7:

- **Grado de curvatura.-** Es el ángulo formado por un arco de 20 metros. Su valor máximo es el que permite circular al vehículo con seguridad a lo largo de la curva con peralte a la velocidad de diseño. Se la representa con la letra G_c .
- **Radio de curvatura:** Es el radio de la curva circular.
- **Radio mínimo de curvatura Horizontal**

Es el radio más bajo que posibilita la seguridad en el tránsito a una velocidad de diseño con un peralte máximo (e) y con un coeficiente de fricción lateral (f) correspondiente.

Radios mínimos:

- Cuando tengamos una topografía montañosa y escarpada
- En aproximaciones de cruces de accidentes orográficos e hidrográficos
- Intersecciones de caminos entre si
- En vías urbanas [11]

Un vehículo derrapa en una curva debido a la presencia de agua sobre la superficie de rodamiento. El uso de radios mínimos se logra a costa de incómodas tasas de sobreelevación, o apostando por coeficientes de fricción que pueden estar fuera de los parámetros debido al desgaste del grabado, calidad, presión, etc. [16]

En la siguiente tabla están los radios mínimos según las Normas de Diseño de Carreteras del MOP 2003:

Tabla 6. Valores de radio mínimo

Velocidad de diseño Km/h	“f” máx	Radio mínimo calculado				Radio mínimo recomendado			
		e = 0.10	e = 0.8	e = 0.6	e = 0.4	e = 0.10	e = 0.8	e = 0.6	e = 0.4
20.000	0.350		7.320	7.680	8.080		18.000	20.000	20.000
25.000	0.315		12.460	13.120	13.860		20.000	25.000	25.000
30.000	0.284		19.470	20.600	21.870		2.0005	30.000	30.000
35.000	0.255		28.790	30.620	32.700		30.000	35.000	35.000
40.000	0.221		41.860	44.830	48.270		42.000	45.000	50.000
45.000	0.206		55.750	59.940	64.820		58.000	60.000	66.000
50.000	0.190		72.910	78.740	85.590		75.000	80.000	90.000
60.000	0.165	106.970	115.700	125.980	138.280	110.000	120.000	130.000	140.000
70.000	0.150	154.330	167.750	183.730	203.070	160.000	170.000	185.000	205.000
80.000	0.140	209.970	229.060	251.970	279.970	210.000	230.000	255.000	280.000
90.000	0.134	272.560	298.040	328.760	366.550	275.000	300.000	330.000	370.000
100.000	0.130	342.350	374.950	414.420	463.180	350.000	375.000	415.000	465.000
110.000	0.124	425.340	467.040	517.800	580.950	430.000	470.000	520.000	585.000
120.000	0.120	515.390	566.390	629.920	708.660	520.000	570.000	630.000	710.000

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

Nota: se podrá utilizar un radio mínimo de 15 m siempre y cuando se trate de:

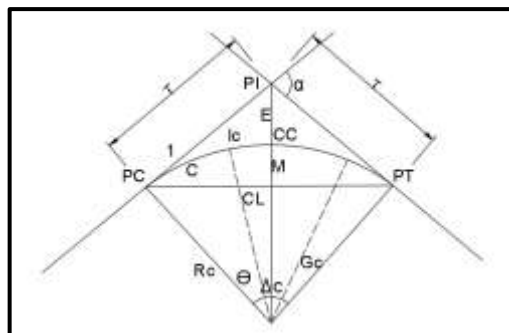
- Aprovechar infraestructuras existentes.
- Relieve difícil (escarpado)
- Caminos de bajo costo. [11]

c. Curvas circulares simples

Son arcos de circunferencia con un solo radio que unen dos tangentes consecutivas conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales. El radio de la curva es asignado por el diseñador como mejor convenga a la comodidad de los usuarios de la vía, a la economía y a la construcción y funcionamiento.

En la siguiente figura se presentan los elementos de una curva circular simple:

Gráfico 6. Elementos de un curva circular simple



Fuente: Normas de diseño MOP 2003 [11]

PI = Punto de intersección de la prolongación de las tangentes

PC = Punto en donde empieza la curva simple

PT = Punto en donde termina la curva simple

α = Ángulo de deflexión de las tangentes

Δc = Ángulo central de la curva circular

θ = Ángulo de deflexión a un punto sobre la curva circular

Gc = Grado de curvatura de la curva circular

Rc = Radio de la curva circular

T = Tangente de la curva circular o subtangente

E = External

M = Ordenada media

C = Cuerda

CL = Cuerda larga

l = Longitud de un arco

le = Longitud de la curva circular

Tabla 7. Fórmulas para los elementos de la curva circular simple

ELEMENTO	DEFINICIÓN	FÓRMULA DE CÁLCULO
Angulo central	Es el ángulo formado por la curva circular y se simboliza como " α ". En curvas circulares es igual a la deflexión de las tangentes	
Longitud de la curva:	Es la longitud del arco entre el PC y el PT. Se lo representa como lc	$lc = \frac{\pi R \alpha}{180}$
Tangente de curva o subtangente	Es la distancia entre el PI y el PC o entre el PI y el PT de la curva, medida sobre la prolongación de las tangentes.	$T = R * \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)$
External	Es la distancia mínima entre el PI y la curva	$E = R * \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1\right)$
Ordenada media	Es la longitud de la flecha en el punto medio de la curva	$M = R - R \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$
Deflexión en un punto cualquiera de la curva	Es el ángulo entre la prolongación de la tangente en el PC y la tangente en el punto considerado	$\theta = \frac{G_r * 1}{20}$
Cuerda	Es la recta comprendida entre 2 puntos de la curva	$C = 2 * R * \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$
Cuerda larga	Si los dos puntos de la curva son el PC y el PT, a la cuerda resultante se la llama con este nombre.	$C = 2 * R * \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$
Angulo de la cuerda	Es el ángulo comprendido entre la prolongación de la tangente de la vía y la curva	$\phi = \frac{\theta}{2}$
	En función del grado de curvatura:	$\phi = \frac{G_r * 1}{40}$
	El ángulo para la cuerda larga	$\phi = \frac{G_r * lc}{40}$

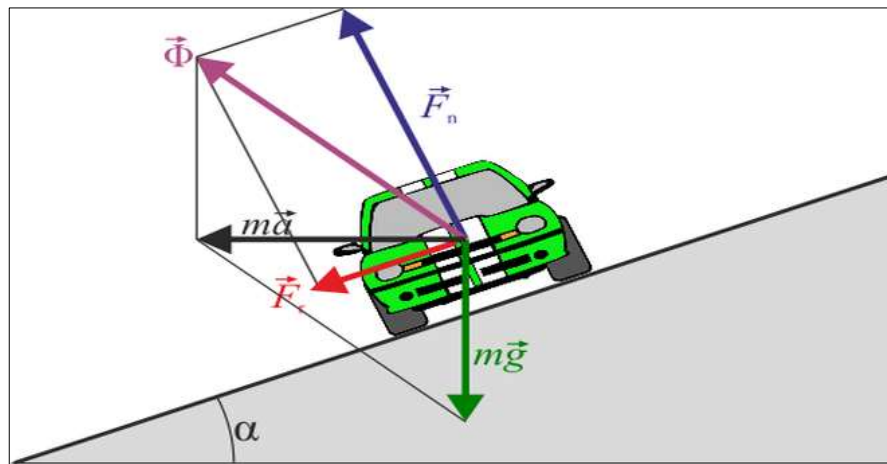
Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP 2003 [11]

d. Peralte

Es la mayor elevación de la parte exterior de la curva en relación con una interior. Las curvas están peraltadas en función del radio y la velocidad entre otros elementos de la misma. [20]

Cuando un vehículo entra a una curva la fuerza centrífuga que se genera (denominada F), es contrarrestada con las componentes del peso (P) originadas por el peralte, adicional a la fuerza de fricción ocasionada por las llantas y el pavimento. [11]

Gráfico 7. Peralte



Fuente: Tecnocarreteras [20]

La fórmula para calcular el peralte en función de la velocidad y el radio de curvatura es la siguiente:

$$e = \frac{V^2}{127R} - f$$

Donde:

e: peralte de la curva, M/M (metro por metro de ancho de la calzada).

V: velocidad de diseño, Km/h.

R: Radio de la curvatura, m.

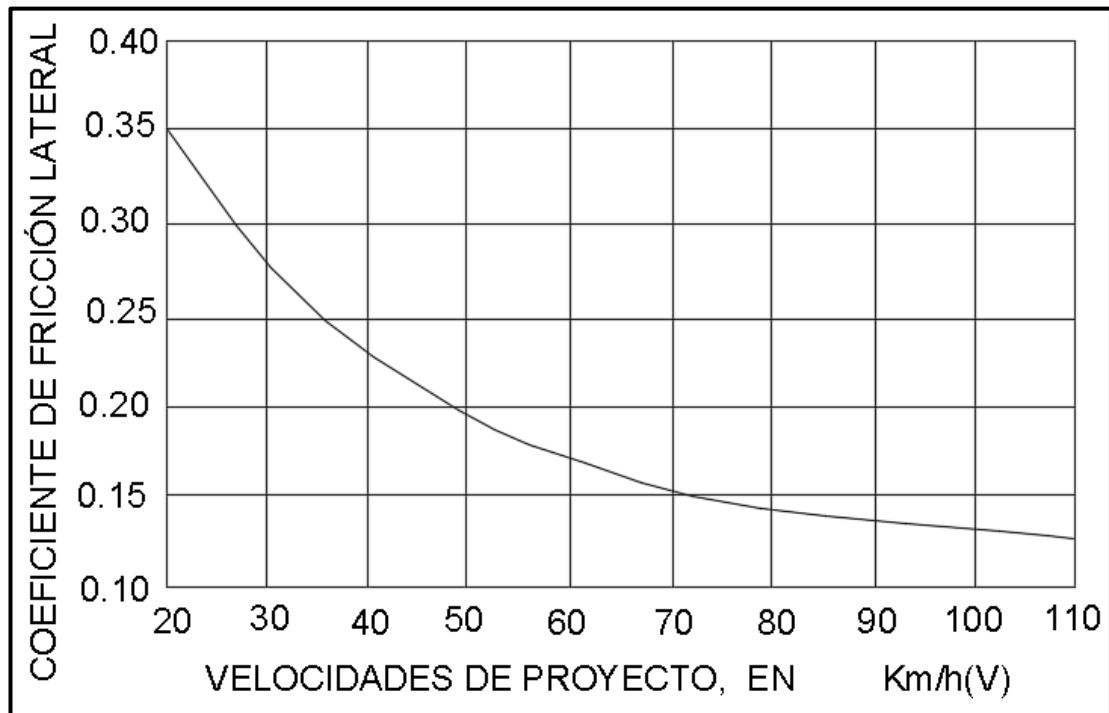
f: Máximo coeficiente de fricción lateral.

Tabla 8. Valores límites permisibles de fuerza centrífuga

REQUERIMIENTOS	VALORES LÍMITES PERMISIBLES DE “F” SEGÚN EL PAVIMENTO DE ESTE		
	SECO	HÚMEDO	CON HIELO
Estabilidad contra el volcamiento	0.60	0.60	0.60
Estabilidad contra el deslizamiento	0.36	0.24	0.12
Comodidad del viaje para el pasajero	0.15	0.15	0.15
Explotación económica del vehículo	0.16	0.10	0.10

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

Gráfico 8. Valores de coeficiente de fricción en función de la velocidad



Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

El límite máximo para el valor del peralte es de 10% para vías de dos carriles con superficie de rodadura de asfalto, de concreto o empedradas con una velocidad de 50 Km/h , y para vías de tipo 4, 5 y 6 con superficie granular, un 8% con velocidades hasta 50 Km/h . Esto se debe a que si consideramos un peralte demasiado alto el vehículo podría deslizarse hacia el interior de la curva cuando circule a baja velocidad.

El peralte no puede contrarrestar la fuerza centrífuga en su totalidad. Según investigaciones se deduce que el peralte contribuye a la oposición de esta fuerza en un 55%, mientras que el restante 45% es absorbido por el coeficiente de fricción de los neumáticos del vehículo con el pavimento. [11]

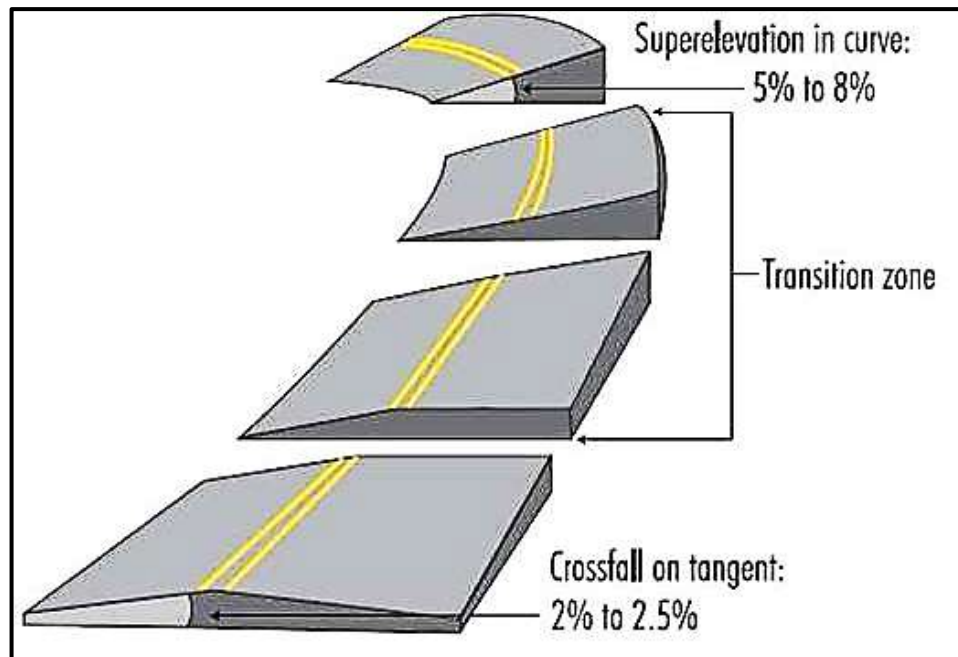
Los métodos para el desarrollo del peralte son:

- Para terrenos montañosos es recomendable hacer girar la calzada alrededor de su eje.
- Para terrenos llanos se puede hacer girar la calzada alrededor de su borde interior.
- Hacer girar la calzada alrededor de su borde exterior.

Dentro de los elementos del peralte tenemos la **longitud de transición** que es la distancia que sirve para efectuar la evolución de las pendientes transversales entre una sección normal y otra peraltada alrededor del eje de la vía o alrededor de sus bordes.

Otra parte de una curva peraltada es la **longitud tangencial** que es la distancia necesaria para empezar a inclinar transversalmente la calzada. [11]

Gráfico 9. Desarrollo del peralte



Fuente: Totovías [21]

e. Tangente intermedia mínima

Es la distancia entre el PT de una curva con el PC de otra a continuación, es decir es la distancia entre el final de una curva y el inicio de otra. [11]

Las longitudes de transición se dividen en: $2/3 L$ en tangente (antes del PC y después del PT), y $1/3 L$ en la curva, (después del PC y antes del PT), se aplica la siguiente fórmula:

$$T_{IM} = \frac{2L_1}{3} + \frac{2L_2}{3} + X_1 + X_2$$

Donde:

TIM = Tangente intermedia mínima (m)

LT1 y LT2 = Longitud de transición (m)

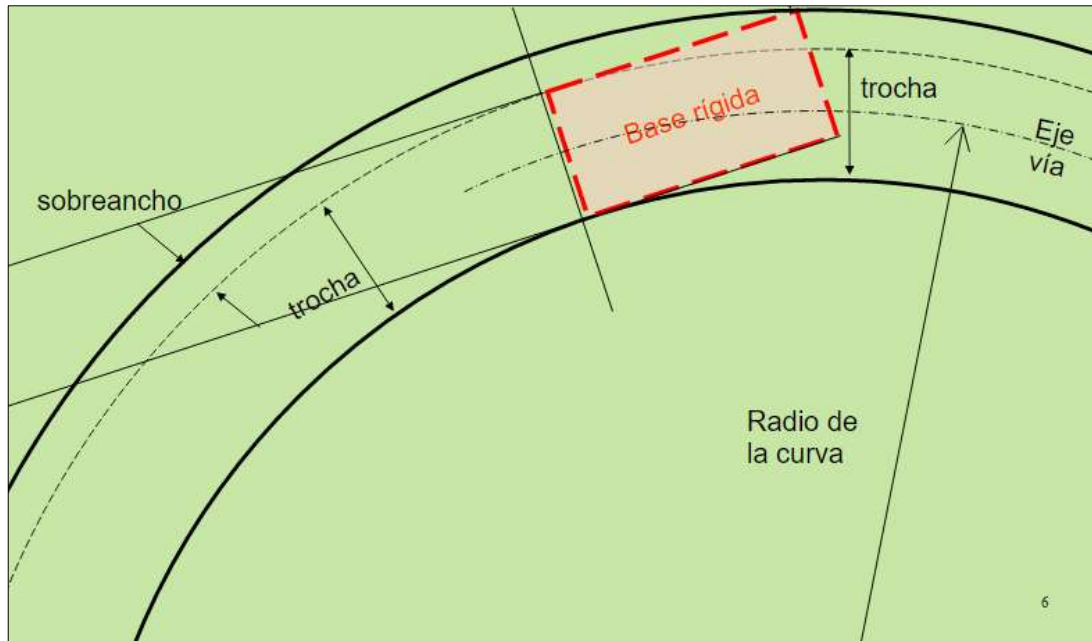
X1 y X2 = Longitud tangencial (m)

f. El sobreebancho en las curvas

El aumento del ancho de los carriles de circulación en las curvas proporcionará a los conductores una mayor superficie en la que realizar la maniobra de giro y aumentará el margen de seguridad en caso de que se produzca un error mientras se circula dicha curva. Se evitan las invasiones del carril de circulación en sentido contrario que se suelen producir en las carreteras con una sección transversal cuyos elementos tienen una anchura insuficiente, sobre todo por parte de los vehículos pesados por su mayor radio de giro. [22]

Para determinar la magnitud del sobreebancho debe elegirse un vehículo representativo del tránsito de la ruta.

Gráfico 10. Sobreancho en curvas



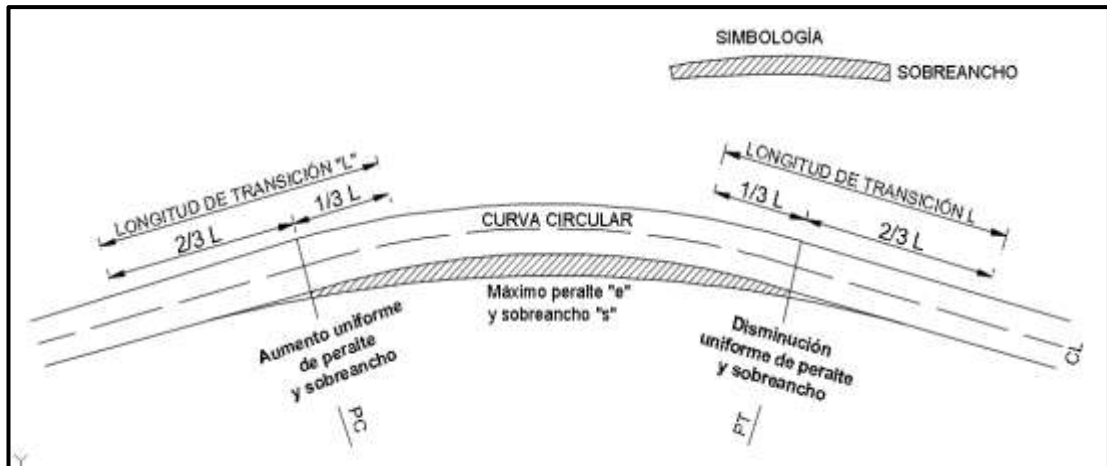
Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

Por cuestiones económicas el sobreancho mínimo tiene un valor de 30cm para velocidades hasta de 50 Km/h, y de 40cm para velocidades mayores.

Los puntos fundamentales para el diseño en cuanto al sobreancho son:

- En curvas simples sin espirales, el ensanchamiento deberá hacerse con respecto al borde interno del pavimento. Para curvas con espirales el valor del sobreancho se reparte por igual entre el borde interno y el borde externo del pavimento.
- El ensanchamiento debe obtenerse gradualmente sobre la longitud de desarrollo del peralte, aunque a veces pueden utilizarse longitudes menores.
- En los alineamientos sin espirales, el ensanchamiento debe realizarse progresivamente a lo largo de la longitud de desarrollo del peralte, esto es 2/3 en la tangente y 1/3 dentro de la curva, y en casos difíciles, 50 por ciento en la tangente y 50 por ciento dentro de la curva.
- Para el caso del alineamiento con curvas espirales, el ensanchamiento se lo distribuye a lo largo de la longitud de la espiral, obteniéndose la magnitud total de dicho ensanchamiento en el punto espiral-circular (EC)

Gráfico 11. Transición del peralte y sobreebancho



Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

2.3.7. Distancias de visibilidad

Es el tramo de máxima longitud de carretera perceptible hacia adelante por el conductor que transita por ella. Para que la marcha sea segura es preciso que, en ningún caso, esta distancia sea menor de la requerida para efectuar las maniobras necesarias él la circulación del vehículo sin peligro. [24]

a. Distancia de visibilidad de parada de un vehículo

Es la mínima distancia para que el conductor de un vehículo que viaja a la velocidad de diseño o cerca de está, pueda detenerse antes de llegar a un objeto fijo que puede aparecer de imprevisto en la vía por la que transita. En ningún lugar o punto de la carretera la distancia de visibilidad debe ser menor a la distancia de frenado. [24]

Según estudios de la AASHTO para el 90% de los conductores, el tiempo total de percepción más reacción más adecuada es igual a 2.5 segundos para efectos de cálculo de la mínima distancia de visibilidad en condiciones de seguridad.

La longitud recorrida durante este tiempo se calcula como:

$$d_1 = \frac{V_c t}{3.6} \rightarrow V_c * \frac{2.5 \text{ seg}}{3.6 \text{ seg}} = 0.6944 * V_c$$

Por lo tanto:

$$d_1 = 0.7V_c$$

En donde:

d_1 = distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción, expresada en metros.

V_c = velocidad de circulación del vehículo, expresada en Km/h.

t = tiempo de percepción más reacción en seg.

La distancia de frenaje se calcula como:

$$d_2 Pf = \frac{PV_c^2}{2g}$$

En donde:

d_2 = distancia de frenaje sobre la calzada a nivel, expresada en metros.

f = coeficiente de fricción longitudinal.

V_c = velocidad del vehículo al momento de aplicar los frenos, expresada en metros por segundo.

P = peso del vehículo.

g = aceleración de la gravedad, en el Ecuador igual a 9,78 metros sobre segundo.

Según la AASHTO el coeficiente de fricción varía dependiendo de la velocidad, la presión del aire en las llantas del vehículo, el tipo de pavimento y la humedad del mismo, así como el sistema de frenos del vehículo. Esta variación está representada por la siguiente ecuación: [11]

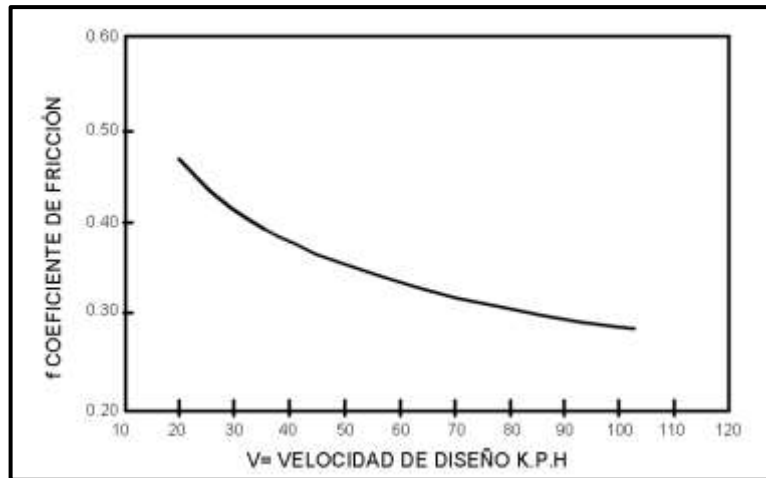
$$f = \frac{1.15}{V_c^{0.3}}$$

En donde:

f : coeficiente de fricción longitudinal.

V_c : velocidad de circulación del vehículo, expresada en kilómetros por hora (en función de la velocidad de diseño del camino)

Gráfico 12. Coeficiente de fricción para para patinaje longitudinal.



Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

En el siguiente cuadro se indica los valores de diseño de la distancia de visibilidad que se recomiendan en nuestro país.

Tabla 9. Distancias de visibilidad mínimas de parada (Metros)

Criterio de Diseño: pavimentos mojados						
Clase de Carretera	Valor Recomendable Absoluto			Valor		
	L	O	M	L	O	M
R-I o R – II > 8000 TPDA	220	180	135	180	135	110
I 3000 a 8000	180	160	110	160	110	70
II 1000 a 3000	160	135	90	135	110	55
III 300 a 1000	135	110	70	110	70	40
IV 100 a 300	110	70	55	70	35	25
V Menos de 100	70	55	40	55	35	25

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

En el Cuadro anterior (L - Terreno llano; O - Terreno ondulado; y M —Terreno montañoso).

Notas a la Tabla N° 9

— Los valores recomendables se emplearán cuando el TPDA es cercano al límite superior de la respectiva categoría.

— Los valores absolutos se emplearán cuando el TPDA es cercano al límite inferior de la respectiva categoría y/o el relieve sea muy difícil (escarpado). [11]

La influencia de gradiente en las distancias de visibilidad se expresa en la siguiente formula:

$$d = \frac{V_c^2}{254(f \pm G)}$$

En donde:

G: tanto por ciento de la gradiente dividida para 100 con el signo correspondiente; esto es, positivo hacia arriba y negativo hacia abajo.

Tabla 10. Distancia de visibilidad mínima para parada. Pav. mojados

Velocidad de diseño Vd (Kph)	Velocidad de circulación asumida (Kph)	Percepción + reacción para frenaje		Coeficiente de fricción longitudinal	Distancia de frenaje "d2" Gradiente cero (m)	Distancia de visibilidad para parada (d=d1+d2)	
		Tiempo (seg)	Distancia recorrida d (m)			Calculada (m)	Redondeada (m)
20,00	20,00	2,50	13,89	0,47	3,36	17,25	20,00
25,00	24,00	2,50	16,67	0,44	5,12	21,78	25,00
30,00	28,00	2,50	19,44	0,42	7,29	26,74	30,00
35,00	33,00	2,50	22,92	0,40	10,64	33,56	35,00
40,00	37,00	2,50	25,69	0,39	13,85	39,54	40,00
45,00	42,00	2,50	29,17	0,37	18,53	47,7	50,00
50,00	46,00	2,50	31,94	0,36	22,85	54,79	55,00
60,00	55,00	2,50	38,19	0,35	34,46	72,65	70,00
70,00	63,00	2,50	43,75	0,33	47,09	90,84	90,00
80,00	71,00	2,50	49,31	0,32	62,00	111,3	110,00
90,00	79,00	2,50	54,86	0,31	79,25	134,11	135,00
100,00	86,00	2,50	59,72	0,30	96,34	156,06	160,00
110,00	92,00	2,50	63,89	0,30	112,51	176,4	180,00
120,00	100,00	2,50	71,53	0,29	145,88	217,41	220,00

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

Tabla 11. Distancia de visibilidad mínima para parada.

Velocidad de diseño Vd(Kph)	Velocidad de circulación asumida (Kph)		GRADIENTE G %							
		Coefficiente de fricción longitudinal	-12	-9	-6	-3	3	6	9	12
20,000	20,000	0,468	13,750	13,700	13,600	13,270	14,340	14,130	14,060	14,020
25,000	24,000	0,443	16,470	16,400	16,260	15,780	17,330	17,020	16,910	16,850
30,000	28,000	0,423	19,180	19,080	18,890	18,250	20,350	19,930	19,770	19,690
35,000	33,000	0,403	22,550	22,420	22,150	21,270	24,180	23,590	23,370	23,260
40,000	37,000	0,389	25,230	25,070	24,730	23,630	27,280	26,540	26,270	26,130
45,000	42,000	0,375		28,360	27,980	26,520	31,220	30,260	29,910	
50,000	46,000	0,365		30,980	30,470	28,780	34,420	33,250	32,830	
60,000	55,000	0,345		36,820	35,090	33,710	41,750	40,070	39,470	
70,000	63,000	0,332			40,000	37,890	48,440	46,220		
80,000	71,000	0,320			40,990	41,900	55,280	52,450		
90,000	79,000	0,310			45,810	45,730	62,280	58,760		
100,000	86,000	0,302			50,540	48,930	68,540			
110,000	92,000	0,296				51,570	74,000			
120,000	100,000	0,286				56,140	84,240			

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

b. Medida de las distancias de visibilidad en curvas horizontales

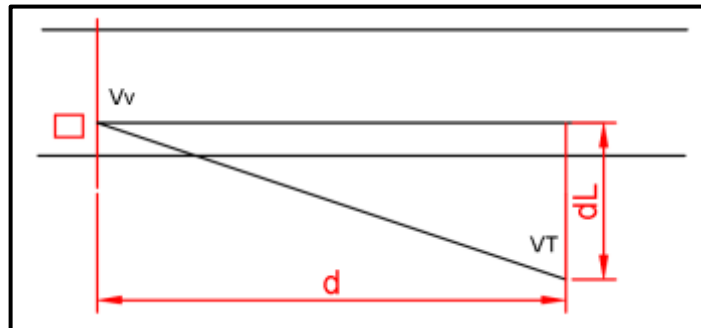
En la línea de visibilidad vertical, por motivos de economía se la considera al objeto u obstáculo un valor de 15 centímetros de altura. [11]

En la línea de visibilidad horizontal, la distancia de visibilidad se mide a 1.5 metros, para el ojo del conductor, hasta una altura del objeto de 15 centímetros sobre la calzada. Se considera que la línea de visibilidad en el punto de obstrucción de la vista es 0,60 metros más alto que el nivel del centro del carril interno. [11]

c. Distancia de visibilidad lateral

El conductor debe tener la posibilidad de ver con tiempo a las personas que quieran cruzar una calle desde la vereda, o en intersecciones poder observar el vehículo, tren, etc. Esta distancia se la calcula con la siguiente fórmula:

Gráfico 13. Visibilidad lateral



Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

$$d_L = \frac{V_T}{V_V} d$$

Donde:

d_L = Distancia de Visibilidad lateral, m

d = Distancia de Visibilidad para la parada de un vehículo, m

V_T = Velocidad del transeúnte o del medio de transporte que circula por la vía que se intercepta (para una persona que corre se asume igual 10 Km/h)

V_V = Velocidad de diseño del vehículo, Km/h

d. Distancia de Visibilidad para el Rebasamiento de un Vehículo

Un tramo de carretera de dos carriles, en condiciones de seguridad, un vehículo pueda adelantarse a otro, que circula en el mismo carril con velocidad menor, teniendo visibilidad de los vehículos que vienen en sentido contrario. [9]

El cálculo de la distancia de visibilidad viene dado por las siguientes fórmulas:

$$d_1 = 0.14t_1(2V - 2M + at_1)$$

$$d_2 = 0.28(Vt_2)$$

$$d_3 = 30m \text{ a } 90m$$

$$d_4 = 0.18(Vt_2)$$

Donde:

d1, d2, d3 y d4 = distancias, expresadas en metros.

t1 = tiempo de la maniobra inicial, expresado en segundos.

t2 = tiempo durante el cual el vehículo rebasante ocupa el carril del lado izquierdo, expresado en segundos.

V = velocidad promedio del vehículo rebasante expresada en Kilómetros por hora.

m = diferencia de velocidades entre el vehículo rebasante y el vehículo rebasado, expresada en kilómetros por hora. Esta diferencia se la considera igual a 16 kp/h promedio

a = aceleración promedio del vehículo rebasante, expresada en kilómetros por hora y por segundo.

Tabla 12. Valores de distancias de visibilidad mínimas para el rebasamiento

Clase de Carretera	Valor Recomendable			Valor Absoluto		
	L	O	M	L	O	M
R-I o R-II > 8000 TPDA	830	830	640	830	640	565
I 3000 a 8000 TPDA	830	690	565	690	565	415
II 1000 a 3000 TPDA	690	640	490	640	565	345
III 300 a 1000 TPDA	640	565	415	565	415	270
IV 100 a 300 TPDA	480	290	210	290	150	110
V Menos de 100 TPDA	290	210	150	210	150	110

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

La altura de los objetos a divisarse es igual a 1.35 m, debido a que son principalmente vehículos. Por lo tanto, la distancia de visibilidad para rebasamiento se mide desde una altura de 1,15 metros para el ojo del conductor hasta una altura de 1,35 metros para el objeto sobre la calzada. [11]

e. Distancia de cruce

Es la distancia que precisa ver el conductor de un vehículo para poder cruzar otra vía que intersecta su trayectoria, medida a lo largo del eje de su carril.

Para calcular la visibilidad de cruce se considera que el vehículo que cruza parte del reposo y está situado a 3 m del borde del carril más próximo de la vía preferente medida perpendicularmente al mismo. El punto de vista del conductor sobre la calzada principal se toma como 1,1 m. [25]

2.3.8. Alineamiento Vertical

Es la proyección del eje real o espacial de la carretera sobre una superficie vertical paralela al mismo, este eje se lo llama razante o subrazante. [9]

2.3.8.1 Elementos que constituyen el alineamiento vertical

Deberá estar relacionado directamente con el relieve del terreno. Al igual que el diseño en planta, el eje del alineamiento vertical está constituido por una serie de tangentes verticales que están unidas por curvas verticales. [9]

a. Gradientes

Para el diseño estas gradientes dependen de la topografía del terreno. Se recomienda adoptar valores bajos para que la vía tenga una velocidad de circulación cómoda.

Tabla 13. Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas

Clase de Carretera	Valor Recomendable			Valor Absoluto		
	L	O	M	L	O	M
R-I o R-II > 8000 TPDA	2	3	4	3	4	6
I 3000 a 8000 TPDA	3	4	6	3	5	7
II 1000 a 3000 TPDA	3	4	7	4	6	8
III 300 a 1000 TPDA	4	6	7	6	7	9
IV 100 a 300 TPDA	5	6	8	6	8	12
V Menos de 100 TPDA	5	6	8	6	8	14

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

Para gradientes del: 8—10%, La longitud máxima será de: 1.000 m.
 10—12%, 500 m.
 12—14%, 250 m.

La gradiente longitudinal mínima es de 0.5 por ciento.

b. Curvas verticales

Se las utiliza para empalmar dos tramos de pendientes verticales con el fin de suavizar la transición de una pendiente a otra en el movimiento vertical de los vehículos. [10]

c. Curvas Verticales Convexas

Su diseño está relacionado con las distancias de velocidad de parada, considerando una altura al ojo del conductor de 1.15 m y una altura del objeto que se divisa de 0.15 m está longitud es expresada en la siguiente formula: [11]

$$L = \frac{AS^2}{426}$$

Donde:

L= longitud de la curva convexa (metros)

A= diferencia algebraica de las gradientes, expresada en porcentajes.

S= distancia de visibilidad para la parada de un vehículo, expresada en metros.

En una expresión más simple la longitud de la curva convexa es:

$$L = K \cdot A$$

Tabla 14. Curvas verticales convexas mínimas

Velocidad de diseño Kph	Distancia de visibilidad de parada "s" (metros)	Coeficiente $K=S^2/426$	
		Calculado	Redondeado
20,00	20,00	0,94	1,00
25,00	25,00	1,47	2,00
30,00	30,00	2,11	2,00
35,00	35,00	2,88	3,00
40,00	40,00	3,76	4,00
45,00	50,00	5,87	6,00
50,00	55,00	7,10	7,00
60,00	70,00	11,50	12,00
70,00	90,00	19,01	19,00
80,00	110,00	28,40	28,00
90,00	135,00	42,78	43,00
100,00	160,00	60,09	60,00
110,00	180,00	76,06	80,00
120,00	220,00	113,62	115,00

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

La longitud mínima de las curvas convexas se lo expresa como:

$$L_{min} = 0.60V$$

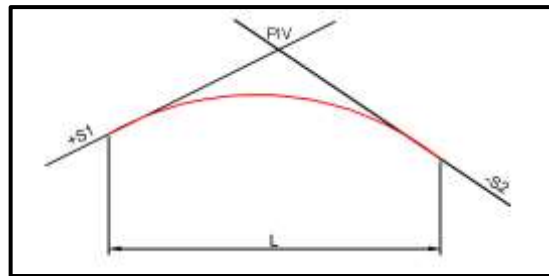
Donde V es la velocidad de diseño expresada en Kph

Tabla 15. Coeficiente "K" para longitudes de curvas convexas mínimas

Clase de Carretera	Valor Recomendable			Valor Absoluto		
	L	O	M	L	O	M
R-I o R-II >8000 TPDA	115	80	43	80	43	28
I 3000 a 8000 TPDA	80	60	28	60	28	12
II 1000 a 3000 TPDA	60	43	19	43	28	7
III 300 a 1000 TPDA	43	28	12	28	12	4
IV 100 a 300 TPDA	28	12	7	12	3	2
V Menos de 100 TPDA	12	7	4	7	3	2

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

Gráfico 14. Curva convexa

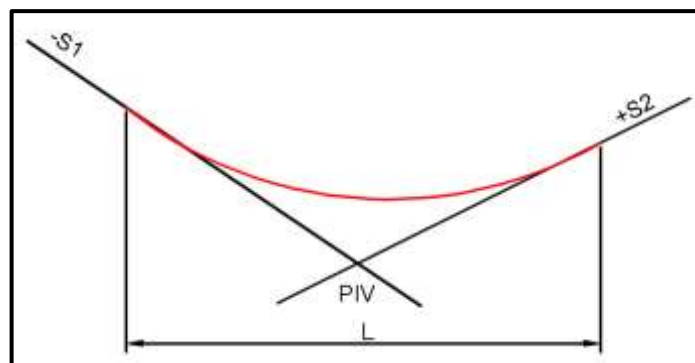


Fuente: Topovías de comunicación [21]

d. Curvas cóncavas

Es preciso que las curvas verticales cóncavas sean largas, que la luz de los faros de un vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de visibilidad de parada del vehículo. [11]

Gráfico 15. Curva cóncava



Fuente: Topovías de comunicación [21]

La siguiente fórmula muestra la relación entre la visibilidad de parada, la diferencia de gradientes y la longitud de la curva cóncava, basada en una altura de 0.6 m para los faros de un vehículo.

$$L = \frac{AS^2}{122 + 3.5S}$$

En una forma más simple, la curva cóncava es:

$$L = K.A$$

Tabla 16. Curvas verticales cóncavas mínimas

Velocidad de diseño Kph	Distancia de visibilidad de parada "s" (metros)	Coeficiente $K=S^2/426$	
		Calculado	Redondeado
20.00	20.00	2.08	2.00
25.00	25.00	2.98	3.00
30.00	30.00	3.96	4.00
35.00	35.00	5.01	5.00
40.00	40.00	6.11	6.00
45.00	50.00	8.42	8.00
50.00	55.00	9.62	10.00
60.00	70.00	13.35	13.00
70.00	90.00	18.54	19.00
80.00	110.00	23.87	24.00
90.00	135.00	30.66	31.00
100.00	160.00	37.54	38.00
110.00	180.00	43.09	43.00
120.00	220.00	54.26	54.00

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

Tabla 17. Coeficiente "K" para longitud de curvas cóncavas mínimas

Clase de Carretera	Valor Recomendable			Valor Absoluto		
	L	O	M	L	O	M
R-I o R-II > 8000 TPDA	115	80	43	80	43	28
I 3000 a 8000 TPDA	80	60	28	60	28	12
II 1000 a 3000 TPDA	60	43	19	43	28	7
III 300 a 1000 TPDA	43	28	12	28	12	4
IV 100 a 300 TPDA	28	12	7	12	3	2
V Menos de 100 TPDA	12	7	4	7	3	2

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

La longitud mínima de las curvas cóncavas se lo expresa como:

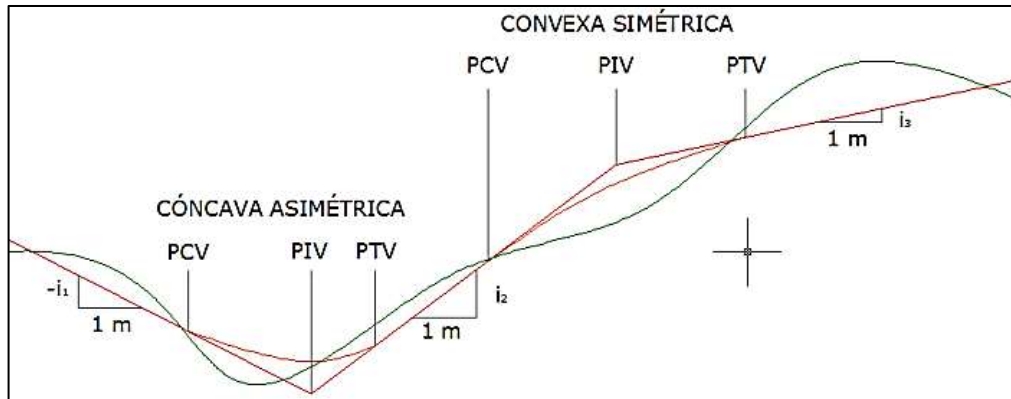
$$L_{min} = 0.60V$$

Donde V es la velocidad de diseño expresada en Kph

e. Curvas verticales simétricas

La razón de variación de su pendiente a lo largo de su longitud es constante. .

Gráfico 16. Curvas simétricas y asimétricas



Fuente: Doble vía [26]

f. Criterios para el diseño del alineamiento vertical

- Evitar perfiles con gradientes reversas agudas y continuadas.
- Evitar curvas verticales con tangentes muy cortas.
- Es recomendable empezar el ascenso del diseño con gradientes más empinadas, para suavizarlas en la cima, o a su vez, colocar una gradiente suave a la mitad del ascenso, esto funciona como descanso y permite a los camiones aumentar su velocidad para subir el siguiente tramo que tendrá una gradiente más fuerte.
- Hay que tomar en cuenta la estética de la vía y el drenaje de la misma. [11]

g. Combinación del diseño horizontal y vertical.

Hay que tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Evitar alineamientos horizontales con tangentes y curvas de radios grandes, a cambio de pendientes largas y empinadas.
- No introducir curvas horizontales agudas en o cerca de la cima de curvas verticales convexas pronunciadas. La curva horizontal debe ser más larga que la vertical

- Es recomendable diseñar curvas horizontales de grandes radios, y curvas verticales de pendientes suaves. [11]

2.3.9 Secciones transversales

Consiste en la definición de las dimensiones y la ubicación de los elementos que forman la vía, relacionados con la topografía del terreno sobre una sección normal al alineamiento horizontal. [9]

Sus elementos son:

- Pavimento
- Espaldones
- Taludes interiores
- Cunetas (extendiéndose hasta el límite de los taludes exteriores)

Es recomendable, para vías en terrenos montañosos colocar la cuneta a 0.30m con respecto a la razante y no a la subrazante, con esto disminuimos el volumen de movimiento de tierras. [11]

El ancho del pavimento se determina en base al volumen y composición del tráfico como la siguiente tabla lo indica:

Tabla 18. Anchos de Calzada.

Clase de Carretera	Ancho de la calzada (m)	
	recomendable	absoluto
R-I o R-II > 8000 TPDA	7.30	7.30
I 3000 a 8000 TPDA	7.30	7.30
II 1000 a 3000 TPDA	7.30	6.50
III 300 a 1000 TPDA	6.70	6.00
IV 100 a 300 TPDA	6.00	6.00
V Menos de 100 TPDA	4.00	4.00

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

a. Espaldones

Es la parte de la vía contigua a la calzada, que protege a la carretera de los efectos de erosión. Este elemento está destinado para el estacionamiento de emergencia de vehículos. Provee espacios para señalamiento y para mantenimiento de la vía. [27]

El ancho de espaldón en nuestro país depende de la clase de carretera como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 19. Ancho de espaldón según el tipo de carretera

Clase de Carretera	Ancho de espaldones en metros					
	Valor Recomendable			Valor Absoluto		
	L	O	M	L	O	M
	(1.2)	(1.2)	(1.2)	(1.2)	(1.2)	(1.2)
R-I o R-II > 8000 TPDA	3.0*	3.0*	2.5*	3	3.0*	2.0*
I 3000 a 8000 TPDA	2.5*	2.5*	2.0*	2.5**	2.0**	1.5**
II 1000 a 3000 TPDA	2.5*	2.5*	1.5*	2.5	2.0	1.5
III 300 a 1000 TPDA	2.0**	1.5**	1.0*	1.5	1.0	0.5
IV 100 a 300 TPDA	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
V Menos de 100 TPDA	Una parte del soporte lateral está incorporado en el ancho de la superficie de rodadura (no se considera el espaldón como tal)					
L = Terreno Llano O = Terreno Ondulado M = Terreno Montañoso * La cifra en paréntesis es la medida del espaldón interior de cada calzada y la otra es para el espaldón exterior. Los dos espaldones deben pavimentarse con concreto asfáltico ** Se recomienda que el espaldón debe pavimentarse con el mismo material de la capa de rodadura del camino correspondiente. (ver nota 5/ del cuadro general de calificación)						

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

La pendiente transversal de los espaldones va de 3 a 6 por ciento, y se adopta el 4% para el diseño.

b. Taludes

Un talud es cualquier superficie inclinada con respecto a la horizontal adoptando esa posición de forma temporal o permanente y con estructura de suelo o de roca. [28]

Tabla 20. Valores de diseño recomendables de los taludes en terrenos planos

Clase de Carretera	Talud	
	Corte	Relleno
R-I o R-II > 8000 TPDA	3:1* **	4:1
I 3000 a 8000 TPDA	3:1	4:1
II 1000 a 3000 TPDA	2:1	3:1
III 300 a 1000 TPDA	2:1	2:1
IV 100 a 300 TPDA	1.8-1:1	1.5-2:1
V Menos de 100 TPDA	1.8-1:1	1.5-2:1

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

Donde:

C: corte

R: relleno

*: Horizontal

** : Vertical

c. Superficies de rodadura

El diseño geométrico tiene una relación importante con la superficie de rodadura y sus tipos. Estas superficies no permiten la deformabilidad de la estructura del pavimento de la vía, y además permite la fácil escurrimiento de las aguas.

El tipo de superficie de rodadura depende de la velocidad de diseño escogida como se indica en la siguiente tabla:

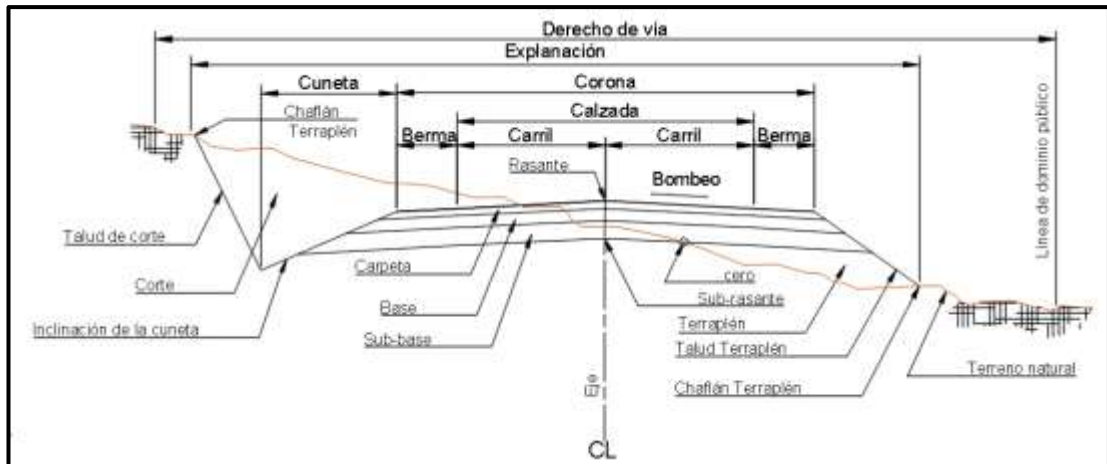
Tabla 21. Clasificación de las superficies de rodadura

Clase de Carretera	Tipo de superficie	Gradiente transversal
R-I o R-II > 8000 TPDA	Alto grado estructural: concreto asfáltico u hormigón	1,5-2,0
I 3000 a 8000 TPDA	Alto grado estructural: concreto asfáltico u hormigón	1,5-2,0
II 1000 a 3000 TPDA	Grado estructural intermedio	2,0
III 300 a 1000 TPDA	Bajo grado estructural: Doble Tratamiento Superficial Bituminoso D.T.S.B.	2,0
IV 100 a 300 TPDA	Grava o D.T.S.B.	2,5-4,0 *
V Menos de 100 TPDA	Grava, Empedrado, Tierra	4,0

* Para caminos vecinales tipo 5 y 5E.

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

Gráfico 17. Sección transversal



Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

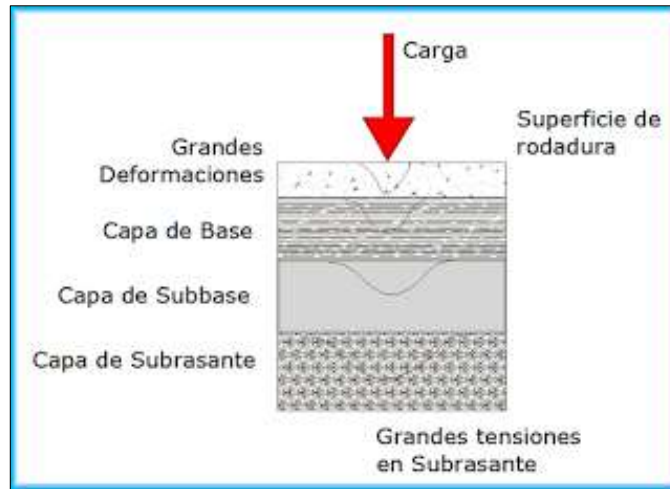
d. Pavimentos

Es la estructura de las vías de comunicación terrestre, formada por una o más capas de materiales elaborados o no, colocados sobre el terreno acondicionado, que tiene como Función el permitir el tránsito de vehículos:

- Con seguridad.
- Con comodidad
- Con el costo óptimo de operación
- Superficie uniforme.
- Superficie impermeable.
- Color y textura adecuados.
- Resistencia a la repetición de cargas.
- Resistencia a la acción del medio ambiente.
- Que no trasmita a las capas inferiores esfuerzos mayores a su resistencia. [29]

e. Pavimento flexible.- Los pavimentos flexibles se caracterizan por estar conformados principalmente de una capa bituminosa, que se apoya de otras capas inferiores llamadas base y sub-base; sin embargo es posible prescindirse de estas capas dependiendo de la calidad de la subrasante y de las necesidades de cada obra.

Gráfico 18. Pavimento Flexible



Fuente: Blog of engineering civil [30]

Capa Subrasante.- El suelo preparado y compactado para soportar una estructura o un sistema de pavimento. La función principal es proporcionar soporte al pavimento, por lo que resulta indispensable evaluar las propiedades de los suelos para llevar un control de calidad adecuado. [30]

Capa subbase.- Es la capa de estructura del pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir, y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura del pavimento. Debe controlar los cambios de volumen y elasticidad puedan causar daños al pavimento; se coloca entre la subrasante y la capa de base, sirviendo como material de transición en los pavimentos. [30]

Capa base.- Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la subbase y a través de ésta a la subrasante. Por ser la parte estructural más importante, sus materiales constitutivos deben ser de alta calidad para prevenir fallas a causa de la concentración de elevados esfuerzos debajo de la capa de rodadura. [30]

Capa de rodadura.- Es la capa más superficial y tiene como principal función proporcionar una superficie segura, cómoda y estable en el Tránsito vehicular; además de actuar como capa impermeable para impedir la infiltración de agua en la estructura del pavimento. [31]

2.3.10. Drenaje

Un drenaje adecuado en un vía permite el desalojo rápido del agua de lluvia, controla el nivel freático, captura el agua superficial o subterránea y la conduce correctamente cuando éstas cruzan la carretera. [11]

a. Tipos de estructura de drenaje

Drenaje longitudinal

Son obras de captación y defensa. En éstas tenemos:

Cunetas.- Zona longitudinal situada en el extremo de la calzada, su función es recibir y conducir las aguas pluviales procedentes de la propia calzada. [32]

Localización.- Estará ubicada entre el espaldón de la carretera y el pie del talud del corte. La pendiente será similar al perfil longitudinal de la vía, con un valor mínimo del 0.50%. Su valor máximo estará limitado por la velocidad del agua la misma que condicionará la necesidad de revestimiento.

Tabla 22. Velocidades del agua con que se erosionan diferentes materiales.

Material	Velocidad m/s.	Material	Velocidad
Arena fina	0.45	Pizarra suave	2.0
Arcilla arenosa	0.50	Grava gruesa	3.5
Arcilla ordinaria	0.85	Zampeado	3.4-4.5
Arcilla firme	1.25	Roca sana	4.5-7.5
Grava fina	2.00	Hormigón	4.5-7.5

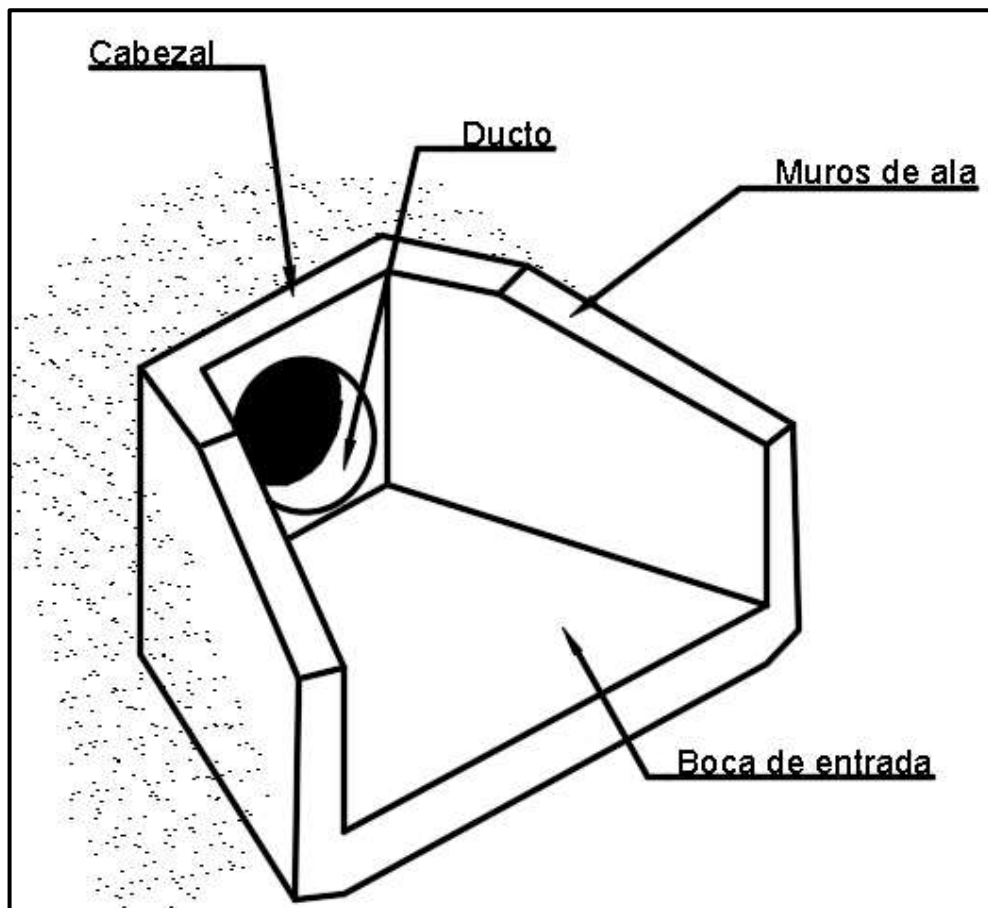
Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

A pesar de los valores indicados, es práctica usual limitar la velocidad del agua en las cunetas a 3,00 m/s en zampeado y a 4,00 m/s en hormigón.

b. Alcantarillas

Son ductos que permiten el paso del agua de un lado a otro de la vía. Las alcantarillas deben clasificarse principalmente desde el punto de vista de su ubicación, capacidad (diseño hidráulico) y resistencia (diseño estructural). Pueden prefabricarse o construirse en el sitio, a criterio del encargado. Por lo general, aquellas construidas en el sitio tienen forma cuadrada o rectangular, mientras que las prefabricadas son circulares o elípticas. A menudo se construyen pasos de dos o tres ductos en forma cuadrada o rectangular una al lado de la otra, o “baterías de tubos” unos al lado de los otros. [33]

Gráfico 19 .Elementos de una alcantarilla



Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

Antes de empezar el diseño necesitamos levantar información de datos topográficos, cuencas de drenaje, pendientes elevaciones, así como también las características del cauce. Además de conocer la ubicación de estructuras importantes e información sobre los niveles de agua. [11]

c. Consideraciones para el diseño.

Hay dos análisis principales para el diseño, el análisis hidrológico y el diseño hidráulico de las estructuras.

El análisis hidrológico no da a conocer aproximadamente los valores de precipitaciones máximas de la zona, mientras que el diseño hidráulico nos permite dimensionar las estructuras para desalojar los caudales aportadas por las lluvias.

Localización.- Los factores más importantes para la eficiencia y la seguridad de la alcantarilla son: la alineación y la pendiente.

Alineación.- La corriente debe tener una entrada y salida directa. En caso que esto no pueda ser posible, se debe cambiar el trazado del cruce. [11]

Pendiente.- La pendiente óptima para una alcantarilla es la que no produce sedimentación, ni erosión por velocidades excesivas, y que perita la menor longitud de la alcantarilla. [11]

2.3.10. Estudio de suelos

Para conocer las características del suelo se deben realizar los siguientes ensayos de laboratorio: granulometría, límites de Atterberg, Valores de soporte (CBR), Densidad (Proctor) y contenido de humedad.

a. Granulometría

Es la distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, expresado como un porcentaje en relación con el peso total de la muestra seca. Se utiliza como un instrumento en la clasificación de los materiales, ya que la descripción por tamaño tiene especial interés en la selección de materiales para rellenos de carreteras y presas, los cuales requieren materiales con graduaciones determinadas. [34]

Tabla 23. Clasificación de los suelos según SUCS

Tipo de suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrementemente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto >50	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo <50	H

Fuente: Sistema Unificado de clasificación SUCS [35]

Tabla 24. Clasificación general de suelo

SIMBOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS GENERALES		
GW	GRAVAS (> 50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos <5%)	Bien graduadas
GP		Con finos (Finos >12%)	Pobrementemente graduadas
GM		Limpias (Finos <5%)	Componente limoso
GC		Con finos (Finos >12%)	Componente arcilloso
SW	ARENAS (< 50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos <5%)	Bien graduadas
SP		Con finos (Finos >12%)	Pobrementemente graduadas
SM		Limpias (Finos <5%)	Componente limoso
SC		Con finos (Finos >12%)	Componente arcilloso
ML	LIMOS	Baja plasticidad (LL < 50)	
MH		Alta plasticidad (LL > 50)	
CL	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL < 50)	
CH		Alta plasticidad (LL > 50)	
OL	SUELOS ORGÁNICOS	Baja plasticidad (LL < 50)	
OH		Alta plasticidad (LL > 50)	
Pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos	

Fuente: Sistema Unificado de clasificación SUCS [35]

b. Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos. [36]

c. Límite Líquido (LL)

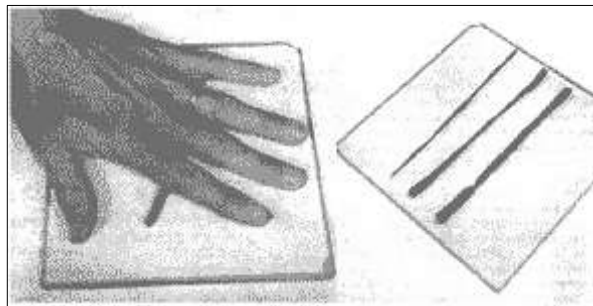
Mide en laboratorio mediante un procedimiento normalizado en que una mezcla de suelo y agua, capaz de ser moldeada, se deposita en la Cuchara de Casagrande o Copa de Casagrande, y se golpea consecutivamente contra la base de la máquina, haciendo girar la manivela, hasta que el surco que previamente se ha recortado, se cierre en una

longitud de 12.7 mm (1/2"). Si el número de golpes para que se cierre el surco es 25, la humedad del suelo (razón peso de agua/peso de suelo seco) corresponde al límite líquido. [36]

d. Límite plástico (LP)

Para determinar el límite plástico para un suelo con un tamaño de partículas que pasan el tamiz Nro. 40, para lo cual debe humedecerse el suelo lo suficiente como para poder amasarlo, entonces sobre un papel seco en una superficie plana o encima de un vidrio deben formarse rollitos de unos 3 mm de diámetro. Posteriormente los rollitos deben ser juntados en uno para ser amasados y nuevamente formar rollitos, a medida que se formen los rollitos el suelo progresivamente perderá humedad debido al papel y la mano, entonces llegará un momento cuando al formar el rollito el suelo empiece a disgregarse en su superficie y luego a fragmentarse. En este estado cuando el suelo empieza a perder su consistencia plástica, se procede inmediatamente a determinar su contenido de humedad que este a la vez será el límite plástico del suelo. [36].

Gráfico 20. Límite Plástico



Fuente: apuntesingenierocivil.blogspot.com. [37]

e. CBR (California Bearing Ratio)

Es la carga unitaria correspondiente a 0.1" o 0.2" de penetración, expresada en porcentaje en su respectivo valor estándar. También se dice que mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo. [38]

Tabla 25. Calificación del suelo según el CBR

CBR	CALIFICACIÓN	
0 – 5	MUY MALA	SUBRASANTE
5 – 10	MALA	
11 – 20	REGULAR-BUENA	
21 - 30	MUY BUENA	
31 - 50	SUB BASE – BUENA	Sub base
51 - 80	BASE – BUENA	Base
81 - 100	BASE – MUY BUENA	Base

Fuente: *Mecánica de suelos y cimentaciones* [39]

Con un ensayo de laboratorio se mide la carga necesaria para penetrar un pistón de dimensiones determinadas a una velocidad previamente fijada en una muestra compactada de suelo después de haberla sumergido en agua durante cuatro días a la saturación más desfavorable y luego de haber medido su hinchamiento. [39]

La muestra es puesta en agua para suponer una acumulación de humedad en el suelo después de la construcción. Por ello, después de haber compactado el suelo y de haberlo sumergido, se lo penetra con un pistón el cual está conectado a un pequeño "plotter" que genera una gráfica donde se representa la carga respecto la profundidad a la que ha penetrado el pistón dentro de la muestra. [39]

Se obtiene entonces una gráfica que por lo general es una curva con el tramo inicial recto y el tramo final cóncavo hacia abajo. Con esto podemos ver que los valores de la carga que soportaba el suelo cuando el pistón se había hundido 2.5 mm y 5mm y los expresamos en tanto por ciento (%), tomando como índice CBR el mayor de los porcentajes calculados, comparados con los valores de CBR de piedra partida [39].

$$CBR = \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patrón}} \times 100$$

Tabla 26. Penetración y carga unitaria patrón

PENETRACIÓN		CARGA UNITARIA PATRÓN	
mm	in	Mpa	psi
2.5	0.10	6.9	1000.0
5.0	0.20	10.3	1500.0
7.5	0.30	13.0	1900.0
10.0	0.40	16.0	2300.0
12.7	0.50	18.0	2600.0

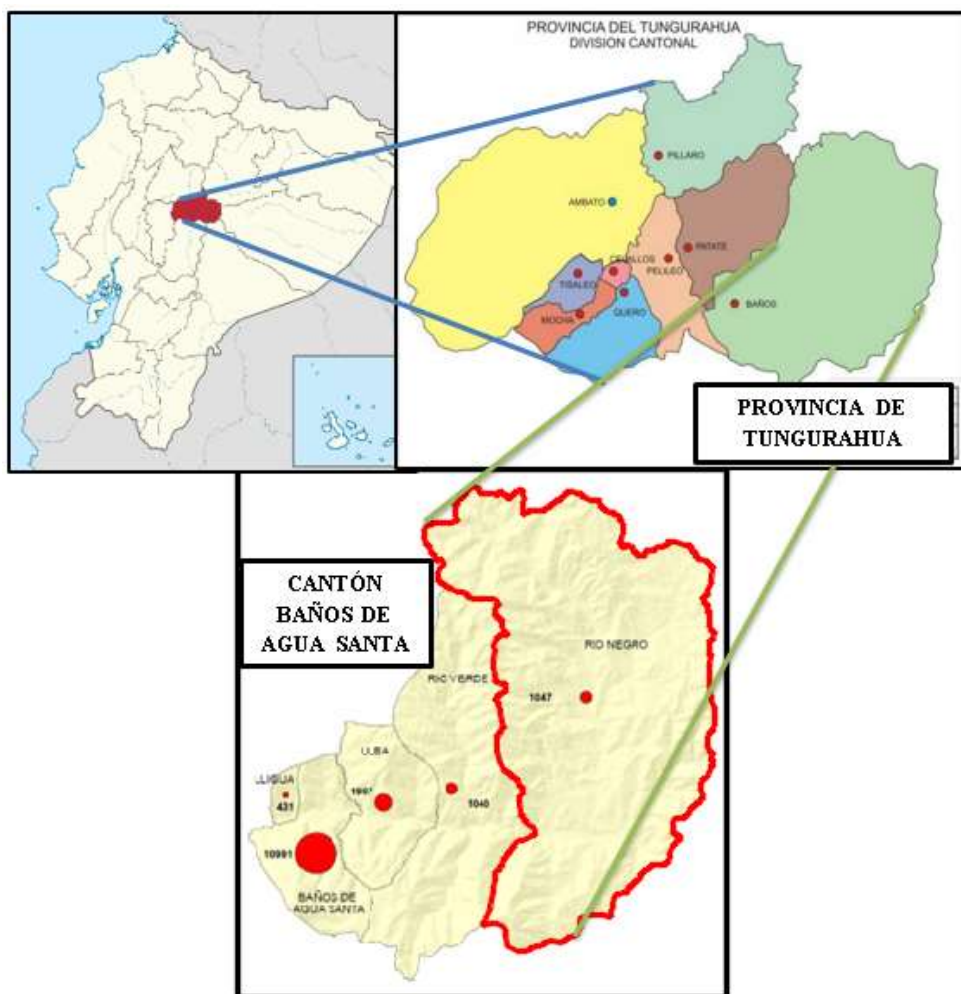
Fuente: *Apuntes Ingeniería Civil* [40]

CAPÍTULO III DISEÑO DEL PROYECTO

3.1. UBICACIÓN

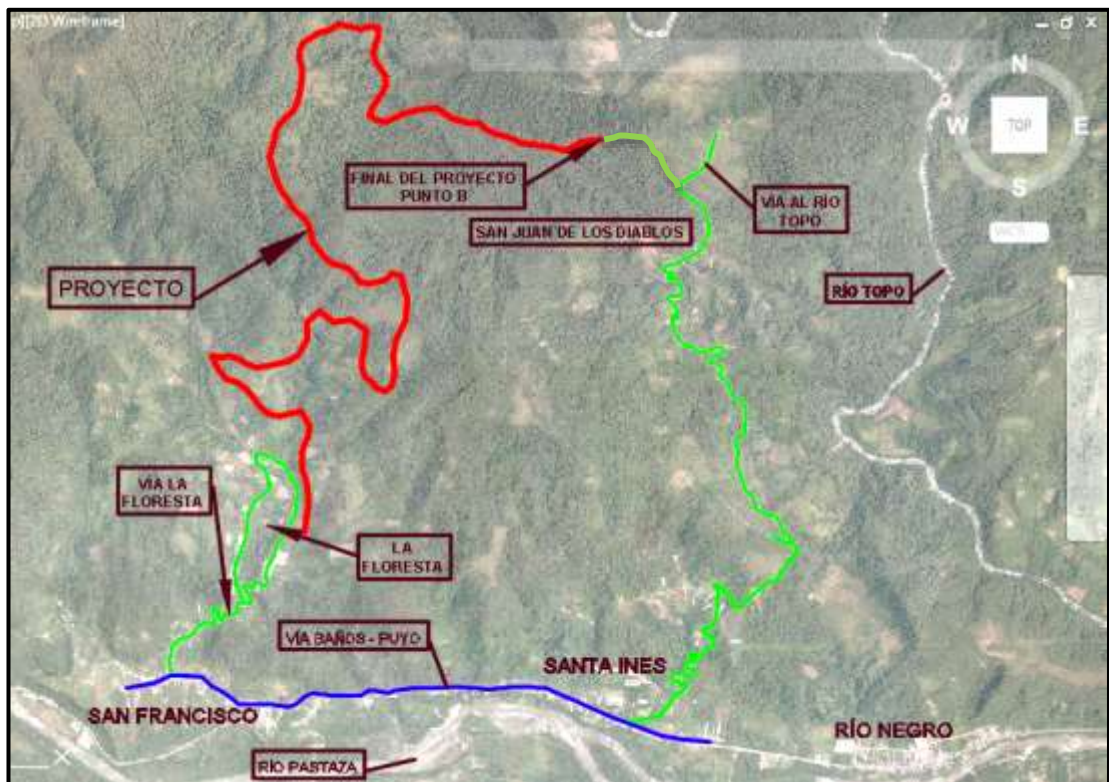
El proyecto está ubicado en la Parroquia Río Negro del Cantón Baños de Agua Santa de la Provincia de Tungurahua, entre los sectores La Floresta y San Juan de los Diablos.

Gráfico 21. Ubicación



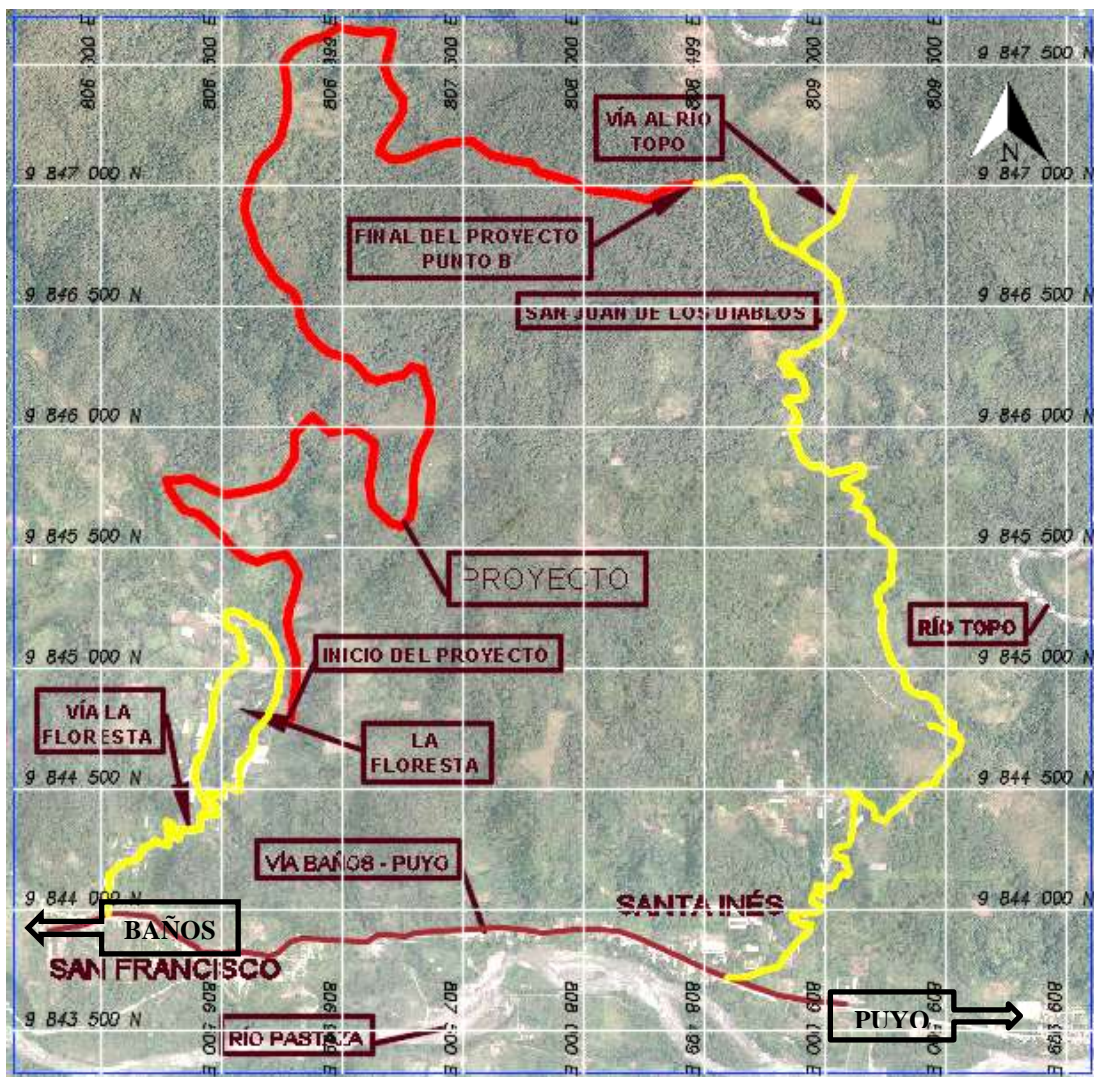
Fuente: Plan de desarrollo territorial de la Parroquia Río Negro

Gráfico 22. Parroquia Río Negro (ubicación del proyecto)



Fuente: Plan de desarrollo territorial de la Parroquia Río Negro

Gráfico 23. Georreferenciación del proyecto



Fuente: Cartografía Temática de Sigtieras

Tabla 27. Coordenadas de la ubicación del proyecto

SECTOR	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN (m.s.n.m.)
Inicio: La Floresta	9844825.089	806701.674	1475.84
Final: San Juan de los Diablos	9847047.941	808656.284	1593.95

Fuente: Autor

Límites del proyecto:

- Norte: Parque Nacional LLanganates
- Sur: Sector San Francisco
- Este: Río Topo
- Oeste: Sector La Floresta

3.2. SELECCIÓN DE LA RUTA

Es la franja de terreno de ancho variable, que pasa por dos puntos obligados extremos, dentro de la cual es factible la localización del trazado de una vía. [9]

Comprende una serie de trabajos preliminares que tienen que ver con el acopio de datos, planos, reconocimientos terrestres o aéreos poligonales de estudio, etc. [9]

3.2.1. Recolección de la información disponible

Se realizó dos inspecciones, la primera desde La Floresta hacia el sector Arrayanes, y la segunda desde San Juan de los Diablos hasta el mismo sector, tomando puntos de referencia con un receptor satelital, reconociendo las características del terreno de la zona.

Se obtuvo una faja topográfica en archivo digital a escala real, en la cual se trazó tres rutas como alternativas utilizando el software de Autodesk AutoCAD Civil 3D versión 2016, para escoger la que mejor se ajuste a los requerimientos de seguridad, costo y estética.

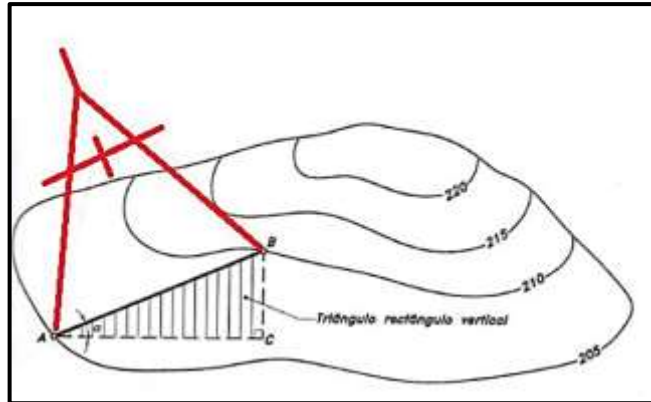
3.2.2. Línea de pendientes o línea de ceros.

Se consideró una pendiente mínima de 10%, con curvas de nivel cada 25m las principales y cada 5m las secundarias.

La línea de pendiente es aquella que va a ras del terreno natural, y que pasa por los puntos obligados del terreno, conservando la pendiente uniforme especificada. Si la línea de ceros coincide con el eje de la vía, significaría un mínimo movimiento de tierras por lo que el trazado resultara más económico. [9]

Para el trazo de la línea de ceros se realizan los cálculos que se encuentran en las Tablas de la sección de Anexos B.

Gráfico 24. Trazo de la línea de pendientes o línea de ceros



Fuente: James Cárdenas Grisales [9]

Con las curvas de nivel cada 5m, como muestra el gráfico de ejemplo, se aplicó la siguiente fórmula:

$$AC = \frac{BC}{\tan(\alpha)}$$

$$a = \frac{\text{Equidistancia de las curvas de nivel}}{p}$$

Donde:

Equidistancia de las curvas de nivel: 5 metros.

a = Abertura de compás.

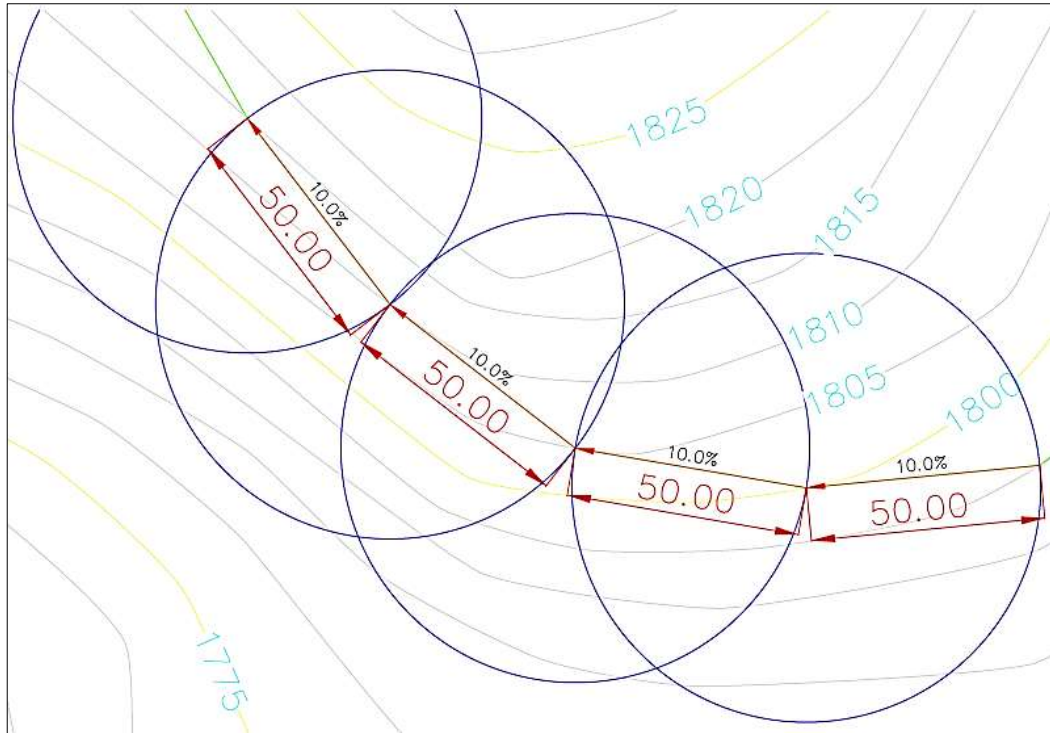
p = Pendiente uniforme de la línea de ceros.

Con una pendiente impuesta igual a 10%:

$$a = \frac{5m}{0.10} = 50m \text{ (Abertura del compás)}$$

En el caso de este proyecto, se trabajó en un archivo digital tipo DWG en AutoCAD Civil 3D. Tomando el dato de la apertura del compás, se prosiguió a dibujar círculos sucesivos con un radio de 50 metros para pendientes de 10%, repitiendo el mismo cálculo para los demás valores de pendiente impuestos según el requerimiento del terreno.

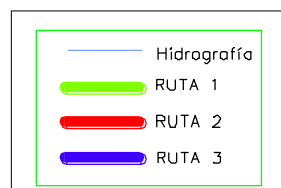
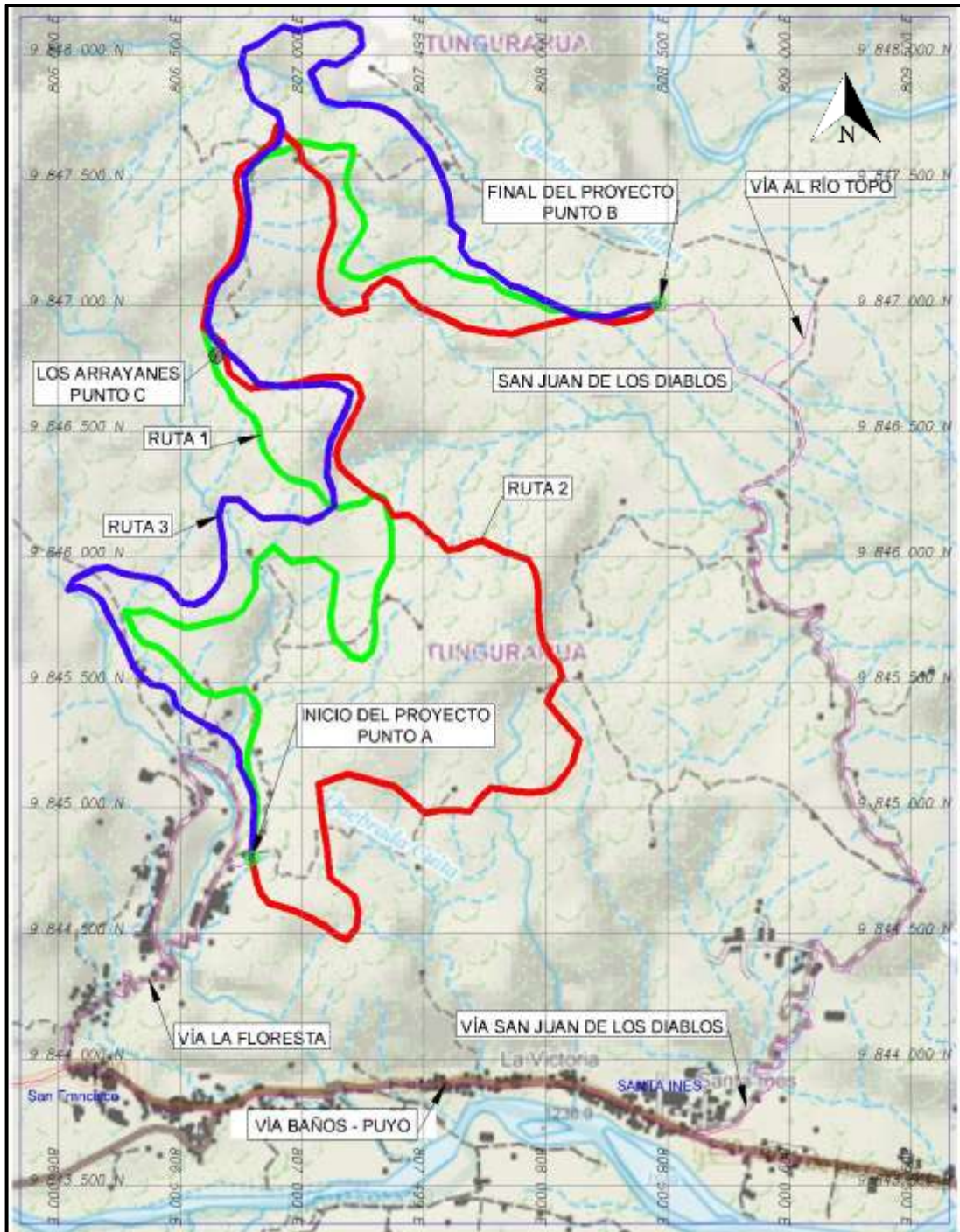
Gráfico 25. Trazo de línea de ceros



Fuente: Autor

Los planos de las tres rutas trazadas se encuentran en la sección de Anexos.

Gráfico 26. Rutas



Fuente: Autor

3.2.3. Evaluación de rutas.

Se aplica el Método de Bruce, con el concepto de **longitud virtual** que compara para cada ruta, sus longitudes, sus pendientes y sus desniveles tomando en cuenta el aumento de longitud correspondiente al esfuerzo de tracción en las pendientes, se expresa de la siguiente manera: [9]

$$Lv = Lr + K\sum y$$

Donde:

Lv: Longitud resistente (m).

Lr: Longitud real total de la ruta (m).

K: Inverso del coeficiente de tracción.

$\sum y$: Sumatoria de las diferencias de nivel ascendente (m)

Tabla 28. Valores de K para los distintos tipos de superficie de rodadura

Superficie de rodadura	K
Carretera en tierra	21
Macadam	32
Pavimento asfáltico	35
Pavimento Rígido	44

Fuente: James Cárdenas Grisales. [9]

Además de esta evaluación debe hacerse un análisis que tenga en cuenta, para cada ruta:

- f.** Las condiciones geológicas y de estabilidad del terreno.
- g.** La construcción de obras adicionales (puentes o túneles por ejemplo).
- h.** Condiciones hidrológicas y de drenaje.

La siguiente tabla se muestra las rutas con sus abscisas y cotas:

Tabla 29. Cálculo de la longitud resistente

RUTA	Σy : Sumatoria de las diferencias de nivel ascendente (metros)	K: Inverso del coeficiente de tracción.	Lr: Longitud real total de la ruta (metros)	Lv: Longitud resistente (m). $Lv=Lr+K\Sigma y$
SENTIDO 1				
RUTA 1	70+40+35+25+35+35+5+10+5+105+5= 370	35	Km7+814	20764
RUTA 2	55+15+15+5+15+35+20+10+15+10+85+15+80+5+5= 385	35	Km8+689	22164
RUTA 3	40+185+60+35+15+20+30= 385	35	Km8+286	21761
SENTIDO 2				
RUTA 1	10+90+10+5+85+20+5+10+5+10+22= 272	35	Km7+814	17334
RUTA 2	5+15+10+5+5+15+50+25+5+10+70+20+35+17= 287	35	Km8+689	18734
RUTA 3	15+45+40+20+25+10+95= 287	35	Km8+286	18331

Fuente: Autor

Según este método de selección, la ruta 1 sería la más apropiada en los dos sentidos, pero debemos considerar otros factores que podrían inclinar la elección hacia las demás alternativas.

La mejor ruta será aquella que de acuerdo a las condiciones topográficas, geológicas hidrológicas, y de drenaje ofrezcan el menor costo con el mayor índice de utilidad, económica social y estética. [41]

3.2.4. Evaluación ambiental

a. Uso de suelo

Las tres rutas cruzan por terrenos de bosques naturales y vegetación arbustiva. Los bosques naturales son zonas de alta densidad de árboles. La vegetación arbustiva comprenden especies como matorrales bajos, en este tipo incluiremos las áreas de pastizales. [42].

Con la ayuda de una ortofoto de la zona se calculó las longitudes de los tramos que pasarían por este tipo de terrenos, y se procedió a calcular la equivalencia en porcentaje de la longitud total de cada ruta.

Tabla 30. Evaluación de rutas por el uso de suelo

Ruta	Longitud total (m.)	Bosque natural (m.)	%	Vegetación arbustiva (m.)	%
Ruta 1	Km7+814	4874	62.4	2940	37.6
Ruta 2	Km8+689	6469	74.5	2220	25.5
Ruta 3	Km8+286	5186	62.6	3120	37.4

Fuente: Autor

La ruta más favorable desde el punto de vista ambiental es la que menor tala de vegetación requiere, si tomamos en cuenta sus longitudes, la Ruta 1 tiene menor porcentaje de daño a bosques naturales en comparación a las otras rutas.

3.2.5. Evaluación por tenencia de suelo e hidrología

En la parte más alta del proyecto, se encuentra el sector “Arrayanes” a una altura aproximada de 1850 m.s.n.m. Las tres rutas pasan por este punto, “Punto C”. La agricultura era muy productiva según los moradores que trabajaban en estas zonas, por lo que existe el interés de reactivar los cultivos como lo hacían años atrás.

La mayoría de beneficiarios están de acuerdo con la elaboración de este proyecto, debido a la importancia y a la comodidad que una vía brindaría a estas comunidades.

En cuanto a la hidrología, se comparó cada ruta dependiendo el número de pasos de agua que requieran. La Ruta 3 necesitará de más estructuras como alcantarillas o drenajes, esto conlleva a un mayor costo de la vía. En este caso la Ruta 1 sería la mejor opción desde este punto de vista.

Tabla 31. Análisis hidrológico de rutas

RUTA	Obras de drenaje (alcantarillas)
RUTA 1	9
RUTA 2	14
RUTA 3	16

Fuente: Autor

La Ruta 3 pasa por muchas quebradas de considerable profundidad, especialmente en el Km 7 + 300 aproximadamente. En este punto cruza el Rio San Carlos por lo que tal vez sea necesario la construcción de un puente, que aunque no sea de una luz considerable, aumentaría el costo del proyecto.

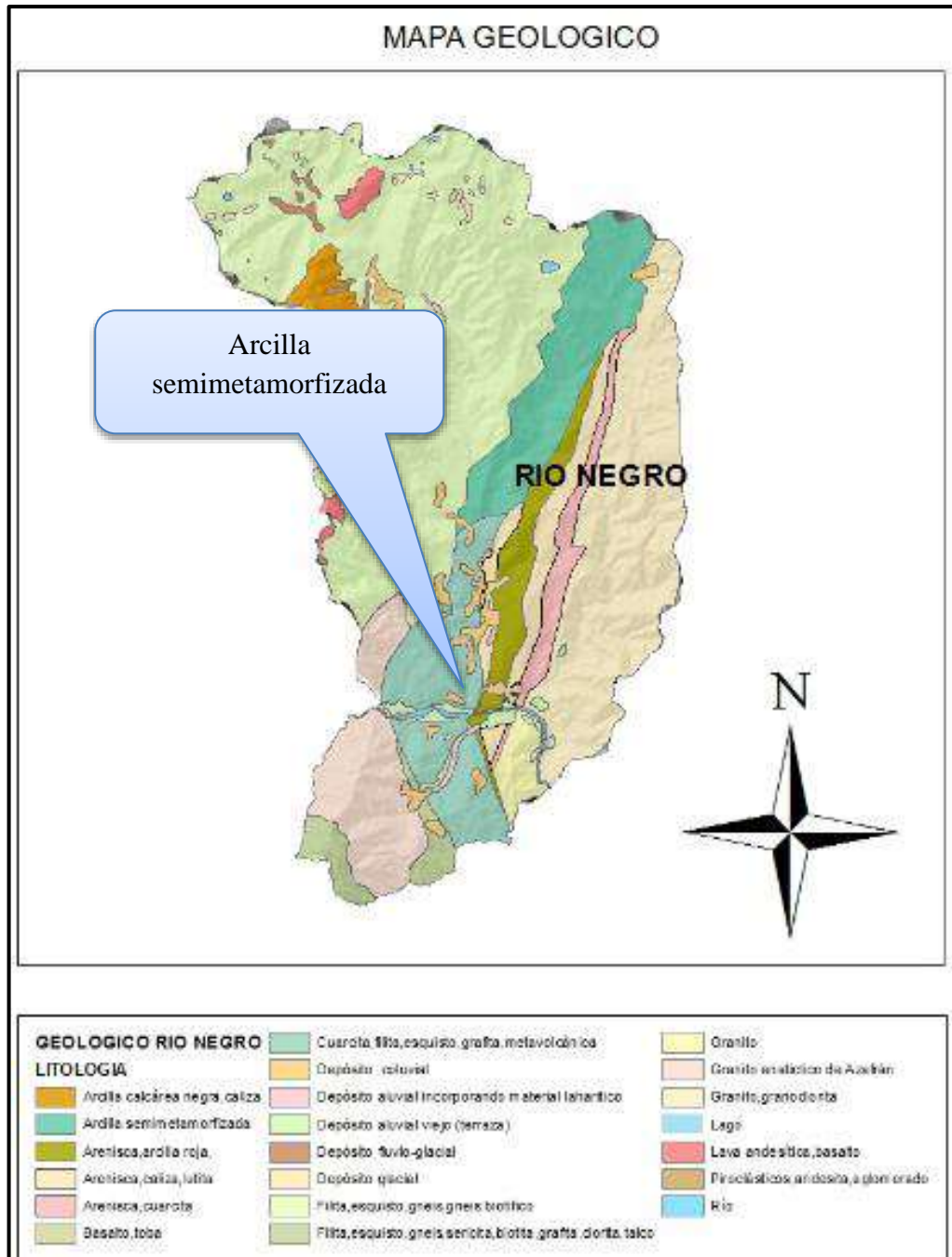
3.2.6. Evaluación geológica

La geología tiene la tarea de interpretar los mapas geológicos, topográficos y las fotografías aéreas para proporcionar información clave sobre zonas inaccesibles considerando los problemas que se presentan en un determinado proyecto. [43]

Un estudio geológico es muy importante, nos indican la existencia de materiales que podemos utilizar, su distribución y accesibilidad, las propiedades de los suelos respecto del tránsito, características de los materiales en la superficie. [43]

La mayor parte de terreno tiene un suelo tipo arcilla semimetamorfizada, como se puede observar en el mapa geológico del Gráfico 33. En este caso las tres rutas están dentro de la zona con esta clase de suelo.

Gráfico 27. Mapa geológico de la Parroquia Río Negro



Fuente: Plan d desarrollo territorial de la Parroquia Río Negro.

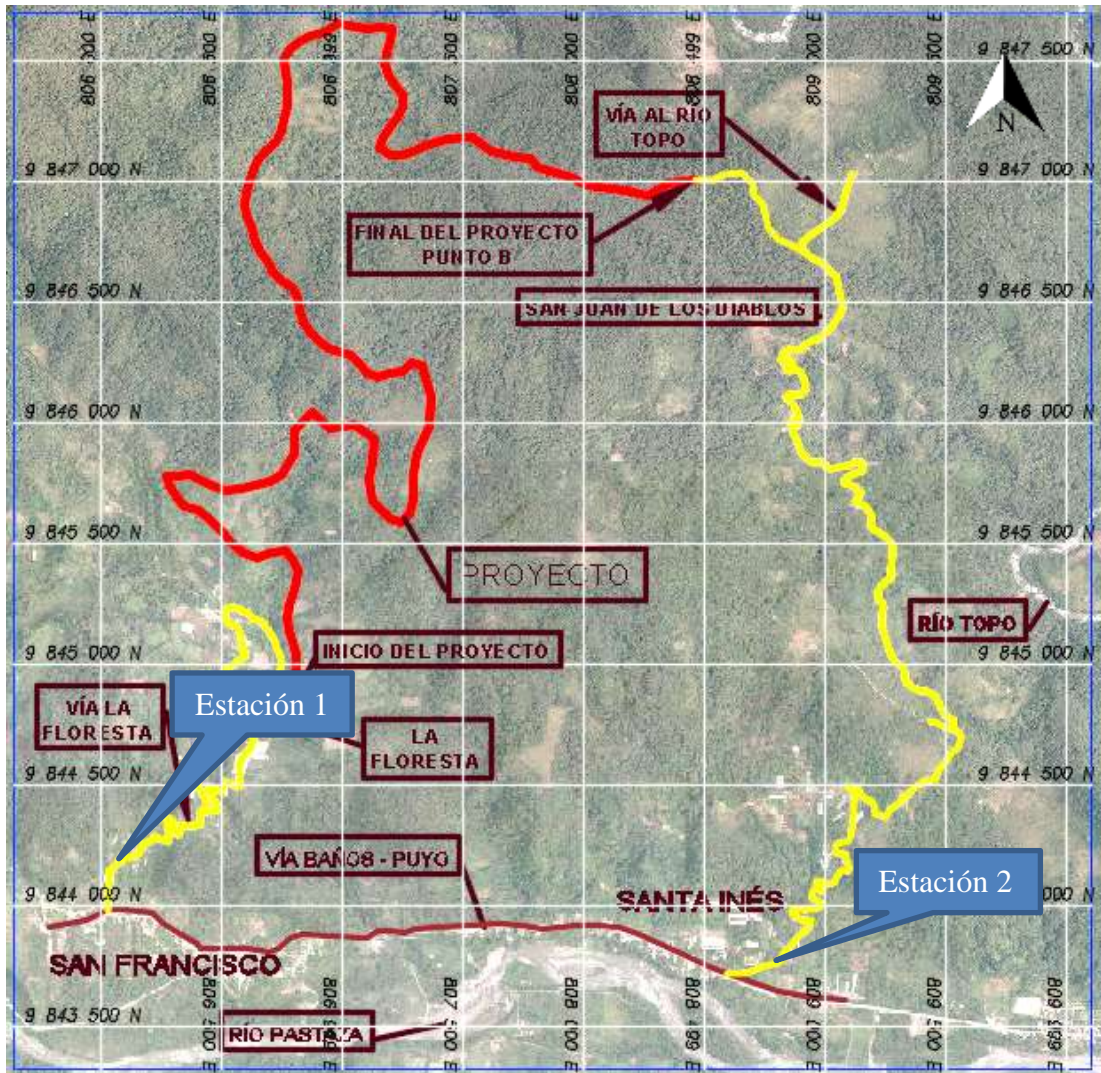
En conclusión la Ruta 1 es la que mejor se acomoda a la necesidad de los pobladores, en cuanto a beneficiarios, la Ruta 2 tiene una longitud demasiado extensa, similar a la Ruta 3, por lo que no es recomendable. Estas rutas requieren la construcción de varias estructuras de drenaje por lo que el gasto sería mayor.

La ruta 3 tiene un mayor movimiento de tierras y daño ambiental, se escoge la Ruta 1 como la mejor opción.

3.3. ESTUDIO DE TRÁFICO

Se realizó un conteo manual en dos estaciones, durante 5 días, en un periodo de 12 horas con intervalos de 15 minutos, a partir de las 6:00 am hasta las 6:00 pm. Las estaciones están ubicadas, la primera en la entrada al sector La Floresta y la segunda en el ingreso a San Juan de los Diablos como muestra el Gráfico 28. Las fechas en las que se realizó el conteo se muestran junto a las fichas en los anexos

Gráfico 28. Estaciones de conteo



Fuente: Autor

3.3.1. Análisis de datos de tráfico

- Estación de conteo 1 Vía La Floresta

Tabla 32. Resumen de conteo vehicular (Estación 1)

Día	Vehículos livianos	Buses	Camiones			Acumulado
			2 ejes	3 ejes	4 ejes	
Miércoles	15		3			18
Jueves	8		3			11
Viernes	13		3			16
Sábado	21		7			28
Domingo	31		4			35
Total	88		20			108
%	81.30		18.70			100

Fuente: Autor

3.3.2. Hora pico (Estación 1)

Tabla 33. Hora Pico Estación 1

HORA	Vehículos livianos	Buses	Camiones			Total/15 min
			2 ejes peq.	2 ejes grds.	3 ejes.	
13:15 - 13:30	2			1		3
13:30 - 13:45	2		1			3
13:45 - 14:00	2					2
14:00 - 14:15	3			1		4
TOTAL	9		1	2		12

Fuente: Autor

La hora de máxima demanda se observó el día domingo de 13:15 a 14:15 como muestra la tabla 33. Esto se debe a la población turística que visita este lugar, por los paisajes y servicios de alimentación.

- Factor de hora pico

$$FHP = \frac{Q}{4Q_{15max}}$$

En donde:

FHP: Factor de Hora Pico

Q: Volumen de tráfico durante la hora

4Q_{15max}: Volumen máximo registrado durante 15 minutos consecutivos de esa hora

Entonces:

$$FHP = \frac{12}{4 * 4} = 0.75$$

- Estación de conteo 2 Vía San Juan de los Diablos

Tabla 34. Resumen de conteo vehicular (Estación 2)

Día	Vehículos livianos	Buses	Camiones			Acumulado
			2 ejes	3 ejes	4 ejes	
Miércoles	19		2			21
Jueves	14		2			16
Viernes	16		2			18
Sábado	16		4			20
Domingo	29		4			33
Total	94		14			108
%	87		13			100

Fuente: Autor

3.3.2. Hora pico (Estación 2)

Tabla 35. Hora Pico

HORA	Vehículos livianos	Buses	Camiones			Total/15 min
			2 ejes p.	2 ejes g.	3 ejes	
10:15 - 10:30	2			1		3
10:30 - 10:45	2					2
10:45 - 11:00	3					3
11:00 - 11:15	3					3
TOTAL	10			1		11

Fuente: Autor

La hora de máxima demanda se observó el día domingo de 10:15 a 11:15 como muestra la tabla 35. La mayor parte de las personas dueñas de fincas, salen hacia la ciudad de Baños para comprar provisiones para su semana de trabajo, o a su vez las personas que residen fuera del sector, aprovechan el fin de semana para salir hacia sus propiedades a dar mantenimiento a las mismas y a revisar sus ganaderías.

- **Factor de hora pico**

$$FHP = \frac{Q}{4Q_{15max}}$$

En donde:

FHP: Factor de Hora Pico

Q: Volumen de tráfico durante la hora

4Q_{15max}: Volumen máximo registrado durante 15 minutos consecutivos de esa hora

Entonces:

$$FHP = \frac{11}{4 * 3} = 0.91$$

- **Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual actual (TPDAactual)**

TIPO DE VEHÍCULO	Ta de Estación 1 (veh/día)	Ta de Estación 2 (veh/día)	TOTAL
LIVIANO	9	10	19
PESADO	3	1	4
BUSES			
TOTAL	12	11	23

Fuente: Autor

$$TPDAactual = \frac{Q_v * FHP}{\%TH}$$

En donde:

Qv: Volumen de un tipo de vehículo durante una hora

FHP: Factor de Hora Pico

%TH: Porcentaje de la Trigésima Hora.

Las normas del MOP recomiendan, el volumen de tránsito de la hora pico varía entre 12% – 18 %, por tanto se toma un valor promedio de 15%, debido a que la vía se encuentra en una zona rural.

Entonces:

- **Para vehículos livianos:**

$$TPDAac = \frac{19 * 1}{0.15} = 127 \text{ veh/día}$$

- **Para vehículos pesados:**

$$TPDAac = \frac{4 * 1}{0.15} = 27 \text{ veh/día}$$

Tabla 36. Resumen

Tipo de vehículo	TPDA actual vehículos/día
Livianos	127
Pesados	27
Buses	0
TOTAL	134

Fuente: Autor

- **Cálculo del Tráfico Actual el primer año**

$$TA = TPDA * (1 + i)^n$$

Donde:

i: Índice de crecimiento(año 2016)

n: Número de años proyectados

Tabla 37. Tabla de crecimiento de tráfico (%)

PERÍODO	TIPO DE VEHÍCULOS	
	LIVIANOS	PESADOS
2010-2015	4.47	2.18
2015-2020	3.97	1.94
2020-2025	3.57	1.74
2025-2030	3.25	1.58

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

Vehículos livianos:

$$TA(\text{primer año}) = 127 * (1 + 0.0397)^1$$

$$TA(\text{primer año}) = 133 \text{ veh/día}$$

Vehículos pesados:

$$TA(\text{primer año}) = 27 * (1 + 0.0194)^1$$

$$TA(\text{primer año}) = 28 \text{ veh/día}$$

$$TA(\text{primer año}) = 161 \text{ veh/día}$$

- **Tráfico Generado**

$$T_{\text{generado}} = 20\% * TPDA(\text{primer año})$$

Vehículos livianos:

$$T_{\text{generado}} = 0.20 * 133$$

$$T_{\text{generado}} = 27 \text{ vehículos/día}$$

Vehículos pesados:

$$T_{\text{generado}} = 0.20 * 28$$

$$T_{\text{generado}} = 6 \text{ veh/día}$$

$$T_{\text{generado}} = \text{veh/día}$$

- **Tráfico atraído**

$$T(\text{atraído}) = TPDA(\text{primer año}) * 10\%$$

Para vehículos livianos:

$$T(\text{atraído}) = 133 * 0.10 = 14 \text{ veh/día}$$

Para vehículos pesados:

$$T(\text{atraído}) = 28 * 0.10 = 3 \text{ veh/día}$$

$$T(\text{atraído}) = 17 \text{ veh/día}$$

- **Tráfico desarrollado**

$$T(\text{desarrollado}) = TPDA(\text{primer año}) * 5\%$$

Para vehículos livianos:

$$T(\text{desarrollado}) = 133 * 0.05$$

$$T(\text{desarrollado}) = 7 \text{ veh/día}$$

Para vehículos pesados:

$$T(\text{desarrollado}) = 28 * 0.05$$

$$T(\text{desarrollado}) = 2 \text{ veh/día}$$

$$T(\text{desarrollado}) = 8 \text{ veh/día}$$

Tabla 38. Tráfico Actual

Tipo de vehículos	TPDA actual	Índice de crecimiento (i)	TPDA 1º año	Tráfico generado (TG)	Tráfico atraído (Tat)	Tráfico desarrolladle (TD)	Trafico Actual TA =TG+Tat+TD
Livianos	127	3.97%	133	27	14	7	48
Pesados	27	1.94%	28	6	3	2	11

Fuente: Autor

- **Tráfico futuro**

$$Tf = TA * (1 + i)^n$$

Para n = 10 años (primer período año 2026)

Vehículos livianos

$$Tf = 48 * (1 + 0.0325)^{10}$$

$$Tf = 66 \text{ veh/día}$$

Vehículos pesados

$$Tf = 11 * (1 + 0.0158)^{10}$$

$$Tf = 13 \text{ veh/día}$$

$$Tf = 81 \text{ veh/día}$$

Para n = 20 años (primer período año 2036)

Vehículos livianos

$$Tf = 48 * (1 + 0.0295)^{20}$$

$$Tf = 86 \text{ veh/día}$$

Vehículos pesados

$$Tf = 11 * (1 + 0.0138)^{20}$$

$$Tf = 15 \text{ veh/día}$$

$$Tf = 101 \text{ veh/día}$$

Tabla 39. Tráfico futuro o proyectado

Años	% CRECIMIENTO			TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL			
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	TOTAL
2016	3,97	1,97	1,94	48,00	0	11,00	59,00
2017	3,97	1,97	1,94	50,00	0	11,00	61,00
2018	3,97	1,97	1,94	52,00	0	12,00	64,00
2019	3,97	1,97	1,94	54,00	0	12,00	66,00
2020	3,57	1,78	1,74	55,00	0	12,00	67,00
2021	3,57	1,78	1,74	57,00	0	12,00	69,00
2022	3,57	1,78	1,74	59,00	0	12,00	71,00
2023	3,57	1,78	1,74	61,00	0	13,00	74,00
2024	3,57	1,78	1,74	64,00	0	13,00	77,00
2025	3,25	1,62	1,58	64,00	0	13,00	77,00
2026	3,25	1,62	1,58	66,00	0	13,00	79,00
2027	3,25	1,62	1,58	68,00	0	13,00	81,00
2028	3,25	1,62	1,58	70,00	0	13,00	83,00
2029	3,25	1,62	1,58	73,00	0	14,00	87,00
2030	3,25	1,62	1,58	75,00	0	14,00	89,00
2031	3,05	1,62	1,46	75,00	0	14,00	89,00
2032	3,05	1,62	1,46	78,00	0	14,00	92,00
2033	3,05	1,62	1,46	80,00	0	14,00	94,00
2034	3,05	1,62	1,46	82,00	0	14,00	96,00
2035	3,05	1,62	1,46	85,00	0	15,00	100,00
2036	2,95	1,62	1,38	86,00	0	15,00	101,00

Fuente: Autor

Se tomó los factores de índice de crecimiento de la Tabla 37 y a partir del año 2030 se interpoló para obtener el valor para los demás periodos. El tráfico proyectado de la vía en estudio en 20 años será de 101 vehículos en el día y de acuerdo con las normas del MOP 2003 la vía se clasifica como una clase de carretera IV.

Tabla 40. Clasificación del proyecto según el TPDA futuro o Proyectado

CLASE DE CARRETERA	TRÁFICO PROYECTADO TPDA
R- I O R-II	MAS DE 8000
I	DE 3000 A 8000
II	DE 1000 A 3000
III	DE 300 A 1000
IV	DE 100 A 300
V	MENOS DE 100

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

3.4. ESTUDIO DEL CLIMA

La Parroquia Río Negro tiene un clima tropical húmedo y su temperatura promedio es de 21°. [44]

Los datos de las estaciones meteorológicas se encuentran en la sección de anexos de este proyecto.

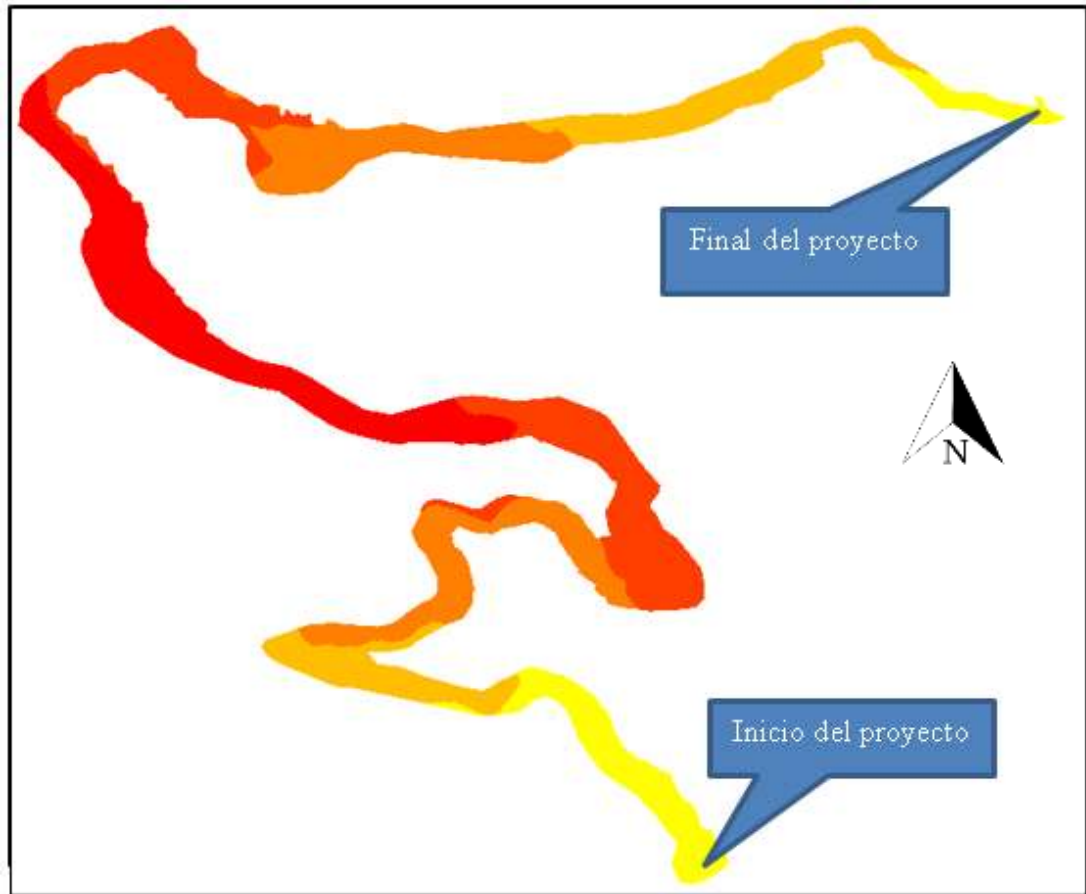
3.5. TOPOGRAFÍA

El levantamiento se lo realizó con una estación total modelo Trimble M3 , con una faja aproximadamente de 100 m de ancho, 50 m a cada lado; en una longitud total de 8 Km desde el Sector de La Floresta, hasta San Juan de los Diablos.

Se tomaron datos de ubicación (coordenadas norte y este) y elevación; para luego, con la ayuda del software AutoCAD Civil 3D 2016, crear una superficie para su respectivos análisis.




- **Análisis por elevaciones**

Gráfico 29. Análisis del terreno por elevaciones



Fuente: Autor

Tabla 41. Tabla de elevaciones.

Tabla de elevaciones				
Número	Elevación Mínima	Elevación Máxima	Área	Color
1	1470	1575	102122.13	
2	1575	1640	142033.00	
3	1640	1705	192017.42	
4	1705	1775	213180.08	
5	1775	1880	190472.39	

Fuente: Autor

- **Análisis de pendientes**

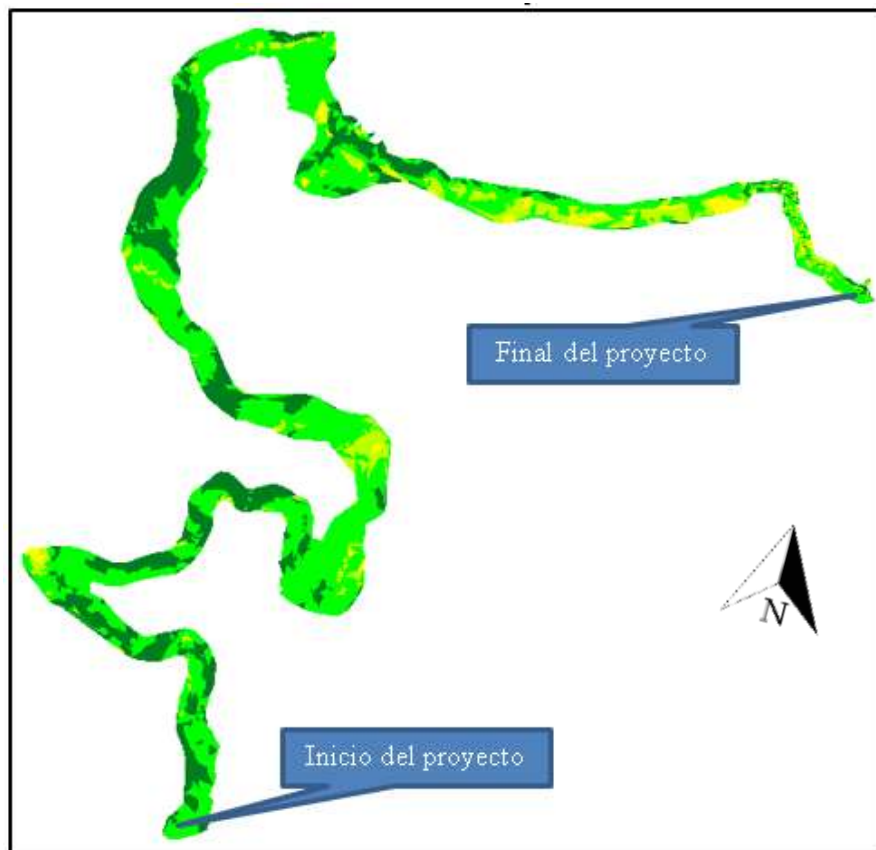
Según la Norma NEVI-12 en el Volumen 2A, en la sección 201.1, muestra los tipos de terreno dependiendo su pendiente transversal:

Tipo de terreno	Pendiente Transversal
Ondulado	De 0% a 5%
Ondulado	De 6% a 12%
Montañoso	De 13% a 40%
Escarpado	Pasan del 40%

Fuente: Normas NEVI-12 [16]





Las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras del MOP 2003, determinan que un terreno es de topografía montañosa, es de carácter suave cuando la pendiente transversal del terreno es menor o igual al 50% y de carácter escarpado cuando dicha pendiente es mayor al referido valor. [11]

Gráfico 30. Análisis de pendientes



Fuente: Autor

Tabla 42. Tabla de pendientes

Tabla de pendientes				
Número	Pendiente Mínima	Pendiente Máxima	Área	Color
1	0%	6%	27316.89	
2	6%	13%	78658.83	
3	13%	40%	507776.08	
4	40%	200%	225620.77	

Fuente: Autor

Se tomó en cuenta el terreno, como tipo montañoso ya que en la mayoría de su área gobiernan las pendientes de 13% a 40 %.

3.6. ESTUDIO DE SUELOS

El estudio de suelos es un factor de mucha importancia en el diseño vial. Permite conocer las características del suelo y proporciona los datos necesarios para el diseño del pavimento.

Para este proyecto se tomaron las muestras de los kilómetros 0+000 hasta el 8+000; una muestra por cada kilómetro. Las dimensiones de las calicatas: 1.00m de ancho por 1.00m de largo y 1.00m de profundidad, se tomaron muestras de 70kg aproximadamente con las cuales se desarrollaron ensayos de laboratorio, y se tuvo los siguientes resultados:

3.6.1. Granulometría

Según el sistema de clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de los suelos), el ensayo de granulometría mostró los siguientes resultados:

Tabla 43. Resultados de Ensayo de Granulometría

ABSCISA	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
Km 0+000	SC	Arena arcillosa
Km 1+000	SC	Arena arcillosa
Km 2+000	SC	Arena arcillosa
Km 3+000	SC	Arena arcillosa
Km 4+000	MH	Limo de alta compresibilidad
Km 5+000	MH	Limo de alta compresibilidad
Km 6+000	SC	Arena arcillosa
Km 7+000	SC	Arena arcillosa
Km 8+000	CH	Arcilla de alta compresibilidad

Fuente: Autor

3.6.2. Contenido de humedad natural.

Tabla 44. Resultados del ensayo de Contenido de humedad natural

Abscisa	Humedad natural w%
Km 0+000	69.8
Km 1+000	65.7
Km 2+000	68.2
Km 3+000	61.7
Km 4+000	45.5
Km 5+000	46.8
Km 6+000	53.5
Km 7+000	81.1
Km 8+000	63.7
PROMEDIO	61.8

Fuente: Autor

3.6.3. Compactación

Tabla 45. Resultados del ensayo de compactación

ABSCISA	Humedad óptima w%	Densidad máxima γ_{\max} gr/cm³
Km 0+000	75.5	0.828
Km 1+000	55.5	1.020
Km 2+000	56.5	1.015
Km 3+000	58.1	1.021
Km 4+000	35.5	1.230
Km 5+000	34.5	1.260
Km 6+000	35.6	1.375
Km 7+000	37	1.162
Km 8+000	34.4	1.242

Fuente: Autor

Tabla 46. Resultados del ensayo de C.B.R puntual

Abscisa	C.B.R. puntual %
Km 0+000	14
Km 1+000	10.8
Km 2+000	9.9
Km 3+000	11
Km 4+000	3.1
Km 5+000	3.7
Km 6+000	5.7
Km 7+000	9.3
Km 8+000	9.2

Fuente: Autor

3.6.4.1. C.B.R de diseño

Como para el proyecto se obtuvo un valor de 104395.5 como número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño, se tomó el 75% como percentil para encontrar el valor de C.B.R de diseño, tal como recomienda el instituto del asfalto en la siguiente tabla:

Tabla 47. Límites para la selección de CBR de diseño

Numero de ejes equivalentes en el carril de diseño	Percentil de diseño CBR
<10000	60
10000 - 1000000	75
>1000000	90

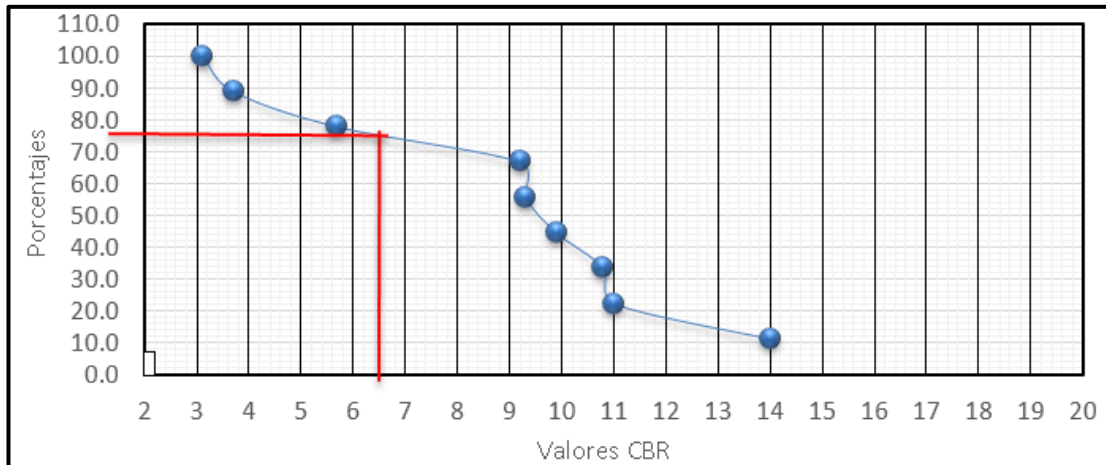
Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993 [45]

Tabla 48. Distribución de CBR

Pozo	CBR	Porcentaje
4+000	3,1	100,0
5+000	3,7	88,9
6+000	5,7	77,8
8+000	9,2	66,7
7+000	9,3	55,6
2+000	9,9	44,4
1+000	10,8	33,3
3+000	11	22,2
0+000	14	11,1

Fuente: Autor

Gráfico 31. CBR de diseño



Fuente: Autor

El valor del C.B.R de diseño es de 6,4% lo cual según el código NEVI da como resultado un suelo adecuado ya que tiene más de 5%. [16]

3.7. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA

El diseño se lo realizó bajo las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas 2003, para un periodo de diseño de 20 años. Según el TPDA proyectado consideramos a la vía como Clase IV.

3.7.1. Diseño horizontal

a. Velocidad de diseño

Con un terreno de tipo montañoso se tomó los valores correspondientes a la Tabla 5.

La velocidad recomendada es de 50 Km/h y la absoluta 25 Km/h. para el proyecto se considerara una velocidad de diseño igual a 40 Km/h. [11]

b. Velocidad de circulación (V_c)

$$V_c = 0.8 * Vd + 6.5$$

Donde:

V_c = Velocidad de circulación (Km/h)

V_d = Velocidad de diseño (Km/h)

$$V_c = 0.8 * 40 + 6.5$$

$$V_c = 38.5 \text{ km/h} \sim \mathbf{40 \text{ Km/h}}$$

Según las Normas de diseño Geométrico del MOP 2003 la velocidad de circulación es de 37 Km/h, según lo indica la Tabla 4 de este proyecto.

Se consideró una velocidad de circulación de $\mathbf{40 \text{ Km/h.}}$

c. Distancias de visibilidad

- **Distancia de visibilidad de parada (Dp)**

$$Dp = 0.7V + \frac{V^2}{254f}$$

Donde:

Dp= Distancia de visibilidad de parada

V= Velocidad de diseño

f= Coeficiente de fricción longitudinal.

El coeficiente de fricción longitudinal varía en relación con las velocidades, pues decrece conforme aumenta la velocidad, dependiendo también de varios otros elementos, estando esta variación representada por la siguiente ecuación:

$$f = \frac{1.15}{Vc^{0.3}}$$

Tabla 49. Coeficiente de fricción

Velocidad d diseño (Km/h)	Coeficiente de fricción longitudinal
20.00	0.47
25.00	0.44
30.00	0.42
35.00	0.4
40.00	0.39
45.00	0.37
50.00	0.36
60.00	0.35
70.00	0.33
80.00	0.32
90.00	0.31

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

$$Dp = 0.7V + \frac{V^2}{254f}$$

$$Dp = 0.7 * 40Km/h + \frac{(40Km/h)^2}{254 * 0.39}$$

$$Dp = 45.09m = 45m.$$

Las Normas para el Diseño Geométrico de carreteras del MOP 2003 recomiendan distancias mínimas de parada, tomando en cuenta el criterio de pavimentos mojados. Estas son las Tablas 8 y 9 del presente estudio.

Se asume un valor de 45 m de distancia de visibilidad de parada.

- **Distancia de Visibilidad de Rebasamiento (Dvr)**

$$Dvr = 9.54 * V - 218$$

Donde:

Dvr = distancia de visibilidad de rebasamiento.

V= velocidad de diseño.

$$Dvr = 9.54 * V - 218$$

$$Dvr = 9.54 * 40Km/h - 218$$

$$Dvr = 163.6m.$$

$$Dvr = 164m.$$

d. Radio Mínimo de Curva Horizontal

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)}$$

Donde:

R: Radio mínimo de una curva horizontal.

V: Velocidad de diseño, Km/h.

f: Coeficiente de fricción lateral.

e: Peralte de la curva, m/m (metro por metro de ancho de calzada) [11]

Los radios mínimos calculados y recomendados en función de la velocidad de diseño se encuentran en la Tabla 6, la cual muestra un valor de 42m con una velocidad de diseño de 40Km/h. Sin embargo, la misma norma permite tomar como radio mínimo un valor de 20m y en terrenos demasiado escarpados hasta 15m, como se demuestra en la Tabla 50.

e. Peralte

Según la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras del MOP 2003 recomienda un peralte máximo de 8% para carreteras de clase IV con velocidades menores a 50Km/h. [11]

Tabla 50. Valores de diseño recomendado por la Norma MOP

NORMAS	CLASE I 3 000 – 8 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE II 1 000 - 3 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE III 300 – 1 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE IV 100 – 300 TPDA ⁽¹⁾						CLASE V MENOS DE 100 TPDA ⁽¹⁾										
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA							
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O
Velocidad de diseño (K.P.H.)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25 ⁽²⁾	60	50	40	50	35	25 ⁽²⁾					
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20 ⁽²⁾					
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25					
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110					
Peralte	MÁXIMO = 10%																		10% (Para V > 50 K.P.H.) 8% (Para V < 50 K.P.H.)																
Coefficiente "K" para: ⁽²⁾																																			
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2					
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3					
Gradiente longitudinal ⁽³⁾ máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14					
Gradiente longitudinal ⁽⁴⁾ mínima (%)	0,5%																																		
Ancho de pavimento (m)	7,3			7,3			7,0			6,70			6,70			6,00			6,00						4,00 ⁽⁵⁾										
Clase de pavimento	Carpeta Asfáltica y Hormigón						Carpeta Asfáltica						Carpeta Asfáltica o D.T.S.B.						D.T.S.B, Capa Granular o Empedrado						Capa Granular o Empedrado										
Ancho de espaldones ⁽²⁾ estables (m)	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)						—										
Gradiente transversal para pavimento (%)	2,0						2,0						2,0						2,5 (C.V. Tipo 6 y 7) 4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						4,0										
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 ⁽⁵⁾ - 4,0						2,0 - 4,0						2,0 - 4,0						4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						—										
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																																		
Puentes	Carga de diseño HS - 20 - 44; HS - MOP; HS - 25																																		
	Ancho de la calzada (m) SERÁ LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																																		
	Ancho de Aceras (m) ⁽⁷⁾ 0,50 m mínimo a cada lado																																		
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art. 3º de la Ley de Caminos y el Art. 4º del Reglamento aplicativo de dicha Ley																																		
LL = TERRENO PLANO 0 = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																																			

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 [11]

f. Curvas Horizontales

Se realizó el cálculo de los elementos de la curva número 11, obteniendo los siguientes datos del programa AutoCAD Civil 3D:

$$\Delta = 79^{\circ}38'51''$$

$$PC = \text{Km } 0+833.31 \text{ m.}$$

$$R = 50 \text{ m.}$$

- **Grado de curvatura (Gc)**

$$\frac{G_c}{20} = \frac{360}{2\pi R}$$

$$\frac{G_c}{20} = \frac{20 * 180}{\pi(50)}$$

$$\frac{G_c}{20} = 22.91 = 22^{\circ}55'5.92''$$

- **Longitud de la curva (Lc)**

$$\frac{L_c}{2\pi R} = \frac{\Delta}{360}$$

$$L_c = \frac{\pi(50) * (79^{\circ}38'51'')}{180}$$

$$L_c = 69.50m.$$

- **Subtangente de curva o Tangente (T)**

$$T = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$T = 50 * \tan\left(\frac{79^{\circ}38'51''}{2}\right)$$

$$T = 41.69m$$

- **External (E)**

$$E = R * \left[\sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1 \right]$$

$$E = 50 * \left[\sec\left(\frac{79^{\circ}38'51''}{2}\right) - 1 \right]$$

$$E = 15.10m$$

- **Ordenada media o flecha (M)**

$$M = R * \left[1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right]$$

$$M = 50 * \left[1 - \cos\left(\frac{79^{\circ}38'51''}{2}\right) \right]$$

$$M = 11.59m.$$

- **Cuerda larga (Cl)**

$$Cl = 2 * R * \sen\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$Cl = 2 * 50 * \sen\left(\frac{79^{\circ}38'51''}{2}\right)$$

$$Cl = 64.04m.$$

- **Abscisado**

$$PC = PI - T$$

$$PI = PC + T$$

Donde:

PC= Punto de inicio de la curva horizontal.

PI= Punto de intersección de la curva horizontal.

PT= Punto donde finaliza la cura horizontal.

$$\begin{array}{r}
 PC = 0 + 791.61m. \\
 +T = \quad 41.69m. \\
 \hline
 PI = 0 + 833.30m
 \end{array}$$

$$PT = PC + Cl$$

$$\begin{array}{r}
 PC = 0 + 791.61m. \\
 +Lc = \quad 69.50m. \\
 \hline
 PT = 0 + 861m
 \end{array}$$

Los valores calculados de cada curva se muestran en los planos que se encuentran en la sección de Anexos.

g. Sobreancho de las curvas horizontales

Se tomó un valor igual a 1 m de sobreancho, considerando que en las Normas MOP 2003 recomienda como valor mínimo de 0,30 m. para velocidades de diseño de hasta 50 Km/h y de 40 cm para velocidades mayores.

3.7.2. Diseño vertical de la vía.

a. Gradiente mínima

El valor mínimo de gradiente será el que especifica la Norma de diseño de Carreteras MOP 2003, el cual es igual a 0.5%.

b. Gradiente máxima

Según la Tabla 13 el valor de gradiente máxima esta entre el 10% y el 12%, entonces las longitudes recomendadas máximas son de 500 metros. [11]

c. Curvas verticales

Datos obtenidos del programa AutoCAD Civil 3D:

PCV= Punto de inicio de la curva vertical
PIV= Punto de intersección de la curva vertical
PTV= Punto final de la curva vertical

ABSCISAS

PCV= 5+756.79

PIV= 5+806.79

PTV= 5+856.79

COTAS

PCV= 1714.91

PIV= 1709.19

PTV= 1705.68

- **Longitud de la curva vertical (Lcv)**

$$\begin{array}{r} PTV = 5 + 856.79 \\ -PCV = \quad 5 + 756.79 \\ \hline Lcv = \quad 100m \end{array}$$

- **Longitud de entrada y salida (L1 y L2)**

$$L1 = L2 = \frac{Lcv}{2} = \frac{100}{2} = 50m.$$

- **Puntos de intersección (PIV)**

$$PIV = PCV + \frac{Lcv}{2}$$

$$\begin{array}{r} PCV = 5 + 756.79 \\ + \frac{Lcv}{2} = \quad 50 \\ \hline PIV = 5 + 806.79 \end{array}$$

- **Gradiente de entrada y salida (g1 y g2)**

$$g1 = \frac{\text{cotas}(PIV - PCV)}{\text{abscisas}(PIV - PCV)} * 100 = \frac{(1709.19 - 1714.91)}{(5 + 806.79 - 5 + 756.79)} * 100 = -11.44\%$$

$$g2 = \frac{\text{cotas}(PTV - PIV)}{\text{abscisas}(PTV - PIV)} * 100 = \frac{(1705.68 - 1709.19)}{(5 + 856.79 - 5 + 806.79)} * 100 = -7.02\%$$

Como los dos valores son negativos, se concluyó que es una curva convexa.

d. Coeficiente (K)

Fórmula:

$$L = K * A$$

Donde:

L= Longitud de la curva

K= Coeficiente

A= Diferencia algebraica entre gradientes

Los valores de acuerdo con las tablas 14 y 15 son: para curvas cóncavas 3 metros y para curvas convexas 2 metros. En cuanto a la longitud mínima en ambos casos se utiliza la siguiente fórmula:

$$L_{min} = 0.6 * Vd$$

$$L_{min} = 0.6 * \frac{40Km}{h}$$

$$L_{min} = 24m.$$

3.7.3. Sección transversal

a. Dimensión del ancho de la calzada

El ancho de la calzada tendrá un valor de 6 m según la Tabla 18 de este proyecto.

b. Gradiente transversal

Como muestra la Tabla 51, para una carretera clase IV el valor de gradiente transversal va de 2.5% a 4%.

c. Espaldones

El valor recomendado es de 0.60 metros, con una pendiente transversal de 4% como indica la Tabla 19.

3.7.4. Diseño del pavimento flexible.

3.7.4.1. Método AASHTO 93 para diseño de pavimentos flexibles

El diseño de pavimento flexible según el método de la AASHTO sufre constantes modificaciones según las nuevas condiciones en las que trataban al pavimento asfáltico, es así que el surge el primero AASHTO Road Test entre 1958-1960, del cual se obtuvo información para el AASHTO-1962 basados en modelos empíricos, apareciendo después la AASHTO-1972 y a partir de 1983 se realizan más estudios y así en 1986 surge la “AASHTO Guide for the Design of Pavement Structures” la cual tiene ya bastantes variables de entrada y por ultimo surge la de 1993 usada actualmente. Las variables que se toman en cuenta en el diseño de pavimentos flexibles según la AASHTO-93 son: [46]

- Variable de tiempo
- Tránsito
- Confiabilidad
- Sub-rasantes expansivas o sometidas a expansión por congelación
- Criterios de adopción de niveles de serviciabilidad
- Propiedades de los materiales
- Drenaje

La fórmula de diseño es:

$$\log W_{18} = ZR * S_o + 9.36 * \log(SN + 1) - 0.20 \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}}$$

Donde:

SN = número estructural (pulg)

W18 = número de cargas de 18 kips (80 KN) previstas

ZR = abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada.

SO = desvío estándar de todas las variables

Δ PSI = pérdida de serviciabilidad previstas en el diseño

MR = módulo resiliente de la subrasante (en psi)

a. Factor de tránsito

Se calcula el tránsito de ejes acumulados para el periodo de diseño. Estos datos los tomamos de la sección de estudio de tráfico, mismos que son los siguientes.

Para este cálculo se tomó en cuenta solo los vehículos pesados acumulados en el periodo de diseño. El método que se utiliza considera este tipo de vehículos con un peso de ejes equivalente igual a 18.000 libras (8.2 toneladas).

$$W_{18} = TPDA * FD * fd * 365$$

Donde:

W18 = Número de ejes equivalentes en el periodo de diseño.

TPDA = Tráfico promedio diario anual actual.

FD = Factor de daño.

fd = Factor de distribución por carril.

Los factores de esta fórmula están dados por las siguientes tablas.

Tabla 51. Factor de daño

TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TANDEM		TRIDEM		FACTOR DE DAÑO (FD)
	tons	(p/6.6) ⁴	tons	(P/8.2) ⁴	tons	(P/15) ⁴	tons	(P/15) ⁴	
Automóviles	-	-	8.00	0.91	-	-	-	-	0
BUS	4.00	0.13	-	-	-	-	-	-	1.04
C-2P	2.50	0.02	-	-	-	-	-	-	1.29
	7.00	1.27	-	-	-	-	-	-	
C-2G	6.00	0.68	11.00	3.24	-	-	-	-	3.92
C-3	6.00	0.68	-	-	18.00	2.07	-	-	2.75
C-4	6.00	0.68	-	-	-	-	25.00	1.40	2.08
C-5	6.00	0.68	-	-	18.00	4.40	-	-	4.82
C6	6.00	0.68	-	-	18.00	2.07	25.00	1.40	4.15

Fuente: Normas de Diseño geométrico de Carreteras, MOP 2003 [11]

Tabla 52. Valores para periodo de Análisis

TIPO DE CARRETERA	PERÍODO DE ANÁLISIS
Urbano de alto volumen	30 A 50
Rural de alto volumen	20 A 50
Pavimentada de bajo volumen	15 A 25
Tratada superficialmente de bajo volumen	10 A 20

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993 [45]

Tabla 53. Factor de distribución por carril

Número de carriles en una dirección	DL ¹⁰
1	1
2	0.8 a 0.1
3	0.6 a 0.8
4	0.5 a 0.75

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993 [45]

Tabla 54. Factor de distribución por dirección

Número de carriles en ambas direcciones	LC%
1	50
2	50
3	45
4	45

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993 [45]

- **Cálculo de ejes equivalentes acumulados W₁₈ para TPDA ACTUAL**

$$W_{18} = TPDA * FD * 365$$

$$W_{18} = (9 * 1.29 * 365) + (2 * 3.92 * 365)$$

$$W_{18} = 7100$$

- **La vía en estudio tiene dos carriles, se considera el 50% del tránsito en cada dirección**

Corrección por carril:

$$W_{18} = 7100 * 1$$

$$W_{18} = 7100$$

Corrección por dirección:

$$W_{18} = 7100 * 0.5$$

$$W_{18} = 3550$$

Tabla 55. Tráfico futuro o proyectado

AÑOS	% CRECIMIENTO			TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL						W de diseño	W18 carril de diseño
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES P.	CAMIONES G.	TOTAL PESADOS	TOTAL		
2016	3,97	1,97	1,94	48	0	9	2	11	59	7100	3550
2017	3,97	1,97	1,94	50	0	10	3	13	61	18002	9001
2018	3,97	1,97	1,94	52	0	10	3	13	64	27003	13501,5
2019	3,97	1,97	1,94	54	0	10	3	13	66	36004	18002
2020	3,57	1,78	1,74	56	0	10	3	13	67	45005	22502,5
2021	3,57	1,78	1,74	58	0	10	3	13	69	54006	27003
2022	3,57	1,78	1,74	60	0	10	3	13	71	63007	31503,5
2023	3,57	1,78	1,74	62	0	11	3	14	74	75774	37887
2024	3,57	1,78	1,74	64	0	11	3	14	77	85246	42623
2025	3,25	1,62	1,58	65	0	11	3	14	77	94718	47359
2026	3,25	1,62	1,58	67	0	11	3	14	79	104190	52095
2027	3,25	1,62	1,58	69	0	11	3	14	81	113661	56830,5
2028	3,25	1,62	1,58	71	0	11	3	14	83	123133	61566,5
2029	3,25	1,62	1,58	73	0	12	3	15	87	139197	69598,5
2030	3,25	1,62	1,58	76	0	12	3	15	89	149139	74569,5
2031	3,05	1,62	1,46	76	0	12	3	15	89	159082	79541
2032	3,05	1,62	1,46	78	0	12	3	15	92	169025	84512,5
2033	3,05	1,62	1,46	80	0	12	3	15	94	178967	89483,5
2034	3,05	1,62	1,46	83	0	12	3	15	96	188910	94455
2035	3,05	1,62	1,46	85	0	12	3	15	100	198852	99426
2036	2,95	1,62	1,38	86	0	12	3	15	101	208795	104397,5

Fuente: Autor

b. Nivel de confiabilidad (R)

Se refiere al grado de certidumbre de que un dado diseño puede llegar al fin de su período de análisis en buenas condiciones. [47]

Tabla 56. Valores de confiabilidad "R" recomendados

Clasificación funcional	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-90	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: *Diseño de pavimentos asfálticos* [48]

Nuestro valor de nivel de confiabilidad será de 70 debido a que la vía se encuentra en una zona rural de producción agrícola. Mientras mayor sea el valor de la confiabilidad "R" mayor será la confianza en el diseño.

c. Desviación estándar (Zr)

Tabla 57. Relación entre confiabilidad y Zr

Confiabilidad R %	Desviación estándar Zr
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: *Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993* [45]

Para un nivel de confiabilidad de 70 una desviación estándar de 0.524

d. Desviación estándar global (So)

Tabla 58. Desviación estándar

Condiciones de diseño	Desviación estándar (So)
Variación de la predicción en el comportamiento del pavimento(sin error de tráfico)	0.25
Variación total en la predicción del comportamiento del pavimento y la estimación del trafico	0.35-0.50

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993 [45]

Como valor recomendado se tomó 0.45.

e. Índice de serviciabilidad (Δ PSI)

Es la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado un pavimento. Así se tiene un índice de serviciabilidad presente PSI (present serviciability index) mediante el cual el pavimento es calificado entre 0 (pésimas condiciones) y 5 (perfecto). En el diseño del pavimento se deben elegir la serviciabilidad inicial y final. [47]

Para pavimentos rígidos se considerará un índice de 4,5 mientras que para los pavimentos flexibles se tendrá 4,2. Los índices finales son: para caminos más importantes 2,5 o 3,0; para caminos de bajo tránsito será de 2,0. [47]

Entonces el Δ PSI para pavimentos flexibles y para un camino de bajo tráfico estará la diferencia entre el índice inicial con el índice final que es igual a 2,2. [47]

f. Módulo de resiliencia (Mr)

El método AASHTO 93 correlaciona el módulo de resiliencia con el valor del CBR en tres fórmulas:

$$Mr = 1500 * CBR \text{ para CBR menores a } 10\%$$

$$Mr = 3000 * CBR^{0.65} \text{ para CBR entre } 10\% \text{ y } 20\%$$

$$Mr = 4326 * CBR \text{ para CBR mayores a } 20\%$$

Con un CBR de diseño igual a 6,4% se tomó la primera ecuación. El resultado está en unidades de psi por lo que transformaremos a Ksi. La relación de unidades es: 1 Ksi = 1000psi.

$$Mr = 1500 * CBR$$

$$Mr = 1500 * 6,4\%$$

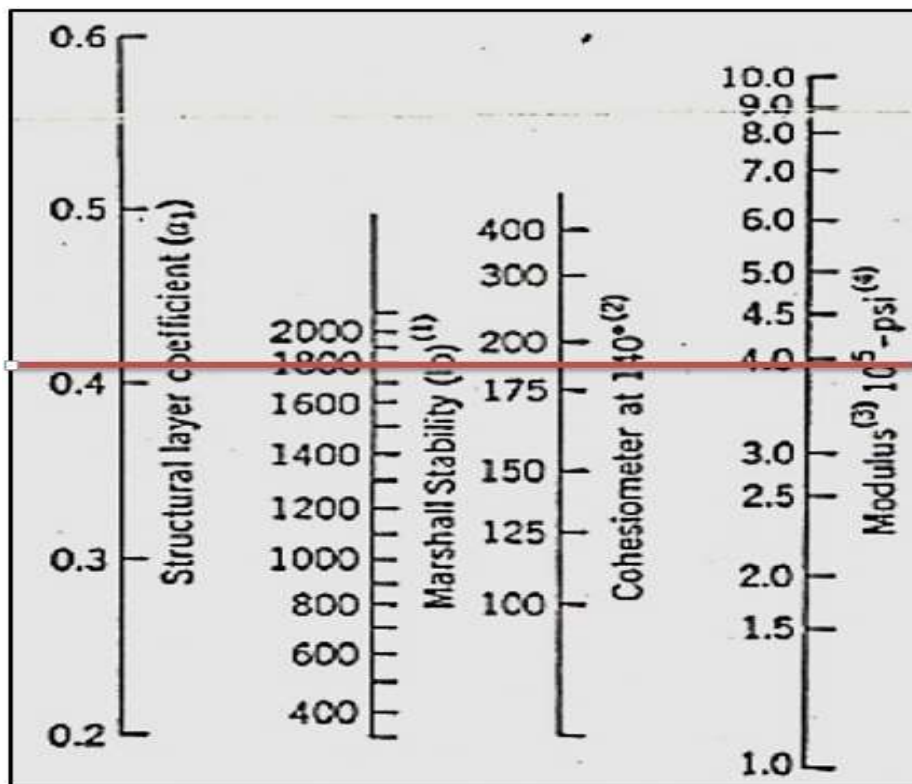
$$Mr = 9600psi.$$

$$Mr = 9,6 Ksi$$

g. Coeficiente estructural a1 (carpeta asfáltica)

El valor del módulo elástico de la mezcla asfáltica no se lo conoce, así que se estimará este coeficiente con la mínima estabilidad Marshall de 1800 lb para tráfico pesado en el siguiente nomograma.

Gráfico 32. Nomograma para valores de coeficiente a1



Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993 [45]

Según el gráfico el Módulo de la carpeta asfáltica igual a:

$$3,95 \times 10^5 \text{ psi} = 395 \text{ Ksi}$$

Como coeficiente estructural $a_1 = 0,41$

Como la interpretación visual no es precisa se debe interpolar el valor más exacto con la siguiente tabla que nos da la AASHTO 93:

Tabla 59. Módulos elásticos para a_1

Módulos elásticos		Valores de a_1
psi	Mpa	
225000	1575	0,320
250000	1750	0,330
275000	1925	0,350
300000	2100	0,360
325000	2275	0,370
350000	2450	0,385
375000	2625	0,405
400000	2800	0,420
425000	2975	0,435
450000	3150	0,440

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993 [45]

Se interpoló el valor del Módulo elástico para conocer número de a_1 :

$$375000 - 400000 = 25000$$

$$0.420 - 0.405 = 0.015$$

$$\frac{0.015}{25000} = 6 \times 10^{-7} * 20000 = 0.012 + 0,405 = 0.417$$

$$a_1 = 0.417$$

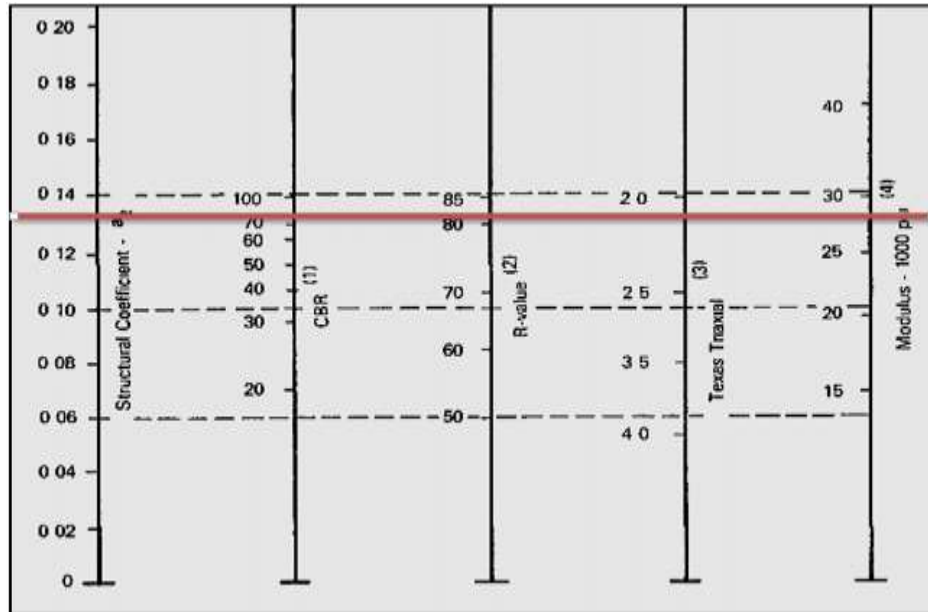
h. Coeficiente estructural de capa base (a_2)

La Norma del MOP 2002 dice: “La clase y tipo de base que deba utilizarse en la obra estará especificada en los documentos contractuales. En todo caso, el límite líquido de la fracción que pase el tamiz N° 40 deberá ser menor de 25 y el índice de plasticidad

menor de 6. El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor del 40% y el valor de soporte de CBR deberá ser igual o mayor al 80%”. [49]

Entonces, se encontró el valor de a_2 en el siguiente gráfico con un CBR de 80%.

Gráfico 33. Valores del coeficiente a_2



Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993 [45]

Los datos del gráfico son: **Módulo: 28000 psi** Coeficiente estructural **a_2 : 0.133**

Tabla 60. Valores para el coeficiente a_2

CBR%	a_2
20	0.070
25	0.085
30	0.095
35	0.100
40	0.105
45	0.112
50	0.115
55	0.120
60	0.125
70	0.130
80	0.133
90	0.137
100	0.140

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993 [45]

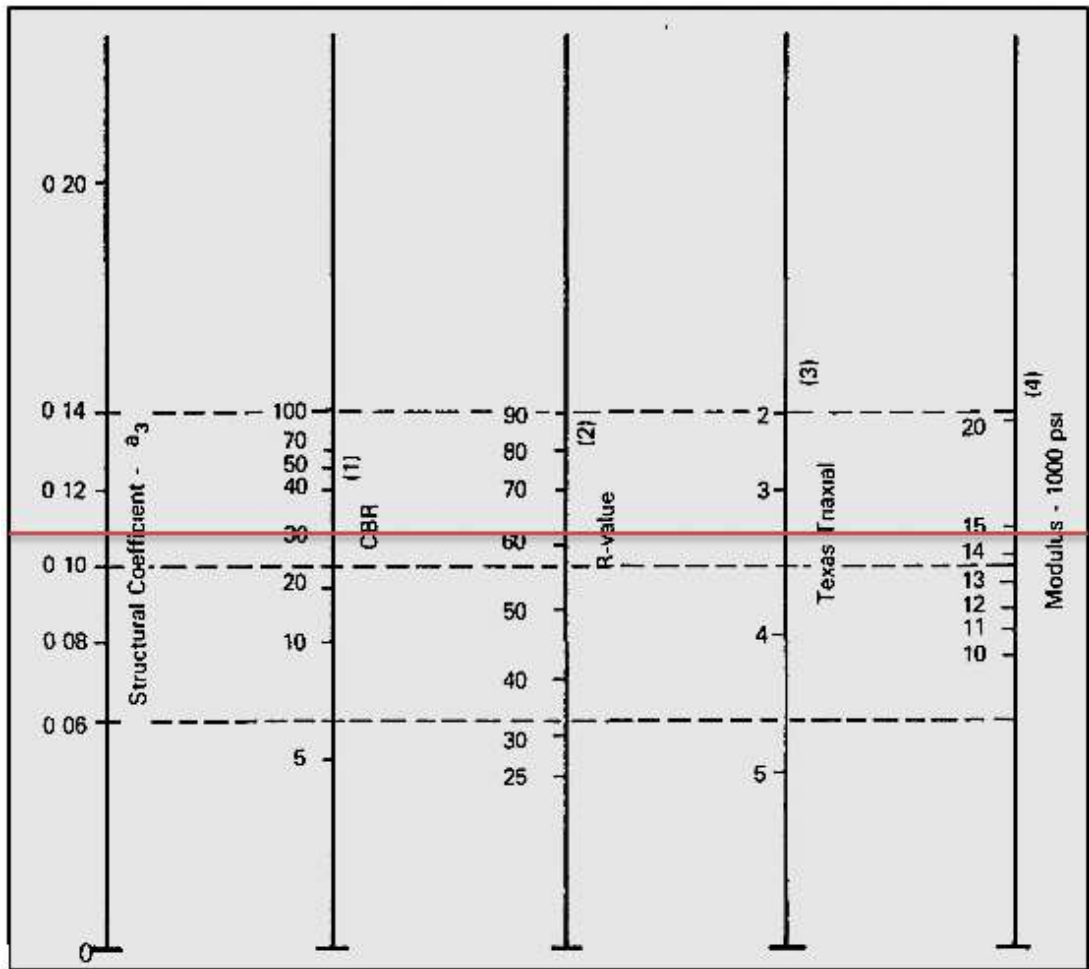
i. Coeficiente estructural de la sub-base (a3)

En referencia a las especificaciones de las sub-bases la Norma del MOP 2002 dice:

“Los agregados que se empleen deberán tener un coeficiente de desgaste máximo de 50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles y la porción que pase el tamiz N° 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25. La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%”. [49]

Con un CBR de 30% se obtuvo el siguiente valor:

Gráfico 34. Valores de coeficiente a3



Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993 [45]

Los datos del gráfico son: **Módulo: 14.75 Ksi** **Coeficiente estructural a2: 0.109**

Tabla 61. Coeficiente a3 para sub-bases

CBR%	a3
20	0.093
25	0.102
30	0.108
35	0.115
40	0.120
50	0.125
60	0.128
70	0.130
80	0.135
90	0.138
100	0.140

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993 [45]

j. Coeficiente de drenaje (m2 y m3)

La humedad tiene una gran influencia sobre las propiedades de los materiales que constituyen la estructura y el comportamiento de los pavimentos en general. La presencia del agua juega un papel tan importante que el método AASHTO-86 incorporaba un coeficiente de drenaje en la ecuación de diseño, que afectaba a base y subbase. [31]

Tabla 62. Niveles de drenaje

Nivel de drenaje	Agua eliminada dentro de:
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	El agua no drena

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993 [45]

La probabilidad de saturación no es sólo función de la pluviosidad, ya que igualmente depende de la topografía o relieve del terreno, del drenaje construido y del confinamiento de la vía. [50]

Tabla 63. Valores para índices de drenaje

Calidad de drenaje	P= % de tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	<1%	1%-5%	5%-25%	>25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.2
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.8
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.6
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.4

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993 [45]

En el caso de la Parroquia Río Negro del Cantón Baños de Agua Santa es una zona muy húmeda y de considerables precipitaciones como lo registra el INHAMI cuyos datos se encuentran en la sección de Anexos de este proyecto. Pero debido a la topografía y tipo de suelo, el drenaje tuvo un valor de 0.8 para m2 y m3.

$$m2 \text{ y } m3 = 0.8$$

3.7.4.2. Diseño de la estructura del pavimento flexible.

3.7.4.2.1. Cálculo del número estructural

Se determinó el número estructural (SN) requerido para proteger cada capa inferior. Para ello, se aplicó el algoritmo AASHTO usando el módulo resiliente de cada capa por proteger. Esto se hizo con ayuda del programa Ecuación AASHTO 93. [48]

Datos para el programa:

- Pavimento flexible
- Confiabilidad (R)= 70% que se relaciona a $Z_r = -0.524$
- Desviación estándar global (So)= 0.45
- Serviciabilidad inicial (PSI_i)= 4.2
- Serviciabilidad final (PSI_f)= 2.0
- Módulo de la subrasante (Mr)= 9600psi
- W18= 104398
- Periodo de diseño= 20 años.

Gráfico 35. Cálculo de SN con programa Ecuación AASHTO 93

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. The window title is 'Ecuación AASHTO 93'. The interface is divided into several sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu showing '70 % Zr=-0.524' and a text box for 'So' with the value '0.45'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for 'Mr' with the value '9600 psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (I)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'. Below 'Calcular SN' is a text box showing 'W18 = 104398'.
- Número Estructural:** A text box showing 'SN = 1.89'.

At the bottom, there are two buttons: 'Calcular' and 'Salir'.

Fuente: Autor

El valor de SN (número estructural requerido) es 1.89

Existen infinitas soluciones a la ecuación, es permisible tantear cualquier combinación de espesores de capa que cumpla con el SN demandado, no obstante, es importante considerar la lógica de la verificación por capas que involucra una protección para cada una de las capas considerando un espesor idóneo en la capa superior. Si esta condición no se cumple, las capas no protegidas estarán más dispuestas a la erosión, ahuellamiento y deterioro prematuro. Su efecto aparecerá en la capa de rodadura. [47]

En la siguiente hoja de cálculo se obtendrán los espesores como propuesta de diseño.

Tabla 64. Cálculo de espesores de la estructura del pavimento

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993			
PROYECTO VÍA LA FLORESTA - SAN JUAN DE LOS DIABLOS		TRAMO :	1
		FECHA :	ENERO 2017
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES			
			DATOS
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			395.00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			28.00
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			14.75
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			104,398
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			70%
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)			-0.524
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)			0.45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			9.60
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)			0.417
Base granular (a ₂)			0.133
Subbase (a ₃)			0.108
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m ₂)			0.800
Subbase (m ₃)			0.800
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})	1.89		
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})	1.21		
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})	0.38		
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})	0.30		
		PROPUESTA	
	TEORICO	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	7.4 cm	5.0 cm	0.82
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	9.1 cm	10.0 cm	0.42
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	8.8 cm	20.0 cm	0.68
ESPESOR TOTAL (cm)		35.0 cm	1.92
DISEÑADO POR : CARLOS PEÑAFIEL			
			<i>fm</i>

Fuente: Apuntes de clase

Luego de obtener el número estructural SN se determinó una sección multicapa que provee la capacidad de soporte equivalente al número estructural del diseño estructural.

$$SN = a_1D_1 + 12D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Donde:

a1, a2, y a3= coeficientes estructurales de la carpeta asfáltica, base, y sub-base.

D1, D2 y D3= espesores de carpeta asfáltica, base y sub-base.

m2 y m3= Coeficiente de drenaje de base y sub-base.

Los espesores D1 y D2 tienen valores de referencia mínimos, dados en pulgadas, dichos valores están relacionados con el valor de ejes equivalentes acumulados.

Tabla 65. Espesores mínimos D1 y D2 en función del tráfico W18

TRÁFICO W18	CONCRETO ASFALTICO, D1	CAPA BASE, D2
<50000	1.0 (o tratamiento superficial)	10
50001 a 150000	2.0	10
150001 a 500000	2.5	10
500001 a 2000000	3.0	15
2000001 a 7000000	3.5	15
7000001	4.0	15

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993 [45]

Como tuvimos un W18 de 104398, entonces los valores mínimos serán:

$$D_1=2.0 \text{ cm.}$$

$$D_2= 10 \text{ cm.}$$

Los espesores de sub-base de la siguiente tabla hacen referencia al Método de diseño del Reino Unido para pavimentos de adoquines de hormigón. Se los considera como referencia para el verificar las dimensiones de las capas de la estructura del pavimento.

[51]

Tabla 66. Espesor (mm) de la sub base (adaptado de BSI, 2001a)

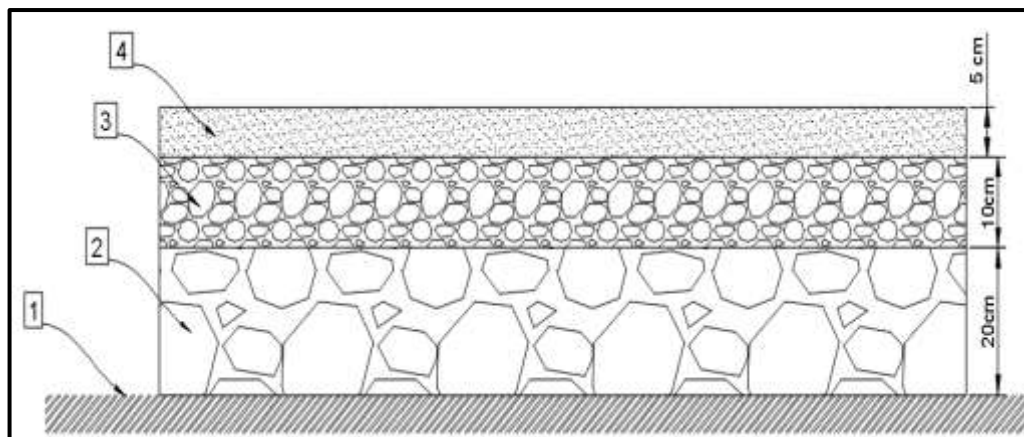
Nivel de tránsito (EE/día)	Espesor (mm) de la sub base granular según el CBR (%) de la subrasante					
	2	3	4	5-10	10-15	15-30
<60	250	190	160	150	150	150
<200	310	240	210	180	150	150
<500	350	270	230	200	160	150
<1000	400	310	270	225	180	150
>1000	450	350	310	270	240	225

Fuente: Análisis de métodos de diseño de pavimentos de adoquines de hormigón [51]

Propuestas:

Alternativa 1 con capa asfáltica

Gráfico 36. Capas de la estructura del pavimento



Fuente: Autor

- 1: Subrasante
- 2: Sub-base = 20 cm.
- 3: Base = 10 cm.
- 4: Capa de rodadura = 5 cm

Para el uso de los materiales se deberá tener en cuenta los siguientes parámetros:

Para sub-base clase III

Este tipo de sub-bases contienen agregados naturales y procesados, los cuales deben cumplir con la granulometría mostrada en la siguiente tabla: [49]

Tabla 67. Especificaciones para sub - base

Granulometría			
Tamiz	Porcentaje de peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	Clase I	Clase II	Clase III
3" (76.2 mm)	-	-	100
2" (50.4 mm)	-	10	-
1 1/2" (38.1 mm)	100	70-100	-
Nº 4 (4.76 mm)	30-70	30-70	30-70
Nº 40 (0.425 mm)	10-35	15-40	-
Nº 200 (0.075 mm)	0-15	0-20	0-20

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes MOP 2002 [49]

El valor de límite líquido del material será menor a 25, el índice de plasticidad menor de 6 y deberá tener un CBR igual o mayor al 30%. [49]

Para base clase II

Están conformados por fragmentos de roca o gravas trituradas, con una parte de agregado grueso triturado de al menos el 50% en peso. [49]

Se debe usar agregados gruesos sin un desgaste mayor a 40 en el ensayo de abrasión. La porción de partículas que pasen el tamiz Nº 40 no tendrá plasticidad, o a su vez, tener un límite líquido menor de 25 y un índice plástico menor de 6. [49]

En la tabla 404-1.1 de las especificaciones del MOP 2002 tenemos los requisitos de granulometría para bases.

Tabla 68. Especificaciones para materiales de base

Granulometría			
Tamiz	Porcentaje de peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	Clase I		Clase II
	Tipo A	Tipo B	
2”(50.4 mm)	100	-	-
1 1/2”(38.1 mm)	70-100	100	-
1”(25.4 mm)	55-85	70-100	100
3/4”(19.0 mm)	50-80	60-90	70-100
3/8”(9.5 mm)	35-60	45-75	50-80
Nº 4 (4.76 mm)	25-50	30-60	35-65
Nº 10 (2.0 mm)	20-40	20-50	25-50
Nº 40 (0.425 mm)	10-25	10-25	15-30
Nº 200 (0.075 mm)	2-12	2-12	3-15

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes MOP 2002 [49]

- El material para base y sub-base se extraerá de la Mina Las Palmeras ubicada en San Francisco a 2Km aproximadamente del inicio del proyecto. Actualmente esta concesión no posee estudios de los materiales extraídos y comercializados, por lo que se toma como referencia los resultados obtenidos en la Tesis realizada en el año 2011 por la Srta. Jazmina Daniela Tamayo Ledesma en las Minas Santa Isabel y Trópico de Capricornio ubicadas en el sector de Madre Tierra a 35 Km aproximadamente de la Mina Las Palmeras. El material de estas minas son similares, pues son extraídas de las riveras del cauce del Rio Pastaza, por este motivo se hizo referencia a los resultados de los estudios de estas.

Tabla 69. Resultados de ensayos en las minas de referencia

ENSAYOS	MINA SANTA ISABEL	MINA TRÓPICO DE CAPRICORNIO
Peso unitario suelto del agregado fino	1.42 gr/cc	1.41 gr/cc
Peso unitario suelto del agregado grueso	1.44 gr/cc	1.45 gr/cc
Peso unitario compactado del agregado fino	1.58 gr/cc	1.57 gr/cc
Peso unitario compactado del agregado grueso	1.68 gr/cc	1.67 gr/cc
Densidad real del agregado grueso	2.65 gr/cc	2.66 gr/cc
Densidad real del agregado fino	0.64%	0.64%
Capacidad de absorción del agregado grueso	2.56 gr/cc	2.58 gr/cc
Densidad real del agregado fino	0.81 gr/cc	1.03 gr/cc
Resistencia al desgaste del agregado grueso	39.3%	39.1%

Fuente: Jazmina Daniela Tamayo Ledesma [52]

Para la capa de rodadura

Tendrá como material el hormigón asfáltico, que es una mezcla de cemento asfáltico con agregados de especificaciones granulométricas mostradas a continuación:

Tabla 70. Especificaciones para materiales de la capa de rodadura

Granulometría				
Tamiz	¾"	½"	3/8"	Nº 4
1"(25.4 mm)	100	-	-	-
3/4"(19.0 mm)	90-100	100	-	-
½"(12.7 mm)	-	90-100	100	-
3/8"(9.5 mm)	56-80	-	90-100	100
Nº 4 (4.76 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	2-1	2-10	2-10

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes MOP 2002 [49]

Los materiales de la capa de rodadura deberán tener las siguientes especificaciones en los diferentes ensayos:

Tabla 71. Ensayos y especificaciones de agregados para carpeta asfáltica

Ensayo	Especificaciones
Resistencia al desgaste	≤ 40%
Resistencia a la acción de los sulfatos	< 12%
Recubrimiento	Adherencia 95%
Peladura	5%
Índice plástico	< 4%
hinchamiento	1.50%

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes MOP 2002 [49]

En nuestro país utilizamos un cemento asfáltico medio denominado AP-3 que tiene un grado de penetración de 80 a 120 décimas de milímetro. [49]

Para el ensayo Marshall se deberá cumplir con los siguientes detalles según el tipo de tráfico:

Tabla 72. Criterios para el diseño Marshall

Tipo de tráfico	Muy pesado		Pesado		Medio		Liviano	
	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.
Nº de golpes /cara	35		50		75		75	
Estabilidad lbs.	2200	-	1800	-	1200		750	-
Flujo pulgadas/100	8	14	8	14	8	16	8	18
% de vacíos	3	5	3	5	3	5	3	5
% de vacíos rellenos de asfalto	65	75	65	75	65	78	70	80
Relación de filler/betún	0.8	1.2	0.8	1.2	-	-	-	-

Fuente: Ingeniería real, diseño y construcción [52]

Alternativa 2.- Doble tratamiento superficial bituminoso

Este trabajo consistirá en la construcción de dos capas de agregados embebidos en material bituminoso, sobre una base previamente imprimada o sobre una capa de rodadura existente.

El material bituminoso a utilizar podrá ser cemento asfáltico, asfaltos diluidos o emulsiones asfálticas. Los agregados consistirán de fragmentos de grava o piedra triturada, completamente secos, limpios, sólidos y resistentes, exentos de polvo, suciedad, arcilla u otras materias extrañas. Su coeficiente de desgaste a la abrasión deberá ser menor al 40% y su adhesividad será mayor al 95%. La granulometría de los agregados estará dentro de los límites indicados en la Tabla 72, para diversas graduaciones.

Tabla 73. Granulometría para agregados pétreos

TAMIZ	Porcentaje que pasa en peso a través de los tamices de malla cuadrada					
	A	B	C	D	E	F
38.10mm	100					
25.400mm	90-100	100				
19.000mm	20-55	90-100	100			
12.700mm	0-5	20-55	90-100	100		
9.500mm		0-5	20-55	90-100	100	
4.750mm			0-5	20-55	90-100	100
2.380mm				0-5	20-55	90-100
1.190mm					0-5	20-55
0.600mm						0-5
0.075mm	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes MOP 2002 [49]

Tabla 74. Tipo de tratamiento y cantidades de materiales (E.)

Tipo de tratamiento	Agregados - kilogramos						Emulsión Litros
	A	B	C	D	E	F	
TSB-1							
Capa Única						14-16	1.4-2.0
TSB-2A							
Primera capa				11-14			0.9-1.6
Segunda capa					8-11		0.7-1.1
TSB-2B							
Primera capa			14-16				1.4-2.0
Segunda capa					8-11		0.7-1.1
TSB-2C							
Primera capa		22-27					1.8-2.3
Segunda capa				11-14			0.9-1.6
TSB-3							
Primera capa	15-18						0.9-1.4
Segunda capa		7-9					1.6-2.3
Tercera capa				5-6			1.1-1.6

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes MOP 2002 [49]

3.7.5. Drenaje

3.7.5.1. Diseño de cunetas

Las normas para el diseño geométrico de carreteras del MOP 2003 sugieren una cuneta con los siguientes detalles geométricos:

Sección: triangular

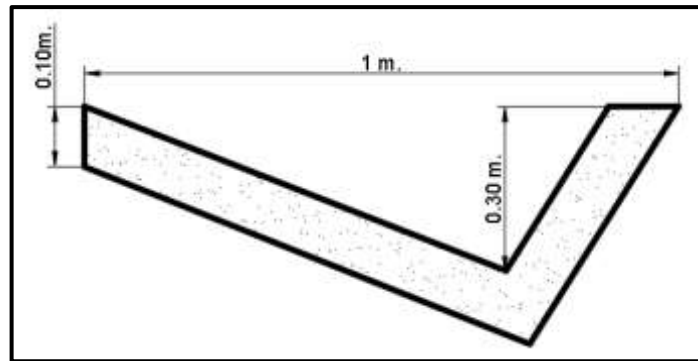
Ancho: 90 cm.

Profundidad: 30 cm.

Espesor: 10 cm

Material: hormigón de $f_c = 180 \text{ Kg/cm}^2$

Gráfico 37. Geometría de la cuneta



Fuente: Autor

Para el diseño se consideró una cuneta trabajando con una sección llena, calculando los siguientes parámetros:

- **Área mojada (A_m)**

$$A_m = \frac{b * h}{2}$$

$$A_m = \frac{0.9 * 0.3}{2}$$

$$A_m = 0.135 \text{ m}^2$$

- **Perímetro mojado (P_m)**

$$P_m = \sqrt{0.05^2 + 0.30^2} + \sqrt{0.85^2 + 0.30^2}$$

$$P_m = 1.205 \text{ m}^2$$

- **Radio hidráulico (R_h)**

$$R_h = \frac{A_m}{P_m}$$

$$Rh = \frac{0.135m}{1.205m}$$

$$Rh = 0.112$$

Según la fórmula de Manning se tiene:

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = A * V$$

Ec. de continuidad

Donde:

V: velocidad media del agua dada en m/seg

n: coeficiente de rugosidad de Manning

R: Radio Hidráulico

J: pendiente en m/m

Q: caudal en m³/seg

A: área mojada de la sección en m²

Tabla 75. Coeficientes de Manning para diferentes superficies

Canales y zanjas	Coeficiente
Revestidos de concreto	0.016
Tierra alineados y uniformes	0.0225
Roca lisos y uniformes	0.033

Fuente: Sociedad estándares de ingeniería para aguas y suelos [53]

$$V = \frac{1}{0.016} * 0.112^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 14.52 * J^{\frac{1}{2}}$$

Si igualamos las ecuaciones se tendrá:

$$Q = 0.135 * 14.52 * J^{\frac{1}{2}}$$

Tabla 76. Velocidades y caudales con diferentes valores de pendientes

J	V (m/seg)	Q (m3/seg)
0,005	1,030	0,139
0,010	1,450	0,196
0,015	1,780	0,240
0,020	2,050	0,277
0,025	2,300	0,310
0,030	2,510	0,340
0,035	2,720	0,367
0,040	2,900	0,392
0,045	3,080	0,416
0,050	3,250	0,438
0,055	3,410	0,460
0,060	3,560	0,480
0,065	3,700	0,500
0,070	3,840	0,519
0,075	3,980	0,537
0,080	4,110	0,554
0,085	4,230	0,571
0,090	4,360	0,588
0,095	4,480	0,604
0,10	4,590	0,620
0,105	4,710	0,635
0,110	4,820	0,650
0,115	4,920	0,665
0,120	5,030	0,679
0,125	5,130	0,693
0,130	5,240	0,707
0,135	5,330	0,720
0,140	5,430	0,733
0,145	5,530	0,746

Fuente: Autor

Se tomó como caudal admisible 0.733 m3/seg

- **Cálculo del caudal que debe ser desalojado**

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

Q: caudal máximo a ser desalojado (m³/seg)

C: coeficiente de escurrimiento

I: intensidad de precipitación (mm/h)

A: área de drenaje en hectáreas (Ha)

Tabla 77. Valores de escorrentía

Por la topografía	C
Plana con pendiente 0.2-0.6 m/Km	0.3
Moderada con pendientes de 3.0-4.0 m/Km	0.2
Colinas con pendientes 30-50 m/Km	0.1
Por el tipo de suelo	C
Arcilla compacta impermeable	0.1
Combinación de limo y arcilla	0.2
Suelo limo arenoso no muy compactado	0.4
Por capa vegetal	C
Terrenos cultivados	0.1
Bosques	0.2

Fuente: Normas de Diseño geométrico de Carreteras, MOP 2003 [11]

$$C = 1 - (C_{top.} + C_{suel.} + C_{c.v.})$$

$$C = 1 - (0.1 + 0.4 + 0.2)$$

$$C = 0.3$$

Se tomó los datos meteorológicos de la estación Río Verde (PV-0004), del Cantón Baños de Agua Santa, ya que es la más cercana al proyecto. Según el INHAMI la estación registro en el 2015 una precipitación anual de 3459.60 mm, y una precipitación máxima diaria de 78.50 mm. [54]

Para el cálculo de la intensidad se tiene la siguiente fórmula:

$$I = \frac{4.14 * T^{0.18} * Pmax}{t^{0.58}}$$

Donde:

I: Intensidad
 T: Período de retorno (10 años)
 t: tiempo de precipitación (minutos)
 Pmax: Precipitación máxima (78.50 mm)

Se utiliza la ecuación de Kirpich del tiempo de concentración en lugar del de precipitación:

$$tc = 0.0195 * \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

$$H = L * i$$

Donde:

tc: tiempo de concentración (minutos)
 L: longitud del área de drenaje (metros)
 H: desnivel entre el inicio de la cuenca y el punto de descarga (metros)
 i: pendiente

Como longitud crítica se considera un tramo de 400 metros en donde se encuentra la pendiente más pronunciada de 14%, esto debido a la complejidad del terreno montañoso del proyecto.

$$H = L * i$$

$$H = 400m * 14\%$$

$$H = 56m$$

- **Tiempo de concentración**

$$tc = 0.0195 * \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

$$tc = 0.0195 * \left(\frac{400^3}{56} \right)^{0.385}$$

$$tc = 4.19 \text{ minutos}$$

- **Intensidad**

$$I = \frac{4.14 * T^{0.18} * Pmax}{t^{0.58}}$$

$$I = \frac{4.14 * 10^{0.18} * 78.50}{4.19^{0.58}}$$

$$I = 214.28 \text{ mm/h}$$

- **Área de drenaje**

$$A = (\text{ancho del carril} + \text{cuneta}) * L$$

$$A = (3 + 1) * 400$$

$$A = 1600 \text{ m}^2 = 0.1600 \text{ Ha}^2$$

- **Caudal máximo**

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

$$Q = \frac{0.30 * 214.28 * 0.16}{360}$$

$$Q = 0.0285 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Entonces:

$$Q_{adm} > Q_{max}$$

$$0.733 \text{ m}^3/\text{seg} > 0.0285 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Como el caudal a ser desalojado es menor al caudal admisible, se concluyó que el dimensionamiento de las cunetas es el indicado.

3.7.5.2. Diseño de alcantarillas

La función de las alcantarillas es drenar aguas permanentes, estacionarias o de escorrentía, hacia sitios predeterminados. [11]

- Diámetro mínimo: 8" (200 mm)
- El diámetro para el diseño se lo tomará de 1.20 m.
- Velocidad de escurrimiento: en el rango de 6 y 15 m/minutos.
- Profundidad de la tubería mínima:

Para tráfico normal hasta 1 m,

Para tráfico pesado: 1.20 m.

Para el diseño de alcantarillas se usa la siguiente ecuación:

$$B = \frac{0.183 * C * A^{\frac{3}{4}} * I}{100}$$

Donde:

B: Área libre de la alcantarilla en m²

A: Área de drenaje en Ha²

i: Intensidad de precipitación pluvial en mm/hora

C: Coeficiente de escorrentía

El valor del coeficiente C será igual a 1 debido a que en nuestro proyecto se tiene un suelo rocoso con pendientes abruptas. [11]

- Cálculo de la intensidad i:

$$i = \frac{389}{tc^{0.49}}$$

$$tc = \frac{L}{Ve}$$

L = 400 m (longitud del área drenada.

$$tc = \frac{400m}{15m/min}$$

$$tc = 26.67min$$

$$i = \frac{389}{26.67^{0.49}}$$

$$i = 77.84mm/hora$$

- Diámetro de la sección

$$B = \frac{0.183 * C * A^{\frac{3}{4}} * i}{100}$$

$$B = \frac{0.183 * 1 * 18.90^{\frac{3}{4}} * 77.84}{100}$$

$$B = 1.29m^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * B}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 1.29}{\pi}}$$

$$D = 1.28m(\text{calculado})$$

$$D = 1.50m(\text{asumido})$$

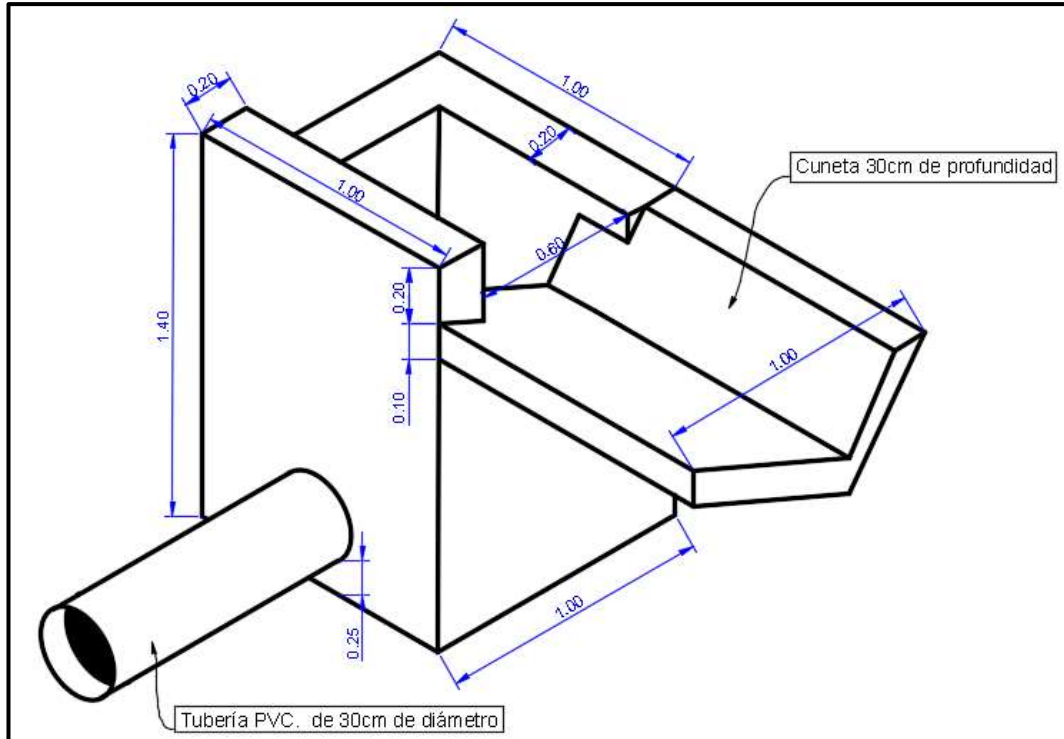
En la siguiente tabla se están las diferentes obras de drenaje con sus abscisas, diámetros calculados y tipos de cabezales. Los gráficos siguientes muestran los detalles de cada cabezal tipo.

Tabla 78. Obras de drenaje

Nº	Descripción	Abscisa	Área de cuenca en Ha.	Área calculada en m2.	Diámetro calculado en m.	Diámetro asumido m.	Tipo de cabezal
1	alc.	0+518	18,90	1,29	1,28	1,50	Tipo 4
2	alc.	0+828	88,42	4,11	2,29	2,40	Tipo 6
3	alc.	1+108	1,91	0,23	0,54	0,80	Tipo 1
4	paso de agua	1+343	0,14	0,03	0,20	0,30	C.P.A.
5	paso de agua	1+715	0,12	0,03	0,19	0,30	C.P.A.
6	alc.	2+000	51,61	2,74	1,87	2,00	Tipo 5
7	paso de agua	2+056	0,08	0,02	0,17	0,30	C.P.A.
8	alc.	2+138	4,05	0,41	0,72	0,80	Tipo 1
9	alc.	2+450	5,70	0,53	0,82	1,00	Tipo 2
10	alc.	3+068	1,37	0,18	0,48	0,80	Tipo 1
11	paso de agua	3+673	0,14	0,03	0,20	0,30	C.P.A.
12	paso de agua	4+047	0,18	0,04	0,22	0,30	C.P.A.
13	paso de agua	4+513	0,24	0,05	0,25	0,30	C.P.A.
14	alc.	5+157	4,30	0,43	0,74	0,80	Tipo 1
15	alc.	5+643	11,15	0,87	1,05	1,20	Tipo 3
16	paso de agua	6+102	0,17	0,04	0,22	0,30	C.P.A.
17	paso de agua	6+611	0,20	0,04	0,23	0,30	C.P.A.
18	paso de agua	7+230	0,24	0,05	0,25	0,30	C.P.A.
19	paso de agua	7+730	0,19	0,04	0,23	0,30	C.P.A.

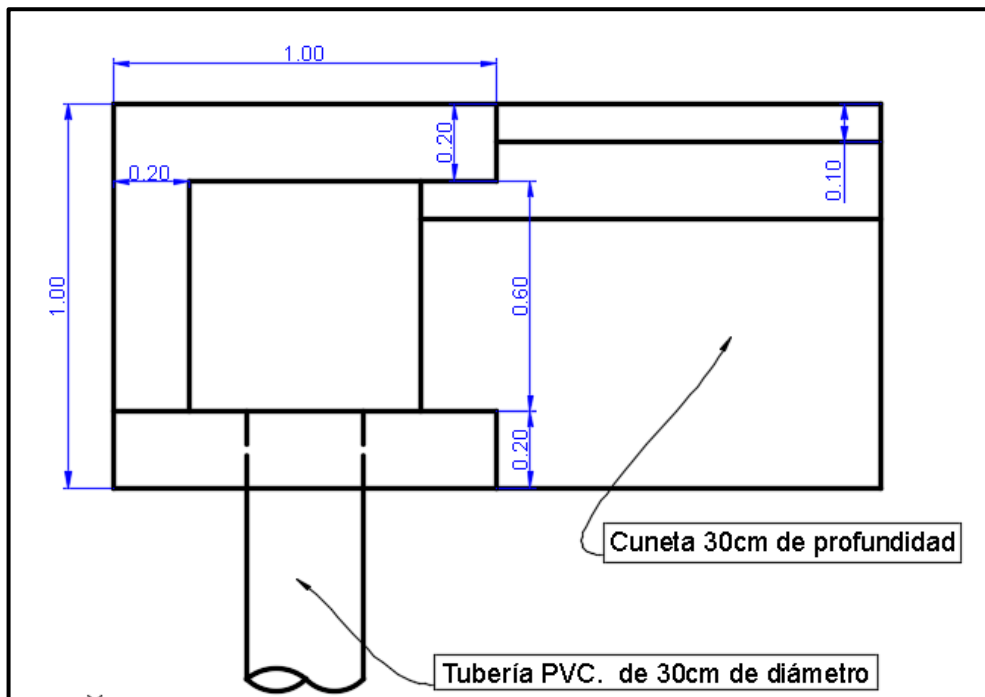
Fuente: Autor

Gráfico 38. Cabezal de pasos de agua (C.P.A)



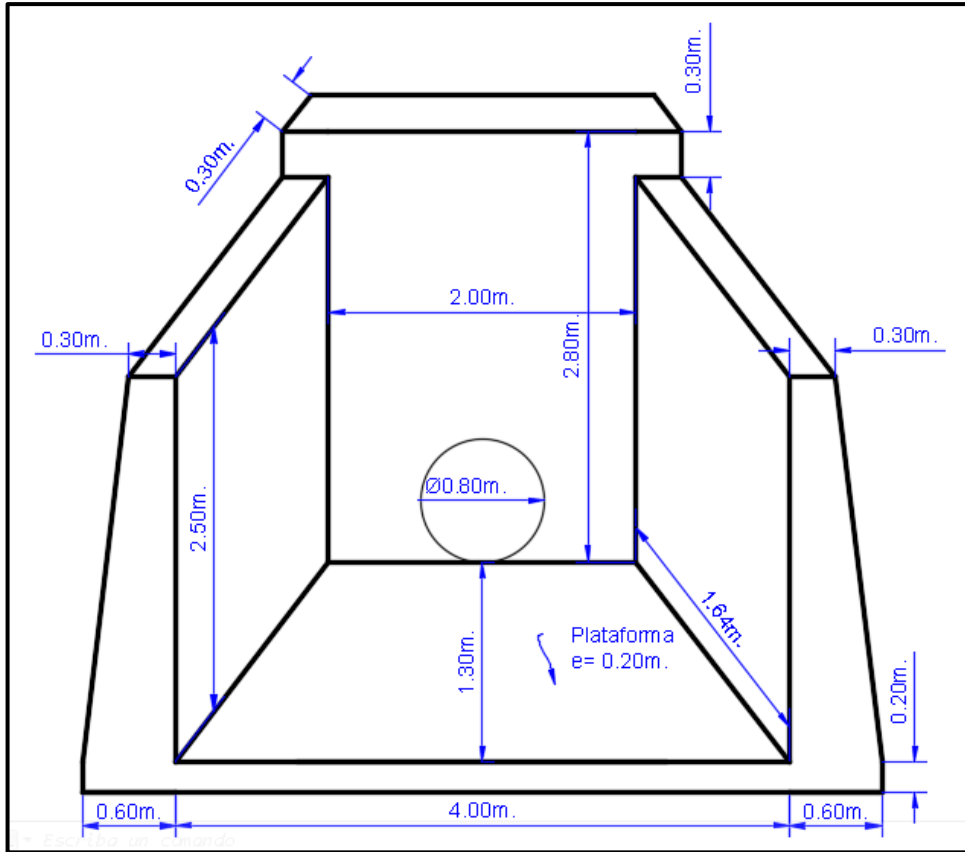
Fuente: Autor

Gráfico 39. Vista superior de la caja de paso de agua.



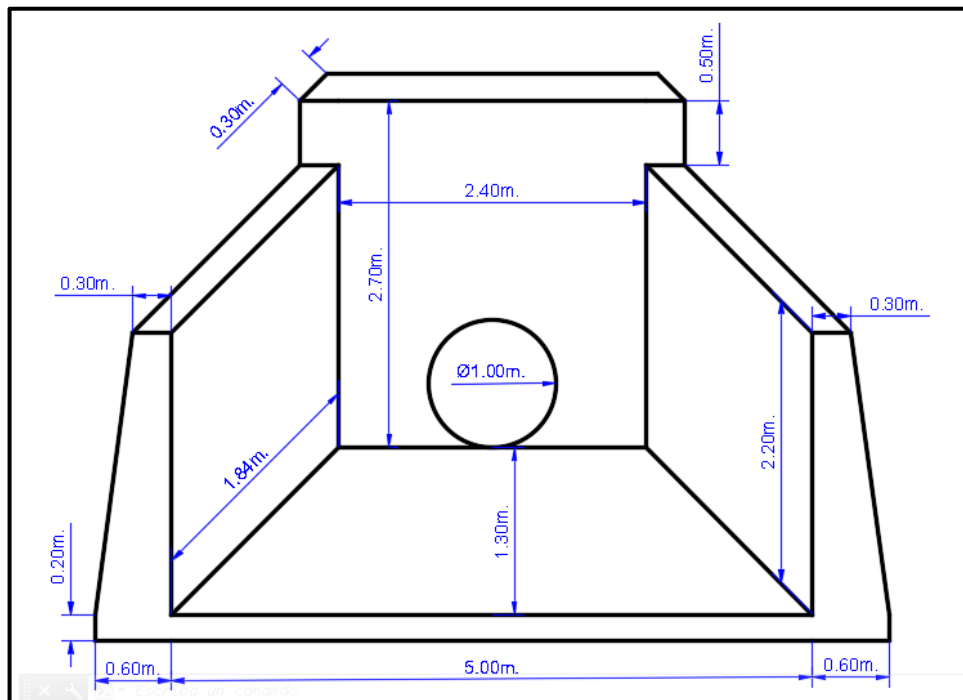
Fuente: Autor

Gráfico 40. Cabezal tipo 1



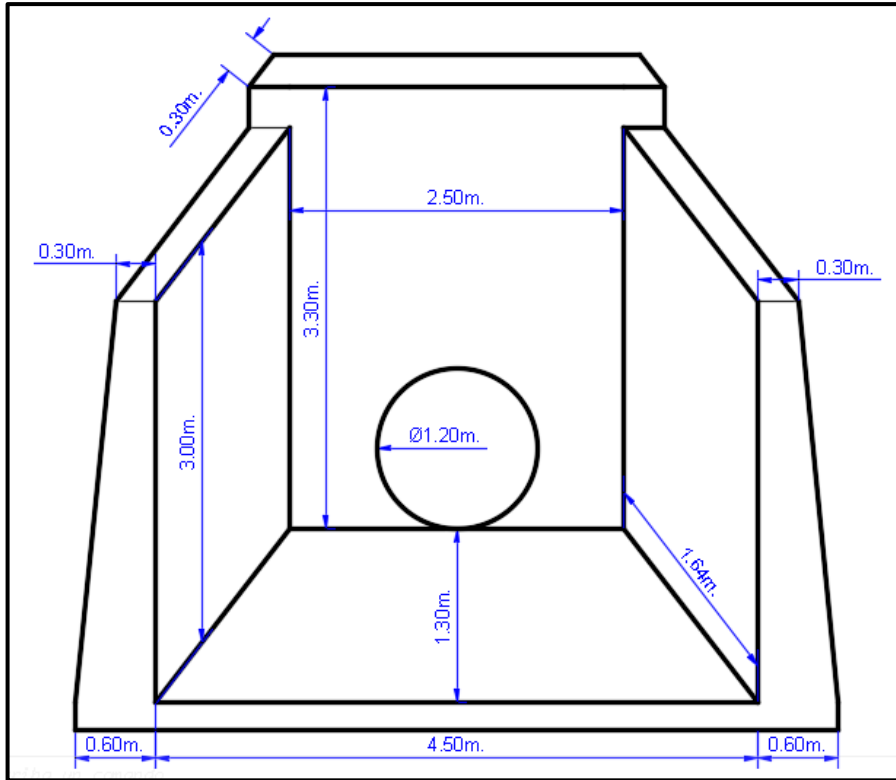
Fuente: Autor

Gráfico 41. Cabezal tipo 2



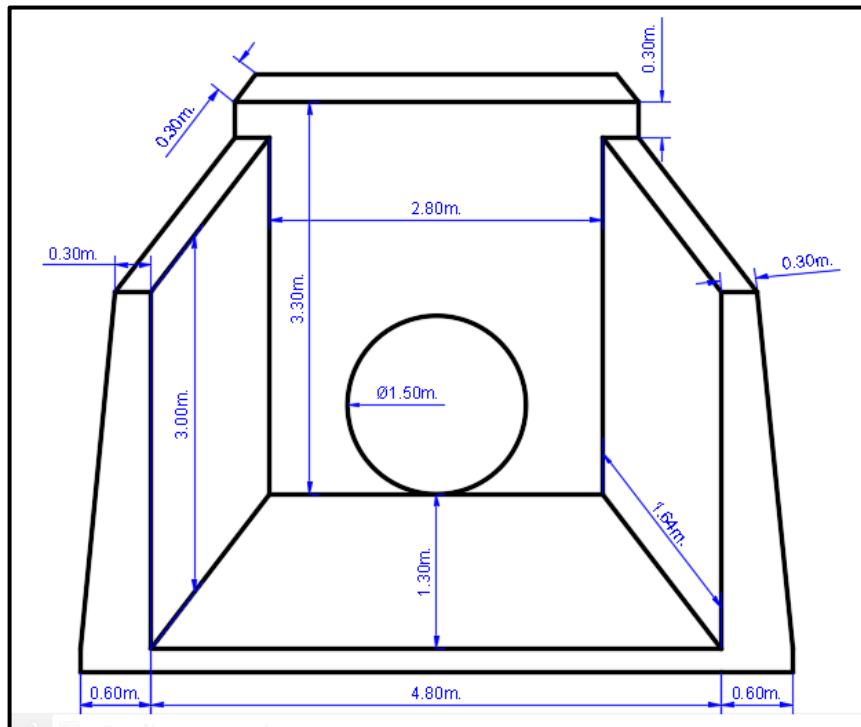
Fuente: Autor

Gráfico 42. Cabezal tipo 3



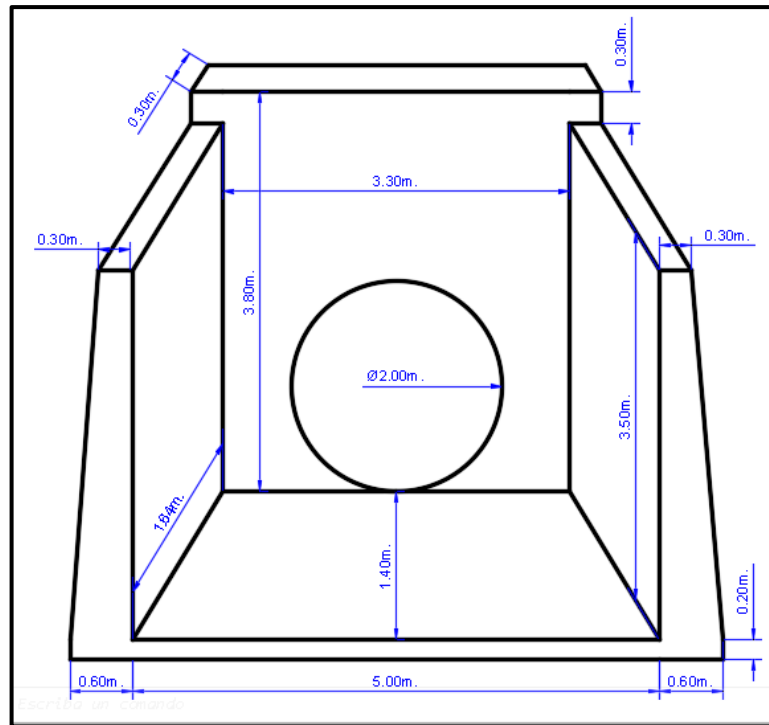
Fuente: Autor

Gráfico 43. Cabezal tipo 4



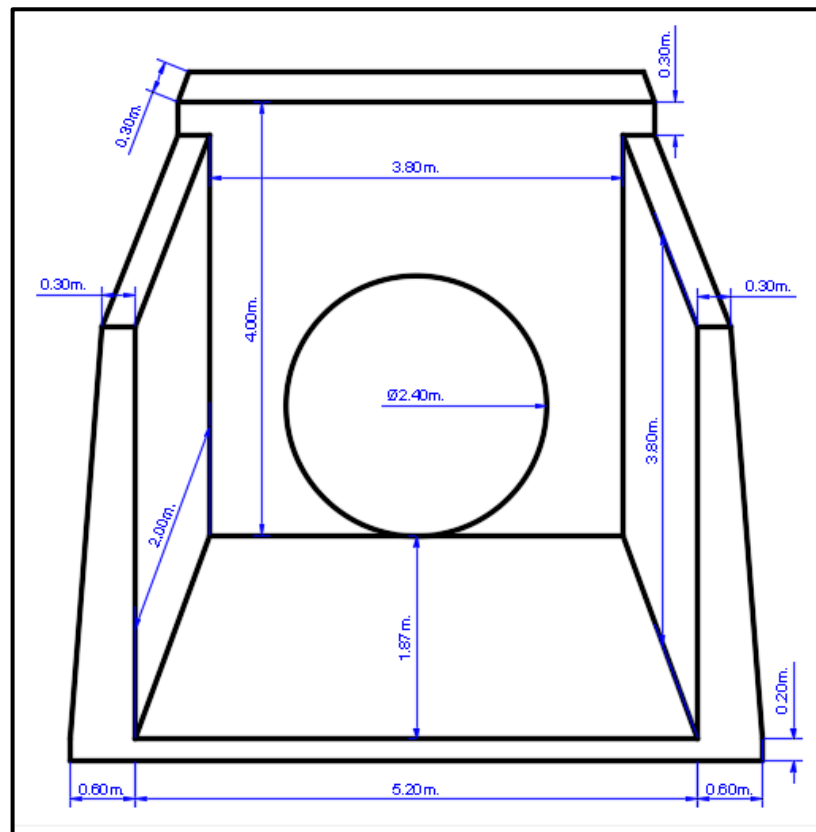
Fuente: Autor

Gráfico 44. Cabezal Tipo 5



Fuente: Autor

Gráfico 45. Cabezal Tipo 6



Fuente: Autor

3.8. PRESUPUESTO.

El presupuesto es un cómputo anticipado del costo de una obra o de los gastos que se emplearán en un determinado proyecto. [55]

3.8.1. Volúmenes de obra

- **Desbroce, desbosque y limpieza**

Unidad: Ha

$\text{Km } 8+042 * 30 \text{ m de ancho de faja} = 241260 \text{ m}^2 = 24.13 \text{ Ha.}$

- **Replanteo y nivelación**

Unidad: Km

Longitud: 8042 metros = 8.042 Km

- **Excavación sin clasificar (incluye desalojo)**

Unidad: m^3

Volumen de corte: 18687.38 m^3

- **Relleno natural compactado (incluye desalojo)**

Unidad: m^3

Volumen de relleno: 8385.15 m^3

- **Conformación y compactación de la subrasante**

Unidad: m^2

Ancho de la calzada = 6.00m

Longitud: 8042 m.

Área total: $6.00\text{m} * 8042\text{m} = 48252 \text{ m}^2$

- **Material de Sub-base clase 3**

Unidad: m³

Volumen de agregado= 0.20m * 8042m * 6.00m * 1.10 (factor de sobre ancho) = 9650.4m³

- **Material de Base clase 2**

Unidad: m³

Volumen de agregado= 0.10m * 8042m * 6.00m * 1.10 (factor de sobre ancho)= 5307.72m³

- **Carpeta asfáltica e = 5cm (incluye imprimación con asfalto RC250 y transporte)**

Unidad: m²

Área= 8042m*6.00m*1.10(factor de sobreancho)= 53077.2m²

- **Doble tratamiento bituminoso**

Unidad: m²

Área= 8042m*6.00m*1.10(factor de sobreancho)= 53077.2m²

- **Cunetas de Hormigón f'c=180Kg/cm²**

Unidad: ml

Longitud Total = 8042 m

- **Hormigón f'c=180 Kg/cm².**

Para pasos de agua:

10 cajones para pasos de agua

1.204m³ cada cajón= 10*1.204m³= 12.04m³

- **Hormigón ciclópeo 60% H.S. $f'c= 180\text{Kg/cm}^2$**

Cabezales de entrada y salida

TIPO	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	TOTAL m^3
Volumen m^3 salida y entrada	13.48	14	16.58	17	20.5	25.56	107.12
Número	4	1	1	1	1	1	9
Volumen m^3	53.92	14	16.58	17	20.5	25.56	147.56

Volumen total= $147.56m^3$

- **Tubería PVC 300mm**

Unidad: ml

Longitud total = 10 pasos de agua * 10m. = 100ml

- **Tubería metálica corrugada D=0.80m, 1.00m, 1.20m, 1.50m, 2.00m y 2.40m**

Unidad: ml

Diámetro en m.	0.80	1.00	1.20	1.50	2.00	2.40
Longitud m	10	10	10	10	10	10
Número	4	1	1	1	1	1
Longitud total ml	40	10	10	10	10	10

- **Señales en el pavimento.**

Unidad: Km

Longitud de vía: 8042 m

Líneas continuas: 3

Longitud total = $3*8042= 24126\text{ m} = 24.13\text{ Km}$

- **Señales informativas (2.40 x 1.20)m**

Unidad: U

Según estudio: 3

- **Señalización vertical (0.60x0.60)m**

Unidad: U

Según estudio: 80

- **Material excedente**

Volumen de corte – volumen de relleno = $18687.38\text{m}^3 - 8385.15\text{m}^3 = 10302.23\text{m}^3$

3.8.2. Presupuesto referencial

Tabla 79. Presupuesto con carpeta asfáltica

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
PROYECTO: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LOS SECTORES LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
ELABORADO: PEÑAFIEL CARLOS					
FECHA: Marzo 2017					
TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS					
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
1	DESBROCE, DESBOSQUE Y LIMPIEZA	Ha	20.60	554.83	11,429.50
2	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	Km	8.04	309.64	2,489.51
3	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICAR	m3	18687.38	1.72	32,142.29
4	RELLENO NATURAL COMPACTADO (INCLUYE DESALOJO)	m3	8385.15	3.14	26,329.37
5	CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE	m2	48252.00	1.04	50,182.08
6	MATERIAL DE SUB - BASE CLASE 3	m3	9650.40	15.18	146,493.07
7	MATERIAL DE BASE CLASE 2	m3	5307.72	17.13	90,921.24
8	CARPETA ASFÁLTICA e=0,05m (INCLUYE IMPRIMACIÓN CON ASFALTO RC 250 Y TRANSPORTE)	m2	53077.20	11.14	591,280.01
9	CUNETAS DE HORMIGÓN f _c = 180Kg/cm ²	ml	8042.00	13.04	104,867.68
10	HORMIGÓN f _c = 180Kg/cm ²	m3	12.04	166.09	1,999.72
11	HORMIGÓN CICLÓPEO 50% HS FC 180Kg/cm ² +40% PIEDRA	m3	147.56	142.10	20,968.28
12	TUBERÍA PVC 300mm	ml	100.00	35.09	3,509.00
13	TUBERÍA DE ACERO CORRUGADA D=0,80 m	ml	40.00	132.55	5,302.00
14	TUBERÍA DE ACERO CORRUGADA D=1,00 m	ml	10.00	159.43	1,594.30
15	TUBERÍA DE ACERO CORRUGADA D=1,20 m	ml	10.00	183.67	1,836.70
16	TUBERÍA DE ACERO CORRUGADA D=1,50 m	ml	10.00	223.09	2,230.90
17	TUBERÍA DE ACERO CORRUGADA D=2,00 m	ml	10.00	263.22	2,632.20
18	TUBERÍA DE ACERO CORRUGADA D=2,40 m	ml	10.00	495.78	4,957.80
19	SEÑALES EN EL PAVIMENTO	Km	24.13	450.22	10,863.81
20	SEÑALES INFORMATIVAS (240X1,20)	U	3.00	253.95	761.85
21	SEÑALIZACIÓN VERTICAL (0,60X0,60)	U	80.00	115.17	9,213.60
22	MATERIAL EXCEDENTE	m3	10302.23	2.41	24,828.37
				TOTAL:	1,146,833.28
<p>Total : Un millón ciento cuarenta y seis mil ochocientos treinta y tres dólares con veinte y ocho centavos</p> <p>Peñafiel Carlos ELABORADO</p> <p>BAÑOS DE AGUA SANTA MARZO 2017</p>					

Fuente: Autor

Tabla 80. Presupuesto referencial con doble tratamiento superficial bituminoso

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
PROYECTO: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LOS SECTORES LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
ELABORADO: PEÑAFIEL CARLOS					
FECHA: Marzo 2017					
TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS					
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
1	DESBROCE, DESBOSQUE Y LIMPIEZA	Ha	20.60	554.83	11,429.50
2	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	Km	8.04	309.64	2,489.51
3	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICAR	m3	18687.38	1.72	32,142.29
4	RELLENO NATURAL COMPACTADO (INCLUYE DESALOJO)	m3	8385.15	3.14	26,329.37
5	CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE	m2	48252.00	1.04	50,182.08
6	MATERIAL DE SUB - BASE CLASE 3	m3	9650.40	15.18	146,493.07
7	MATERIAL DE BASE CLASE 2	m3	5307.72	17.13	90,921.24
8	DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO (INCLUYE BARRIDO, MEZCLA, TRANSPORTE, TENDIDO Y COMPACTACIÓN.	m2	53077.20	6.09	323,240.15
9	CUNETAS DE HORMIGÓN Fc = 180Kg/cm2	ml	8042.00	13.04	104,867.68
10	HORMIGÓN Fc = 180Kg/cm2	m3	12.04	166.09	1,999.72
11	HORMIGÓN CICLÓPEO 50% HS FC 180Kg/cm2+40% PIEDRA	m3	147.56	142.10	20,968.28
12	TUBERÍA PVC 300mm	ml	100.00	35.09	3,509.00
13	TUBERÍA DE ACERO CORRUGADA D=0,80 m	ml	40.00	132.55	5,302.00
14	TUBERÍA DE ACERO CORRUGADA D=1,00 m	ml	10.00	159.43	1,594.30
15	TUBERÍA DE ACERO CORRUGADA D=1,20 m	ml	10.00	183.67	1,836.70
16	TUBERÍA DE ACERO CORRUGADA D=1,50 m	ml	10.00	223.09	2,230.90
17	TUBERÍA DE ACERO CORRUGADA D=2,00 m	ml	10.00	263.22	2,632.20
18	TUBERÍA DE ACERO CORRUGADA D=2,40 m	ml	10.00	495.78	4,957.80
19	SEÑALES EN EL PAVIMENTO	Km	24.13	450.22	10,863.81
20	SEÑALES INFORMATIVAS (240X1,20)	U	3.00	253.95	761.85
21	SEÑALIZACIÓN VERTICAL (0,60X0,60)	U	80.00	115.17	9,213.60
22	MATERIAL EXCEDENTE	m3	10302.23	2.41	24,828.37
				TOTAL:	878,793.42
Total : Ochocientos setenta y ocho mil setecientos noventa y tres dólares con cuarenta y dos centavos					
Peñafiel Carlos					
ELABORADO			BAÑOS DE AGUA SANTA MARZO 2017		

Fuente: Autor

- Aplicando un tratamiento superficial bituminoso doble, existe un ahorro de 268039.86 dólares.

3.8.4. Especificaciones técnicas

a. Desbroce, desbosque y limpieza

Este trabajo se lo realizara por medios manuales y mecánicos, incluyendo la zocola, tala, repique y cualquier otro procedimiento que dé resultados satisfactorios. Se efectuará en un ancho de 30 metros. Se deberán removerse y deshacerse todos los troncos, tocones, raíces y vegetación en general.

En zonas de relleno mayores a 2 m, la altura de corte de árboles no será mayor a 20 cm, los arbustos y maleza se eliminaran por completo. Para áreas fuera del límite de construcción, la altura de corte de troncos no deberá ser mayor a 30 cm. mientras que la remoción de arbustos no será necesaria. No se permitirá depositar los desechos del desbroce y limpieza dentro del derecho de vía.

Medición y pago

La cantidad de desbroce, desbosque y limpieza se medirá por hectáreas, el precio constituirá la compensación total por la eliminación, retiro, desecho y transporte de todos los materiales provenientes del trabajo.

b. Replanteo y nivelación

Se entenderá por replanteo el proceso de trazado, y marcado de puntos importantes, trasladando los datos de los planos al terreno y marcarlos adecuadamente, tomando en consideración la base para las medidas (puntos de referencia) como paso previo a la construcción del proyecto.

Se realizara en el terreno el replanteo de todas las obras de movimientos de tierras, estructura y albañilería, señaladas en los planos.

Medición y pago

Las cantidades de trabajo de este rubro se medirán por kilómetro.

c. Excavación sin clasificar

Es la excavación y desalojo que se realiza de todos los materiales que se encuentran durante el trabajo, en cualquier tipo de terreno y en cualquier condición de trabajo, es decir inclusive excavaciones en fango, suelo, marginal y roca.

Medición y pago

La medición será por metros cúbicos. Se deberá incluir la excavación necesaria para la construcción de la obra básica, la excavación de roca o material inadecuado debajo de la sub- rasante. Los precios constituirán la compensación total por excavaciones y disposiciones del material.

d. Relleno natural compactado (incluye desalojo)

El relleno natural compactado consistirá en el suministro, colocación y compactación del material seleccionado, de acuerdo a los límites y niveles señalados en los planos o fijados. También comprenderá el suministro, colocación y compactación del material seleccionado de relleno, en sustitución de los materiales inadecuados que se puedan encontrar al realizar la excavación para cimentar la carretera.

El material excavado que se considere no adecuado para el uso como relleno para la vía se empleará en los terraplenes o, de ser considerado que tampoco es adecuado para tal uso, se lo desechará. No se considerará la disposición de este material.

Medición y pago

La medición se lo realizara en metros cúbicos, y constituirá todo el volumen de relleno de acuerdo a los diseños del proyecto.

e. Excavación para cunetas y encausamientos

Este trabajo consistirá en la excavación para la construcción de zanjas dentro y adyacentes a la zona del camino, para recoger y evacuar las aguas superficiales. Las cunetas y encauzamientos serán construidas de acuerdo al alineamiento, pendiente y sección transversal señalados en los planos.

Medición y pago

Las cantidades a pagarse por la excavación de cunetas y encauzamientos serán aquellas medidas en la obra por trabajos ordenados y aceptablemente ejecutados. La unidad de medida será el m³.

f. Conformación y compactación de la sub- rasante

Este trabajo consistirá en el acabado de la plataforma del camino a nivel de subrasante, de acuerdo con las presentes Especificaciones y de conformidad con los alineamientos, pendientes y secciones transversales señalados en los planos.

Para la realización de estos trabajos deberán estar concluidos excavación y relleno para la plataforma, todas las alcantarillas, obras de arte y construcciones conexas e inclusive el relleno para estructuras.

Después de que la plataforma del camino haya sido sustancialmente terminada, será acondicionada en su ancho total, retirando cualquier material blando o inestable que no pueda ser compactado debidamente, y será reemplazado con suelo seleccionado, luego de lo cual, toda la plataforma será conformada y compactada. De ser necesario, se harán trabajos de escarificación, emparejamiento, rastrillada, humedecimiento u aireación, además de la conformación y compactación para lograr una plataforma del camino perfectamente compactada y conformada, de acuerdo con las cotas y secciones transversales señaladas en los planos.

Medición y pago

La cantidad a pagarse por el acabado de la obra básica existente, será el número de metros cuadrados medidos a lo largo del eje del camino de la plataforma, aceptablemente terminada, de acuerdo a los requerimientos.

g. Materiales de sub- base, base y carpeta asfáltica

Las especificaciones de los materiales que se utilizaran se encuentran en la sección 3.7.4.2 del presente proyecto.

Medición y pago

Para el material de base y sub- base se medirán en metros cúbicos, mientras que el rubro de carpeta asfáltica de espesor 5 cm que incluye el transporte e imprimación con asfalto RC250 se medirá en metros cuadrados.

h. Hormigones

Se entiende por hormigón al producto endurecido resultante de la mezcla de: cemento Portland, agua y agregados pétreos (áridos), en proporciones adecuadas; a esta mezcla pueden agregarse aditivos con la finalidad de obtener características especiales determinadas en los diseños.

El hormigón de 210 kg/cm² está destinado al uso en secciones de estructura o estructuras no sujetas a la acción directa del agua o medios agresivos, secciones masivas ligeramente reforzadas, muros de contención.

El hormigón de 180 kg/cm² se usa generalmente en secciones masivas sin armadura, bloques de anclaje, collarines de contención, replantillos, contrapisos, pavimentos, bordillos, aceras.

El Hormigón ciclópeo estará constituido por un 40 % de piedras del tipo especificado en la sección respectiva y un 60% de hormigón en volumen, de la clase indicada en los planos y demás elementos del Proyecto, ordenado por la Inspección.

Medición y pago

El hormigón será medido en metros cúbicos con 2 decimales de aproximación, determinándose directamente en la obra las cantidades correspondientes.

i. Tubería PVC 300 mm

Este trabajo consistirá en el suministro e instalación de alcantarillas y otros conductos de tubería de PVC, de las clases, tamaños y dimensiones estipulados. Serán instalados en los lugares señalados en los, de acuerdo con las presentes especificaciones y de conformidad con los alineamientos y pendientes indicados.

La tubería deberá ser instalada en una zanja excavada con alineación y pendiente. El fondo de la zanja deberá ser conformado por una capa de espesor mínimo 10 cm, de material granular libre de piedras y compactado de tal manera que provea una base sólida y uniforme a todo lo largo del tubo.

Medición y pago

La medición se efectuará a lo largo de la tubería instalada, en metros lineales. Los precios constituirán la compensación total por el suministro, transporte, colocación, instalación, acople y comprobación de la tubería, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, necesarios para la ejecución de los trabajos descritos en esta sección.

j. Tuberías de acero corrugado

Este trabajo consistirá en el suministro e instalación de alcantarillas de metal corrugado de los tamaños, tipos, calibre, espesores y dimensiones indicados en los planos, y de

acuerdo con las presentes especificaciones. Serán colocados en los lugares con el alineamiento y pendiente señalados en los planos.

Los tubos deberán ser colocados en una zanja excavada de acuerdo con la alineación y pendiente indicadas en los planos. El fondo de la zanja deberá ser preparado en tal forma que ofrezca un apoyo firme y uniforme a todo lo largo de la tubería.

De acuerdo con los planos, los muros de cabezal y cualquier otra estructura a la entrada y salida de la alcantarilla, deberá construirse al mismo tiempo que se coloca la tubería, de acuerdo con los planos.

Medición y pago

Las cantidades a pagarse por tubería de metal corrugado serán los metros lineales, medidos en la obra, de trabajos ordenados y aceptablemente ejecutados.

k. Señales de tránsito.

- **Señales en el pavimento**

Son señales o marcas efectuadas sobre la superficie de la vía, tales como líneas, símbolos, leyendas, palabras, números u otras indicaciones conocidas como señalización horizontal. Pueden ser de color blanco o amarillo.

Gráfico 46. Señalización horizontal



Fuente: Herbi-Plast [56]

Este trabajo para estas señales consistirá en la aplicación de marcas permanentes sobre el pavimento terminado, de acuerdo con estas especificaciones, disposiciones especiales, lo indicado en los planos. Las superficies en las cuales las marcas serán aplicadas, estarán limpias, secas y libres de polvo, de suciedad, de acumulación de asfalto, de grasa u otros materiales nocivos. Las franjas serán de un ancho mínimo de 10 cm. Las líneas entrecortadas tendrán una longitud de 3 m. con una separación de 9 m. Las líneas punteadas tendrán una longitud de 60 cm. con una separación de 60 cm. Las franjas dobles estarán separadas con un espaciamiento de 14 cm.

Medición y pago.

Las cantidades a pagarse serán aquellas medidas linealmente en metros o kilómetros de marcas en el pavimento, y se medirán sobre la línea eje del camino o sobre las franjas, de principio a fin, sean estas entrecortadas o continuas.

- **Señales informativas.**

Las señales informativas tienen como objetivo orientar y guiar a los usuarios, suministrando la información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más simple, segura y directa posible. Estas señales generalmente son de forma rectangular. Las palabras, símbolos y bordes de las señales de información deben ser de un color que contraste con el del fondo de color verde retroreflectivo, símbolo, orla y letras color blanco retroreflectivo.

Gráfico 47. Señales informativas



Fuente: Manual básico de señalización vial [57]

- **Señales ecológicas**

Sirven para dirigir al conductor o transeúnte a lo largo de su itinerario, proporcionándole información sobre direcciones, sitios de interés, destinos turísticos, servicios y distancias. Representan la riqueza, biodiversidad de una determinada zona en el proyecto

Gráfico 48. Señales ecológicas

ACUARIO	AGUAS TERMALES	ÁREA PROTEGIDA	ÁREA PROTEGIDA GALÁPAGOS	BOSQUE	CASCADA
					
GRUTA	LAGO	ARROYOS	MINA	OBSERVACIÓN DE AVES	PLAYA
					
RÍO NAVEGABLE	SERPENTARIO	VISTA PANORÁMICA	VIVERO	VOLCÁN	ZOOLÓGICO
					
MARIPOSARIO	TURISMO COMUNITARIO		LAGUNAS	OBSERVACIÓN DE BALLENAS	
					

Fuente: Manual básico de señalización vial [57]

- **Señales preventivas**

Sirven para alertar a los conductores de potenciales peligros que se encuentran más adelante. Muestran la necesidad de estar precavidos en caso de requerir una reducción de la velocidad de circulación o de realizar alguna otra maniobra. En vías urbanas se instalan a una distancia mínima de 100 m antes del peligro y a 150 m en vías rurales (carreteras).

A excepción de pocas, todas las señales tienen forma de rombo (cuadrado con diagonal vertical), con un símbolo y/o leyenda de color negro y orla negra sobre un fondo amarillo.

Gráfico 49. Señales preventivas



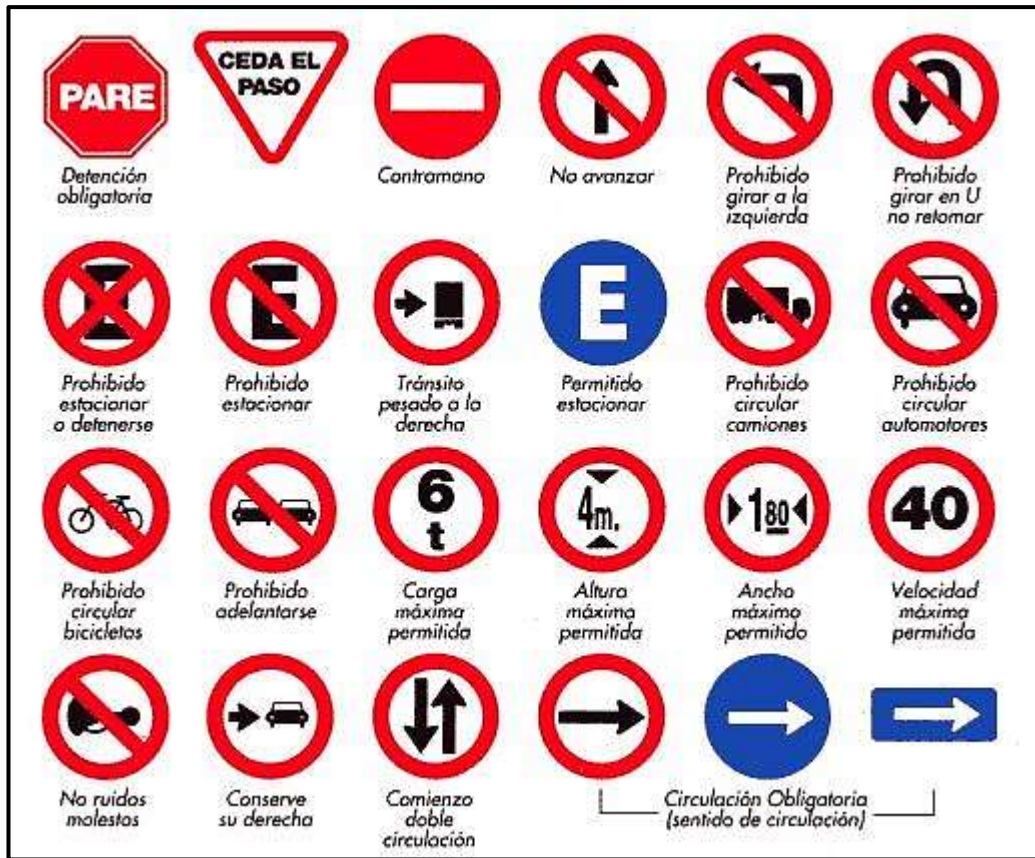
Fuente: Blogicars [58]

- **Señales regulatorias**

Las señales regulatorias tienen como fin informar a los usuarios de las vías las preferencias en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes, cuyo incumplimiento constituye una contravención de tránsito.

La mayoría de las señales regulatorias son de forma rectangular con el eje mayor vertical y tienen, orla, leyenda y/o símbolos negros sobre fondo blanco. En lo posible se utilizan símbolos y flechas para ayudar en la identificación y aclarar las instrucciones.

Gráfico 50. Señales regulatorias



Fuente: Señales de tránsito [59]

El trabajo de colocación de estas señalizaciones consistirá en el suministro e instalación de las mismas, adyacentes a la carretera, de acuerdo a los requerimientos del diseño vial.

Los postes y astas se colocarán en huecos cavados a una profundidad requerida para su debida sujeción, conforme se indique en el estudio.

Medición y pago

Las cantidades a pagarse por las señales colocadas a lado de la carretera, serán las unidades completas, aceptablemente suministradas y colocadas en esto está incluido el transporte, la fabricación e instalación de las mismas.

I. Material excedente

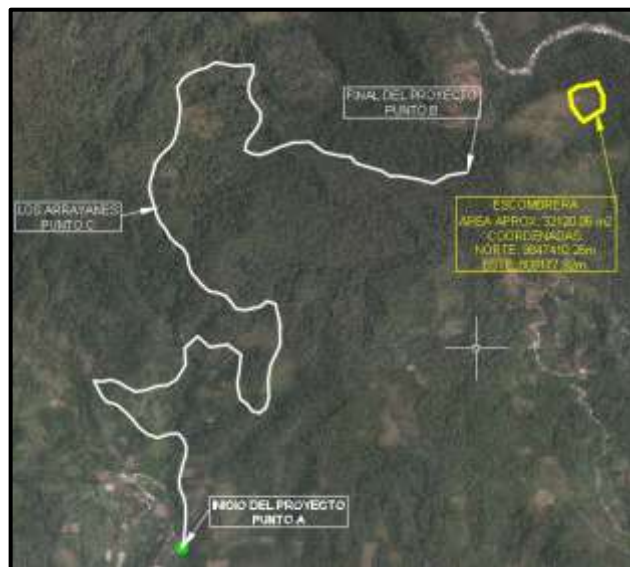
Comprende la ubicación, tratamiento y mantenimiento de las zonas de escombreras o botaderos, que recibirán los restos o residuos de cortes en la vía, materiales pétreos desechados, suelos contaminados, y otros con características similares a los señalados, así como también los materiales inadecuados y excedentes. [49]

Por ningún motivo los desechos indicados serán arrojados a los cauces naturales ni a media ladera; estos serán almacenados en sitios previamente identificados en la evaluación de impactos ambientales. La ficha de impacto ambiental para escombreras se encuentra en la sección de anexos. [49]

El material excedente de la obra, será trasladado y depositado en estos sitios por medio de volquetes, para luego ser tendido y nivelado con una motoniveladora. A fin de lograr una adecuada compactación deberá realizarse por lo menos 4 pasadas de tractor de orugas y en las capas anteriores a la superficie definitiva por lo menos 10 pasadas. Una vez alcanzada la capacidad de diseño, colocar una capa de 30 cm de material orgánico. [49]

Se escoge como posible zona de escombrera la que se muestra en el siguiente gráfico:

Gráfico 51. Ubicación de escombrera (alternativa)



Fuente: Autor

Nota: La ubicación de esta área de depósito de material excedente es tentativa. Para una selección definitiva se deberá realizar el estudio ambiental de la zona de menor impacto al medio ambiente.

3.8.5. Viabilidad económica

La evaluación económica de los proyectos consiste en un análisis diferencial entre una “situación de referencia” sin proyecto con una “situación de proyecto” con el proyecto realizado. Ambas situaciones se proyectan de manera independiente durante todo el periodo de vida útil del proyecto, tanto del punto de vista técnico (evolución de las características de la carretera) como económico (crecimiento del tráfico). A partir de los flujos anuales de costos y beneficios se calculan los indicadores económicos siguientes: [60]

- El Valor Actual Neto (VAN).
- La Tasa Interna de Retorno (TIR).

Se considera el 12% como tasa de actualización de la corriente de beneficios y costos, tasa que es considerada el costo de oportunidad del capital. [60]

- **Inversión**

Es el valor del presupuesto referencial. En el caso de este proyecto se obtuvo dos cantidades correspondientes a cada alternativa de capa de rodadura, la primera con una carpeta asfáltica con 1'122,004.91 dólares, y la segunda con un doble tratamiento superficial bituminoso con 850,249.64 dólares.

- **Costos de operación.**

Se consideró este rubro correspondiente al mantenimiento rutinario, se tomó como referencia el valor de un trabajador que realice mantenimiento vial (microempresas). [60]

Tabla 83. Costo de mano de obra (M.O) en mantenimiento vial

ÍTEM	VALOR
Salario mensual	384.72
Costo de herramientas	27.52
Valor de transporte	30.00
Valor de alimentación	150.00
Valor seguro	46.74
Valor por extras	15.00
COSTO MENSUAL DE M.O.	653.98

Fuente: Resumen ejecutivo de viabilidad de proyectos [60]

Tabla 84. Costo anual de mantenimiento

ÍTEM	UNIDAD	CANTIDAD
Costo mensual de M.O	Usd	653.98
Trabajadores	Unid.	10.00
Meses del año	Mes	12.00
Costo anual de mantenimiento	Usd	78477.60
Longitud	Km	8.04
Costo por Km	Usd/Km	9760.89

Fuente: Resumen ejecutivo de viabilidad de proyectos [60]

- **Beneficios.**

El proyecto permitirá integrar nuevas zonas productivas. Los costos del proyecto se derivan de los costos evitados por costo de operación vehicular, los ingresos por activación turística y revaloración de activos. [60]

Beneficios por ahorro en los costos de operación vehicular.- Se genera por el ahorro de combustible, mantenimiento neumáticos, depreciación y lubricantes con la implementación del proyecto. Se presenta la fórmula y los datos calculados en la Tabla 85.

$$A = L * T * H * N$$

Donde:

A: Ahorro en costo de operación vehicular.

L: Longitud de la vía en Km.=8.04 Km

T: TPDA.= 50 vehículos livianos y 11 vehículos pesados

H: Ahorro en operación por tipo de vehículo.

N: 365 días del año.

Según la Tesis del Sr. Ortuño Flores, José Fredy el ahorro de los costos de operación (H), para un proyecto vial similar, se calcula un factor de ahorro de 1.14 para vehículos livianos y 0.92 para vehículos pesados de dos ejes (pesados). Estos valores se los obtuvo mediante una comparación de gastos de un vehículo tipo, con la diferencia sin el proyecto y con el proyecto. [62]

Entonces:

$$A = L * T * H * N$$

$$A = 8.04 * 50 * 1.14 * 365$$

$$A = \$ 167272.20 \text{ para livianos}$$

$$A = L * T * H * N$$

$$A = 8.04 * 11 * 0.92 * 365$$

$$A = \$ 29698.15 \text{ para pesados}$$

Tabla 85. Beneficios por costo de operación vehicular

AÑOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	TOTAL
2017	167272.20	0.00	29698.152	196970.35
2018	173963.09	0.00	32397.984	206361.07
2019	180653.98	0.00	32397.984	213051.96
2020	183999.42	0.00	32397.984	216397.40
2021	190690.31	0.00	32397.984	223088.29
2022	197381.20	0.00	32397.984	229779.18
2023	204072.08	0.00	35097.816	239169.90
2024	214108.42	0.00	35097.816	249206.23
2025	214108.42	0.00	35097.816	249206.23
2026	220799.30	0.00	35097.816	255897.12
2027	227490.19	0.00	35097.816	262588.01
2028	234181.08	0.00	35097.816	269278.90
2029	244217.41	0.00	37797.648	282015.06
2030	250908.30	0.00	37797.648	288705.95
2031	250908.30	0.00	37797.648	288705.95
2032	260944.63	0.00	37797.648	298742.28
2033	267635.52	0.00	37797.648	305433.17
2034	274326.41	0.00	37797.648	312124.06
2035	284362.74	0.00	40497.48	324860.22
2036	287708.18	0.00	40497.48	328205.66

Fuente: Tesis José Ortuño [63]

Beneficios por turismo.- La zona constituye un sector de varios atractivos turísticos. Para su cálculo se consideró la información del Plan de ordenamiento territorial de la Parroquia Río Negro, con una población turística aproximada de 1220 personas semanales, se asignó un 11% que corresponde a San Francisco, de los cuales se tomó un 10% para los sectores Floresta y San Juan de los Diablos. Los datos se presentan en la Tabla 86. [61]

Se tomó un crecimiento anual conservador del 10 %. [62]

Población turística aproximada de Río Negro: 1220 personas semanales

$$1220*4 = 4880 \text{ personas/mes}$$
$$4880*12 = 58560 \text{ personas/año}$$

Población turística San Francisco (11%):

$$58560*0.11 = 6442 \text{ personas/año}$$

Población turística proyectada para La Floresta y San Juan de los Diablos (10% de San Francisco):

$$6442*.10 = 644.2 = 645 \text{ personas/año}$$

Gastos:

Hospedaje: \$40.00
Alimentación: \$45.00
Transporte: \$50.00
Total: \$135.00 aprox.

Tabla 86. Beneficio generado por turismo

AÑOS	TURISMO		COSTO SERVICIO	BENEFICIO
	# TURISTAS San Francisco	# TURISTAS PROY. La Floresta Y San Juan	USD	USD
2016	6442.00	645.00	135.00	87075.00
2017	7087.00	709.00	148.50	105286.50
2018	7796.00	780.00	163.35	127413.00
2019	8576.00	858.00	179.69	154169.73
2020	9434.00	944.00	197.65	186584.90
2021	10378.00	1038.00	217.42	225680.77
2022	11416.00	1142.00	239.16	273121.56
2023	12558.00	1256.00	263.08	330424.47
2024	13814.00	1382.00	289.38	399929.36
2025	15196.00	1520.00	318.32	483850.87
2026	16716.00	1672.00	350.16	585459.55
2027	18388.00	1839.00	385.17	708329.02
2028	20227.00	2023.00	423.69	857120.48
2029	22250.00	2225.00	466.06	1036975.97
2030	24475.00	2448.00	512.66	1254997.25
2031	26923.00	2693.00	563.93	1518659.46
2032	29616.00	2962.00	620.32	1837391.85
2033	32578.00	3258.00	682.35	2223107.67
2034	35836.00	3584.00	750.59	2690110.39
2035	39420.00	3942.00	825.65	3254703.32
2036	43362.00	4337.00	908.21	3938917.58

Fuente: Resumen ejecutivo de viabilidad de proyectos [60]

Beneficios por revaloración de predios.- Tomando en cuenta que el área de influencia inmediata considerada como área cultivable, actualmente se cotiza a un precio promedio de 5,000.00 dólares por hectárea.

Tabla 87. Revalorización de predios

Longitud en metros	8,042.00	
Área total en m ²	1,608,400.00	
Área total en hectáreas	160.84	
Costo		
Costo actual en dólares por Ha	1,000.00	160,840.00
Costo revalorizado (dólares/hectárea)	1,500.00	241,260.00
Beneficio dólares/hectárea	500.00	80,420.00
BENEFICIO TOTAL EN DÓLARES		80,420.00

Fuente: Resumen ejecutivo de viabilidad de proyectos [60]

- **Flujo económico con la alternativa 1 (carpeta asfáltica)**

Tabla 88. Flujo de caja con presupuesto de carpeta asfáltica

n	AÑOS	BENEFICIOS			COSTOS DE INVERSIÓN		FLUJO DE CAJA	FLUJO NETO DE CAJA
		COSTO EVITADO	TURISMO	REVALORIZACIÓN	INVERSIÓN	COSTO DE OPERACIÓN		
0	2016				1146833.28		-1146833.28	-1146833.28
1	2017	196970.35	105286.50	80420.00			382676.85	341675.76
2	2018	206361.07	127413.00			9760.89	324013.18	258301.32
3	2019	213051.96	154169.73			9760.89	357460.80	254433.54
4	2020	216397.40	186584.90			9760.89	393221.42	249899.32
5	2021	223088.29	225680.77			9760.89	439008.17	249105.02
6	2022	229779.18	273121.56			9760.89	493139.85	249839.99
7	2023	239169.90	330424.47			9760.89	559833.48	253240.24
8	2024	249206.23	399929.36			9760.89	639374.71	258232.72
9	2025	249206.23	483850.87			9760.89	723296.21	260827.86
10	2026	255897.12	585459.55			9760.89	831595.78	267751.58
11	2027	262588.01	708329.02			9760.89	961156.14	276309.42
12	2028	269278.90	857120.48			9760.89	1116638.49	286613.29
13	2029	282015.06	1036975.97			9760.89	1309230.14	300041.76
14	2030	288705.95	1254997.25			9760.89	1533942.31	313874.99
15	2031	288705.95	1518659.46			9760.89	1797604.52	328415.62
16	2032	298742.28	1837391.85			9760.89	2126373.24	346857.54
17	2033	305433.17	2223107.67			9760.89	2518779.94	366846.04
18	2034	312124.06	2690110.39			9760.89	2992473.56	389140.04
19	2035	324860.22	3254703.32			9760.89	3569802.65	414478.28
20	2036	328205.66	3938917.58			9760.89	4257362.36	441346.98
							VAN =	\$4,960,398.04
							TIR =	39%

Fuente: Resumen ejecutivo de viabilidad de proyectos [60]

- **Flujo económico con la alternativa 2 (D.T.S.B)**

Tabla 89. Flujo de caja con presupuesto de D.T.S.B.

n	AÑOS	BENEFICIOS			COSTOS DE INVERSIÓN		FLUJO DE CAJA	FLUJO NETO DE CAJA
		COSTO EVITADO	TURISMO	REVALORIZACIÓN	INVERSIÓN	COSTO DE OPERACIÓN		
0	2016				878793.42		-878793.42	-878793.42
1	2017	196970.35	105286.50	80420.00			382676.85	341675.76
2	2018	206361.07	127413.00			9760.89	324013.18	258301.32
3	2019	213051.96	154169.73			9760.89	357460.80	254433.54
4	2020	216397.40	186584.90			9760.89	393221.42	249899.32
5	2021	223088.29	225680.77			9760.89	439008.17	249105.02
6	2022	229779.18	273121.56			9760.89	493139.85	249839.99
7	2023	239169.90	330424.47			9760.89	559833.48	253240.24
8	2024	249206.23	399929.36			9760.89	639374.71	258232.72
9	2025	249206.23	483850.87			9760.89	723296.21	260827.86
10	2026	255897.12	585459.55			9760.89	831595.78	267751.58
11	2027	262588.01	708329.02			9760.89	961156.14	276309.42
12	2028	269278.90	857120.48			9760.89	1116638.49	286613.29
13	2029	282015.06	1036975.97			9760.89	1309230.14	300041.76
14	2030	288705.95	1254997.25			9760.89	1533942.31	313874.99
15	2031	288705.95	1518659.46			9760.89	1797604.52	328415.62
16	2032	298742.28	1837391.85			9760.89	2126373.24	346857.54
17	2033	305433.17	2223107.67			9760.89	2518779.94	366846.04
18	2034	312124.06	2690110.39			9760.89	2992473.56	389140.04
19	2035	324860.22	3254703.32			9760.89	3569802.65	414478.28
20	2036	328205.66	3938917.58			9760.89	4257362.36	441346.98
							VAN =	\$5,228,437.90
							TIR =	47%

Fuente: Resumen ejecutivo de viabilidad de proyectos [60]

El criterio para la evaluación económica se presenta de la siguiente manera:

- El valor del VAN es mayor de cero, con una tasa de descuento de 12%, en los dos casos, el proyecto es viable.
- El valor de la tasa interna de retorno, en los dos casos, es mayor a la tasa de actualización del flujo (12%), lo que significa que la inversión en el proyecto garantiza el retorno a través de los beneficios que recibirán los usuarios de la vía.

3.9. MEDIDAS AMBIENTALES.

3.9.1. Nombre del Proyecto

Ficha ambiental y Plan de manejo Ambiental para el estudio de la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos de la Parroquia Río Negro del Cantón Baños de Agua Santa, Provincia de Tungurahua

3.9.2 Ficha Ambiental

3.9.2.1 Identificación del Proyecto

Tabla 90. Identificación del Proyecto

Localización del Proyecto:	Provincia:	Tungurahua
	Cantón:	Baños de Agua Santa
	Parroquia:	Río Negro

Auspiciado por:		Ministerio de:	
		Gobierno Provincial:	
	X	Gobierno Municipal:	Baños de Agua Santa
		Org:	
		Otro:	

Tipo de Proyecto:		Abastecimiento del agua potable
		Agricultura, pesca o ganadería
		Amparo y bienestar social
		Educación
		Electrificación
		Hidrocarburos
		Industria y Comercio
		Minería
		Salud
		Saneamiento Ambiental
		Turismo
	X	Vialidad y transporte
		Otros

Descripción resumida		
La zona considerada para el presente para el estudio de la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos de la Parroquia Río Negro del Cantón Baños de Agua Santa, Provincia de Tungurahua		
Nivel de los estudios técnicos del proyecto:		Idea o pre-factibilidad
		Factibilidad
	X	Definitiva

Categoría del proyecto:	X	Construcción
		Rehabilitación
		Ampliación y mejoramiento
		Mantenimiento
	X	Equipamiento
		Capacitación
		Apoyo
		Otro

3.9.2.2 Características de áreas de influencia

- **Caracterización del Medio Físico**
 - **Localización**

Tabla 91. Localización

Región Geográfica:		Costa
		Sierra
	X	Oriente
		Insular
Coordenadas:		Geográfica
	X	UTM
		Superficie del área de influencia directa
Altitud:		A nivel del mar
		Entre 0 y 500 msnm
	X	Entre 501 y 2300 msnm
		Entre 2300 y 3000 msnm
		Entre 3000 y 4000 msnm
		Más de 4000 msnm

Clima

Tabla 92. Temperatura

Temperatura:		Cálido-seco (0 – 500 msnm)
		Cálido-húmedo (0-500 msnm)
	X	Subtropical (500 -2300 msnm)
		Templado (2300 – 3000 msnm)
		Frío (3000 -4000 msnm)
		Menor a 0°C en altitud (> 4500 msnm)

- **Geología, geomorfología y suelos**

Tabla 93. Suelos

Ocupación Actual del Área de Influencia:	X	Asentamientos humanos
	X	Áreas agrícolas y ganaderas
		Áreas ecológicas protegidas
	X	Bosques naturales o artificiales
	X	Fuentes hidrológicas y cauces naturales
		Manglares
		Zonas arqueológicas
		Zonas con riquezas hidro - carburífera
		Zonas con riquezas minerales
	X	Zonas de potencial turístico
		Zonas inestables con riesgo sísmico
		Otra:
Pendiente del suelo:		Llano (Terreno plano, pendientes menores al 30%)
		Ondulado (Terreno ondulado, pendientes suaves entre el 30% y 100%)
	X	Montañoso (Terreno quebrado pendientes mayores al 100%)
Tipo de suelo:	X	Arcilloso
	X	Arenoso
		Semi-duro
		Arenoso
Calidad de suelo:	X	Fértil
		Semi-fértil
		Erosionado
	X	Saturado
		Otro:
Permeabilidad del suelo:	X	Altas (El agua se infiltra fácilmente en el suelo)

		Medias (El agua tiene ciertos problemas para infiltrarse)
		Bajas (El agua queda detenida el charco)

Condiciones de drenaje:		Muy buenas	No existen estancamientos de agua, aún en época lluviosa
	X	Buena	Existen estancamientos de agua que se forman durante las lluvias, pero que se desaparecen en las pocas horas de cesar las precipitaciones.
		Malas	Las condiciones son malas. Existente estancamientos de agua, aún en épocas cuando no llueve.

- **Hidrología**

Tabla 94. Hidrología

Fuente:	X	Agua Superficial
		Agua Subterránea
		Agua de Mar
Nivel freático:	X	Alto
		Profundo
Precipitaciones:		Altas Lluvias fuertes y constantes
	X	Medias Lluvias en época invernal o esporádicas
		Bajas Casi ni llueve en la zona

➤ **Caracterización del Medio Físico**

- **Ecosistemas**

Tabla 95. Ecosistemas

Tipos de Ecosistemas:		Paramo
	X	Bosque Pluvial
		Bosque Nublado
		Bosque seco tropical
		Ecosistemas marinos
		Ecosistemas cutres

- Flora

Tabla 96. Flora

Tipo de cobertura vegetal:	X	Bosques
		Arbustos
		Pastos
	X	Cultivos
		Matorrales
		Sin vegetación
Importancia de la cobertura vegetal:	X	Común del sector
		Rara o endémica
		En peligro de extinción
		Protegida
		Intervenida
Usos de la vegetación:	X	Alimenticio
	X	Comercial
		Medicinal
		Ornamental
		Construcción
		FUENTE: de semilla
		Mitológico
		Otro:

- Fauna Silvestre

Tabla 97. Fauna Silvestre

Tipología:	X	Micro fauna
	X	Insectos
	X	Anfibios
	X	Peces
	X	Reptiles
	X	Aves
	X	Mamíferos
	Importancia:	X
		Rara o única especie
		Frágil
		En peligro de extinción

➤ **Caracterización del Medio Socio-Cultural**

• **Demografía**

Tabla 98. Demografía

Nivel de consolidación del área de influencia:		Urbana
		Periférica
	X	Rural
Características étnicas de la población:	X	Mestizos
		Indígenas
		Negros
		Otros:

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- El desarrollo socio económico de los sectores La Floresta y San Juan de los Diablos, está relacionada a la facilidad y comodidad del transporte en sus actividades agrícolas y turísticas, por lo que el estudio para la apertura de una vía que unan estas dos comunidades se justificó para resolver esta necesidad.
- Se trazó tres rutas utilizando la línea de ceros, con una pendiente mínima de 10%, se escogió la Ruta 1 como mejor opción con el Método de Bruce y otras consideraciones ambientales.
- Se efectuó un estudio de tráfico, con los datos de dos estaciones de conteo realizados durante cinco días incluido fines de semana, en un periodo de 12 horas diarias. La estación 1 se ubicó en la vía de entrada a la comunidad de La Floresta y la estación 2 en el sector de Santa Inés en la vía que conduce a San Juan de los Diablos. Dicho estudio determinó que la vía en proyección se la tome como clase IV de acuerdo a las Normas de diseño geométrico de carreteras del MOP con un TPDA proyectado de 101 vehículos.
- Se levantó una faja topográfica de 100 m de ancho aproximadamente, se hizo un análisis de pendientes y elevaciones, que determinó el terreno de tipo montañoso.
- Se determinó el valor del CBR de diseño igual a 6.4%.

- Para el diseño horizontal se tomó una velocidad de diseño igual a 40 Km/h, el radio mínimo calculado fue de 42 m, sin embargo, la Normas del MOP 2003 menciona que si el terreno es demasiado montañoso se permite diseñar las vías con radios de hasta 15 m. Se consideró también un valor igual 1 metro de sobreebanco y el peralte máximo de 8%.
- Para el diseño vertical se consideró una gradiente mínima de 0.5%, una gradiente máxima de 15%.
- Se optó como sección transversal la sugerida por la Norma MOP 2003, con un ancho de calzada de 6 m con una gradiente transversal de 2.5%.
- En el diseño de la estructura del pavimento se calculó los espesores de las diferentes capas: sub-base de 20 cm, base de 10 cm, y la capa de rodadura de 5cm.
- Se realizó el estudio hidrológico y se determinó una cuneta de 30cm de profundidad y 1m. de ancho, con 9 pasos de agua y 9 alcantarillas de diámetros de 0.80m, 1.00m, 1.20m, 1.50m, 2.00m y 2.40m.
- Se determinó el presupuesto referencial por un valor de 1´146,833.28 dólares con carpeta asfáltica, pero con un doble tratamiento superficial bituminoso se redujo a 878,793.42 dólares, obteniendo una diferencia de 268,039.86 dólares.
- Se analizó la viabilidad económica del proyecto con los dos valores presupuestados de las dos alternativas de capas de rodadura, con una tasa de actualización de flujo de 12%.
- Se obtuvo los valores del VAN (Valor Neto Actual), para la inversión con capa de asfalto 4,960,398,04 Usd y para el presupuesto con doble tratamiento superficial bituminoso 5,228,437.90 Usd; para las dos alternativas se obtuvieron valores positivos lo que indica que la rentabilidad a obtener del proyecto, supera la tasa de retorno esperada. La segunda alternativa generará un valor agregado mayor al propósito vial en el campo económico–social.

- Se calculó el valor de TIR (Tasa interna de Retorno), para la alternativa 1 (carpeta asfáltica) se obtuvo el 39% y para la alternativa 2 (doble tratamiento superficial bituminoso) un 47%; ambas superaron el valor de la tasa de actualización del flujo de caja, siendo el más rentable la opción 2.

3.2. RECOMENDACIONES.

- Socializar el proyecto con las comunidades
- Para las inspecciones se debe coordinar los recorridos con las personas que más conocimiento tengan de las condiciones del terreno, para no tener problemas luego en el trazado y en el diseño.
- Se debe recoger la mayor información sobre las actividades que se desarrollan en la zona, para tener una idea más amplia de las necesidades y beneficios que podría tener el desarrollo del proyecto.
- Para el trazado de las rutas es recomendable una faja topográfica lo suficientemente amplia para poder trazar la línea de ceros sin interrupciones a lo largo del terreno.
- Tener cuidado al tomar datos recomendados en las diferentes normas sean estas las NEVI-12 o las Normas MOP 2003, pues pueden diferir en algunas consideraciones de diseño.
- En el diseño horizontal se debe combinar curvas amplias con tangentes largas en la medida que permite el terreno, evitando un trazado zigzagueante con curvas cortas, tomando en cuenta los aspectos de seguridad y estética de la carretera.
- Para un diseño óptimo se debe tratar que los PI del alineamiento horizontal, coincidan con los PI del alineamiento vertical, manteniendo las curvas verticales dentro de las curvas horizontales, caso contrario se pondría en peligro el conductor, pues la curvatura inversa del alineamiento obstaculiza la vista por la cima..

- Es recomendable que el diseño vertical tenga alturas de relleno menores a un metro, mientras que las alturas de corte no deben ser demasiado altos, para esto el alineamiento horizontal debe ir lo más ajustado posible a la topografía del terreno.
- Los pasos de agua deben estar dirigidos hacia cauces naturales. Las alcantarillas, por su parte deben estar alineadas en la dirección del cauce y deben tener una pendiente suficiente para que no exista demasiada sedimentación.
- Se debe tomar en cuenta la reglamentación ambiental específica que rige la elaboración de proyectos viales de las áreas que se encuentran protegidas en el país. El respeto a las normas, especificaciones y la aplicación de los procedimientos presentados en la Legislación Ambiental pertinente permitirá evaluar, prevenir y mitigar los diferentes efectos ambientales que puede provocar el proyecto vial en sus etapas de construcción, operación o mantenimiento.
- Buscar alternativas para optimizar el costo del proyecto, así como se demostró en este proyecto al proponer dos soluciones en cuanto a la superficie de rodadura.
- Revisar la viabilidad económica en todos los proyectos, para tener un acercamiento a la realidad de los beneficios y costos de los mismos, antes de su ejecución.
- Realizar los estudios ambientales para la zona en la que se destinara el desalojo del material excedente de los cortes a lo largo de la carretera.

MATERIAL DE REFERENCIA

Bibliografía y páginas de internet

- [1] A. B. Orúe-Echevarría, «Asociación Española de la Carretera,» 15 Febrero 2006. [En línea]. Available: <http://www.aecarretera.com/Libro%20definitivo.pdf>.
- [2] F. S. Galindo, «Dialnet,» 2007. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/Edwin/Desktop/tesis/bibliografia/Dialnet-LasCarreterasYSuInfluenciaEnElDesarrolloEconomicoY-45385.pdf>. [Último acceso: 23 Agosto 2016].
- [3] A. Hubenthal, «Climate Community,» Agosto 2010. [En línea]. Available: [http://www.undpcc.org/docs/National%20issues%20papers/Transport%20\(mitigation\)/06_Ecuador%20NIP_transport%20mitigation.pdf](http://www.undpcc.org/docs/National%20issues%20papers/Transport%20(mitigation)/06_Ecuador%20NIP_transport%20mitigation.pdf).
- [4] V. Hernández, *Mejoramiento de la vía entre los sectores de Atahualpa y Payatambo Totorá, en el km 45 vía Ambato – Guaranda, en la Parroquia Pilahuín, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua, Ambato, 2016.*
- [5] D. Aillón, *"La infraestructura vial de los caseríos Siglulun, El Troje, El Pingue, Parroquia de Pelileo, Cantón Pelileo, Provincia de Tungurahua y su repercusión en la calidad de vida de los pobladores", Ambato, 2016.*
- [6] A. Andrade, *El sistema de comunicación vial y su influencia en la calidad de vida de los habitantes del sector Córdor pamba - La Esperanza de la Parroquia Presidente Urbina del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua, Ambato, 2015.*
- [7] D. Barba, *El sistema de comunicación terrestre entre las comunidades Rosario Yacu – Chorreras, Parroquia Veracruz, Cantón Pastaza, Provincia de Pastaza y su influencia en la calidad de vida de los habitantes, Ambato - Ecuador, 2013.*
- [8] C. Terán, *Trazado y diseño geométrico de la vía en el tramo Sector Administrativo – Pailones del IASA I, Sangolquí - Ecuador, 2006.*
- [9] J. C. Grisales, *Diseño Geométrico de Carreteras, Colombia: Ecoe ediciones, 2002.*
- [10] P. A. C. Rojas, *Diseño Geométrico de Vías, Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2011.*
- [11] MOP, *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.*

- [12] D. Templates, «Ingeniería Civil,» 2009. [En línea]. Available: <http://ingecivilcusco.blogspot.com/2009/09/sistema-de-coordenadas-universal.html#>. [Último acceso: 28 Julio 2016].
- [13] A. R. Franco, «Características de las coordenadas UTM y descripción de este tipo de coordenadas,» 11 Septiembre 1999. [En línea]. Available: http://www.elgps.com/documentos/utm/coordenadas_utm.html. [Último acceso: 28 Julio 2016].
- [14] M. L. Bonillo, «Creative Commons,» 2010. [En línea]. Available: <http://personal.us.es/leonbo/teoria/Tema14.pdf>. [Último acceso: 23 Agosto 2016].
- [15] Gema, «ciconiastur,» [blogspot.com](http://ciconiastur.blogspot.com), 16 Diciembre 2011. [En línea]. Available: http://ciconiastur.blogspot.com/2011_12_01_archive.html. [Último acceso: 23 Agosto 2016].
- [16] MTOPI, Normas para el Estudio y Diseño Vial, QUITO, 2013.
- [17] E. C. Sayago, *Manual de Carreteras*, Mexico, 2006.
- [18] I. S. N. Hudiel, «Diseño y Cálculo Geométrico de viales,» Octubre 2011. [En línea]. Available: https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/curvas-horizontales_transiciones-y-peraltes1.pdf. [Último acceso: 29 Julio 2016].
- [19] M. S. J. N. Hudiel, «Topografía I – Curvas Horizontales,» 2014. [En línea]. Available: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/unidad-vii-curvas.pdf>. [Último acceso: 29 Julio 2016].
- [20] C. Hinojosa, «Tecnocarreteras,» Tecnocarreteras, 07 Junio 2014. [En línea]. Available: <https://www.tecnocarreteras.es/2014/06/07/conociendo-un-poco-mas-acerca-de-los-peraltes-de-las-curvas/>. [Último acceso: 01 Julio 2016].
- [21] P. M. Ceciliano, «Diseño de vías de comunicación terrestre,» 20 Noviembre 2013. [En línea]. Available: <https://topoviasdecomunicacion.wordpress.com/2013/11/>. [Último acceso: 01 Agosto 2016].
- [22] J. D. Pineda, «Wikivias,» 26 Noviembre 2009. [En línea]. Available: [http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Sobreancho_en_curvas_\(seguridad_vial\)](http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Sobreancho_en_curvas_(seguridad_vial)). [Último acceso: 01 Agosto 2016].
- [23] R. M. C. H. Roldán, «Slideplayer,» 10 Junio 2015. [En línea]. Available: <http://slideplayer.es/slide/5062477/>. [Último acceso: 01 Agosto 2016].
- [24] J. Torres, «Allingeniería,» [En línea]. Available: <http://allingenieria.weebly.com/manual-de-estudio-de-una-carretera.html>. [Último acceso: 01 Agosto 2016].

- [25] «Wikivía,» wikivia.org, 22 Mayo 2009. [En línea]. Available: http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Visibilidad_de_cruce. [Último acceso: 05 Agosto 2016].
- [26] «Doble Vía,» Wordpress.com, 22 Abril 2007. [En línea]. Available: <https://doblevia.wordpress.com/2007/04/22/disenog-geometrico-en-perfil-longitudinal/>. [Último acceso: 06 Agosto 2016].
- [27] «Terminología vial,» Consevi, 2004. [En línea]. Available: <http://www.transito.go.cr/educacionvial/terminologiavial.html>. [Último acceso: 06 Agosto 2016].
- [28] I. A. Pinto, «Ingeniería Real,» CREATIVE COMMONS , 29 Enero 2016. [En línea]. Available: http://ingenieriareal.com/tipos-y-disenos-detaludes/#I_GENERALIDADES. [Último acceso: 06 Agosto 2016].
- [29] I. C. Giordan, «Pavimentos,» 2009. [En línea]. Available: https://www.firro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_ano/civil1/files/IC%20I-Pavimentos.pdf. [Último acceso: 06 Agosto 2016].
- [30] «Blog of engineering civil,» 25 Mayo 2015. [En línea]. Available: <http://dpcingenierocivil.blogspot.com/2015/05/disenomoderno-de-pavimentoapuntes-de.html>. [Último acceso: 06 Agosto 2016].
- [31] «civilgeeks,» 20 Diciembre 2011. [En línea]. Available: <http://civilgeeks.com/2011/12/28/tipos-de-pavimentos/>. [Último acceso: 06 Agosto 2016].
- [32] L. B. Blasquez, «<http://sirio.ua.es>,» 2010. [En línea]. Available: http://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/01030404.pdf. [Último acceso: 06 Agosto 2016].
- [33] AHM, «Mantenimiento de Carreteras,» blogspot.com, 15 Agosto 2007. [En línea]. Available: <http://mantenimientocarreterasyvias.blogspot.com/2007/08/alcantarillas-definicion.html>. [Último acceso: 06 Agosto 2016].
- [34] I. N. L. Sánchez, «<http://civilgeeks.com/>,» Creative Commons 2.5 , 27 Noviembre 2013. [En línea]. Available: <http://civilgeeks.com/2013/11/25/granulometria-suelos-ing-nestor-luis-sanchez/>. [Último acceso: 06 Agosto 2016].
- [35] M. I. F. M. Negrete, Mecánica de suelos elemental para Ingeniería Civil, Ambato, 2013.
- [36] Wikipedia, «wikiwand.com,» Armstrongg, 25 Agosto 2010. [En línea]. Available: http://www.wikiwand.com/es/L%C3%ADmites_de_Atterberg. [Último acceso: 09 Agosto 2016].

- [37] «Apuntes Ingeniería Civil,» blogspot.com, 13 Noviembre 2010. [En línea]. Available: <http://apuntesingenierocivil.blogspot.com/2010/11/normal-0-false-false-false.html>. [Último acceso: 09 Agosto 2016].
- [38] L. Chang, «cismid.uni.edu.pe,» Enero 2002. [En línea]. Available: http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/a_labgeo/labgeo32_p.pdf. [Último acceso: 09 Agosto 2016].
- [39] C. Villalaz, *Mecánica de suelos y cimentaciones*, Mexico: Limusa, 2004.
- [40] «Apuntes Ingeniería Civil,» Tricks-Collection , [En línea]. Available: <http://apuntesingenierocivil.blogspot.com/2011/03/i-determinacion-del-cbr-determinacion.html>. [Último acceso: 3 mayo 2017].
- [41] J. ArgotyY, «Diseño Geométrico de Carreteras,» 2016. [En línea]. Available: http://www.academia.edu/7480720/CAPITULO_III_CAPITULO_III_RUTAS_Y_LINEAS_DE_RUTAS_Y_LINEAS_DE_PENDIENTE_PENDIENTE. [Último acceso: 06 Septiembre 2016].
- [42] D. T. D. Rodas, *Diseño preliminar de un camino vecinal de aproximadamente 900 metros de longitud que enlaza dos caminos vecinales, Comuna San José, Parroquia Manglaralto, Cantón Santa Elena, Provincia -Santa Elena, Ecuador*, Cuenca, 2014.
- [43] «Cueva del Ingeniero Civil,» Bamz, 30 Marzo 2011. [En línea]. Available: <http://www.cuevadelcivil.com/2010/03/estudios-geologicos-y-geotecnicos.html>. [Último acceso: 21 Diciembre 2016].
- [44] V. Consultores, «ViajandoX,» ViajandoX Consultores, 2016. [En línea]. Available: <http://www.ec.viajandox.com/banos/parroquia-rio-negro-A156>. [Último acceso: 17 Octubre 2016].
- [45] S. A. d. O. E. d. C. y. Transportes, *Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993*, Lima, 1997.
- [46] «Laboratorios e información de Ingeniería Civil,» Blogger, 19 Febrero 2014. [En línea]. Available: <http://ingenieriacivilfacil.blogspot.com/2014/02/disenode-pavimentos-flexibles-aashto-93.html>. [Último acceso: 02 Enero 2017].
- [47] O. V. Cordo, «Civilgeeks.com,» Junio 2006. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/Edwin/Desktop/pavimentos/DISENO-DE-PAVIMENTO-METODO-AASHTO-93-ESPANOL.pdf>. [Último acceso: 02 Enero 2017].
- [48] I. F. S. Sabogal, «<http://copernico.escuelaing.edu.co/>,» [En línea]. Available: http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%2012.pdf. [Último acceso: 02 Enero 2017].
- [49] M. d. O. P. y. Comunicaciones, *Especificaciones Generales para la construcción de caminos y puentes*, Quito, Pichincha, 2002.

- [50] I. A. J. B. (PhD), «Diseño de pavimentos para vías de bajo volumen,» 2010 Agosto. [En línea]. Available: <http://www.trical.net/documentos/document87.pdf>. [Último acceso: 02 Enero 2016].
- [51] R. Bahamondel, «Análisis de métodos de diseño de pavimentos de adoquines de hormigón,» *Revista de la construcción*, vol. 12, n° 03, p. 15, 2013.
- [52] J. D. T. Ledesma, «Los agregados de las minas ubicadas junto a la vía Puyo – Madre Tierra Provincia de Pastaza y su incidencia en la resistencia del Hormigón,» Ambato, 2011.
- [53] A. Pinto, «Interpretación mezcla asfáltica Método Marshall,» CREATIVE COMMONS, 15 Noviembre 2016. [En línea]. Available: <http://ingenieriareal.com/interpretacion-para-una-mejor-mezcla-asfaltica-metodo-marshall/>. [Último acceso: 31 Enero 2017].
- [54] R. Pizarro, «Diseño de canales de agua lluvia,» [En línea]. Available: http://eias.utalca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/manuales/e_modulo_diseno_canal.es.pdf. [Último acceso: 10 Febrero 2017].
- [55] INHAMI, «<http://www.serviciometeorologico.gob.ec>,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202012.pdf>. [Último acceso: 17 Octubre 2016].
- [56] J. P. Porto, «Definición.de,» Wordpress, 2009. [En línea]. Available: <http://definicion.de/presupuesto/>. [Último acceso: 01 Marzo 2017].
- [57] «Herbi-Plast S.L.,» SGM, 2017. [En línea]. Available: <http://www.herbiplast.es/s-horizontal-carreteras.asp>. [Último acceso: 9 Marzo 2017].
- [58] Ecuador-vial.com, Manual básico de señalización vial, Quito: Ecuador-vial.com.
- [59] «Blogicars,» Arleco, 22 Febrero 2017. [En línea]. Available: <http://www.blogicars.com/2014/10/senales-preventivas-senales-de-advertencia-de-peligro/>. [Último acceso: 09 Marzo 2017].
- [60] F. D. V. P. Torres, «Señales de transito,» Blogger, 11 02 2013. [En línea]. Available: <http://conducirconprudencia.blogspot.com/>. [Último acceso: 09 Marzo 2017].
- [61] MTOP, *Resumen ejecutivo de viabilidad de proyectos*, Sigchos, 2012.
- [62] F. Ramirez, *Plan de ordenamiento territorial de la Parroquia Río Negro*, Baños de Agua Santa, 2015.

- [63] «Resultados del 2015, año de la Calidad Turística en Ecuador,» 31 diciembre 2015. [En línea]. Available: <http://www.turismo.gob.ec/resultados-del-2015-ano-de-la-calidad-turistica-en-ecuador/>. [Último acceso: 2017 mayo 9].
- [64] J. Ortuño, Diseño vial definitivo de la avenida ESCALON 2, Quito: Universidad Politécnica Salesiana, 2011.

ANEXOS

ANEXO A: CONTEO VEHICULAR

ESTACIÓN 1: LA FLORESTA

HORA	Vehículos livianos	Buses	Camiones			Total/15 min	Acumulado
			2 ejes peq.	2 ejes grds.	3 ejes.		
6:00 - 6:15						0	
6:15 - 6:30						0	
6:30 - 6:45	1					1	
6:45 - 7:00	1					1	1
7:00 - 7:15			1			1	3
7:15 - 7:30	1					1	4
7:30 - 7:45						0	3
7:45 - 8:00						0	2
8:00 - 8:15	1					1	2
8:15 - 8:30						0	1
8:30 - 8:45						0	1
8:45 - 9:00						0	1
9:00 - 9:15	1					1	1
9:15 - 9:30						0	1
9:30 - 9:45						0	1
9:45 - 10:00						0	1
10:00 - 10:15						0	0
10:15 - 10:30						0	0
10:30 - 10:45	1					1	1
10:45 - 11:00						0	1
11:00 - 11:15						0	1
11:15 - 11:30						0	1
11:30 - 11:45	1					1	1
11:45 - 12:00						0	1
12:00 - 12:15	1					1	2
12:15 - 12:30						0	2
12:30 - 12:45			1			1	2
12:45 - 13:00						0	2
13:00 - 13:15	1					1	2
13:15 - 13:30						0	2
13:30 - 13:45						0	1
13:45 - 14:00	1					1	2
14:00 - 14:15						0	1
14:15 - 14:30						0	1
14:30 - 14:45						0	1
14:45 - 15:00	1					1	1
15:00 - 15:15						0	1
15:15 - 15:30	1					1	2
15:30 - 15:45						0	2
15:45 - 16:00						0	1
16:00 - 16:15						0	1
16:15 - 16:30						0	0
16:30 - 16:45				1		1	1
16:45 - 17:00	1					1	2
17:00 - 17:15	1					1	3
17:15 - 17:30						0	3
17:30 - 17:45						0	2
17:45 - 18:00	1					1	2
TOTAL =	15	0	2	1	0	18	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



PROYECTO: APERTURA DE LA VÍA ENTRE LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS
PARROQUIA: Río Negro
CANTÓN: Baños de Agua Santa
PROVINCIA: Tungurahua
CONTEO: 12 horas
FECHA: Jueves 21 de Julio del 2016

HORA	Vehículos livianos	Buses	Camiones			Total/15 min	Acumulado
			2 ejes peq.	2 ejes grds.	3 ejes.		
6:00 - 6:15						0	
6:15 - 6:30						0	
6:30 - 6:45	1					1	
6:45 - 7:00						0	1
7:00 - 7:15	1		1			2	3
7:15 - 7:30						0	3
7:30 - 7:45						0	2
7:45 - 8:00						0	2
8:00 - 8:15						0	0
8:15 - 8:30						0	0
8:30 - 8:45						0	0
8:45 - 9:00						0	0
9:00 - 9:15						0	0
9:15 - 9:30						0	0
9:30 - 9:45						0	0
9:45 - 10:00						0	0
10:00 - 10:15						0	0
10:15 - 10:30						0	0
10:30 - 10:45						0	0
10:45 - 11:00						0	0
11:00 - 11:15						0	0
11:15 - 11:30						0	0
11:30 - 11:45	1					1	1
11:45 - 12:00	1					1	2
12:00 - 12:15						0	2
12:15 - 12:30						0	2
12:30 - 12:45	1					1	2
12:45 - 13:00	1					1	2
13:00 - 13:15						0	2
13:15 - 13:30						0	2
13:30 - 13:45						0	1
13:45 - 14:00						0	0
14:00 - 14:15						0	0
14:15 - 14:30						0	0
14:30 - 14:45				1		1	1
14:45 - 15:00						0	1
15:00 - 15:15						0	1
15:15 - 15:30						0	1
15:30 - 15:45						0	0
15:45 - 16:00						0	0
16:00 - 16:15						0	0
16:15 - 16:30						0	0
16:30 - 16:45	1					1	1
16:45 - 17:00	1					1	2
17:00 - 17:15			1			1	3
17:15 - 17:30						0	3
17:30 - 17:45						0	2
17:45 - 18:00						0	1
TOTAL =	8	0	2	1	0	11	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



PROYECTO: APERTURA DE LA VÍA ENTRE LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS
PARROQUIA: Río Negro
CANTÓN: Baños de Agua Santa
PROVINCIA: Tungurahua
CONTEO: 12 horas
FECHA: Viernes 22 de Julio del 2016

HORA	Vehículos livianos	Buses	Camiones			Total/15 min	Acumulado
			2 ejes peq.	2 ejes grds.	3 ejes.		
6:00 - 6:15						0	
6:15 - 6:30						0	
6:30 - 6:45	1			1		2	
6:45 - 7:00						0	2
7:00 - 7:15	1					1	3
7:15 - 7:30						0	3
7:30 - 7:45						0	1
7:45 - 8:00	1					1	2
8:00 - 8:15						0	1
8:15 - 8:30						0	1
8:30 - 8:45						0	1
8:45 - 9:00						0	0
9:00 - 9:15						0	0
9:15 - 9:30	1					1	1
9:30 - 9:45						0	1
9:45 - 10:00						0	1
10:00 - 10:15						0	1
10:15 - 10:30						0	0
10:30 - 10:45						0	0
10:45 - 11:00						0	0
11:00 - 11:15						0	0
11:15 - 11:30						0	0
11:30 - 11:45						0	0
11:45 - 12:00						0	0
12:00 - 12:15	1		1			2	2
12:15 - 12:30	1					1	3
12:30 - 12:45	1					1	4
12:45 - 13:00						0	4
13:00 - 13:15						0	2
13:15 - 13:30						0	1
13:30 - 13:45	1					1	1
13:45 - 14:00						0	1
14:00 - 14:15	1					1	2
14:15 - 14:30	1					1	3
14:30 - 14:45						0	2
14:45 - 15:00						0	2
15:00 - 15:15						0	1
15:15 - 15:30						0	0
15:30 - 15:45						0	0
15:45 - 16:00	1					1	1
16:00 - 16:15						0	1
16:15 - 16:30						0	1
16:30 - 16:45						0	1
16:45 - 17:00	1					1	1
17:00 - 17:15			1			1	2
17:15 - 17:30						0	2
17:30 - 17:45	1					1	3
17:45 - 18:00						0	2
TOTAL =	13	0	2	1	0	16	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



PROYECTO: APERTURA DE LA VÍA ENTRE LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS
PARROQUIA: Río Negro
CANTÓN: Baños de Agua Santa
PROVINCIA: Tungurahua
CONTEO: 12 horas
FECHA: Sábado 23 de Julio del 2016

HORA	Vehículos livianos	Buses	Camiones			Total/15 min	Acumulado
			2 ejes peq.	2 ejes grds.	3 ejes.		
6:00 - 6:15						0	
6:15 - 6:30						0	
6:30 - 6:45	1		1			2	
6:45 - 7:00						0	2
7:00 - 7:15	1					1	3
7:15 - 7:30						0	3
7:30 - 7:45						0	1
7:45 - 8:00						0	1
8:00 - 8:15						0	0
8:15 - 8:30						0	0
8:30 - 8:45						0	0
8:45 - 9:00						0	0
9:00 - 9:15						0	0
9:15 - 9:30						0	0
9:30 - 9:45						0	0
9:45 - 10:00						0	0
10:00 - 10:15	1					1	1
10:15 - 10:30						0	1
10:30 - 10:45	1					1	2
10:45 - 11:00						0	2
11:00 - 11:15						0	1
11:15 - 11:30	1					1	2
11:30 - 11:45						0	1
11:45 - 12:00	2					2	3
12:00 - 12:15	1			2		3	6
12:15 - 12:30	2					2	7
12:30 - 12:45	2					2	9
12:45 - 13:00			1			1	8
13:00 - 13:15	1					1	6
13:15 - 13:30						0	4
13:30 - 13:45						0	2
13:45 - 14:00						0	1
14:00 - 14:15						0	0
14:15 - 14:30						0	0
14:30 - 14:45	1					1	1
14:45 - 15:00	1					1	2
15:00 - 15:15			2			2	4
15:15 - 15:30						0	4
15:30 - 15:45						0	3
15:45 - 16:00	1					1	3
16:00 - 16:15						0	1
16:15 - 16:30						0	1
16:30 - 16:45						0	1
16:45 - 17:00						0	0
17:00 - 17:15						0	0
17:15 - 17:30	1					1	1
17:30 - 17:45						0	1
17:45 - 18:00			1			1	2
TOTAL =	17	0	5	2	0	24	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



PROYECTO: APERTURA DE LA VÍA ENTRE LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS
PARROQUIA: Río Negro
CANTÓN: Baños de Agua Santa
PROVINCIA: Tungurahua
CONTEO: 12 horas
FECHA: Domingo 24 de Julio del 2016

HORA	Vehículos livianos	Buses	Camiones			Total/15 min	Acumulado
			2 ejes peq.	2 ejes grds.	3 ejes.		
6:00 - 6:15						0	
6:15 - 6:30						0	
6:30 - 6:45	1					1	
6:45 - 7:00			1			1	1
7:00 - 7:15	1					1	3
7:15 - 7:30						0	3
7:30 - 7:45						0	2
7:45 - 8:00						0	1
8:00 - 8:15	1					1	1
8:15 - 8:30						0	1
8:30 - 8:45						0	1
8:45 - 9:00	1					1	2
9:00 - 9:15	2					2	3
9:15 - 9:30						0	3
9:30 - 9:45	1					1	4
9:45 - 10:00						0	3
10:00 - 10:15						0	1
10:15 - 10:30	1					1	2
10:30 - 10:45						0	1
10:45 - 11:00						0	1
11:00 - 11:15						0	1
11:15 - 11:30	1					1	1
11:30 - 11:45						0	1
11:45 - 12:00						0	1
12:00 - 12:15						0	1
12:15 - 12:30	1					1	1
12:30 - 12:45						0	1
12:45 - 13:00	1					1	2
13:00 - 13:15	2					2	4
13:15 - 13:30	2			1		3	6
13:30 - 13:45	2		1			3	9
13:45 - 14:00	2					2	10
14:00 - 14:15	3			1		4	12
14:15 - 14:30	1					1	10
14:30 - 14:45						0	7
14:45 - 15:00	1					1	6
15:00 - 15:15						0	2
15:15 - 15:30	2					2	3
15:30 - 15:45						0	3
15:45 - 16:00	1					1	3
16:00 - 16:15						0	3
16:15 - 16:30	1					1	2
16:30 - 16:45	2					2	4
16:45 - 17:00						0	3
17:00 - 17:15						0	3
17:15 - 17:30	1					1	3
17:30 - 17:45						0	1
17:45 - 18:00						0	1
TOTAL =	31	0	2	2	0	35	

ESTACIÓN 2: SANTA INÉS (ENTRADA A SAN JUAN DE LOS DIABLOS)

HORA	Vehículos livianos	Buses	Camiones			Total/15 min	Acumulado
			2 ejes p.	2 ejes g.	3 ejes		
6:00 - 6:15						0	
6:15 - 6:30						0	
6:30 - 6:45	1					1	
6:45 - 7:00						0	1
7:00 - 7:15						0	1
7:15 - 7:30	1					1	2
7:30 - 7:45			1			1	2
7:45 - 8:00						0	2
8:00 - 8:15						0	2
8:15 - 8:30	1					1	2
8:30 - 8:45						0	1
8:45 - 9:00						0	1
9:00 - 9:15	1					1	2
9:15 - 9:30						0	1
9:30 - 9:45						0	1
9:45 - 10:00						0	1
10:00 - 10:15	1					1	1
10:15 - 10:30						0	1
10:30 - 10:45	1					1	2
10:45 - 11:00						0	2
11:00 - 11:15	2					2	3
11:15 - 11:30						0	3
11:30 - 11:45	1					1	3
11:45 - 12:00	1					1	4
12:00 - 12:15	1					1	3
12:15 - 12:30						0	3
12:30 - 12:45	1					1	3
12:45 - 13:00						0	2
13:00 - 13:15						0	1
13:15 - 13:30						0	1
13:30 - 13:45						0	0
13:45 - 14:00						0	0
14:00 - 14:15	1					1	1
14:15 - 14:30						0	1
14:30 - 14:45						0	1
14:45 - 15:00						0	1
15:00 - 15:15						0	0
15:15 - 15:30						0	0
15:30 - 15:45						0	0
15:45 - 16:00						0	0
16:00 - 16:15	1					1	1
16:15 - 16:30	1					1	2
16:30 - 16:45			1			1	3
16:45 - 17:00	1					1	4
17:00 - 17:15	1					1	4
17:15 - 17:30						0	3
17:30 - 17:45	1					1	3
17:45 - 18:00	1					1	3
TOTAL =	19	0	2	0	0	21	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



PROYECTO: APERTURA DE LA VÍA ENTRE LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS
PARROQUIA: Río Negro
CANTÓN: Baños de Agua Santa
PROVINCIA: Tungurahua
CONTEO: 12 horas
FECHA: Jueves 01 de Septiembre del 2016

HORA	Vehículos livianos	Buses	Camiones			Total/15 min	Acumulado
			2 ejes p.	2 ejes g.	3 ejes		
6:00 - 6:15						0	
6:15 - 6:30						0	
6:30 - 6:45						0	
6:45 - 7:00	1					1	1
7:00 - 7:15						0	1
7:15 - 7:30			1			1	2
7:30 - 7:45	1					1	3
7:45 - 8:00						0	2
8:00 - 8:15						0	2
8:15 - 8:30						0	1
8:30 - 8:45						0	0
8:45 - 9:00						0	0
9:00 - 9:15						0	0
9:15 - 9:30	1					1	1
9:30 - 9:45						0	1
9:45 - 10:00						0	1
10:00 - 10:15	2					2	3
10:15 - 10:30						0	2
10:30 - 10:45						0	2
10:45 - 11:00	1					1	3
11:00 - 11:15						0	1
11:15 - 11:30						0	1
11:30 - 11:45						0	1
11:45 - 12:00	1					1	1
12:00 - 12:15						0	1
12:15 - 12:30						0	1
12:30 - 12:45						0	1
12:45 - 13:00						0	0
13:00 - 13:15	1					1	1
13:15 - 13:30						0	1
13:30 - 13:45			1			1	2
13:45 - 14:00						0	2
14:00 - 14:15						0	1
14:15 - 14:30	1					1	2
14:30 - 14:45						0	1
14:45 - 15:00						0	1
15:00 - 15:15						0	1
15:15 - 15:30	1					1	1
15:30 - 15:45						0	1
15:45 - 16:00	2					2	3
16:00 - 16:15	1					1	4
16:15 - 16:30						0	3
16:30 - 16:45						0	3
16:45 - 17:00						0	1
17:00 - 17:15						0	0
17:15 - 17:30	1					1	1
17:30 - 17:45						0	1
17:45 - 18:00						0	1
TOTAL =	14	0	2	0	0	16	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



PROYECTO: APERTURA DE LA VÍA ENTRE LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS
PARROQUIA: Río Negro
CANTÓN: Baños de Agua Santa
PROVINCIA: Tungurahua
CONTEO: 12 horas
FECHA: Viernes 02 de Septiembre del 2016

HORA	Vehículos livianos	Buses	Camiones			Total/15 min	Acumulado
			2 ejes p.	2 ejes g.	3 ejes		
6:00 - 6:15						0	
6:15 - 6:30						0	
6:30 - 6:45	1					1	
6:45 - 7:00						0	1
7:00 - 7:15	2					2	3
7:15 - 7:30						0	3
7:30 - 7:45						0	2
7:45 - 8:00						0	2
8:00 - 8:15						0	0
8:15 - 8:30						0	0
8:30 - 8:45						0	0
8:45 - 9:00	1					1	1
9:00 - 9:15						0	1
9:15 - 9:30						0	1
9:30 - 9:45			1			1	2
9:45 - 10:00						0	1
10:00 - 10:15						0	1
10:15 - 10:30	1					1	2
10:30 - 10:45						0	1
10:45 - 11:00						0	1
11:00 - 11:15	1					1	2
11:15 - 11:30						0	1
11:30 - 11:45						0	1
11:45 - 12:00	1					1	2
12:00 - 12:15						0	1
12:15 - 12:30						0	1
12:30 - 12:45						0	1
12:45 - 13:00						0	0
13:00 - 13:15	1					1	1
13:15 - 13:30						0	1
13:30 - 13:45						0	1
13:45 - 14:00						0	1
14:00 - 14:15						0	0
14:15 - 14:30	1					1	1
14:30 - 14:45						0	1
14:45 - 15:00	1					1	2
15:00 - 15:15						0	2
15:15 - 15:30	1					1	2
15:30 - 15:45	1					1	3
15:45 - 16:00			1			1	3
16:00 - 16:15	2					2	5
16:15 - 16:30						0	4
16:30 - 16:45	1					1	4
16:45 - 17:00						0	3
17:00 - 17:15						0	1
17:15 - 17:30						0	1
17:30 - 17:45						0	0
17:45 - 18:00	1					1	1
TOTAL =	16	0	2	0	0	18	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



PROYECTO: APERTURA DE LA VÍA ENTRE LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS
PARROQUIA: Río Negro
CANTÓN: Baños de Agua Santa
PROVINCIA: Tungurahua
CONTEO: 12 horas
FECHA: Sábado 03 de Septiembre del 2016

HORA	Vehículos livianos	Buses	Camiones			Total/15 min	Acumulado
			2 ejes p.	2 ejes g.	3 ejes		
6:00 - 6:15						0	
6:15 - 6:30						0	
6:30 - 6:45						0	
6:45 - 7:00			1			1	0
7:00 - 7:15						0	1
7:15 - 7:30						0	1
7:30 - 7:45						0	1
7:45 - 8:00						0	0
8:00 - 8:15	1					1	1
8:15 - 8:30						0	1
8:30 - 8:45	1					1	2
8:45 - 9:00						0	2
9:00 - 9:15	1					1	2
9:15 - 9:30						0	2
9:30 - 9:45						0	1
9:45 - 10:00						0	1
10:00 - 10:15	2					2	2
10:15 - 10:30						0	2
10:30 - 10:45						0	2
10:45 - 11:00						0	2
11:00 - 11:15						0	0
11:15 - 11:30	1					1	1
11:30 - 11:45			1			1	2
11:45 - 12:00	2					2	4
12:00 - 12:15						0	4
12:15 - 12:30						0	3
12:30 - 12:45	1					1	3
12:45 - 13:00						0	1
13:00 - 13:15						0	1
13:15 - 13:30	1					1	2
13:30 - 13:45						0	1
13:45 - 14:00						0	1
14:00 - 14:15	2					2	3
14:15 - 14:30			1			1	3
14:30 - 14:45						0	3
14:45 - 15:00						0	3
15:00 - 15:15						0	1
15:15 - 15:30	1					1	1
15:30 - 15:45						0	1
15:45 - 16:00	1					1	2
16:00 - 16:15						0	2
16:15 - 16:30						0	1
16:30 - 16:45	1					1	2
16:45 - 17:00						0	1
17:00 - 17:15						0	1
17:15 - 17:30	1					1	2
17:30 - 17:45			1			1	2
17:45 - 18:00						0	2
TOTAL =	16	0	4	0	0	20	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



PROYECTO: APERTURA DE LA VÍA ENTRE LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS
PARROQUIA: Río Negro
CANTÓN: Baños de Agua Santa
PROVINCIA: Tungurahua
CONTEO: 12 horas
FECHA: Domingo 04 de Septiembre del 2016

HORA	Vehículos livianos	Buses	Camiones			Total/15 min	Acumulado
			2 ejes p.	2 ejes g.	3 ejes		
6:00 - 6:15						0	
6:15 - 6:30						0	
6:30 - 6:45						0	
6:45 - 7:00						0	0
7:00 - 7:15						0	0
7:15 - 7:30			1			1	1
7:30 - 7:45						0	1
7:45 - 8:00	1					1	2
8:00 - 8:15						0	2
8:15 - 8:30	1					1	2
8:30 - 8:45						0	2
8:45 - 9:00	1					1	2
9:00 - 9:15						0	2
9:15 - 9:30	1					1	2
9:30 - 9:45	2					2	4
9:45 - 10:00						0	3
10:00 - 10:15						0	3
10:15 - 10:30	2			1		3	5
10:30 - 10:45	2					2	5
10:45 - 11:00	3					3	8
11:00 - 11:15	3					3	11
11:15 - 11:30						0	8
11:30 - 11:45	1					1	7
11:45 - 12:00	2					2	6
12:00 - 12:15	1					1	4
12:15 - 12:30						0	4
12:30 - 12:45	2					2	5
12:45 - 13:00	1					1	4
13:00 - 13:15						0	3
13:15 - 13:30			1			1	4
13:30 - 13:45	1					1	3
13:45 - 14:00	1					1	3
14:00 - 14:15						0	3
14:15 - 14:30						0	2
14:30 - 14:45						0	1
14:45 - 15:00						0	0
15:00 - 15:15						0	0
15:15 - 15:30	1					1	1
15:30 - 15:45						0	1
15:45 - 16:00	1					1	2
16:00 - 16:15						0	2
16:15 - 16:30						0	1
16:30 - 16:45						0	1
16:45 - 17:00			1			1	1
17:00 - 17:15	1					1	2
17:15 - 17:30						0	2
17:30 - 17:45						0	2
17:45 - 18:00	1					1	2
TOTAL =	29	0	3	1	0	33	

ANEXO B: CÁLCULO DE RUTAS, DESNIVELES Y PENDIENTES

Tabla 99. Rutas, abscisas y cotas

RUTA	PUNTO	ABCISA	COTA	RUTA	PUNTO	ABCISA	COTA	RUTA	PUNTO	ABCISA	COTA
RUTA 1	A	Km 0 + 000	1495	RUTA2	A	Km 0 + 0	1495	RUTA 3	A	Km 0 + 0	1495
	a	Km 0 + 700	1565		a	Km 0 + 550	1550		a	Km 0 + 563	1535
	b	Km 1 + 200	1605		b	Km 0 + 740	1565		b	Km 2 + 412	1720
	c	Km 1 + 550	1640		c	Km 1 + 115	1580		c	Km 3 + 163	1780
	d	Km 1 + 863	1665		d	Km 1 + 239	1575		d	Km 3 + 513	1815
	e	Km 2 + 575	1700		e	Km 1 + 363	1580		e	Km 3 + 700	1830
	f	Km 2 + 925	1735		f	Km 1 + 664	1595		f	Km 4 + 100	1850
	g	Km 2 + 987	1740		g	Km 2 + 101	1630		g	Km 4 + 287	1835
	h	Km 3 + 180	1750		h	Km 2 + 301	1650		h	Km 4 + 738	1790
	i	Km 3 + 305	1755		i	Km 2 + 126	1660		i	Km 5 + 238	1750
	j	Km 3 + 555	1745		j	Km 2 + 726	1675		j	Km 5 + 438	1730
	k	Km 4 + 556	1850		k	Km 2 + 845	1685		k	Km 5 + 750	1705
	l	Km 4 + 619	1855		l	Km 3 + 694	1770		l	Km 5 + 950	1695
	m	Km 5 + 518	1765		m	Km 3 + 845	1755		m	Km 7 + 200	1600
	n	Km 5 + 642	1755		n	Km 4 + 32	1745		n	Km 7 + 575	1630
	o	Km 5 + 766	1750		o	Km 4 + 220	1760		o	Km 7 + 700	1620
	p	Km 6 + 618	1665		p	Km 5 + 20	1840		p	Km 8 + 200	1600
	q	Km 7 + 18	1645		q	Km 5 + 81	1845		B	Km 8 + 286	1593
	r	Km 7 + 80	1640		r	Km 5 + 182	1850				
s	Km 7 + 180	1630	s	Km 5 + 307	1845						
t	Km 7 + 280	1625	t	Km 5 + 507	1840						
u	Km 7 + 405	1615	u	Km 5 + 675	1825						
B	Km 7 + 814	1593	v	Km 6 + 194	1775						
			w	Km 6 + 507	1750						
			x	Km 6 + 361	1745						
			y	Km 6 + 756	1735						
			z	Km 7 + 407	1665						
			a1	Km 7 + 657	1645						
			b1	Km 8 + 357	1610						
			B	Km 8 + 689	1593						

Fuente: Autor

Tabla 100. Cálculo de desniveles, pendientes y distancias horizontales

RUTA	TRAMO	DESNIVEL	DISTANCIA HORIZONTAL	PENDIENTE	%
RUTA 1	Aa	1565 - 1495 = 70m.	700 - 0 = 700m.	70m / 700m = 0,1	10
	ab	1605 - 1565 = 40m.	1200 - 700 = 500m.	40m / 500m = 0,08	8
	bc	1640 - 1605 = 35m.	1550 - 1200 = 350m.	35m / 350m = 0,1	10
	cd	1665 - 1640 = 25m.	1863 - 1550 = 313m.	25m / 313m = 0,08	8
	de	1700 - 1665 = 35m.	2575 - 1863 = 712m.	35m / 712m = 0,049	4.9
	ef	1735 - 1700 = 35m.	2925 - 2575 = 350m.	35m / 350m = 0,1	10
	fg	1740 - 1735 = 5m.	2987 - 2925 = 62m.	5m / 62m = 0,081	8.1
	gh	1750 - 1740 = 10m.	3180 - 2987 = 193m.	10m / 193m = 0,052	5.2
	hi	1755 - 1750 = 5m.	3305 - 3180 = 125m.	5m / 125m = 0,04	4
	ij	1745 - 1755 = -10m.	3555 - 3305 = 250m.	-10m / 250m = -0,04	-4
	jk	1850 - 1745 = 105m.	4556 - 3555 = 1001m.	105m / 1001m = 0,105	10.5
	kl	1855 - 1850 = 5m.	4619 - 4556 = 63m.	5m / 63m = 0,079	7.9
	lm	1765 - 1855 = -90m.	5518 - 4619 = 899m.	-90m / 899m = -0,1	-10
	mn	1755 - 1765 = -10m.	5642 - 5518 = 124m.	-10m / 124m = -0,081	-8.1
	no	1750 - 1755 = -5m.	5766 - 5642 = 124m.	-5m / 124m = -0,04	-4
	op	1665 - 1750 = -85m.	6618 - 5766 = 852m.	-85m / 852m = -0,1	-10
	pq	1645 - 1665 = -20m.	7018 - 6618 = 400m.	-20m / 400m = -0,05	-5
	qr	1640 - 1645 = -5m.	7080 - 7018 = 62m.	-5m / 62m = -0,081	-8.1
	rs	1630 - 1640 = -10m.	7180 - 7080 = 100m.	-10m / 100m = -0,1	-10
	st	1625 - 1630 = -5m.	7280 - 7180 = 100m.	-5m / 100m = -0,05	-5
tu	1615 - 1625 = -10m.	7405 - 7280 = 125m.	-10m / 125m = -0,08	-8	
uB	1593 - 1615 = -22m.	7814 - 7405 = 409m.	-22m / 409m = -0,054	-5.4	
RUTA 2	Aa	1550 - 1495 = 55m.	550 - 0 = 550m.	55m / 550m = 0,1	10
	ab	1565 - 1550 = 15m.	740 - 550 = 190m.	15m / 190m = 0,079	7.9
	bc	1580 - 1565 = 15m.	1115 - 740 = 375m.	15m / 375m = 0,04	4
	cd	1575 - 1580 = -5m.	1239 - 1115 = 124m.	-5m / 124m = -0,04	-4
	de	1580 - 1575 = 5m.	1363 - 1239 = 124m.	5m / 124m = 0,04	4
	ef	1595 - 1580 = 15m.	1664 - 1363 = 301m.	15m / 301m = 0,05	5
	fg	1630 - 1595 = 35m.	2101 - 1664 = 437m.	35m / 437m = 0,08	8
	gh	1650 - 1630 = 20m.	2301 - 2101 = 200m.	20m / 200m = 0,1	10
	hi	1660 - 1650 = 10m.	2126 - 2301 = -175m.	10m / -175m = -0,057	-5.7
	ij	1675 - 1660 = 15m.	2726 - 2126 = 600m.	15m / 600m = 0,025	2.5
	jk	1685 - 1675 = 10m.	2845 - 2726 = 119m.	10m / 119m = 0,084	8.4
	kl	1770 - 1685 = 85m.	3694 - 2845 = 849m.	85m / 849m = 0,1	10
	lm	1755 - 1770 = -15m.	3845 - 3694 = 151m.	-15m / 151m = -0,099	-9.9
	mn	1745 - 1755 = -10m.	4032 - 3845 = 187m.	-10m / 187m = -0,053	-5.3
	no	1760 - 1745 = 15m.	4220 - 4032 = 188m.	15m / 188m = 0,08	8
	op	1840 - 1760 = 80m.	5020 - 4220 = 800m.	80m / 800m = 0,1	10
	pq	1845 - 1840 = 5m.	5081 - 5020 = 61m.	5m / 61m = 0,082	8.2
	qr	1850 - 1845 = 5m.	5182 - 5081 = 101m.	5m / 101m = 0,05	5
	rs	1845 - 1850 = -5m.	5307 - 5182 = 125m.	-5m / 125m = -0,04	-4
	st	1840 - 1845 = -5m.	5507 - 5307 = 200m.	-5m / 200m = -0,025	-2.5
	tu	1825 - 1840 = -15m.	5675 - 5507 = 168m.	-15m / 168m = -0,089	-8.9
	uv	1775 - 1825 = -50m.	6194 - 5675 = 519m.	-50m / 519m = -0,096	-9.6
	vw	1750 - 1775 = -25m.	6507 - 6194 = 313m.	-25m / 313m = -0,08	-8
	wx	1745 - 1750 = -5m.	6361 - 6507 = -146m.	-5m / -146m = 0,034	3.4
	xy	1735 - 1745 = -10m.	6756 - 6361 = 395m.	-10m / 395m = -0,025	-2.5
	yz	1665 - 1735 = -70m.	7407 - 6756 = 651m.	-70m / 651m = -0,108	-11
	za1	1645 - 1665 = -20m.	7657 - 7407 = 250m.	-20m / 250m = -0,08	-8
	a1b1	1610 - 1645 = -35m.	8357 - 7657 = 700m.	-35m / 700m = -0,05	-5
b1B	1593 - 1610 = -17m.	8689 - 8357 = 332m.	-17m / 332m = -0,051	-5.1	
RUTA 3	Aa	1535 - 1495 = 40m.	563 - 0 = 563m.	40m / 563m = 0,071	7.1
	ab	1720 - 1535 = 185m.	2412 - 563 = 1849m.	185m / 1849m = 0,1	10
	bc	1780 - 1720 = 60m.	3163 - 2412 = 751m.	60m / 751m = 0,08	8
	cd	1815 - 1780 = 35m.	3513 - 3163 = 350m.	35m / 350m = 0,1	10
	de	1830 - 1815 = 15m.	3700 - 3513 = 187m.	15m / 187m = 0,08	8
	ef	1850 - 1830 = 20m.	4100 - 3700 = 400m.	20m / 400m = 0,05	5
	fg	1835 - 1850 = -15m.	4287 - 4100 = 187m.	-15m / 187m = -0,08	-8
	gh	1790 - 1835 = -45m.	4738 - 4287 = 451m.	-45m / 451m = -0,1	-10
	hi	1750 - 1790 = -40m.	5238 - 4738 = 500m.	-40m / 500m = -0,08	-8
	ij	1730 - 1750 = -20m.	5438 - 5238 = 200m.	-20m / 200m = -0,1	-10
	jk	1705 - 1730 = -25m.	5750 - 5438 = 312m.	-25m / 312m = -0,08	-8
	kl	1695 - 1705 = -10m.	5950 - 5750 = 200m.	-10m / 200m = -0,05	-5
	lm	1600 - 1695 = -95m.	7200 - 5950 = 1250m.	-95m / 1250m = -0,076	-7.6
	mn	1630 - 1600 = 30m.	7575 - 7200 = 375m.	30m / 375m = 0,08	8
	no	1620 - 1630 = -10m.	7700 - 7575 = 125m.	-10m / 125m = -0,08	-8
	op	1600 - 1620 = -20m.	8200 - 7700 = 500m.	-20m / 500m = -0,04	-4
pB	1593 - 1600 = -7m.	8286 - 8200 = 86m.	-7m / 86m = -0,081	-8.1	

Fuente: Autor

ANEXO C: ARCHIVO FOTOGRAFICO

Inspecciones



Abscisa Km 00+000



Abscisa Km 7+300

Levantamiento Topográfico



Abscisa Km 3+500



Abscisa Km 4+400

Estudio de suelos



Calicatas



Compactación y límites Atterberg



C.B.R

ANEXO D: ESTUDIO DE SUELOS

MUESTRA 1 Km 0+000

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA														
PROYECTO: PROYECTO: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS.														
SECTOR: Río Negro		ABSCISA:		0+000										
UBICACIÓN: Cantón Baños de Agua Santa		Realizó: Egdo. Carlos Peñafiel												
1.- DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL SUELO		Revisó: Ing.Mg. Vinicio Almeida												
TAMIZ	TAMIZ en mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA										
3"	76,3	0	0	100										
1 1/2"	38,1	0	0	100										
1"	25,4	0	0	100										
3/4"	19,1	0	0	100										
1/2"	12,7	0	0	100										
3/8"	9,52	0	0	100										
N 4"	4,76	5,17	1,61	98,39										
PASA N 4		0	0	98,39										
N 10	2,00	22,47	6,99	93,01										
N 30	0,59													
N 40	0,425	67,26	20,93	79,07										
N 50	0,30													
N 100	0,149													
N 200	0,074	130,66	40,65	59,35										
PASA EL N 200		190,76	59,35											
TOTAL		321,42												
PESO ANTES DEL LAVADO		321,42	PESO CUARTEO ANTES/LAVADO											
PESO DESPUÉS DE LAVADO		130,66	PESO CUARTEO DESPUES/LAVADO											
TOTAL - DIFERENCIA		190,76	TOTAL											
2.- GRAFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA														
<p style="text-align: center;">Granulometría suelo</p> <table border="1"> <caption>Datos del gráfico de distribución granulométrica</caption> <thead> <tr> <th>Diam. tamices mm</th> <th>Porcentaje pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,075</td> <td>60,0</td> </tr> <tr> <td>0,15</td> <td>79,07</td> </tr> <tr> <td>0,3</td> <td>93,01</td> </tr> <tr> <td>0,425</td> <td>99,65</td> </tr> </tbody> </table>					Diam. tamices mm	Porcentaje pasa	0,075	60,0	0,15	79,07	0,3	93,01	0,425	99,65
Diam. tamices mm	Porcentaje pasa													
0,075	60,0													
0,15	79,07													
0,3	93,01													
0,425	99,65													

Contenido de Humedad

PT SS

321,4

PT+SH	PT+SS	PT	P Agua	PSS	W %
210,54	148,6	59,87	61,94	88,73	69,8

Clasificación SUCS

SC (Arena arcillosa). Color café claro

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

PROYECTO: PROYECTO: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS.

SECTOR: Río Negro

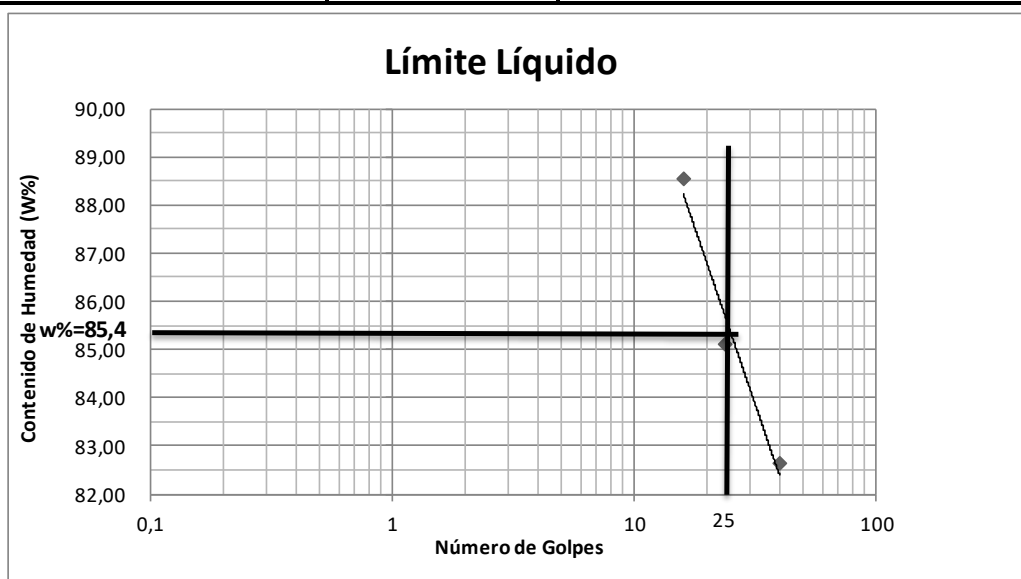
ABSCISA: 0+000

UBICACIÓN: Cantón Baños de Agua Santa

Realizó: Egdo. Carlos Peñafiel

1.- DETERMINACIÓN DEL ÍMITE LÍQUIDO

# Golpes	40		24		16		
Recipiente Número	7E	11-F	X-1	12-F	11-F	9-F	7E
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	22,19	22,54	20,38	22,31	21,76	22,32	22,19
Peso seco + recipiente Ws + rec	17,38	17,41	16,18	17,37	16,8	17,25	17,38
Peso recipiente rec	11,56	11,2	11,24	11,57	11,21	11,51	11,56
peso del agua Ww	4,81	5,13	4,2	4,94	4,96	5,07	4,81
Peso de los sólidos WS	5,82	6,21	4,94	5,8	5,59	5,74	5,82
Contenido de humedad w%	82,65	82,61	85,02	85,17	88,73	88,33	82,65
Contenido de humedad prom. w%	82,63		85,10		88,53		



2.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente Número	E-1	A-8	M-7	A-4	A-7	P-5	
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	5,96	5,93	5,45	6,01	6,25	6,11	
Peso seco + recipiente Ws + rec	5,26	5,28	5	5,27	5,47	5,35	
Peso recipiente rec	4,25	4,34	4,34	4,20	4,34	4,25	
peso del agua Ww	0,7	0,65	0,45	0,74	0,78	0,76	
Peso de los sólidos WS	1,01	0,94	0,66	1,07	1,13	1,10	
Contenido de humedad w%	69,31	69,15	68,18	69,16	69,03	69,09	
Contenido de humedad prom. w%	69,23		68,67		68,67		

Límite líquido = **85,40** %

Límite plástico = **68,86** %

Índice plástico = **16,54** %

Revisó: Ing.Mg. Vinicio Almeida

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

COMPACTACIÓN

PROYECTO: PROYECTO: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS.

SECTOR: Río Negro

ABSCISA: Km 0+000

UBICACIÓN: Cantón Baños de Agua Santa

Realizó: Egdo. Carlos Peñafiel

NORMA: AASHTO T - 180

Revisó: Ing.Mg. Vinicio Almeida

MÉTODO: AASHTO MODIFICADO

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

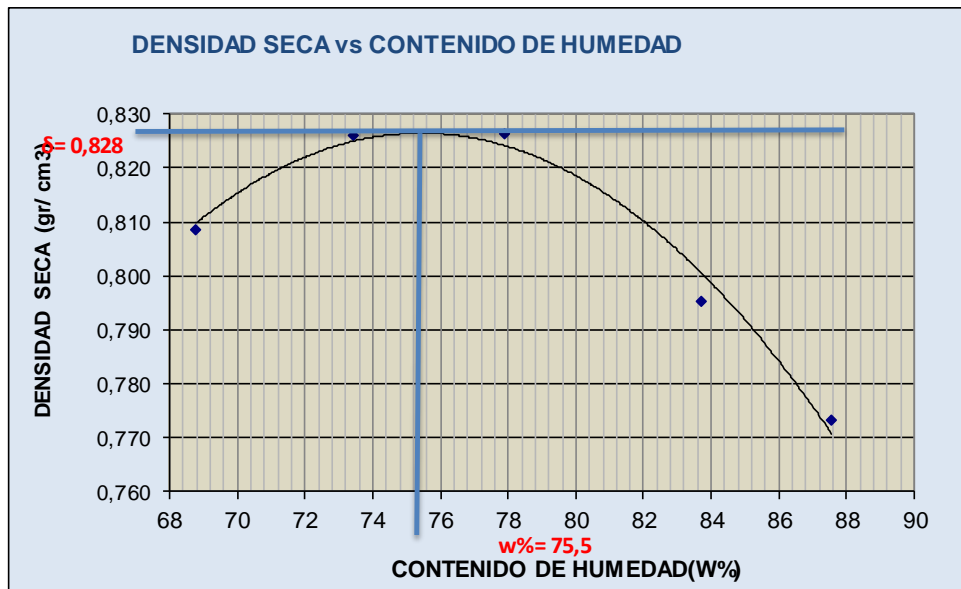
NÚMERO DE GOLPES :	25	NÚMERO DE CAPAS :	5	PESO MARTILLO :	10 Lb
ALTURA DE CAÍDA :	18"	PESO MOLDE gr :	3791	VOLUMEN MOLDE cc :	944

1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	0	4	8	12	16
Humedad inicial añadida en (cc)	0	8	160	240	320
P molde + suelo húmedo (gr)	5079,4	5143,2	5179	5170,6	5160,2
Peso suelo húmedo	1288,4	1352,2	1388	1379,6	1369,2
Densidad Húmeda en gr/cm ³	1,365	1,432	1,470	1,461	1,450

2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente #	D-7	2-R	6-T	B-1	B-2	4-A	2-F	11-B	B-4	8-B
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	176,58	165,1	167,4	160,9	189,5	180,3	200,27	160,87	196,52	180,21
Peso seco + recipiente Ws+ rec	123,84	115,8	116,3	111,9	127,2	122,1	131,52	99,85	124,15	111,07
Peso del recipiente rec	47,04	44,33	46,73	44,93	47,19	47,54	49,48	26,88	41,4	32,19
Peso del agua Ww	52,74	49,26	51,16	49,02	62,26	58,15	68,75	61,02	72,37	69,14
Peso suelo seco Ws	76,8	71,51	69,54	66,92	80,02	74,58	82,04	72,97	82,75	78,88
Contenido humedad w %	68,7	68,9	73,6	73,3	77,8	78,0	83,8	83,6	87,5	87,7
Contenido humedad promedio w %	68,78	73,41	77,89	83,71	87,55					
Densidad Seca γ_d	0,809	0,826	0,827	0,796	0,773					



γ máximo = 0,828

W óptimo % = 75,5

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: PROYECTO: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS.

TIPO: PROCTOR MODIFICADO **NORMA:** AASHTO: T-180

ABSCISA: 0+000 **DEL KM.:** 0+000

SECTOR: **SUELO:** SM

Realizó: Egdo. Carlos Peñafiel

Revisó: Ing.Mg. Vinicio Almeida

ENSAYO CBR

MOLDE #	4		5		6	
# DE CAPAS	5		5		5	
# DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Wm+MOLDE (gr)	11686.4	11751.2	11569.6	11705.2	11320.4	11636.6
PESO MOLDE (gr)	8311.2	8311.2	8369.6	8369.6	8453.7	8453.7
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	3375.2	3440	3200	3335.6	2866.7	3182.9
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	2301	2301	2301	2301	2301	2301
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm3)	1.467	1.495	1.391	1.450	1.246	1.383
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	0.820	0.708	0.773	0.678	0.694	0.625
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm3)						

CONTENIDO DE HUMEDAD

TARRO #	2-R	8-B	D-7	11-B	4-A	3-T
Wm +TARRO (gr)	176.6	83.36	174.85	84.91	188.06	90.85
PESO MUESTRA SECA+TARRO (gr)	118.21	56.42	118.12	54.02	125.65	56.4
PESO AGUA (gr)	58.39	26.94	56.73	30.89	62.41	34.45
PESO TARRO	44.29	32.19	47.05	26.87	47.18	28.02
PESO MUESTRA SECA (gr)	73.92	24.23	71.07	27.15	78.47	28.38
CONTENIDO DE HUMEDAD %	78.99	111.18	79.82	113.78	79.53	121.39
AGUA ABSORBIDA %		32.19		33.95		41.85

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS

PROYECTO: PROYECTO: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS. Km 0+000

ENSAYO C.B.R.

DATOS DE ESPONJAMIENTO

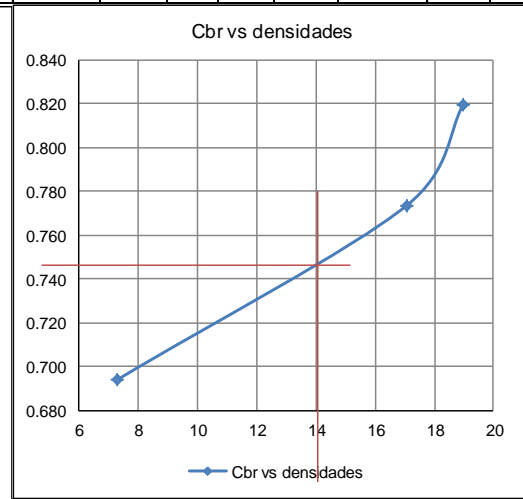
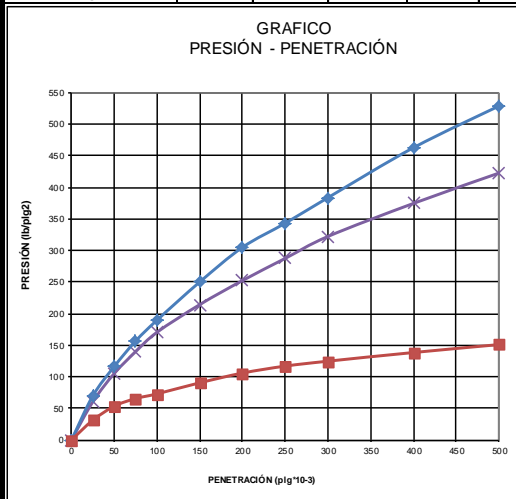
LECTURA DIAL en Plgs*10-2

MOLDE NUMERO			4				5				6							
FECHA DÍA Y MES	TIEMPO HORA	DÍAS	LECT	h		ESPONJ		LECT	h		ESPONJ		LECT	h		ESPONJ		
			DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%
			Plgs.	Plgs.	*10-2			Plgs.	Plgs.	*10-2			Plgs.	Plgs.	*10-2			
12-Oct-16	19:10	0	0.10	5.00	0.00	0.00		0.04	5.00	0.00	0.00		0.12	5.00	0.00	0.00		
13-Oct-16	19:18	1	0.10		0.31	0.06		0.05		0.76	0.15		0.12		0.68	0.14		
14-Oct-16	19:35	2	0.11		0.91	0.18		0.05		1.28	0.26		0.13		1.32	0.26		
15-Oct-16	19:35	2	0.11		0.98	0.20		0.05		0.80	0.16		0.14		1.32	0.26		

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

CONSTANTE DE CELDA 2,204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3pl2

MOLDE NUMERO			4				5				6			
TIEMPO		PENET. " 10-3	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR
MIN	SEG		LECT	LEÍDA	CORG		LECT	LEÍDA	CORG		LECT	LEÍDA	CORG	
			DIAL	lb/plg2		%	DIAL	lb/plg2		%	DIAL	lb/plg2		%
		0	0.0	0			0.0	0			0.0	0		
0	30	25	95.1	69.9			82.2	60.4			42.5	31.2		
1	0	50	158.3	116.3			143.2	105.2			72.7	53.4		
1	30	75	213.2	156.6			190.2	139.7			89.2	65.5		
2	0	100	258.2	189.7	189.7	19	232.1	170.5	170.5	17.1	99.3	73.0	73.0	7.3
3	0	150	340.6	250.2			291.8	214.4			123.2	90.5		
4	0	200	415.3	305.1			343.7	252.5			144.2	105.9		
5	0	250	467.3	343.3			391.5	287.6			159.2	117.0		
6	0	300	522.5	383.9			438.8	322.4			169.8	124.7		
8	0	400	630.2	463.0			510.1	374.8			188.5	138.5		
10	0	500	720.1	529.0			575.5	422.8			205.6	151.0		
CBR corregido														
						19				17.1				7.3



Densidades	vs	Resistencias		Densidad Máx.	0.828	gr/cm ³
gr/cm ³	0.820	18.97	%	90% de DM	0.745	gr/cm ³
gr/cm ⁴	0.773	17.05	%			
gr/cm ⁵	0.694	7.30	%	CBR PUNTUAL		14 %

Realizó: Egd. Carlos Peñafiel

Revisó: Ing.Mg. Vinicio Almeida

MUESTRA 2 Km 1+000

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA												
PROYECTO: Estudio para la apertura de una vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos												
SECTOR: Río Negro		ABSCISA: 1+000										
UBICACIÓN: Cantón Baños.		Realizó: Egdo. Carlos Peñafiel										
1.- DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL SUELO		Revisó: Ing. Mg. Vinicio Almeida										
TAMIZ	TAMIZ en mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA								
3"	76.3	0	0	100								
1 1/2"	38.1	0	0	100								
1"	25.4	0	0	100								
3/4"	19.1	0	0	100								
1/2"	12.7	0	0	100								
3/8"	9.52	0	0	100								
N 4"	4.76	56.88	16.85	83.15								
PASA N 4		0	0	83.15								
N 10	2.00	107.54	31.85	68.15								
N 30	0.59											
N 40	0.425	173.95	51.52	48.48								
N 50	0.30											
N 100	0.149											
N 200	0.074	208.26	61.68	38.32								
PASA EL N 200		129.37	38.32									
TOTAL		337.63										
PESO ANTES DEL LAVADO		337.63	PESO CUARTEO ANTES/LAVADO									
PESO DESPUÉS DE LA V.A.D.C.		208.26	PESO CUARTEO DESPUÉS/LAVADO									
TOTAL - DIFERENCIA		129.37	TOTAL									
2.- GRAFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA												
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;">Granulometría suelo</p> <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <caption>Datos del Gráfico de Distribución Granulométrica</caption> <thead> <tr> <th>Diam. tamices mm</th> <th>Porcentaje que pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.075</td> <td>40.00</td> </tr> <tr> <td>0.425</td> <td>51.52</td> </tr> <tr> <td>4.75</td> <td>83.15</td> </tr> </tbody> </table> </div>					Diam. tamices mm	Porcentaje que pasa	0.075	40.00	0.425	51.52	4.75	83.15
Diam. tamices mm	Porcentaje que pasa											
0.075	40.00											
0.425	51.52											
4.75	83.15											

Contenido de Humedad

PT SS

337.6

PT+SH	PT+SS	PT	P Agua	PSS	W %
182.76	128.98	47.18	53.78	81.8	65.7

Clasificación SUCS SC (Arena arcillosa). Color café

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

PROYECTO: Estudio para la apertura de una vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos

SECTOR: Río Negro

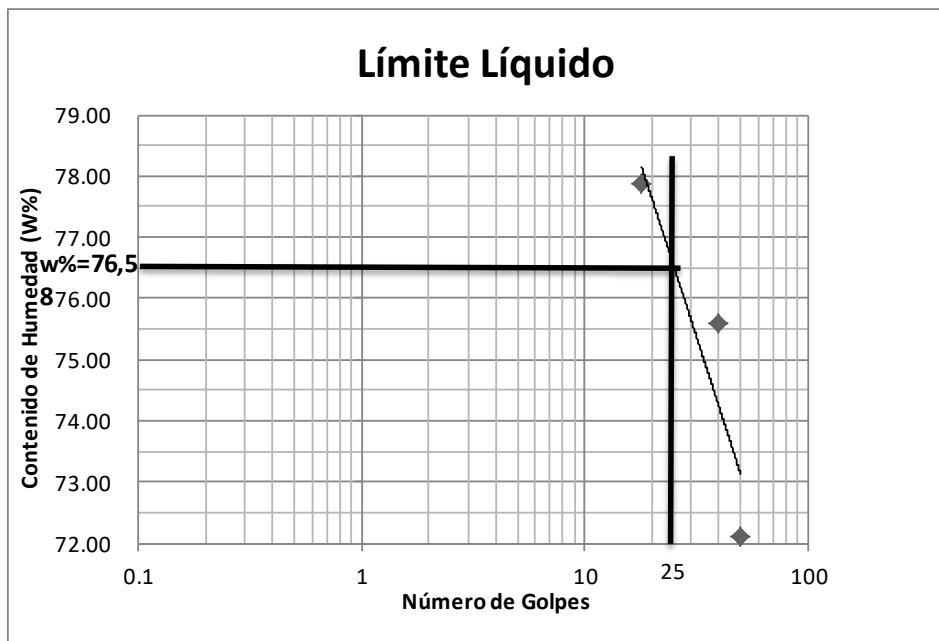
ABSCISA:

1+000

UBICACIÓN: Cantón Baños

1.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

# Golpes	50		40		18		
Recipiente Número	7-E	11-F	12-F	9-F	X-1	6-T	7-E
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	20.64	20.77	21.43	20.85	21.72	21.11	20.64
Peso seco + recipiente Ws + rec	16.83	16.78	17.19	16.83	17.13	16.87	16.83
Peso recipiente rec	11.55	11.24	11.57	11.52	11.24	11.42	11.55
peso del agua Ww	3.81	3.99	4.24	4.02	4.59	4.24	3.81
Peso de los sólidos WS	5.28	5.54	5.62	5.31	5.89	5.45	5.28
Contenido de humedad w%	72.16	72.02	75.44	75.71	77.93	77.80	72.16
Contenido de humedad prom. w%	72.09		75.58		77.86		



2.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente Número	E-1	A-2	A-7	A-8	M-7	A-4
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	6.25	6.3	5.8	6.21	6.35	6.18
Peso seco + recipiente Ws + rec	5.5	5.53	5.23	5.48	5.56	5.4
Peso recipiente rec	4.34	4.33	4.34	4.34	4.33	4.20
peso del agua Ww	0.75	0.77	0.57	0.73	0.79	0.78
Peso de los sólidos WS	1.16	1.20	0.89	1.14	1.23	1.20
Contenido de humedad w%	64.66	64.17	64.04	64.04	64.23	65.00
Contenido de humedad prom. w%	64.41		64.04		64.61	

Límite líquido = **76.50** %

Límite plástico = **64.35** %

Índice plástico = **12.15** %

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

COMPACTACIÓN

PROYECTO: Estudio para la apertura de una vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos

SECTOR: Río Negro

ABSCISA: Km 1+000

UBICACIÓN: Cantón Baños.

NORMA: AASHTO T - 180

ENSAYADO POR: Egdo Carlos Peñafiel.

MÉTODO: AASHTO MODIFICADO

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

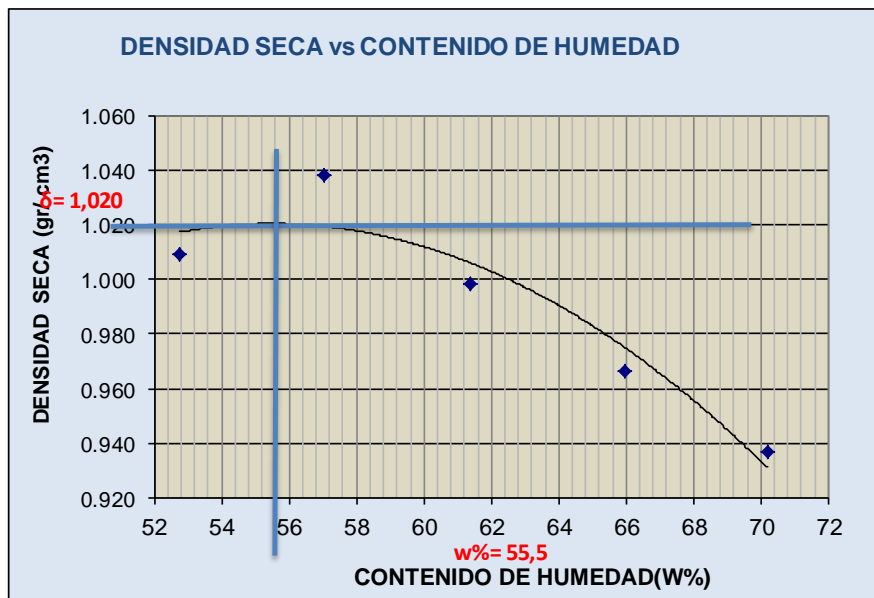
NUMERO DE GOLPES :	25	NÚMERO DE CAPAS :	5	PESO MARTILLO :	10 Lb
ALTURA DE CAÍDA :	18"	PESO MOLDE gr :	3791	VOLUMEN MOLDE cc	944

1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	0	4	8	12	16
Humedad inicial añadida en (cc)	0	8	160	240	320
P molde + suelo húmedo (gr)	5246.2	5330.1	5312.2	5305.1	5296.2
Peso suelo húmedo	1455.2	1539.1	1521.2	1514.1	1505.2
Densidad Húmeda en gr/cm ³	1.542	1.630	1.611	1.604	1.594

2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente #	B-2	4-B	2-F	8-B	1-D	4-A	6-T	11-B	C-6	B-2
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	159.85	152.6	182.4	200.9	180.4	170.3	203.2	170.3	185.85	180.67
Peso seco + recipiente Ws+ rec	120.97	116.1	134.2	139.5	129.9	123.5	141.1	113.2	127.11	125.52
Peso del recipiente rec	47.18	47.05	49.48	32.17	47.03	47.54	46.72	26.88	43.1	47.23
Peso del agua Ww	38.88	36.5	48.2	61.35	50.57	46.82	62.09	57.07	58.74	55.15
Peso suelo seco Ws	73.79	69.06	84.73	107.3	82.82	75.91	94.4	86.32	84.01	78.29
Contenido humedad w %	52.7	52.9	56.9	57.2	61.1	61.7	65.8	66.1	69.9	70.4
Contenido humedad promedio w %	52.77		57.02		61.37		65.94		70.18	
Densidad Seca γ_d	1.009		1.038		0.999		0.967		0.937	



γ_d máximo = 1.020

W óptimo % = 55.5

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

PROYECTO: Estudio para la apertura de una vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos
TIPO: PROCTOR MODIFICADO **NORMA:** AASHTO: T-180
ABSCISA: 1+000 **DEL KM.:** 1+000
SECTOR: **SUELO:** SC

ENSAYO CBR

MOLDE #	15		18		44	
# DE CAPAS	5		5		5	
# DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Wm+MOLDE (gr)	9600.2	9668.1	9341.6	9645.1	8747.5	9251.2
PESO MOLDE (gr)	5864.5	5864.5	5965.5	5965.5	5775	5775
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	3735.7	3803.6	3376.1	3679.6	2972.5	3476.2
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	2301	2301	2301	2301	2301	2301
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm3)	1.624	1.653	1.467	1.599	1.292	1.511
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.040	0.953	0.938	0.911	0.824	0.838
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm3)						

CONTENIDO DE HUMEDAD

TARRO #	2-F	D-3	D-5	11-B	2-R	3-T
Wm +TARRO (gr)	180.52	91.11	190.99	90.65	195.84	100.67
PESO MUESTRA SECA+TARRO (gr)	131.12	64.14	145.85	65.21	140.95	70.55
PESO AGUA (gr)	49.4	26.97	45.14	25.44	54.89	30.12
PESO TARRO	43.1	27.41	65.87	31.53	44.31	32.99
PESO MUESTRA SECA (gr)	88.02	36.73	79.98	33.68	96.64	37.56
CONTENIDO DE HUMEDAD %	56.12	73.43	56.44	75.53	56.80	80.19
AGUA ABSORBIDA %		17.30		19.10		23.39

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: Estudio para la apertura de una vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos Km 1+000

ENSAYO C.B.R.

DATOS DE ESPONJAMIENTO

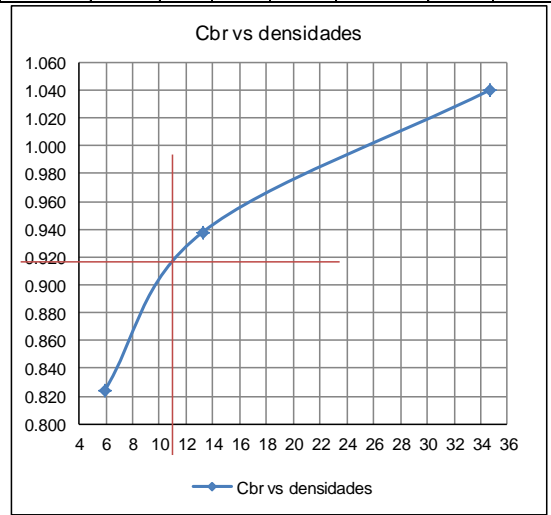
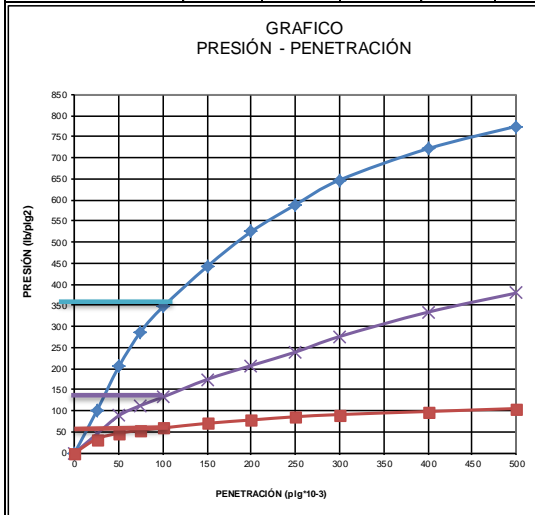
LECTURA DIAL en Plgs*10-2

MOLDE NUMERO			15				18				44						
FECHA DÍA Y MES	TIEMPO		LECT DIAL Plgs.	h		ESPONJ		LECT DIAL Plgs.	h		ESPONJ		LECT DIAL Plgs.	h		ESPONJ	
	HORA	DÍAS		Mues Plgs.	Plgs. *10-2	%	Mues Plgs.		Plgs. *10-2	%	Mues Plgs.	Plgs. *10-2		%	Mues Plgs.	Plgs. *10-2	%
13-Oct-16	19:10	0	0.02	5.00	0.00	0.00	0.06	5.00	0.00	0.00	0.13	5.00	0.00	0.00			
14-Oct-16	19:18	1	0.03		1.42	0.28	0.08		1.36	0.27	0.15		2.16	0.43			
15-Oct-16	19:35	2	0.05		2.76	0.55	0.10		3.48	0.70	0.16		3.64	0.73			

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

CONSTANTE DE CELDA 2,204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3p12

MOLDE NUMERO			15				18				44					
TIEMPO		PENET. " 10-3	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR		
MIN	SEG			LEÍDA	CORG			LEÍDA	CORG			LEÍDA	CORG		LEÍDA	CORG
		0	0.0	0			0.0	0			0.0	0				
0	30	25	135.2	99.3			60.6	44.5			44.8	32.9				
1	0	50	278.5	204.6			120.1	88.2			63.3	46.5				
1	30	75	391.6	287.7			153.4	112.7			73.1	53.7				
2	0	100	471.5	346.4	346.4	35	180.2	132.4	132.4	13.2	80.5	59.1	59.1	5.9		
3	0	150	601.8	442.1			237.2	174.3			95.4	70.1				
4	0	200	714.6	525.0			282.1	207.2			106.2	78.0				
5	0	250	801.3	588.7			325.6	239.2			116.7	85.7				
6	0	300	881.2	647.4			375.8	276.1			123.8	91.0				
8	0	400	982.5	721.8			454.5	333.9			133.6	98.2				
10	0	500	1054.6	774.8			516.2	379.2			143.2	105.2				
CBR corregido						35				13.2				5.9		



Densidades	vs	Resistencias		Densidad Máx.	1.020	gr/cm ³
gr/cm ³	1.040	34.64	%	90% de DM	0.918	gr/cm ³
gr/cm ⁴	0.938	13.24	%			
gr/cm ⁵	0.824	5.91	%	CBR PUNTUAL		10.8 %

MUESTRA 3 Km 2+000

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos				
SECTOR: Río Negro		ABSCISA: 2+000		
UBICACIÓN: Cantón Baños.				
1.- DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL SUELO				
TAMIZ	TAMIZ en mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	76.3	0	0	100
1 1/2"	38.1	0	0	100
1"	25.4	0	0	100
3/4"	19.1	0	0	100
1/2"	12.7	0	0	100
3/8"	9.52	0	0	100
N 4"	4.76	40.52	12.12	87.88
PASA N 4		0	0	87.88
N 10	2.00	85.79	25.66	74.34
N 30	0.59			
N 40	0.425	154.00	46.06	53.94
N 50	0.30			
N 100	0.149			
N 200	0.074	189.36	56.64	43.36
PASA EL N 200		144.98	43.36	
TOTAL				
PESO ANTES DEL LAVADO		334.34	PESO CUARTEO ANTES/LAVADO	
PESO DESPUÉS DE LA VADC		189.36	PESO CUARTEO DESPUÉS/LAVADO	
TOTAL - DIFERENCIA		144.98	TOTAL	
2.- GRAFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA				
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;">Granulometría suelo</p> <p style="text-align: center;">Diam. tamices mm</p> </div>				

Contenido de Humedad

PT SS

334.3

PT+SH	PT+SS	PT	P Agua	PSS	W %
190.9	132.62	47.18	58.23	85.44	68.2

Clasificación SUCS

SC (Arena arcillosa). Color café

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos

SECTOR: Río Negro

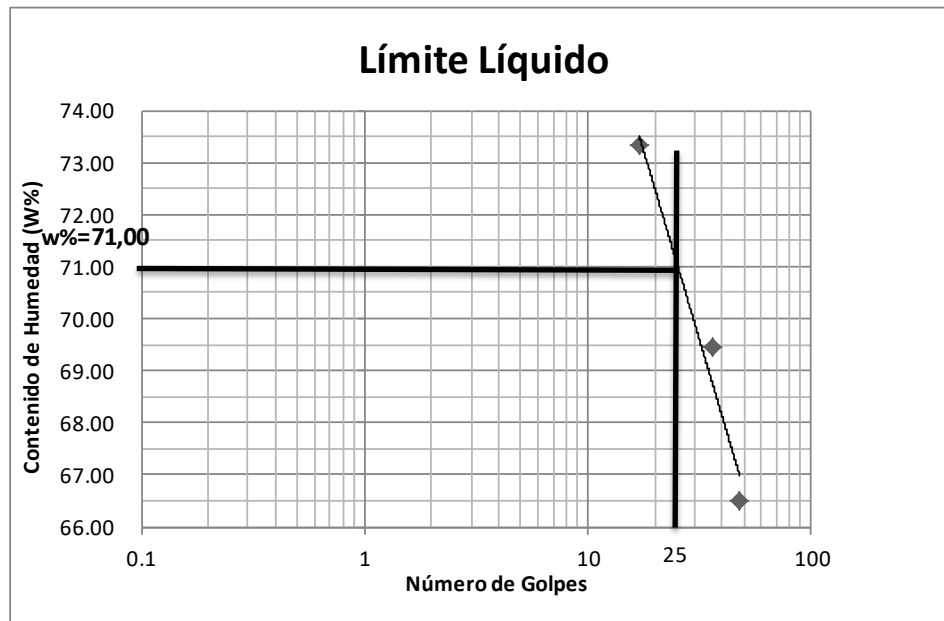
ABSCISA:

2+000

UBICACIÓN: Cantón Baños

1.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

# Golpes	48			36		17	
Recipiente Número	11-F	X-1	7-E	12-F	11-F	6-T	11-F
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	20.58	20.45	20.71	21.1	21.11	20.81	20.64
Peso seco + recipiente Ws + rec	16.83	16.78	16.95	17.2	16.93	16.83	16.83
Peso recipiente rec	11.21	11.24	11.55	11.57	11.21	11.42	11.21
peso del agua Ww	3.75	3.67	3.76	3.9	4.18	3.98	3.81
Peso de los sólidos WS	5.62	5.54	5.4	5.63	5.72	5.41	5.62
Contenido de humedad w%	66.73	66.25	69.63	69.27	73.08	73.57	67.79
Contenido de humedad prom. w%	66.49			69.45		73.32	



2.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente Número	M-7	A-2	A-8	A-7	E-1	A-4	
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	6.28	6.33	6.31	6.41	6.15	6.3	
Peso seco + recipiente Ws + rec	5.55	5.59	5.58	5.63	5.44	5.51	
Peso recipiente rec	4.33	4.33	4.34	4.34	4.25	4.20	
peso del agua Ww	0.73	0.74	0.73	0.78	0.71	0.79	
Peso de los sólidos WS	1.22	1.26	1.24	1.29	1.19	1.31	
Contenido de humedad w%	59.84	58.73	58.87	60.47	59.66	60.31	
Contenido de humedad prom. w%	59.28		59.67		59.98		

Límite líquido = **71.00** %

Límite plástico = **59.65** %

índice plástico = **11.35** %

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

COMPACTACIÓN

PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos

SECTOR: Río Negro

ABSCISA: Km 2+000

UBICACIÓN: Cantón Baños.

NORMA: AASHTO T - 180

MÉTODO: AASHTO MODIFICADO

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

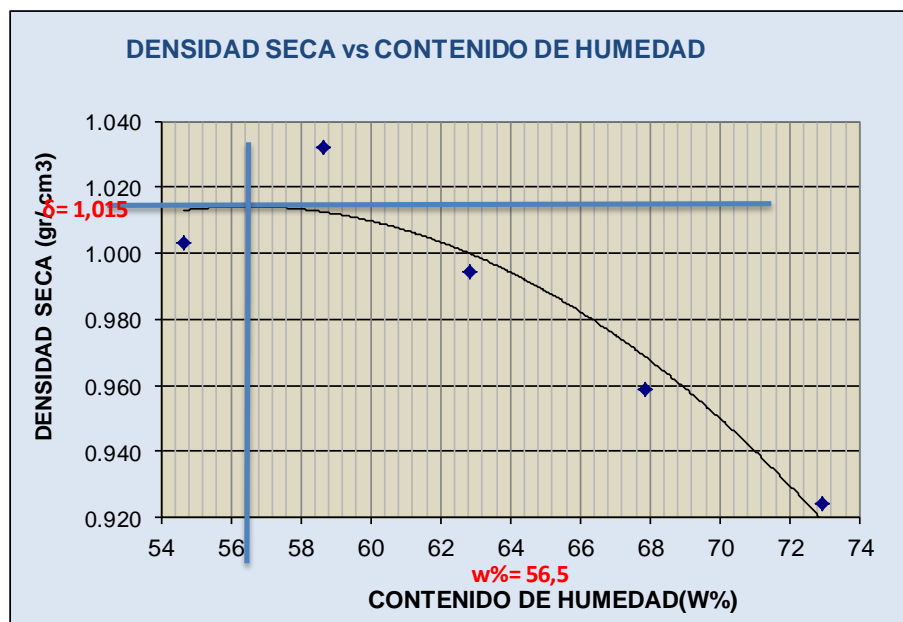
NUMERO DE GOLPES :	25	NÚMERO DE CAPAS :	5	PESO MARTILLO :	10 Lb
ALTURA DE CAÍDA :	18"	PESO MOLDE gr :	3791	VOLUMEN MOLDE cc	944

1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	0	4	8	12	16
Humedad inicial añadida en (cc)	0	8	160	240	320
P molde + suelo húmedo (gr)	5256	5337.2	5319.5	5310.2	5300.1
Peso suelo húmedo	1465	1546.2	1528.5	1519.2	1509.1
Densidad Húmeda en gr/cm ³	1.552	1.638	1.619	1.609	1.599

2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente #	2-F	D-5	6-T	8-B	D-7	4-A	2-R	11-B	C-6	B-2
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	160.72	151	185.6	170.3	206.5	170.3	205.2	168.3	190.21	185.21
Peso seco + recipiente Ws+ rec	121.42	114.2	134.2	119.3	145.0	122.9	140.3	111	128.21	126.97
Peso del recipiente rec	49.47	47.05	46.72	32.17	47.03	47.54	44.28	26.88	43.1	47.23
Peso del agua Ww	39.3	36.74	51.41	51	61.5	47.42	64.94	57.28	62	58.24
Peso suelo seco Ws	71.95	67.16	87.49	87.1	98.01	75.31	95.99	84.12	85.11	79.74
Contenido humedad w %	54.6	54.7	58.8	58.6	62.7	63.0	67.7	68.1	72.8	73.0
Contenido humedad promedio w %	54.66		58.66		62.86		67.87		72.94	
Densidad Seca γ_d	1.003		1.032		0.994		0.959		0.924	



γ máximo = 1.015

W óptimo % = 56.5

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos

TIPO: PROCTOR MODIFICADO NORMA: AASHTO: T-180
 ABCISA 2+000 DEL KM.: 2+000
 SECTOR: RIO NEGRO SUELO: SC
 ENSAYADO POR:

ENSAYO CBR

MOLDE #	15		18		44	
# DE CAPAS	5		5		5	
# DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Wm+MOLDE (gr)	9591.6	9756.2	9313.2	9625.3	8727	9237.4
PESO MOLDE (gr)	5864.5	5864.5	5965.5	5965.5	5775	5775
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	3727.1	3891.7	3347.7	3659.8	2952	3462.4
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	2301	2301	2301	2301	2301	2301
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	1.620	1.691	1.455	1.591	1.283	1.505
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.028	0.975	0.928	0.902	0.817	0.835
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm ³)						

CONTENIDO DE HUMEDAD

TARRO #	C-6	D-3	2-F	4-B	2-R	1-D
Wm +TARRO (gr)	177.15	91.11	196.49	89.74	190.5	102.24
PESO MUESTRA SECA+TARRO (gr)	128.21	64.14	143.21	64.55	137.45	71.44
PESO AGUA (gr)	48.94	26.97	53.28	25.19	53.05	30.8
PESO TARRO	43.1	27.41	49.48	31.53	44.3	32.99
PESO MUESTRA SECA (gr)	85.11	36.73	93.73	33.02	93.15	38.45
CONTENIDO DE HUMEDAD %	57.50	73.43	56.84	76.29	56.95	80.10
AGUA ABSORBIDA %		15.93		19.44		23.15

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos

Km 2+000

ENSAYO C.B.R.

DATOS DE ESPONJAMIENTO

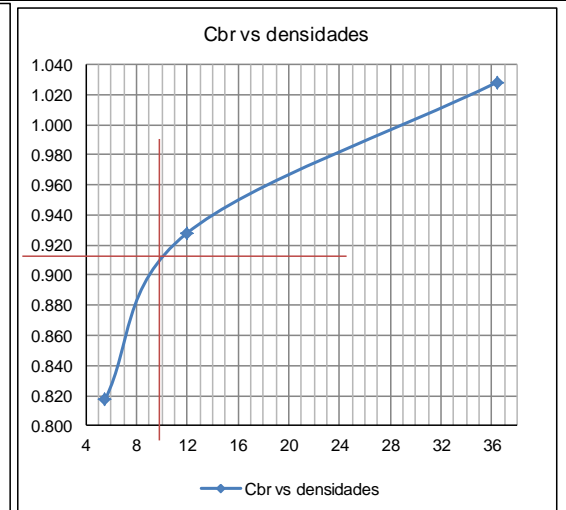
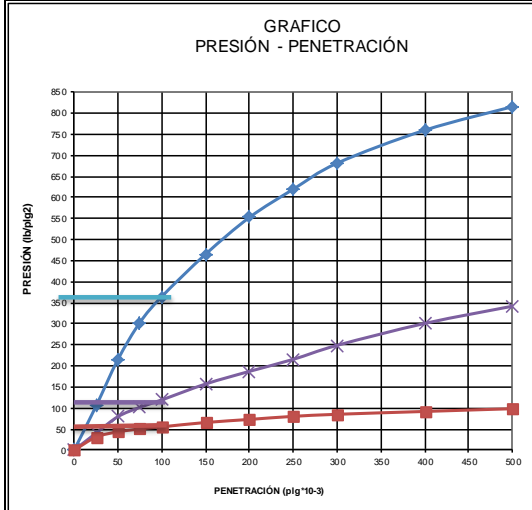
LECTURA DIAL en Plgs*10-2

MOLDE NUMERO			15				18				44						
FECHA DÍA Y MES	TIEMPO		LECT DIAL	h		ESPONJ		LECT DIAL	h		ESPONJ		LECT DIAL	h		ESPONJ	
	HORA	DÍAS		Mues	Plgs.	%	Mues		Plgs.	%	Mues	Plgs.		%			
				Plgs. *10-2	Plgs. *10-2	%	Plgs. *10-2		Plgs. *10-2	%	Plgs. *10-2	Plgs. *10-2		%			
12-Oct-16	19:10	0	0.06	5.00	0.00	0.00	0.06	5.00	0.00	0.00	0.19	5.00	0.00	0.00			
13-Oct-16	19:18	1	0.07		1.38	0.28	0.07		1.48	0.30	0.22			2.48	0.50		
14-Oct-16	19:35	2	0.08		2.56	0.51	0.09		3.48	0.70	0.23			3.68	0.74		

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

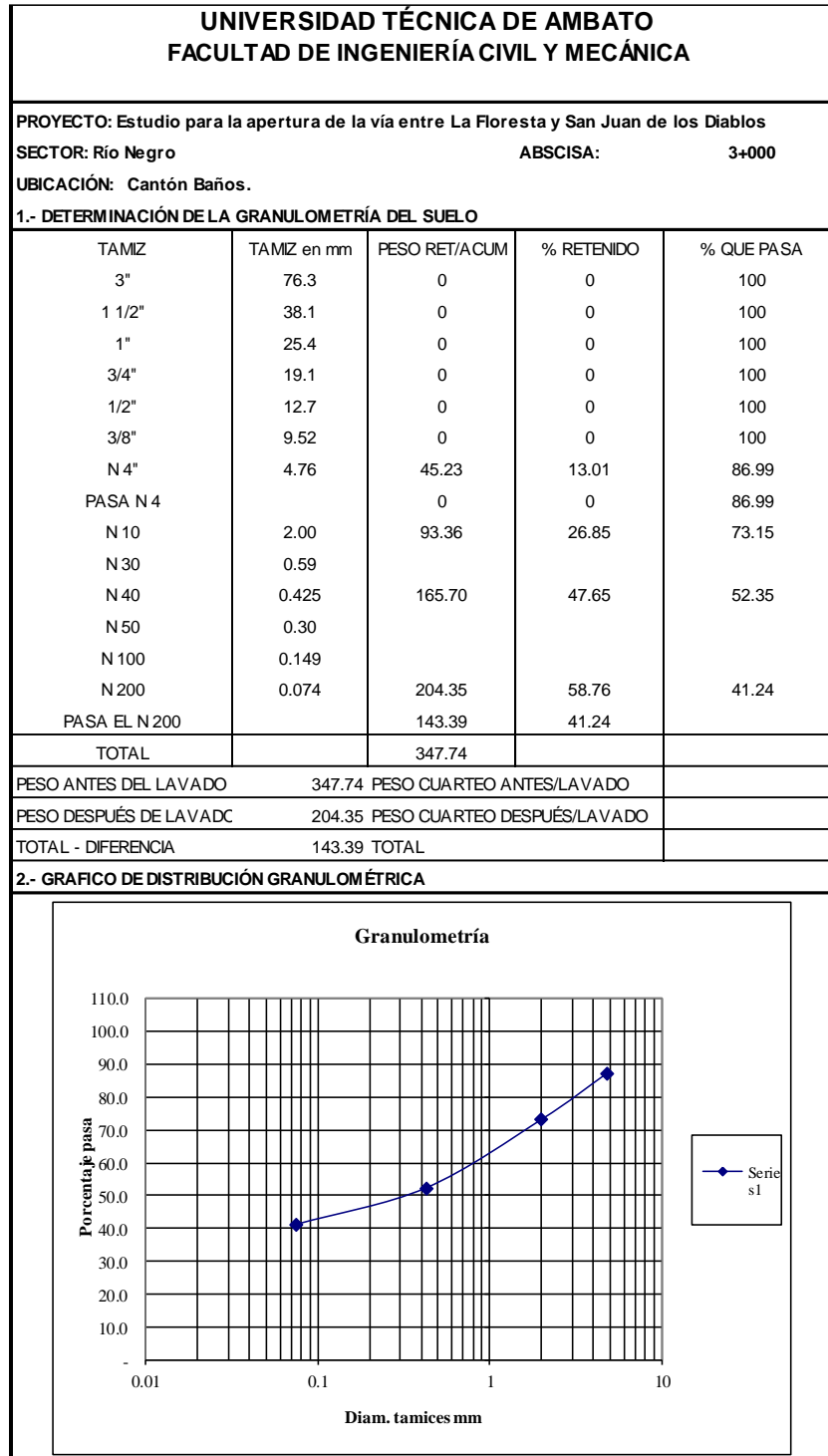
CONSTANTE DE CELDA 2,204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3pl2

MOLDE NUMERO			15				18				44			
TIEMPO		PENET. " 10-3	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR
MIN	SEG			LEÍDA	CORG			LEÍDA	CORG			LEÍDA	CORG	
				lb/plg2	%			lb/plg2	%			lb/plg2	%	
		0	0.0	0			0.0	0			0.0	0		
0	30	25	142.3	104.5			54.6	40.1			41.9	30.8		
1	0	50	293.2	215.4			108.2	79.5			59.1	43.4		
1	30	75	412.4	303.0			138.2	101.5			68.3	50.2		
2	0	100	496.3	364.6	364.6	36	162.3	119.2	119.2	11.9	75.2	55.2	55.2	
3	0	150	633.5	465.4			213.7	157.0			89.2	65.5		
4	0	200	752.4	552.8			254.6	187.0			99.1	72.8		
5	0	250	843.5	619.7			293.4	215.6			109.1	80.2		
6	0	300	927.6	681.5			338.7	248.8			115.7	85.0		
8	0	400	1034.2	759.8			409.6	300.9			124.9	91.8		
10	0	500	1110.1	815.6			465.2	341.8			133.8	98.3		
CBR corregido						36				11.9			5.5	



Densidades	vs	Resistencias		Densidad Máx.	1.015	gr/cm ³
gr/cm ³	1.028	36.46	%	90% de DM	0.914	gr/cm ³
gr/cm ⁴	0.928	11.92	%			
gr/cm ⁵	0.817	5.52	%	CBR PUNTUAL		9.9 %

MUESTRA 4 Km 3+00



Contenido de Humedad

PT SS

347.7

PT+SH	PT+SS	PT	P Agua	PSS	W %
185	132.45	46.85	52.79	85.6	61.7

Clasificación SUCS SC (Arena arcillosa). Color café

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos

SECTOR: Río Negro

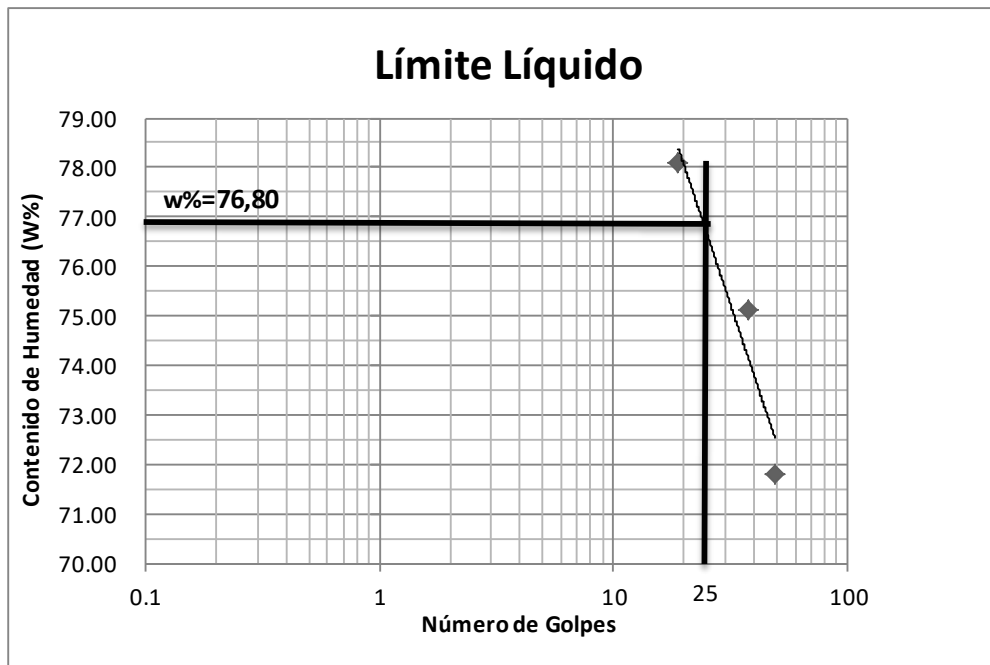
ABSCISA:

3+000

UBICACIÓN: Cantón Baños

1.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

# Golpes	49		38		19		
Recipiente Número	10-F	X-5	7-G	12-F	11-F	6-T	11-F
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	22.61	20.03	19.85	19.54	23.42	24.14	20.64
Peso seco + recipiente Ws + rec	17.84	16.35	16.28	16.11	18.08	18.53	16.83
Peso recipiente rec	11.19	11.23	11.52	11.55	11.25	11.34	11.21
peso del agua Ww	4.77	3.68	3.57	3.43	5.34	5.61	3.81
Peso de los sólidos WS	6.65	5.12	4.76	4.56	6.83	7.19	5.62
Contenido de humedad w%	71.73	71.88	75.00	75.22	78.18	78.03	67.79
Contenido de humedad prom. w%	71.80		75.11		78.10		



2.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente Número	M-5	A-4	A-11	A-9	E-5	A-8	
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	6.27	6.31	6.28	6.37	5.97	5.96	
Peso seco + recipiente Ws + rec	5.5	5.53	5.51	5.57	5.29	5.27	
Peso recipiente rec	4.33	4.34	4.34	4.35	4.25	4.22	
peso del agua Ww	0.77	0.78	0.77	0.8	0.68	0.69	
Peso de los sólidos WS	1.17	1.19	1.17	1.22	1.04	1.05	
Contenido de humedad w%	65.81	65.55	65.81	65.57	65.38	65.71	
Contenido de humedad prom. w%	65.68		65.69		65.55		

Límite líquido = **76.80** %

Límite plástico = **65.64** %

índice plástico = **11.16** %

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

COMPACTACIÓN

PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos

SECTOR: Río Negro

ABSCISA: Km 3+000

UBICACIÓN: Cantón Baños.

NORMA: AASHTO T - 180

MÉTODO: AASHTO MODIFICADO

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

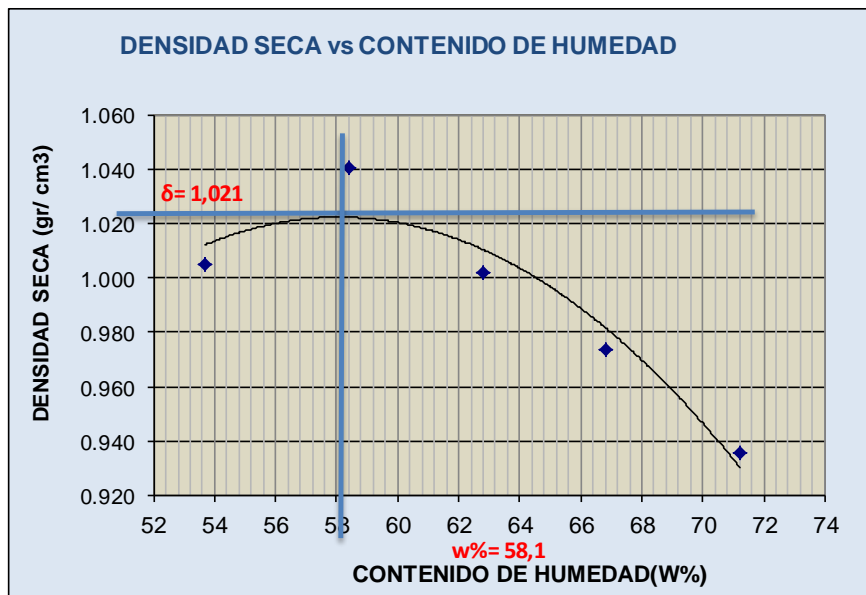
NUMERO DE GOLPES :	25	NÚMERO DE CAPAS :	5	PESO MARTILLO :	10 Lb
ALTURA DE CAÍDA :	18"	PESO MOLDE gr :	3791	VOLUMEN MOLDE cc	944

1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	0	4	8	12	16
Humedad inicial añadida en (cc)	0	8	160	240	320
P molde + suelo húmedo (gr)	5248.6	5347.5	5330.7	5324.1	5303.48
Peso suelo húmedo	1457.6	1556.5	1539.7	1533.1	1512.48
Densidad Húmeda en gr/cm ³	1.544	1.649	1.631	1.624	1.602

2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente #	3-F	D-6	7-T	11-B	D-10	3-A	5-R	4-B	C-5	B-6
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	160.42	152.5	183.5	170.3	179.7	171.6	204.9	169.8	192.03	184.64
Peso seco + recipiente Ws+ rec	120.84	114.3	133.2	119.2	128.5	123.7	140.6	112.6	130.02	127.54
Peso del recipiente rec	47.24	43	46.72	32.17	47.03	47.54	44.28	26.88	43.1	47.23
Peso del agua Ww	39.58	38.21	50.24	51.14	51.11	47.89	64.31	57.28	62.01	57.1
Peso suelo seco Ws	73.6	71.33	86.5	87.03	81.51	76.16	96.3	85.68	86.92	80.31
Contenido humedad w %	53.8	53.6	58.1	58.8	62.7	62.9	66.8	66.9	71.3	71.1
Contenido humedad promedio w %	53.67		58.42		62.79		66.82		71.22	
Densidad Seca γ_d	1.005		1.041		1.002		0.974		0.936	



γ máximo= 1.021

W óptimo % = 58.1

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos

TIPO: PROCTOR MODIFICADO NORMA: AASHTO: T-180

ABSCISA 3+000 DEL KM.: 3+000

ENSAYO CBR

MOLDE #	15		18		44	
# DE CAPAS	5		5		5	
# DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
W _m +MOLDE (gr)	9590.5	9754.3	9315.3	9626.4	8729	9241.2
PESO MOLDE (gr)	5864.5	5864.5	5965.5	5965.5	5775	5775
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	3726	3889.8	3349.8	3660.9	2954	3466.2
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	2301	2301	2301	2301	2301	2301
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	1.619	1.690	1.456	1.591	1.284	1.506
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.027	0.968	0.928	0.896	0.811	0.825
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm ³)						

CONTENIDO DE HUMEDAD

TARRO #	C-5	D-4	2-A	7-B	2-F	11-D
W _m +T ARRO (gr)	177.25	91.54	196.57	90.15	191.7	103.2
PESO MUESTRA SECA+T ARRO (gr)	128.21	64.14	143.21	64.55	137.45	71.44
PESO AGUA (gr)	49.04	27.4	53.36	25.6	54.25	31.76
PESO T ARRO	43.1	27.41	49.48	31.53	44.3	32.99
PESO MUESTRA SECA (gr)	85.11	36.73	93.73	33.02	93.15	38.45
CONTENIDO DE HUMEDAD %	57.62	74.60	56.93	77.53	58.24	82.60
AGUA ABSORBIDA %		16.98		20.60		24.36

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos

Km 3+000

ENSAYO C.B.R.

DATOS DE ESPONJAMIENTO

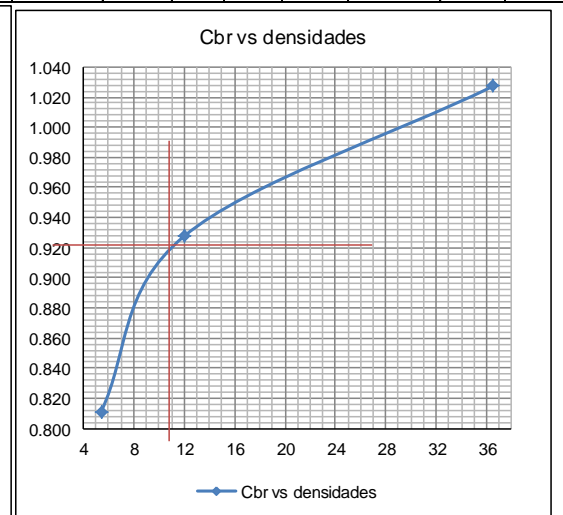
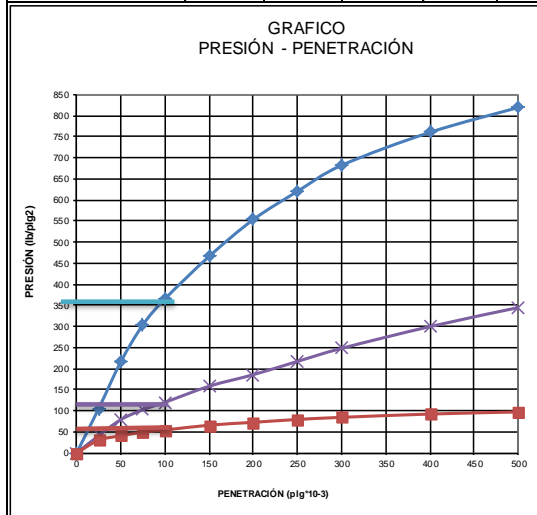
LECTURA DIAL en Plgs*10-2

MOLDE NUMERO			21				24				26						
FECHA DÍA Y MES	TIEMPO		LECT DIAL	h		ESPONJ		LECT DIAL	h		ESPONJ		LECT DIAL	h		ESPONJ	
	HORA	DÍAS		Mues	Plgs.	%	Mues		Plgs.	%	Mues	Plgs.		%			
			Plgs.	Plgs.	*10-2		Plgs.	*10-2		Plgs.	*10-2		Plgs.	*10-2			
12-Oct-16	19:10	0	0.07	5.00	0.00	0.00	0.06	5.00	0.00	0.00	0.19	5.00	0.00	0.00			
13-Oct-16	19:18	1	0.08		1.00	0.20	0.07		1.48	0.30	0.22		2.48	0.50			
14-Oct-16	19:35	2	0.09		2.00	0.40	0.09		3.48	0.70	0.23		3.68	0.74			

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

CONSTANTE DE CELDA 2,204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3p12

MOLDE NUMERO			15				18				44			
TIEMPO		PENET. " 10-3	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR
MIN	SEG			LEÍDA	CORG			LEÍDA	CORG			LEÍDA	CORG	
			lb/plg2		%	lb/plg2		%	lb/plg2		%	lb/plg2		%
		0	0.0	0			0.0	0			0.0	0		
0	30	25	143.4	105.4			55.5	40.8			40.7	29.9		
1	0	50	294.3	216.2			107.3	78.8			55.2	40.6		
1	30	75	413.5	303.8			139.3	102.3			66.8	49.1		
2	0	100	497.4	365.4	365.4	37	163.4	120.0	120.0	12.0	73.8	54.2	54.2	5.4
3	0	150	634.6	466.2			215.2	158.1			89.4	65.7		
4	0	200	753.5	553.6			252.6	185.6			98.6	72.4		
5	0	250	844.6	620.5			295.5	217.1			107.9	79.3		
6	0	300	928.7	682.3			337.6	248.0			114.7	84.3		
8	0	400	1035.3	760.6			407.9	299.7			125.4	92.1		
10	0	500	1115.4	819.4			469.3	344.8			132.1	97.0		
CBR corregido							36.5				12.0			5.4



Densidades	vs	Resistencias	
gr/cm ³	1.027	36.5	%
gr/cm ⁴	0.928	12.00	%
gr/cm ⁵	0.811	5.4	%

Densidad Máx.	1.021	gr/cm ³
90% de DM	0.919	gr/cm ³
CBR PUNTUAL		11 %

MUESTRA 5 Km 4+000

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
PROYECTO: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS				
SECTOR: Río Negro		ABSCISA:		4+000
UBICACIÓN: Cantón Baños de Agua Santa				
1.- DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL SUELO				
TAMIZ	TAMIZ en mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	76.3	0	0	100
1 1/2"	38.1	0	0	100
1"	25.4	0	0	100
3/4"	19.1	0	0	100
1/2"	12.7	0	0	100
3/8"	9.52	0	0	100
N 4"	4.76	59.76	16.73	83.27
PASA N 4		0	0	83.27
N 10	2.00	79.88	22.37	77.63
N 30	0.59			
N 40	0.425	115.96	32.47	67.53
N 50	0.30			
N 100	0.149			
N 200	0.074	172.64	48.34	51.66
PASA EL N 200		184.49	51.66	
TOTAL		357.13		
PESO ANTES DEL LAVADO		357.13	PESO CUARTEO ANTES/LAVADO	
PESO DESPUÉS DE LAVADO		172.64	PESO CUARTEO DESPUÉS/LAVADO	
TOTAL - DIFERENCIA		184.49	TOTAL	
2.- GRAFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA				
<p style="text-align: center;">Granulometría suelo</p>				

Contenido de Humedad

PT SS

357.1

PT+SH	PT+SS	PT	P Agua	PSS	W %
207.73	157.39	46.74	50.34	110.65	45.5

Clasificación SUCS

MH (Limo alta plasticidad). Color café oscuro.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

PROYECTO: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS

SECTOR: Río Negro

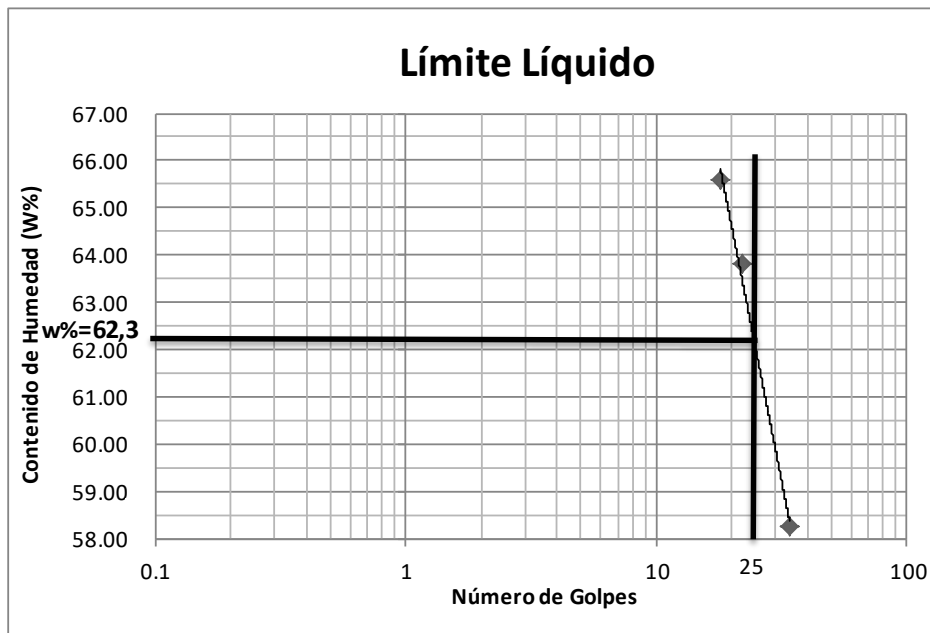
ABSCISA:

4+000

UBICACIÓN: Cantón Baños de Agua Santa

1.- DETERMINACIÓN DEL ÍMITE LÍQUIDO

# Golpes	34		22		18	
Recipiente Número	11-F	X-1	6-T	7-E	9-F	12-F
Peso húmedo + recipiente Wm + rec	21.22	21.65	22.58	21.37	24.42	21.6
Peso seco + recipiente Ws + rec	17.53	17.82	18.23	17.55	19.32	17.62
Peso recipiente rec	11.2	11.24	11.42	11.56	11.52	11.57
peso del agua Ww	3.69	3.83	4.35	3.82	5.1	3.98
Peso de los sólidos WS	6.33	6.58	6.81	5.99	7.8	6.05
Contenido de humedad w%	58.29	58.21	63.88	63.77	65.38	65.79
Contenido de humedad prom. w%	58.25		63.82		65.58	



2.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente Número	A-2	A-7	A-4	E-1	A-8	M-7
Peso húmedo + recipiente Wm + rec	6.37	6.41	5.59	6.41	6.00	6.29
Peso seco + recipiente Ws + rec	5.69	5.72	5.13	5.69	5.44	5.64
Peso recipiente rec	4.33	4.34	4.20	4.25	4.34	4.34
peso del agua Ww	0.68	0.69	0.46	0.72	0.56	0.65
Peso de los sólidos WS	1.36	1.38	0.93	1.44	1.10	1.30
Contenido de humedad w%	50.00	50.00	49.46	50.00	50.91	50.00
Contenido de humedad prom. w%	50.00		49.73		50.45	

Límite líquido = **62.30** %

Límite plástico = **50.06** %

Índice plástico = **12.24** %

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

COMPACTACIÓN

PROYECTO: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS

SECTOR: Río Negro

ABSCISA: Km 4+000

UBICACIÓN: Cantón Baños de Agua Santa

NORMA: AASHTO T - 180

MÉTODO: AASHTO MODIFICADO

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

NUMERO DE GOLPES :	25	NÚMERO DE CAPAS :	5	PESO MARTILLO :	10 Lb
ALTURA DE CAÍDA :	18"	PESO MOLDE gr :	3791	VOLUMEN MOLDE cc	944

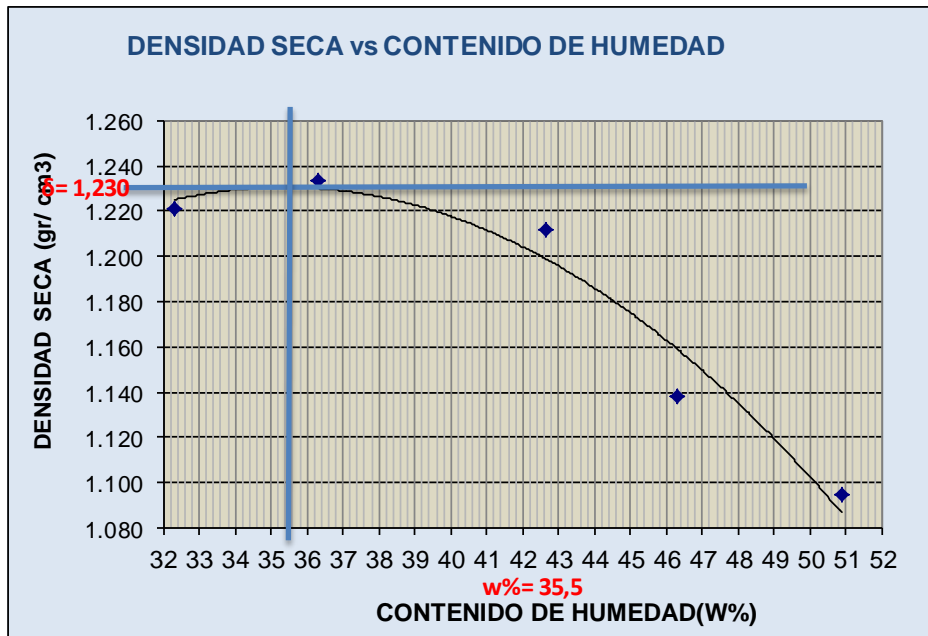
1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	4	8	12	16	20
Humedad inicial añadida en (cc)	0	8	160	240	320
P molde + suelo húmedo (gr)	5316.1	5378.8	5423.4	5362.4	5350
Peso suelo húmedo	1525.1	1587.8	1632.4	1571.4	1559
Densidad Húmeda en gr/cm3	1.616	1.682	1.729	1.665	1.651

2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente #	D-5	D-3	4-A	6-T	B-3	D-5	B-1	11-B	B-4	2-F
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	254.63	162.2	189.7	155.6	207.0	170.3	204.4	158.2	190.27	175.85
Peso seco + recipiente Ws+ rec	208.83	129.1	151.9	126.5	157.8	139	154.1	116.5	140.22	133.12
Peso del recipiente rec	65.91	27.41	47.32	46.73	42.11	65.86	44.95	26.88	41.4	49.46
Peso del agua Ww	45.8	33.09	37.85	29.08	49.15	31.32	50.31	41.67	50.05	42.73
Peso suelo seco Ws	142.92	101.7	104.6	79.77	115.7	73.09	109.1	89.66	98.82	83.66
Contenido humedad w %	32.0	32.5	36.2	36.5	42.5	42.9	46.1	46.5	50.6	51.1
Contenido humedad promedio w %	32.29		36.33		42.67		46.29		50.86	
Densidad Seca γ_d	1.221		1.234		1.212		1.138		1.095	

DENSIDAD SECA vs CONTENIDO DE HUMEDAD



γ_d máximo = 1.230

W óptimo % = 35.5

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

PROYECTO: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS

TIPO: PROCTOR MODIFICADO NORMA: AASHTO:T-180
ABSCISA 4+000 DEL KM.: 4+000
SUELO: MH

ENSAYO CBR

MOLDE #	7		8		9	
# DE CAPAS	5		5		5	
# DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
Wm+MOLDE (gr)	10019.4	10186.6	9829.2	10058	9447.2	9844.6
PESO MOLDE (gr)	6412.2	6412.2	6385.4	6385.4	6384.8	6384.8
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	3607.2	3774.4	3443.8	3672.6	3062.4	3459.8
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	2082	2082	2082	2082	2082	2082
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm3)	1.733	1.813	1.654	1.764	1.471	1.662
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.274	1.180	1.225	1.148	1.052	1.046
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm3)						

CONTENIDO DE HUMEDAD

TARRO #	B-1	D-7	B-3	B-2	C-6	6-T
Wm +T ARRO (gr)	180.53	131.94	207.1	159.91	180.31	147.91
PESO MUESTRA SECA+T ARRO (gr)	144.67	102.28	164.33	120.52	141.26	110.42
PESO AGUA (gr)	35.86	29.66	42.77	39.39	39.05	37.49
PESO TARRO	44.96	47.04	42.06	47.19	43.12	46.75
PESO MUESTRA SECA (gr)	99.71	55.24	122.27	73.33	98.14	63.67
CONTENIDO DE HUMEDAD %	35.96	53.69	34.98	53.72	39.79	58.88
AGUA ABSORBIDA %		17.73		18.74		19.09

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS

Km4+000

ENSAYO C.B.R.

DATOS DE ESPONJAMIENTO

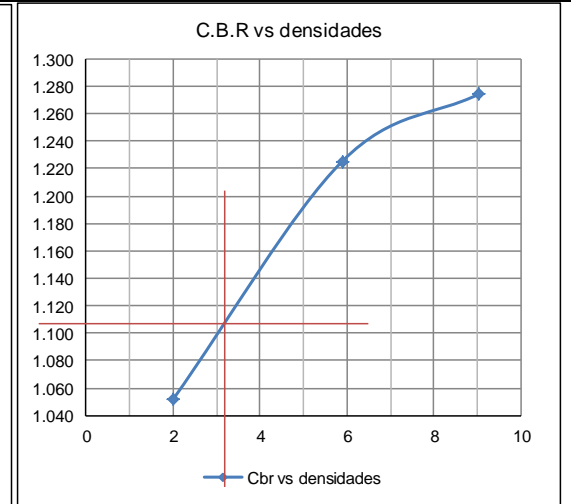
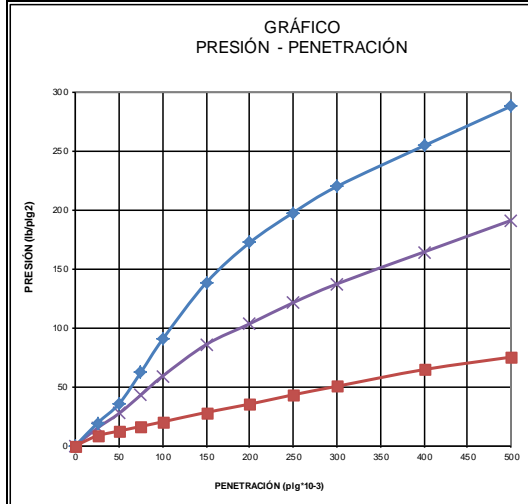
LECTURA DIAL en Plgs*10-2

MOLDE NUMERO			7				8				9			
FECHA	TIEMPO		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ	
DÍA Y MES	HORA	DÍAS	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%
			Plgs.	Plgs.	*10-2		Plgs.	Plgs.	*10-2		Plgs.	Plgs.	*10-2	
14-Oct-16	19:10	0	0.07	5.00	0.00	0.00	0.02	5.00	0.00	0.00	0.06	5.00	0.00	0.00
15-Oct-16	19:18	1	0.10		2.83	0.57	0.06		4.28	0.86	0.10		3.96	0.79
16-Oct-16	19:35	2	0.14		6.81	1.36	0.10		7.52	1.50	0.14		7.32	1.46
17-Oct-16	19:35	2	0.17		6.69	1.34	0.13		6.48	1.30	0.17		6.48	1.30

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

CONSTANTE DE CELDA 2,204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3p12

MOLDE NUMERO			7				8				9			
TIEMPO		PENET. " 10-3	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR
MIN	SEG		LECT	LEÍDA	CORG		LECT	LEÍDA	CORG		LECT	LEÍDA	CORG	
			DIAL	lb/plg2	%		DIAL	lb/plg2	%		DIAL	lb/plg2	%	
		0	0.0	0			0.0	0			0.0	0		
0	30	25	25.9	19.0			20.2	14.8			11.2	8.2		
1	0	50	48.4	35.6			37.2	27.3			16.8	12.3		
1	30	75	84.8	62.3			58.5	43.0			22.1	16.2		
2	0	100	123.0	90.4	90.4	9	80.3	59.0	59.0	5.9	27.4	20.1	20.1	2.0
3	0	150	188.2	138.3			116.8	85.8			38.3	28.1		
4	0	200	234.6	172.4			140.8	103.4			47.9	35.2		
5	0	250	269.2	197.8			165.2	121.4			58.7	43.1		
6	0	300	299.4	220.0			186.8	137.2			68.5	50.3		
8	0	400	346.5	254.6			223.7	164.3			87.8	64.5		
10	0	500	392.2	288.1			260.2	191.2			102.2	75.1		
CBR corregido						9				5.9				2.0



Densidades	vs	Resistencias	
gr/cm ³	1.274	9.04	%
gr/cm ⁴	1.225	5.90	%
gr/cm ⁵	1.052	2.01	%

Densidad Máx.	1.230	gr/cm ³
90% de DM	1.107	gr/cm ³
CBR PUNTUAL	3.1 %	

MUESTRA 6 Km 5+000

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
PROYECTO: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS					
SECTOR: Río Negro			ABSCISA:		Km 5+000
UBICACIÓN: Cantón Baños de Agua Santa					
1.- DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL SUELO					
TAMIZ	TAMIZ en mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA	
3"	76.3	0	0	100	
1 1/2"	38.1	0	0	100	
1"	25.4	0	0	100	
3/4"	19.1	0	0	100	
1/2"	12.7	0	0	100	
3/8"	9.52	0	0	100	
N 4"	4.76	45.51	12.85	87.15	
PASA N 4		0	0	87.15	
N 10	2.00	66.72	18.85	81.15	
N 30	0.59				
N 40	0.425	101.86	28.77	71.23	
N 50	0.30				
N 100	0.149				
N 200	0.074	157.67	44.53	55.47	
PASA EL N 200		196.37	55.47		
TOTAL		354.04			
PESO ANTES DEL LAVADO		354.04	PESO CUARTEO ANTES/LAVADO		
PESO DESPUÉS DE LAVADO		157.67	PESO CUARTEO DESPUÉS/LAVADO		
TOTAL - DIFERENCIA		196.37	TOTAL		
2.- GRAFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA					
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;">Granulometría suelo</p> </div>					
Contenido de Humedad		PT SS		354.0	
PT+SH	PT+SS	PT	P Agua	PSS	W %
200.52	151.52	46.74	49	104.78	46.8
Clasificación SUCS MH (Limo alta plasticidad). Color café oscuro.					

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

PROYECTO: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS

SECTOR: Río Negro

ABSCISA:

5+000

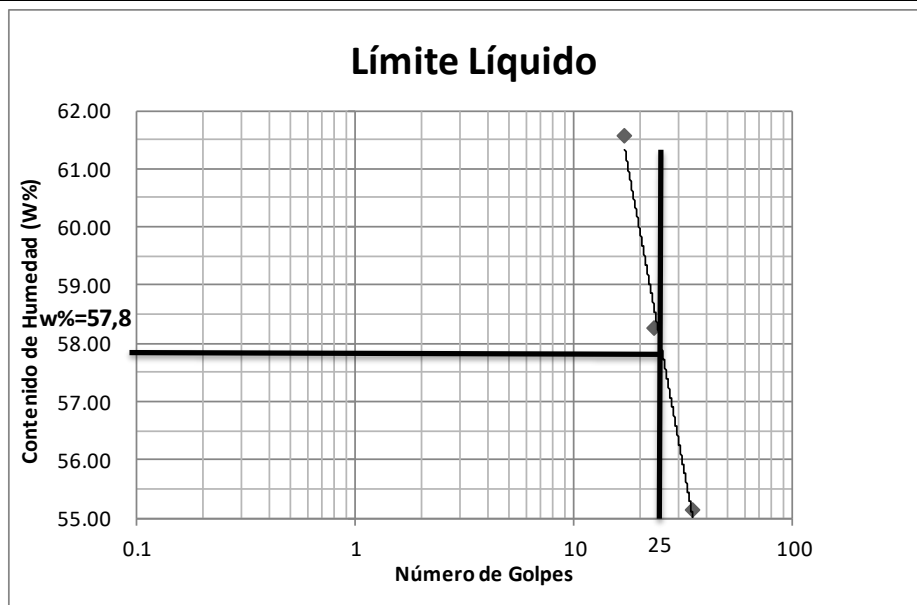
UBICACIÓN: Cantón Baños de Agua Santa

FECHA:

Ambato, 15-10- 2016

1.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

# Golpes	35		23		17		
Recipiente Número	7-E	6-T	X-1	12-F	9-F	11-F	11-F
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	20.67	20.88	22.42	20.87	24.12	21.44	21.22
Peso seco + recipiente Ws + rec	17.43	17.52	18.3	17.45	19.32	17.54	17.53
Peso recipiente rec	11.56	11.42	11.24	11.57	11.52	11.21	11.2
peso del agua Ww	3.24	3.36	4.12	3.42	4.8	3.9	3.69
Peso de los sólidos WS	5.87	6.1	7.06	5.88	7.8	6.33	6.33
Contenido de humedad w%	55.20	55.08	58.36	58.16	61.54	61.61	58.29
Contenido de humedad prom. w%	55.14		58.26		61.57		



2.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente Número	E-1	A-7	A-4	A-2	A-8	M-7	
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	6.28	6.44	5.61	6.37	6.05	6.32	
Peso seco + recipiente Ws + rec	5.63	5.76	5.16	5.71	5.49	5.68	
Peso recipiente rec	4.25	4.34	4.20	4.33	4.34	4.34	
peso del agua Ww	0.65	0.68	0.45	0.66	0.56	0.64	
Peso de los sólidos WS	1.38	1.42	0.96	1.38	1.15	1.34	
Contenido de humedad w%	47.10	47.89	46.88	47.83	48.70	47.76	
Contenido de humedad prom. w%	47.49		47.35		48.23		

Límite líquido = **57.80** %

Límite plástico = **47.69** %

Índice plástico = **10.11** %

Realizó: Egdo. Carlos Peñafiel

Revisó: Ing. Mg. Vinicio Almeida

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

COMPACTACIÓN

PROYECTO: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS

SECTOR: Río Negro

ABSCISA: Km 5+000

UBICACIÓN: Cantón Baños de Agua Santa

NORMA: AASHTO T - 180

MÉTODO: AASHTO MODIFICADO

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

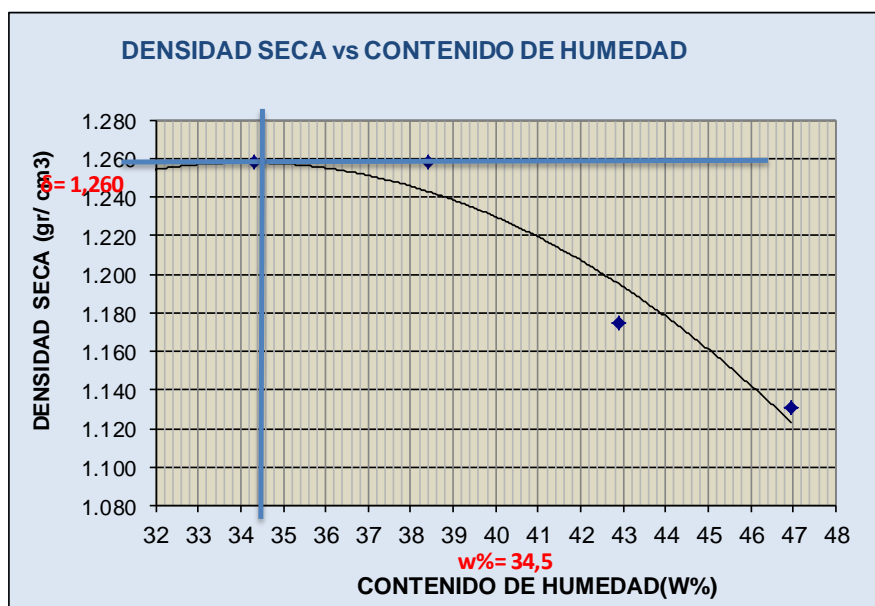
NUMERO DE GOLPES :	25	NÚMERO DE CAPAS :	5	PESO MARTILLO :	10 Lb
ALTURA DE CAÍDA :	18"	PESO MOLDE gr :	3791	VOLUMEN MOLDE cc	944

1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	4	8	12	16	20
Humedad inicial añadida en (cc)	0	8	160	240	320
P molde + suelo húmedo (gr)	5321.6	5385.8	5435.2	5375.1	5360.2
Peso suelo húmedo	1530.6	1594.8	1644.2	1584.1	1569.2
Densidad Húmeda en gr/cm3	1.621	1.689	1.742	1.678	1.662

2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente #	C-6	2-F	1-D	6-T	2-R	D-5	D-7	6-T	11-B	2-F
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	250.2	165.2	175.9	160.3	200.7	165.9	195.9	160.2	188.57	174.85
Peso seco + recipiente Ws+ rec	202.12	138.2	146	131.2	157.2	138.1	151.2	126.1	136.85	134.81
Peso del recipiente rec	43.1	49.48	49.48	46.73	44.3	65.86	47.03	46.72	26.85	49.46
Peso del agua Ww	48.08	27.05	32.99	29.06	43.43	27.73	44.64	34.09	51.72	40.04
Peso suelo seco Ws	159.02	88.68	96.47	84.48	112.9	72.26	104.2	79.4	110	85.35
Contenido humedad w %	30.2	30.5	34.2	34.4	38.5	38.4	42.8	42.9	47.0	46.9
Contenido humedad promedio w %	30.37		34.30		38.42		42.89		46.97	
Densidad Seca γ_d	1.244		1.258		1.258		1.174		1.131	



γ máximo= 1.260

W óptimo % = 34.5

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS Km 5+000

ENSAYO C.B.R.

DATOS DE ESPONJAMIENTO

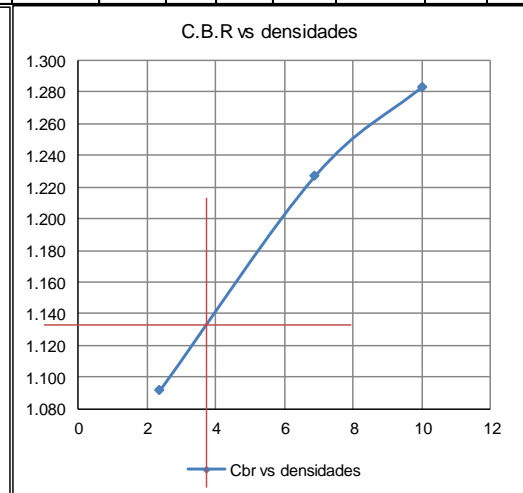
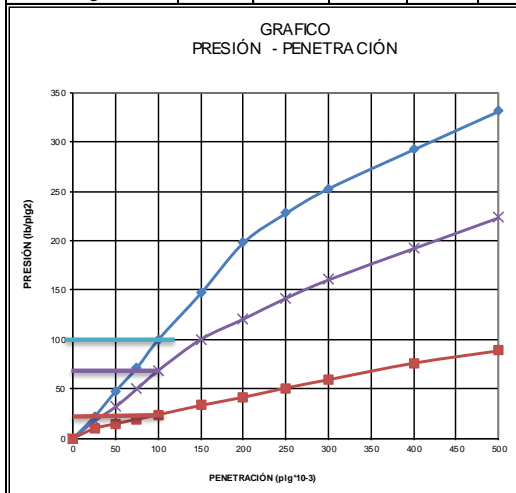
LECTURA DIAL en Plgs*10-2

MOLDE NUMERO			7				8				9					
FECHA DÍA Y MES	TIEMPO		LECT DIAL	ESPONJ			LECT DIAL	ESPONJ			LECT DIAL	ESPONJ				
	HORA	DÍAS		h	Mues	Plgs.		%	h	Mues		Plgs.	%	h	Mues	Plgs.
			Plgs.	Plgs.	*10-2		Plgs.	Plgs.	*10-2		Plgs.	Plgs.	*10-2		Plgs.	*10-2
13-oct-16	19:10	0	0.03	5.00	0.00	0.00	0.06	5.00	0.00	0.00	0.05	5.00	0.00	0.00		
14-oct-16	19:18	1	0.05		1.38	0.28	0.07		1.08	0.22	0.06			1.20	0.24	
15-oct-16	19:35	2	0.06		2.24	0.45	0.08		2.28	0.46	0.07			1.72	0.34	
16-oct-16	19:35	2	0.06		1.65	0.33	0.10		2.48	0.50	0.07			1.04	0.21	

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

CONSTANTE DE CELDA 2,204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3pl2

MOLDE NUMERO			7				8				9			
TIEMPO		PENET. " 10-3	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR
MIN	SEG			LEÍDA	CORG			LEÍDA	CORG			LEÍDA	CORG	
			lb/plg2	lb/plg2	%		lb/plg2	lb/plg2	%		lb/plg2	lb/plg2	%	
		0	0.0	0			0.0	0			0.0	0		
0	30	25	29.8	21.9			23.6	17.3			13.2	9.7		
1	0	50	65.2	47.9			43.5	32.0			19.8	14.5		
1	30	75	97.5	71.6			68.4	50.3			26.1	19.2		
2	0	100	136.2	100.1	100.1	10	93.6	68.8	68.8	6.9	32.3	23.7	2.4	
3	0	150	200.2	147.1			136.5	100.3			45.2	33.2		
4	0	200	269.8	198.2			164.5	120.9			56.5	41.5		
5	0	250	310.3	228.0			193.3	142.0			69.3	50.9		
6	0	300	344.3	252.9			218.6	160.6			80.8	59.4		
8	0	400	398.2	292.5			261.8	192.3			103.6	76.1		
10	0	500	451.1	331.4			304.4	223.6			120.7	88.7		
CBR corregido						10				6.9			2.4	



Densidades	vs	Resistencias	
gr/cm ³	1.283	10.01	%
gr/cm ⁴	1.227	6.88	%
gr/cm ⁵	1.092	2.37	%

Densidad Máx.	1.260	gr/cm ³
90% de DM	1.134	gr/cm ³
CBR PUNTUAL		3.7 %

Realizó: Egdo. Carlos Peñafiel

Revisó: Ing. Mg. Vinicio Almeida

MUESTRA 7 Km 6+000

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA														
PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos														
SECTOR: Río Negro		ABSCISA:		6+000										
UBICACIÓN: Cantón Baños.														
1.- DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL SUELO														
TAMIZ	TAMIZ en mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA										
3"	76.3	0	0	100										
1 1/2"	38.1	0	0	100										
1"	25.4	0	0	100										
3/4"	19.1	0	0	100										
1/2"	12.7	0	0	100										
3/8"	9.52	0	0	100										
N 4"	4.76	5.68	1.55	98.45										
PASA N 4		0	0	98.45										
N 10	2.00	42.13	11.51	88.49										
N 30	0.59													
N 40	0.425	136.77	37.35	62.65										
N 50	0.30													
N 100	0.149													
N 200	0.074	223.31	60.99	39.01										
PASA EL N 200		142.85	39.01											
TOTAL		366.16												
PESO ANTES DEL LAVADO		366.16	PESO CUARTEO ANTES/LAVADO											
PESO DESPUÉS DE LAVADO		223.31	PESO CUARTEO DESPUÉS/LAVADO											
TOTAL - DIFERENCIA		142.85	TOTAL											
2.- GRAFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA														
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;">Granulometría suelo</p> <table border="1" style="display: none;"> <caption>Datos del gráfico de granulometría</caption> <thead> <tr> <th>Diam. tamices mm</th> <th>Porcentaje pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.075</td><td>40.01</td></tr> <tr><td>0.425</td><td>62.65</td></tr> <tr><td>0.850</td><td>88.49</td></tr> <tr><td>75.000</td><td>100.00</td></tr> </tbody> </table> </div>					Diam. tamices mm	Porcentaje pasa	0.075	40.01	0.425	62.65	0.850	88.49	75.000	100.00
Diam. tamices mm	Porcentaje pasa													
0.075	40.01													
0.425	62.65													
0.850	88.49													
75.000	100.00													

Contenido de Humedad

PT SS

366.2

PT+SH	PT+SS	PT	P Agua	PSS	W %
279.6	198.54	47.18	81.04	151.36	53.5

Clasificación SUCS

SC (Arena arcillosa). Color café

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos

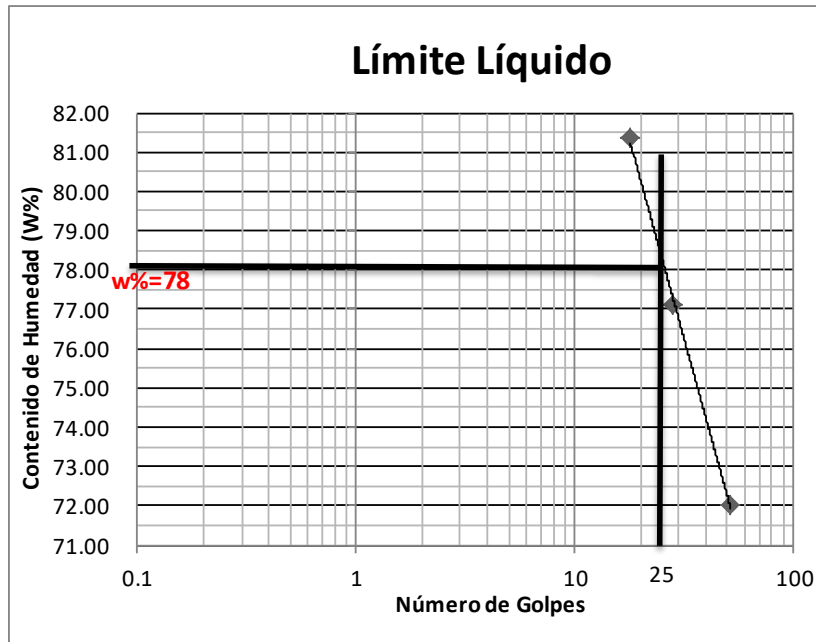
SECTOR: Río Negro

ABSCISA: 6+000

UBICACIÓN: Cantón Baños

1.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

# Golpes	52		28		18	
Recipiente Número	11-F	X-1	7-E	12-F	11-F	6-T
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	21.49	20.97	22.45	22.86	21.67	21.38
Peso seco + recipiente Ws + rec	17.13	16.96	17.62	17.85	17.01	16.91
Peso recipiente rec	11.15	11.32	11.29	11.42	11.27	11.43
peso del agua Ww	4.36	4.01	4.83	5.01	4.66	4.47
Peso de los sólidos WS	5.98	5.64	6.33	6.43	5.74	5.48
Contenido de humedad w%	72.91	71.10	76.30	77.92	81.18	81.57
Contenido de humedad prom. w%	72.00		77.11		81.38	



2.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente Número	M-7	A-2	A-8	A-7	E-1	A-4
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	6.32	6.29	6.28	6.35	6.18	6.27
Peso seco + recipiente Ws + rec	5.58	5.58	5.46	5.52	5.44	5.51
Peso recipiente rec	4.32	4.34	4.32	4.36	4.29	4.31
peso del agua Ww	0.74	0.71	0.82	0.83	0.74	0.76
Peso de los sólidos WS	1.26	1.24	1.14	1.16	1.15	1.20
Contenido de humedad w%	58.73	57.26	71.93	71.55	64.35	63.33
Contenido de humedad prom. w%	57.99		71.74		63.84	

Límite líquido = **78.00** %
 Límite plástico = **64.53** %
 índice plástico = **13.47** %

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

COMPACTACIÓN

PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos

SECTOR: Río Negro

ABSCISA: Km 6+000

UBICACIÓN: Cantón Baños.

NORMA: AASHTO T - 180

MÉTODO: AASHTO MODIFICADO

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

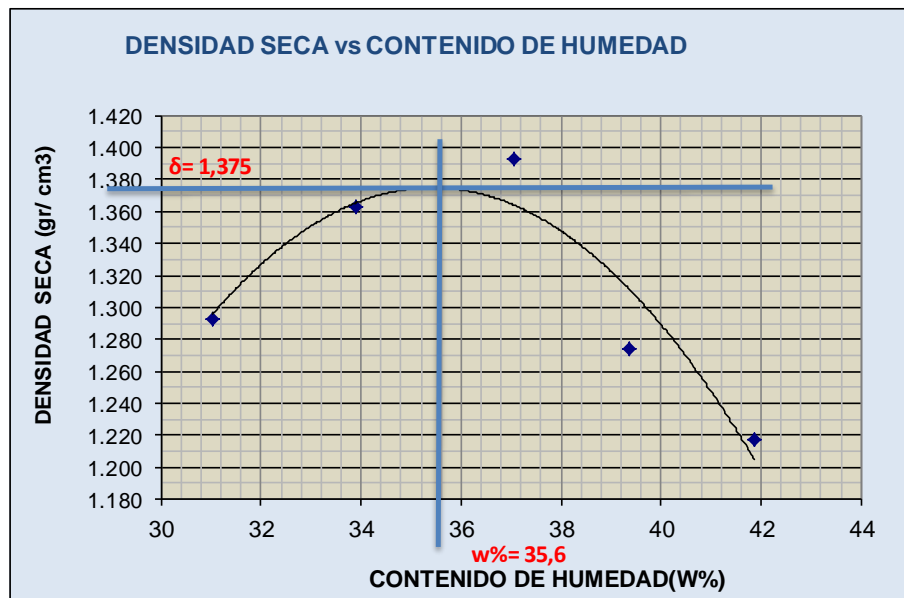
NUMERO DE GOLPES :	25	NÚMERO DE CAPAS :	5	PESO MARTILLO :	10 Lb
ALTURA DE CAÍDA :	18"	PESO MOLDE gr :	3791	VOLUMEN MOLDE cc :	944

1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	0	4	8	12	16
Humedad inicial añadida en (cc)	0	8	160	240	320
P molde + suelo húmedo (gr)	5390.26	5513.2	5593.67	5466.82	5421.79
Peso suelo húmedo	1599.26	1722.2	1802.67	1675.82	1630.79
Densidad Húmeda en gr/cm ³	1.694	1.824	1.910	1.775	1.728

2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente #	3-F	E-5	16-T	1-B	F-7	6-A	12-H	1-V	D-6	K-2
Peso húmedo + recipiente W _m + rec	167.12	150.9	186.5	173	205.6	173	205.5	162.81	192.75	182.15
Peso seco + recipiente W _s + rec	138.42	126.8	151.2	136.8	162.9	138.5	160.2	124.1	148.21	142.1
Peso del recipiente rec	48.74	46.5	45.27	31.71	46.3	46.45	44.84	25.97	42.01	46.32
Peso del agua W _w	28.7	24.1	35.3	36.21	42.7	34.52	45.3	38.71	44.54	40.05
Peso suelo seco W _s	89.68	80.26	105.9	105.1	116.6	92.05	115.4	98.13	106.2	95.78
Contenido humedad w %	32.0	30.0	33.3	34.5	36.6	37.5	39.3	39.4	41.9	41.8
Contenido humedad promedio w %	31.02		33.89		37.06		39.36		41.88	
Densidad Seca γ_d	1.293		1.363		1.393		1.274		1.218	



γ máximo = 1.375

W óptimo % = 35.6

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos

TIPO: PROCTOR MODIFICADO **NORMA:** AASHTO: T-180

ABSCISA: 6+000 **DEL KM.:** 6+000

ENSAYO CBR

MOLDE #	15		18		44	
# DE CAPAS	5		5		5	
# DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
W _m +MOLDE (gr)	9550.1	9870.4	9535.4	10136.3	9994.6	10057.8
PESO MOLDE (gr)	5864.4	5864.4	5963.4	5963.4	5768.5	5768.5
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	3685.7	4006	3572	4172.9	4226.1	4289.3
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	2301	2301	2301	2301	2301	2301
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	1.602	1.741	1.552	1.814	1.837	1.864
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.348	1.302	1.281	1.254	1.171	1.007
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm ³)	1.325		1.268		1.089	

CONTENIDO DE HUMEDAD

T ARRO #	D-6	D-7	5-J	5-B	12-G	11-R
W _m +T ARRO (gr)	175.17	92.13	199.46	87.94	195.1	104.2
PESO MUESTRA SECA+T ARRO (gr)	154.21	75.8	173.21	70.55	140.45	71.44
PESO AGUA (gr)	20.96	16.33	26.25	17.39	54.65	32.76
PESO T ARRO	43.1	27.41	49.48	31.53	44.3	32.99
PESO MUESTRA SECA (gr)	111.11	48.39	123.73	39.02	96.15	38.45
CONTENIDO DE HUMEDAD %	18.86	33.75	21.22	44.57	56.84	85.20
AGUA ABSORBIDA %		14.88		23.35		28.36

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos

Km 6+000

ENSAYO C.B.R.

DATOS DE ESPONJAMIENTO

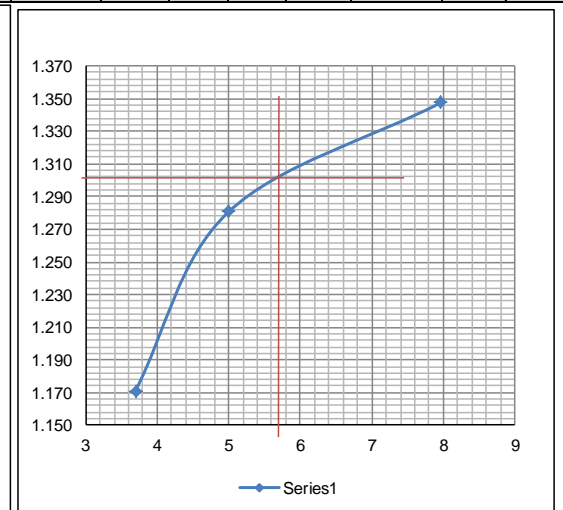
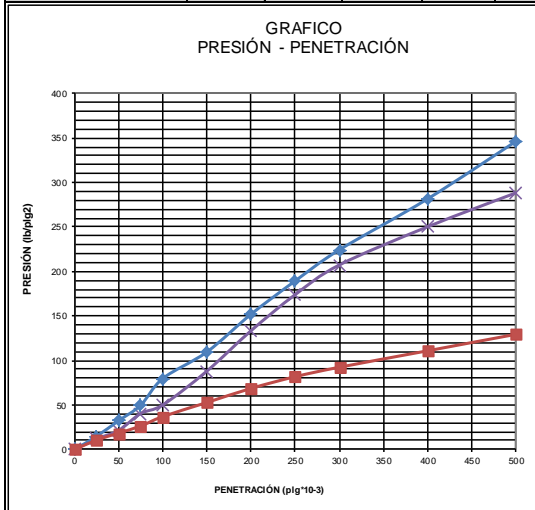
LECTURA DIAL en Plgs*10-2

MOLDE NUMERO			25				35				46				
FECHA		TIEMPO		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ	
DÍA Y MES	HORA	DÍAS	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%	
			Plgs.	Plgs.	*10-2	Plgs.	Plgs.	*10-2	Plgs.	Plgs.	*10-2	Plgs.	Plgs.	*10-2	
12-Oct-16	19:10	0	0.21	5.00	0.00	0.00	0.30	5.00	0.00	0.00	0.18	5.00	0.00	0.00	
13-Oct-16	19:18	1	0.23		2.00	0.40	0.34		4.00	0.80	0.22		4.00	0.80	
14-Oct-16	19:35	2	0.28		7.00	1.40	0.38		8.00	1.60	0.26		8.00	1.60	

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

CONSTANTE DE CELDA 2,204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3p12

MOLDE NUMERO			25				35				46			
TIEMPO		PENET. " 10-3	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR
MIN	SEG		LECT	LEÍDA	CORG		LECT	LEÍDA	CORG		LECT	LEÍDA	CORG	
			DIAL	lb/plg2		%	DIAL	lb/plg2		%	DIAL	lb/plg2		%
		0	0.0	0			0.0	0			0.0	0		
0	30	25	20.3	14.9			16.2	11.9			14.3	10.5		
1	0	50	44.1	32.4			29.2	21.4			25.2	18.5		
1	30	75	67.8	49.8			55.1	40.5			35.9	26.4		
2	0	100	108.5	79.7		8	68.1	50.0		5.0	50.3	37.0		3.7
3	0	150	149.2	109.6			119.9	88.1			71.9	52.8		
4	0	200	206.8	151.9			181.6	133.4			93.4	68.6		
5	0	250	257.7	189.3			236.7	173.9			111.3	81.8		
6	0	300	305.2	224.2			282.1	207.2			125.8	92.4		
8	0	400	383.1	281.5			340.5	250.2			150.9	110.9		
10	0	500	471.0	346.0			392.3	288.2			176.1	129.3		
CBR corregido						8				5.0				3.7



Densidades	vs	Resistencias	
gr/cm ³	1.348	7.97	%
gr/cm ⁴	1.281	5.00	%
gr/cm ⁵	1.171	3.70	%

Densidad Máx.	1.375	gr/cm ³
95% de DM	1.306	gr/cm ³
CBR PUNTUAL		5.7 %

MUESTRA 8 Km 7+000

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA														
PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos														
SECTOR: Río Negro		ABSCISA:		7+000										
UBICACIÓN: Cantón Baños.														
1.- DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL SUELO														
TAMIZ	TAMIZ en mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA										
3"	76.3	0	0	100										
1 1/2"	38.1	0	0	100										
1"	25.4	0	0	100										
3/4"	19.1	0	0	100										
1/2"	12.7	0	0	100										
3/8"	9.52	0	0	100										
N 4"	4.76	0	0.00	100.00										
PASA N 4		0	0	100.00										
N 10	2.00	33.95	10.93	89.07										
N 30	0.59													
N 40	0.425	104.22	33.57	66.43										
N 50	0.30													
N 100	0.149													
N 200	0.074	225.42	72.60	27.40										
PASA EL N 200		85.07	27.40											
TOTAL		310.49												
PESO ANTES DEL LAVADO		310.49	PESO CUARTEO ANTES/LAVADO											
PESO DESPUÉS DE LAVADO		225.42	PESO CUARTEO DESPUÉS/LAVADO											
TOTAL - DIFERENCIA		85.07	TOTAL											
2.- GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA														
<div style="text-align: center;"> <p>Granulometría suelo</p> <table border="1"> <caption>Datos del gráfico de distribución granulométrica</caption> <thead> <tr> <th>Diam. tamices mm</th> <th>Porcentaje que pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.075</td> <td>27.40</td> </tr> <tr> <td>0.15</td> <td>66.43</td> </tr> <tr> <td>0.3</td> <td>89.07</td> </tr> <tr> <td>0.6</td> <td>100.00</td> </tr> </tbody> </table> </div>					Diam. tamices mm	Porcentaje que pasa	0.075	27.40	0.15	66.43	0.3	89.07	0.6	100.00
Diam. tamices mm	Porcentaje que pasa													
0.075	27.40													
0.15	66.43													
0.3	89.07													
0.6	100.00													

Contenido de Humedad

PT SS

310.5

PT+SH	PT+SS	PT	P Agua	PSS	W %
297.5	185.45	47.18	112.09	138.27	81.1

Clasificación SUCS SC (Arena arcillosa). Color café

Realizó: Egdo. Carlos Peñafiel

Revisó: Ing. Mg. Vinicio Almeida

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos

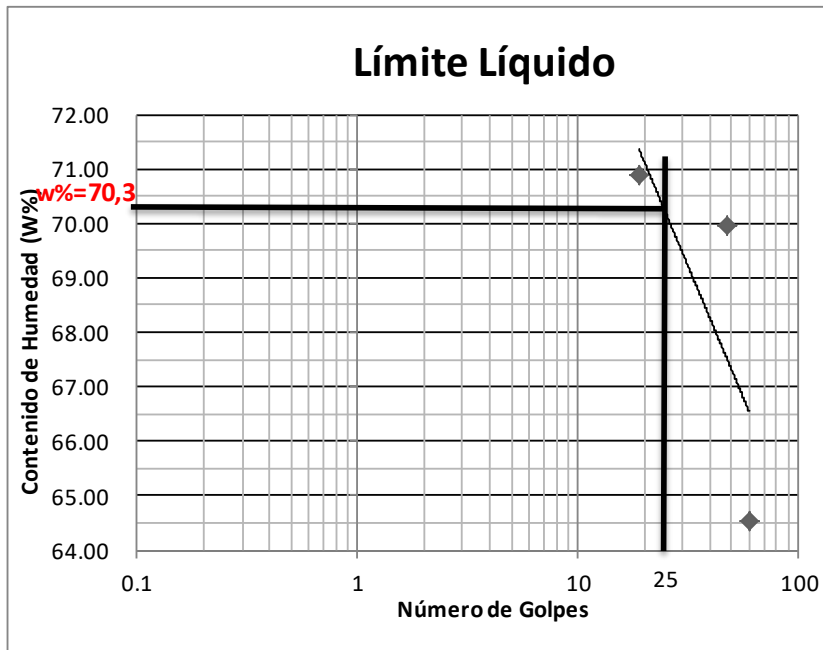
SECTOR: Rio Negro

ABSCISA: 7+000

UBICACIÓN: Cantón Baños

1.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

# Golpes	60		48		19	
Recipiente Número	1-F	X-5	9-E	2-G	1-H	4-F
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	21.49	20.97	22.45	22.86	21.67	21.38
Peso seco + recipiente Ws + rec	17.45	17.17	17.89	18.12	17.37	17.24
Peso recipiente rec	11.17	11.3	11.34	11.38	11.29	11.41
peso del agua Ww	4.04	3.8	4.56	4.74	4.3	4.14
Peso de los sólidos WS	6.28	5.87	6.55	6.74	6.08	5.83
Contenido de humedad w%	64.33	64.74	69.62	70.33	70.72	71.01
Contenido de humedad prom. w%	64.53		69.97		70.87	



2.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente Número	N-7	B-2	C-8	4-Y	E-1	2-D
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	6.24	6.31	6.83	6.54	6.45	6.37
Peso seco + recipiente Ws + rec	5.57	5.64	5.97	5.78	5.76	5.71
Peso recipiente rec	4.31	4.35	4.36	4.34	4.31	4.28
peso del agua Ww	0.67	0.67	0.86	0.76	0.69	0.66
Peso de los sólidos WS	1.26	1.29	1.61	1.44	1.45	1.43
Contenido de humedad w%	53.17	51.94	53.42	52.78	47.59	46.15
Contenido de humedad prom. w%	52.56		53.10		46.87	

Límite líquido = **70.30** %

Límite plástico = **50.84** %

índice plástico = **19.46** %

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

COMPACTACIÓN

PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos

SECTOR: Río Negro

ABSCISA: Km 7+000

UBICACIÓN: Cantón Baños.

NORMA: AASHTO T - 180

MÉTODO: AASHTO MODIFICADO

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

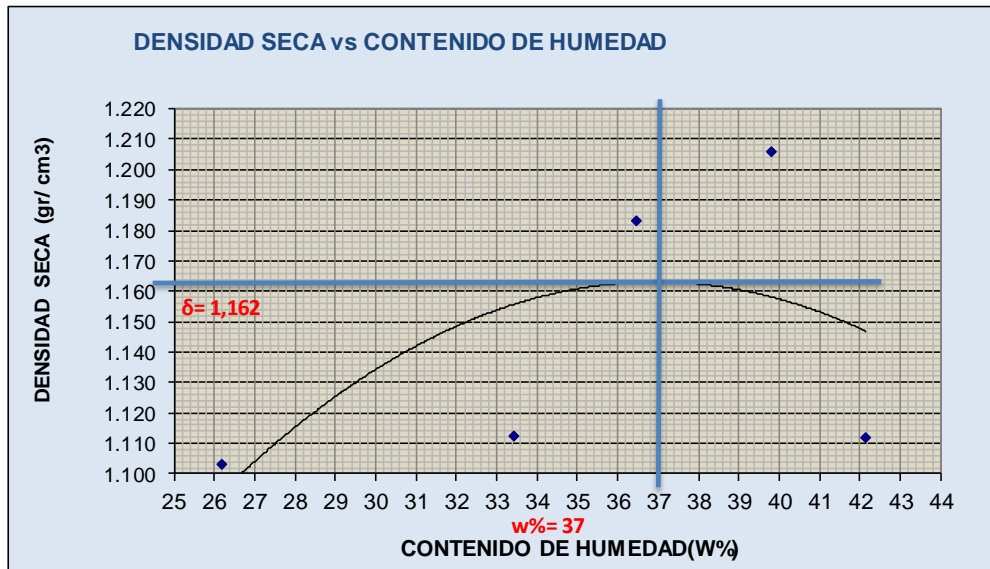
NUMERO DE GOLPES :	25	NÚMERO DE CAPAS :	5	PESO MARTILLO :	10 Lb
ALTURA DE CAÍDA :	18"	PESO MOLDE gr :	3791	VOLUMEN MOLDE cc :	944

1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	0	4	8	12	16
Humedad inicial añadida en (cc)	0	8	160	240	320
P molde + suelo húmedo (gr)	5321.6	5385.8	5435.2	5375.1	5360.2
Peso suelo húmedo	1314.1	1401.4	1524.4	1591.8	1492.7
Densidad Húmeda en gr/cm ³	1.392	1.485	1.615	1.686	1.581

2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente #	C-16	2-G	11-D	6-U	12-R	D-15	P-7	6-D	11-R	2-C
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	225.20	162.40	179.40	136.50	195.87	169.50	199.50	172.40	185.70	187.45
Peso seco + recipiente Ws+ rec	187.12	138.16	145.89	114.05	155.22	137.12	155.41	136.54	143.85	145.81
Peso del recipiente rec	41.30	45.84	44.89	47.36	43.40	48.60	43.70	47.26	46.58	44.96
Peso del agua Ww	38.08	24.24	33.51	22.45	40.65	32.38	44.09	35.86	41.85	41.64
Peso suelo seco Ws	145.82	92.32	101	66.69	111.82	88.52	111.71	89.28	97.27	100.85
Contenido humedad w %	26.1	26.3	33.2	33.7	36.4	36.6	39.5	40.2	43.0	41.3
Contenido humedad promedio w %	26.19		33.42		36.47		39.82		42.16	
Densidad Seca γ_d	1.103		1.113		1.183		1.206		1.112	



γ máximo = 1.162

W óptimo % = 37.0

Realizó: Egdo. Carlos Peñafiel

Revisó: Ing. Mg. Vinicio Almeida

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos

TIPO: PROCTOR MODIFICADO **NORMA:** AASHTO: T-180
ABSCISA: 6+000 **DEL KM.:** 7+000

ENSAYO CBR

MOLDE #	15	18	44			
# DE CAPAS	5	5	5			
# DE GOLPES POR CAPA	56	27	11			
	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Wm+MOLDE (gr)	10391.3	10466.6	10165.2	10558.54	8657.3	9664.9
PESO MOLDE (gr)	6412.2	6412.2	6385.4	6385.4	5384.8	5384.8
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	3979.1	4054.4	3779.8	4173.14	3272.5	4280.1
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	2301	2301	2301	2301	2301	2301
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	1.729	1.762	1.643	1.814	1.422	1.860
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.197	1.066	1.157	1.079	1.015	1.077
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm ³)	1.131		1.118		1.046	

CONTENIDO DE HUMEDAD

TARRO #	F-6	G-7	4-J	5-R	1-G	11-E
Wm +TARRO (gr)	176.57	93.22	194.64	84.76	191.92	102.48
PESO MUESTRA SECA+TARRO (gr)	135.51	66.15	150.41	64.74	149.45	75.86
PESO AGUA (gr)	41.06	27.07	44.23	20.02	42.47	26.62
PESO TARRO	43.28	24.71	44.89	35.31	43.44	39.22
PESO MUESTRA SECA (gr)	92.23	41.44	105.52	29.43	106.01	36.64
CONTENIDO DE HUMEDAD %	44.52	65.32	41.92	68.03	40.06	72.65
AGUA ABSORBIDA %		20.80		26.11		32.59

Realizó: Egdo. Carlos Peñafiel

Revisó: Ing. Mg. Vinicio Almeida

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos

Km 7+000

ENSAYO C.B.R.

DATOS DE ESPONJAMIENTO

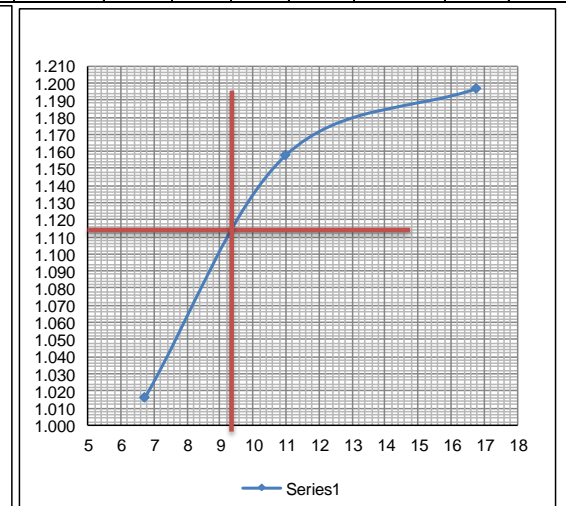
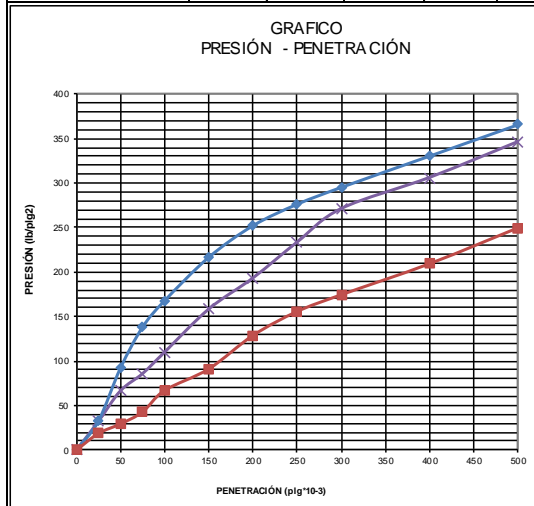
LECTURA DIAL en Plgs*10-2

MOLDE NUMERO			25				35				46				
FECHA		TIEMPO		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ	
DÍA Y MES	HORA	DÍAS	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%	
			Plgs.	Plgs.	*10-2	Plgs.	Plgs.	*10-2	Plgs.	Plgs.	*10-2	Plgs.	Plgs.	*10-2	
22-dic-16	19:10	0	0.29	5.00	0.00	0.00	0.07	5.00	0.00	0.00	0.09	5.00	0.00	0.00	
23-dic-16	19:18	1	0.33		4.00	0.80	0.09		2.00	0.40	0.11		2.00	0.40	
24-dic-16	19:35	2	0.37		8.00	1.60	0.13		6.00	1.20	0.13		4.00	0.80	

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

CONSTANTE DE CELDA 2,204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3p12

MOLDE NUMERO			25				35				46			
TIEMPO		PENET.	Q LECT	PRESIONES		CBR	Q LECT	PRESIONES		CBR	Q LECT	PRESIONES		CBR
MIN	SEG			LEÍDA	CORG			LEÍDA	CORG			LEÍDA	CORG	
		" 10-3	DIAL	lb/plg2	%	DIAL	lb/plg2	%	DIAL	lb/plg2	%			
		0	0.0	0			0.0	0		0.0	0			
0	30	25	44.3	32.5			43.8	32.2		25.6	18.8			
1	0	50	125.4	92.1			90.5	66.5		40.2	29.5			
1	30	75	188.1	138.2			116.8	85.8		58.5	43.0			
2	0	100	228.7	168.0	168.0	17	149.7	110.0	110.0	11.0	91.4	67.1	67.1	
3	0	150	295.1	216.8			215.4	158.3		124.3	91.3			
4	0	200	343.5	252.4			262.9	193.1		175.5	128.9			
5	0	250	376.2	276.4			317.7	233.4		212.0	155.8			
6	0	300	402.1	295.4			368.8	270.9		237.6	174.6			
8	0	400	450.0	330.6			416.2	305.8		285.2	209.5			
10	0	500	498.0	365.8			471.0	346.0		340.0	249.8			
CBR corregido						17				11.0			6.7	



Densidades	vs	Resistencias	
gr/cm ³	1.197	16.80	%
gr/cm ⁴	1.157	11.00	%
gr/cm ⁵	1.015	6.71	%

Densidad Máx.	1.162	gr/cm ³
95% de DM	1.104	gr/cm ³
CBR PUNTUAL		9.3 %

Realizó: Ego. Carlos Peñafiel

Revisó: Ing. Mg. Vinicio Almeida

MUESTRA 9 Km 8+000

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos				
SECTOR: Río Negro		ABSCISA:		8+000
UBICACIÓN: Cantón Baños.				
1.- DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL SUELO				
TAMIZ	TAMIZ en mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	76.3	0	0	100
1 1/2"	38.1	0	0	100
1"	25.4	0	0	100
3/4"	19.1	0	0	100
1/2"	12.7	0	0	100
3/8"	9.52	0	0	100
N 4"	4.76	0	0.00	100.00
PASA N 4		0	0	100.00
N 10	2.00	7.34	2.14	97.86
N 30	0.59			
N 40	0.425	49.94	14.54	85.46
N 50	0.30			
N 100	0.149			
N 200	0.074	144.51	42.08	57.92
PASA EL N 200		198.89	57.92	
TOTAL		343.40		
PESO ANTES DEL LAVADO		343.40	PESO CUARTEO ANTES/LAVADO	
PESO DESPUÉS DE LAVADO		144.51	PESO CUARTEO DESPUÉS/LAVADO	
TOTAL - DIFERENCIA		198.89	TOTAL	
2.- GRAFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA				
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;">Granulometría suelo</p> <p style="text-align: center;">Diam. tamices mm</p> </div>				

Contenido de Humedad

PT SS

343.4

PT+SH	PT+SS	PT	P Agua	PSS	W %
289.5	195.96	49.22	93.5	146.74	63.7

Clasificación SUCS

CH (SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos

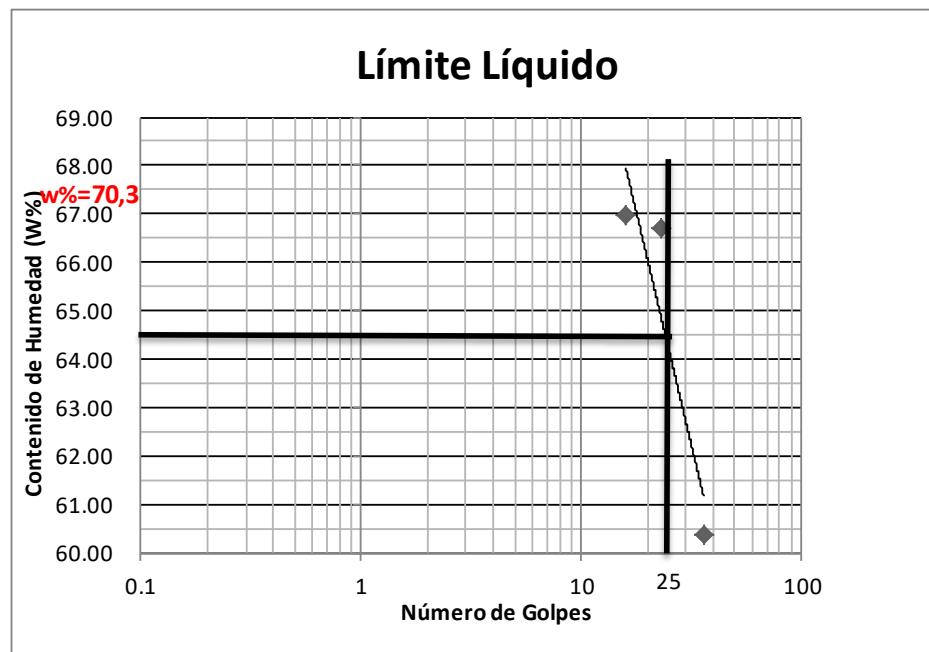
SECTOR: Rio Negro

ABSCISA: 8+000

UBICACIÓN: Cantón Baños

1.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

# Golpes	36		23		16	
Recipiente Número	1-H	D-5	9-F	2-D	8-H	2A
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	22.82	23.04	24.52	25.82	26.17	23.81
Peso seco + recipiente Ws + rec	18.45	18.57	19.29	20.22	20.17	18.82
Peso recipiente rec	11.18	11.2	11.43	11.84	11.21	11.37
peso del agua Ww	4.37	4.47	5.23	5.6	6	4.99
Peso de los sólidos WS	7.27	7.37	7.86	8.38	8.96	7.45
Contenido de humedad w%	60.11	60.65	66.54	66.83	66.96	66.98
Contenido de humedad prom. w%	60.38		66.68		66.97	



2.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente Número	G-7	B1	5F	7A	R3	6J
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	6.41	6.12	6.37	6.44	6.53	6.72
Peso seco + recipiente Ws + rec	5.87	5.74	5.97	5.95	5.96	6.23
Peso recipiente rec	4.12	4.52	4.62	4.42	4.12	4.81
peso del agua Ww	0.54	0.38	0.4	0.49	0.57	0.49
Peso de los sólidos WS	1.75	1.22	1.35	1.53	1.84	1.42
Contenido de humedad w%	30.86	31.15	29.63	32.03	30.98	34.51
Contenido de humedad prom. w%	31.00		30.83		32.74	

Límite líquido = **64.50** %

Límite plástico = **31.52** %

índice plástico = **32.98** %

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

COMPACTACIÓN

PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos

SECTOR: Río Negro

ABSCISA: Km 8+000

UBICACIÓN: Cantón Baños.

NORMA: AASHTO T - 180

MÉTODO: AASHTO MODIFICADO

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

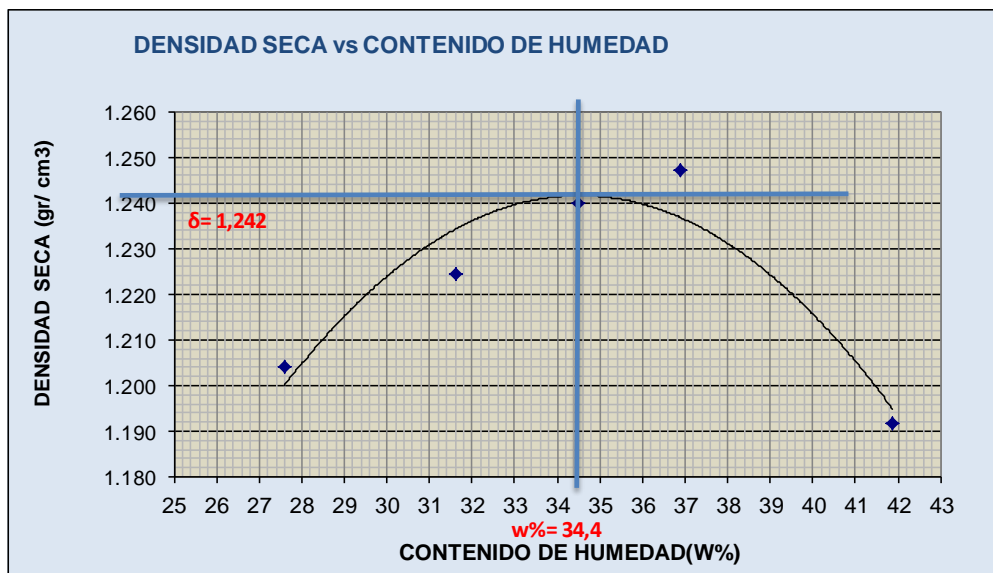
NUMERO DE GOLPES :	25	NÚMERO DE CAPAS :	5	PESO MARTILLO :	10 Lb
ALTURA DE CAÍDA :	18"	PESO MOLDE gr :	3791	VOLUMEN MOLDE cc :	944

1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	0	4	8	12	16
Humedad inicial añadida en (cc)	0	8	160	240	320
P molde + suelo húmedo (gr)	5326.16	5388.58	5434.32	5357.71	5320.62
Peso suelo húmedo	1450.1	1521.4	1574.4	1611.8	1595.85
Densidad Húmeda en gr/cm ³	1.536	1.612	1.668	1.707	1.691

2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente #	1C	2H	3D	4H	5E	6F	7V	8G	9S	10W
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	222.54	164.20	174.90	135.62	198.57	165.84	195.87	174.68	187.49	186.46
Peso seco + recipiente Ws+ rec	184.12	138.16	143.89	114.05	159.22	135.12	155.41	140.54	145.85	145.81
Peso del recipiente rec	43.15	44.85	44.98	46.37	44.28	46.78	47.69	46.27	48.67	46.42
Peso del agua Ww	38.42	26.04	31.01	21.57	39.35	30.72	40.46	34.14	41.64	40.65
Peso suelo seco Ws	140.97	93.31	98.91	67.68	114.94	88.34	107.72	94.27	97.18	99.39
Contenido humedad w %	27.3	27.9	31.4	31.9	34.2	34.8	37.6	36.2	42.8	40.9
Contenido humedad promedio w %	27.58		31.61		34.50		36.89		41.87	
Densidad Seca γ_d	1.204		1.225		1.240		1.247		1.192	



γ máximo= 1.242

W óptimo % =

34.4

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos

TIPO: PROCTOR MODIFICADO **NORMA:** AASHTO: T-180

ABSCISA: 8+000 **DEL KM.:** 8+000

ENSAYO CBR

MOLDE #	15		18		44	
# DE CAPAS	5		5		5	
# DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
W _m +MOLDE (gr)	10228.76	10527.06	9720.66	10212.49	9607.76	10175.36
PESO MOLDE (gr)	6402.66	6402.66	6375.86	6375.86	6578.54	6578.54
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	3826.1	4124.4	3344.8	3836.63	3029.22	3596.82
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	2301	2301	2301	2301	2301	2301
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	1.663	1.792	1.454	1.667	1.316	1.563
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.244	1.214	1.098	1.085	1.008	1.023
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm ³)	1.229		1.091		1.016	

CONTENIDO DE HUMEDAD

TARRO #	2D	B4	C3	J6	S4	L6
W _m +TARRO (gr)	167.03	83.68	185.1	75.22	182.38	92.94
PESO MUESTRA SECA+TARRO (gr)	135.51	64.15	150.41	60.74	149.45	73.86
PESO AGUA (gr)	31.52	19.53	34.69	14.48	32.93	19.08
PESO TARRO	41.74	23.17	43.35	33.77	41.9	37.68
PESO MUESTRA SECA (gr)	93.77	40.98	107.06	26.97	107.55	36.18
CONTENIDO DE HUMEDAD %	33.61	47.66	32.40	53.69	30.62	52.74
AGUA ABSORBIDA %		14.04		21.29		22.12

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: Estudio para la apertura de la vía entre La Floresta y San Juan de los Diablos

Km 8+000

ENSAYO C.B.R.

DATOS DE ESPONJAMIENTO

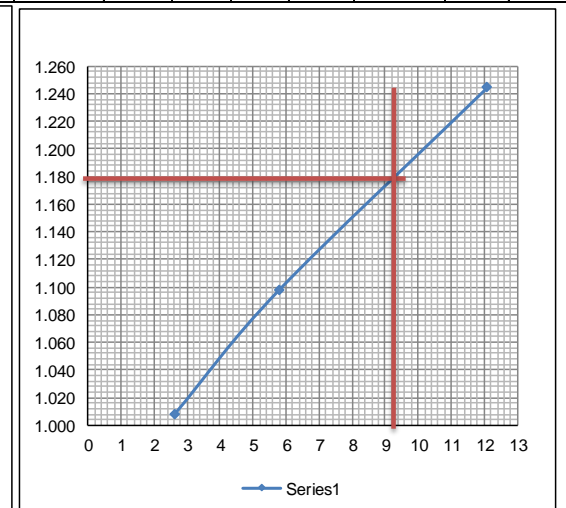
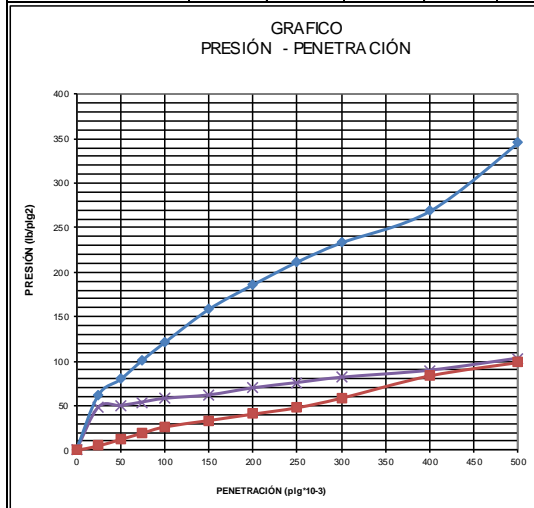
LECTURA DIAL en Plgs*10-2

MOLDE NUMERO			25				35				46				
FECHA		TIEMPO		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ	
DÍA Y MES	HORA	DÍAS	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%	DIAL	Mues	Plgs.	%	
			Plgs.	Plgs.	*10-2	Plgs.	Plgs.	*10-2	Plgs.	Plgs.	*10-2	Plgs.	Plgs.	*10-2	
22-dic-16	20:10	0	0.12	5.00	0.00	0.00	0.03	5.00	0.00	0.00	0.05	5.00	0.00	0.00	
23-dic-16	20:18	1	0.15		3.00	0.60	0.05		2.00	0.40	0.07		2.00	0.40	
24-dic-16	20:35	2	0.16		4.00	0.80	0.08		5.00	1.00	0.09		4.00	0.80	

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

CONSTANTE DE CELDA 2,204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3p12

MOLDE NUMERO			25				35				46			
TIEMPO		PENET. " 10-3	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR
MIN	SEG		LECT	LEÍDA	CORG		LECT	LEÍDA	CORG		LECT	LEÍDA	CORG	
			DIAL	lb/plg2		%	DIAL	lb/plg2		%	DIAL	lb/plg2		%
		0	0.0	0			0.0	0			0.0	0		
0	30	25	84.5	62.1			65.7	48.3			0.0	5.0		
1	0	50	108.7	79.8			68.4	50.3			7.2	12.2		
1	30	75	138.2	101.5			73.8	54.2			14.5	19.5		
2	0	100	165.0	121.2		12	79.1	58.1		5.8	21.5	26.5		2.6
3	0	150	216.0	158.7			84.5	62.1			28.7	33.7		
4	0	200	253.5	186.3			95.2	70.0			36.0	41.0		
5	0	250	288.4	211.9			103.3	75.9			43.2	48.2		
6	0	300	317.9	233.6			111.3	81.8			53.9	58.9		
8	0	400	366.2	269.0			122.1	89.7			79.1	84.1		
10	0	500	471.0	346.0			140.5	103.2			94.2	99.2		
CBR corregido						12				5.8				2.6



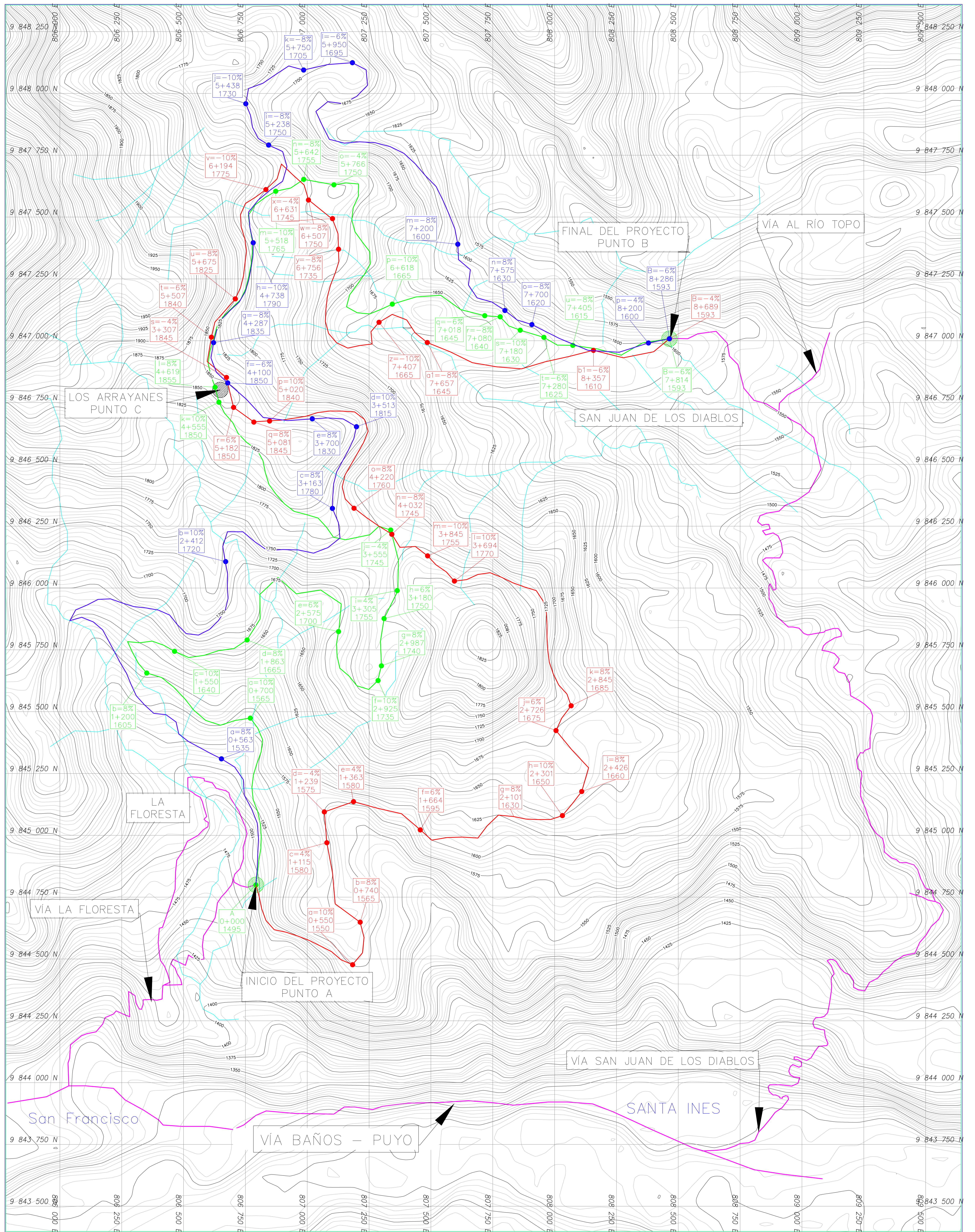
Densidades	vs	Resistencias	
gr/cm ³	1.244	12.12	%
gr/cm ⁴	1.098	5.81	%
gr/cm ⁵	1.008	2.65	%

Densidad Máx.	1.242	gr/cm ³
95% de DM	1.180	gr/cm ³
CBR PUNTUAL		9.2 %

Realizó: Egdo. Carlos Peñafiel

Revisó: Ing. Mg. Vinicio Almeida

ANEXO E: PLANOS



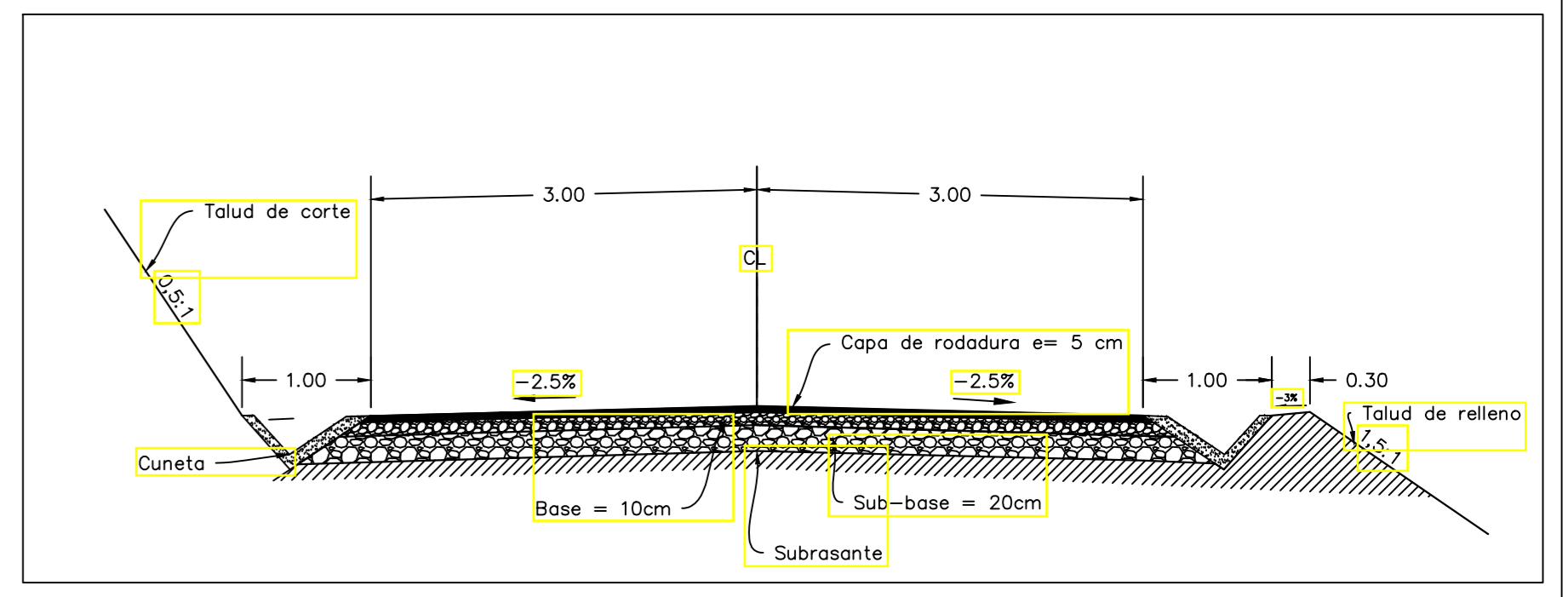
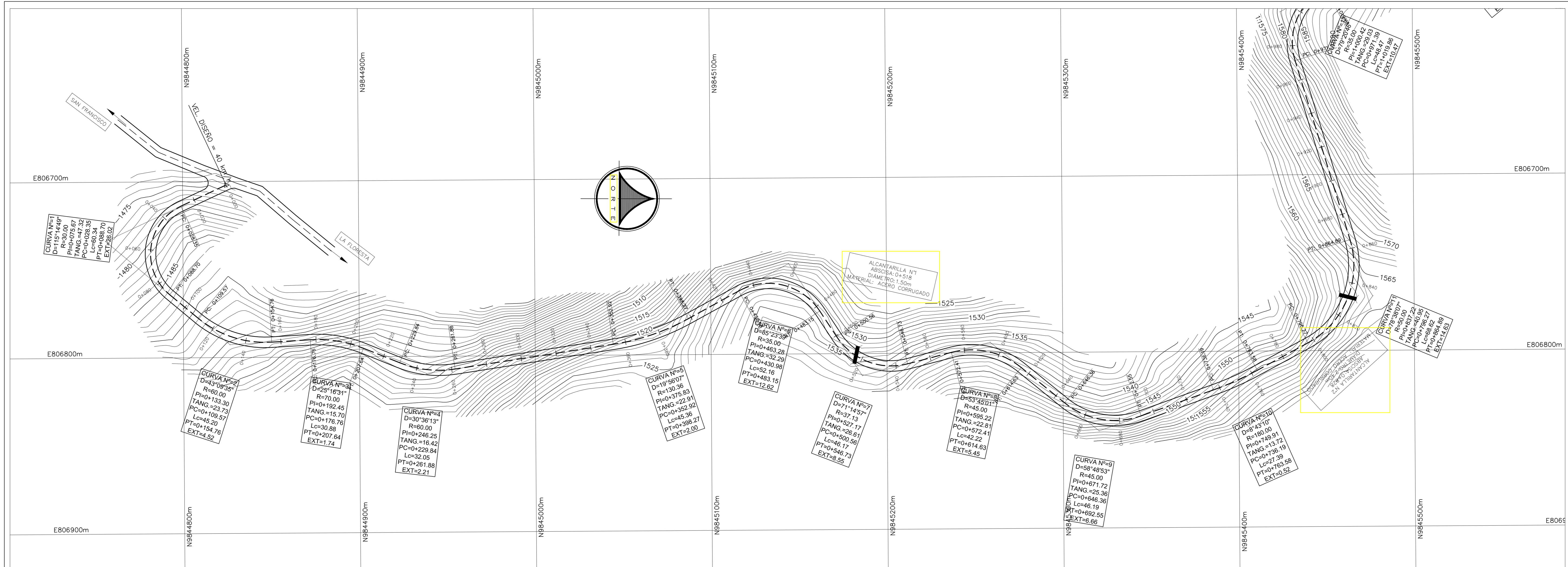
NOMENCLATURA

	RUTA 1 LONGITUD: 7.814 m.
	RUTA 2 LONGITUD: 8.689 m.
	RUTA 3 LONGITUD: 8.286 m.
	HIROGRAFÍA

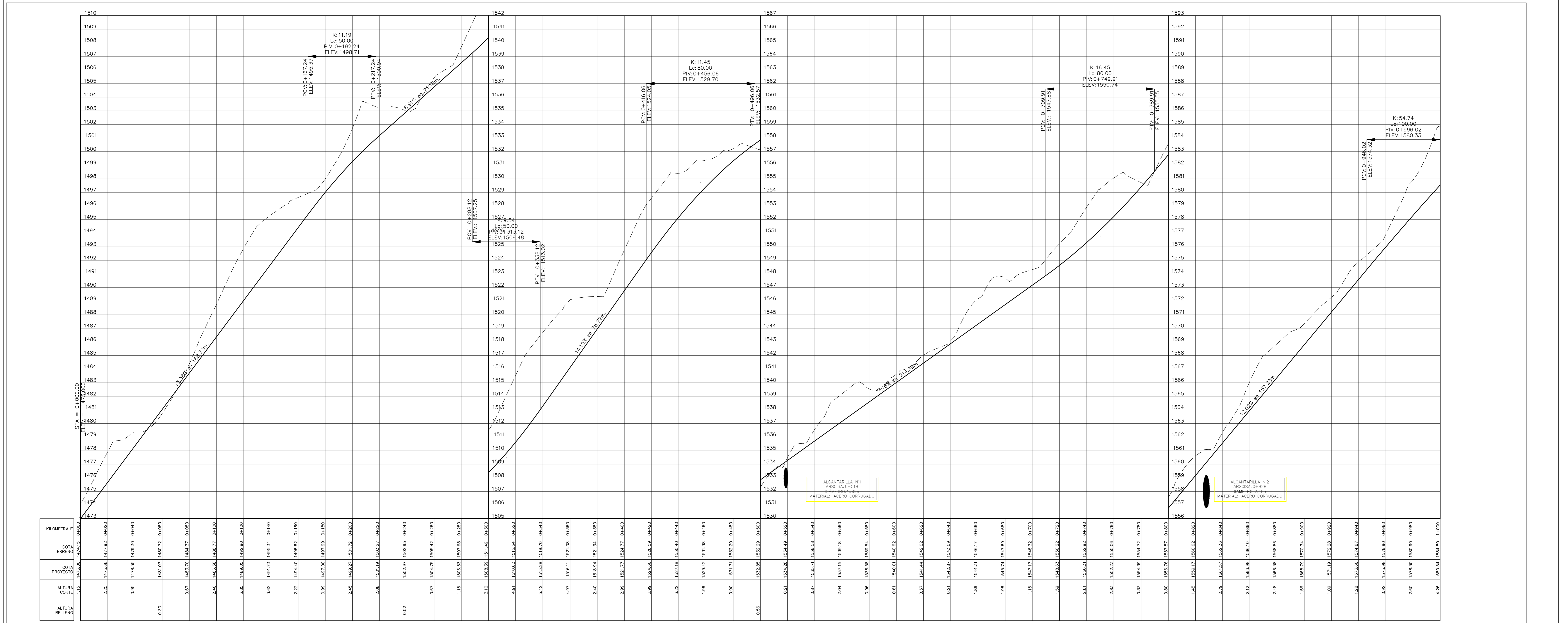
ESCALA 1:5500

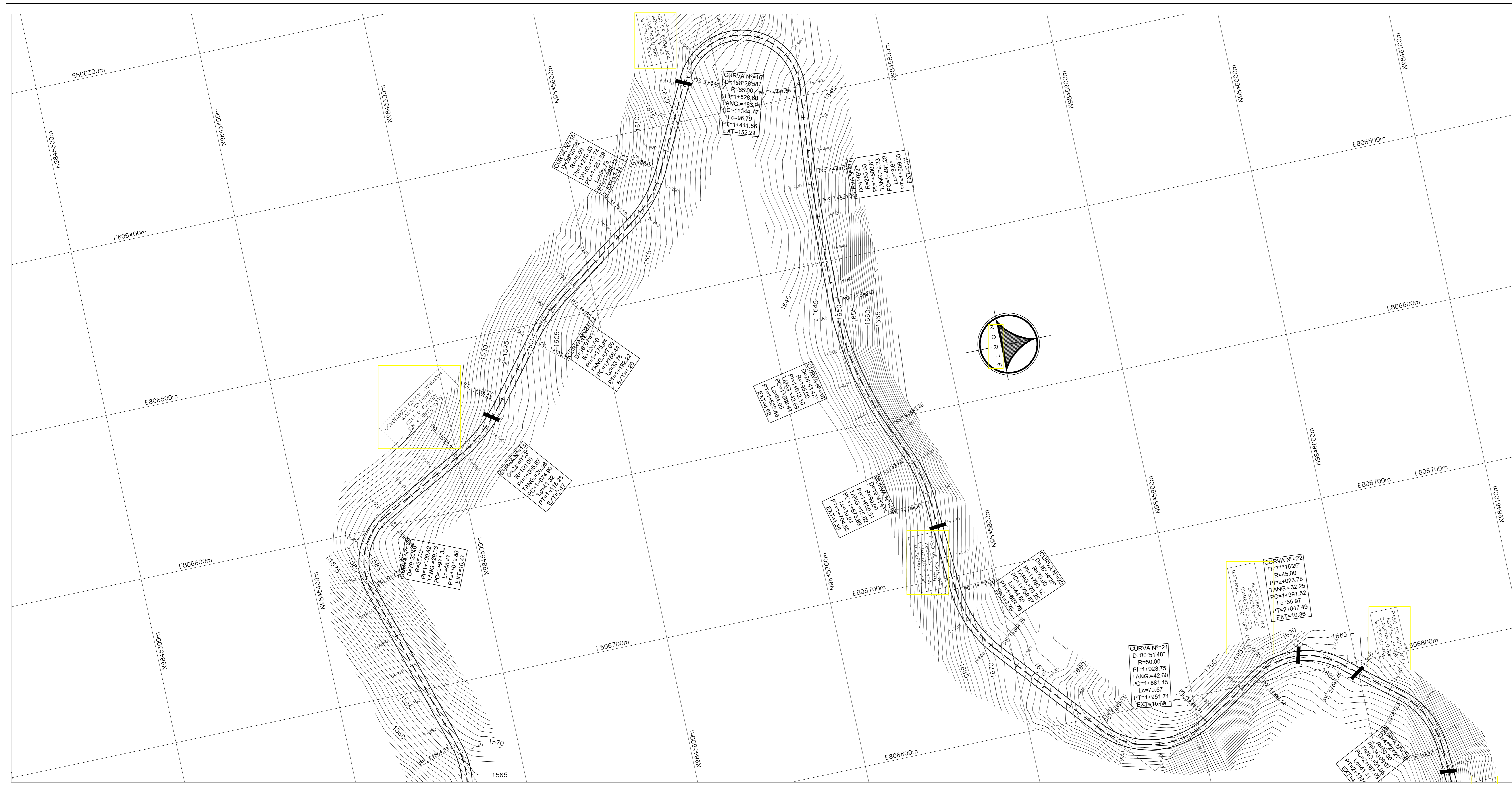
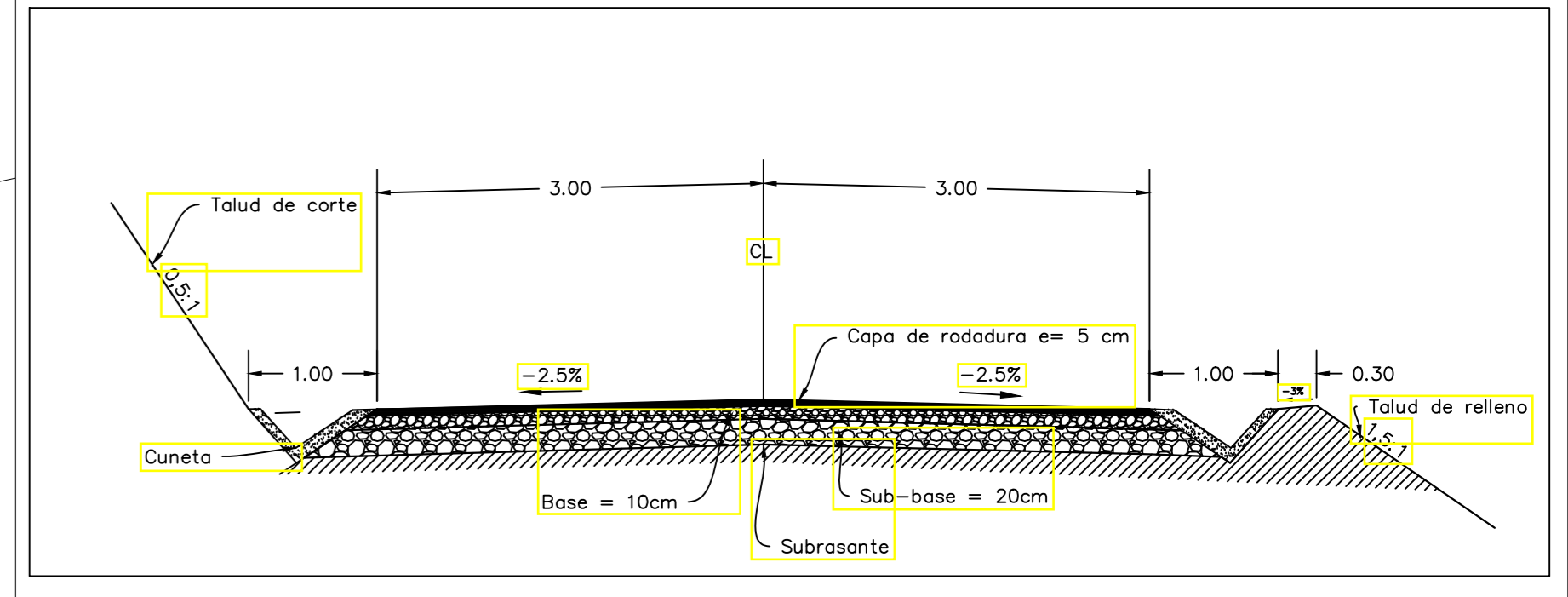
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

Proyecto:	APERTURA DE UNA VÍA ENTRE LOS SECTORES LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS		
Ubicación:	PARROQUIA RIO NEGRO, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
Plan:	RUTAS 1,2 Y 3		
Diseño:	Carlos Peñafiel	TUTOR:	Ing. Mg. Vinicio Almeida
Fecha:	H:1/7500	Fecha:	NOV-2016
			01

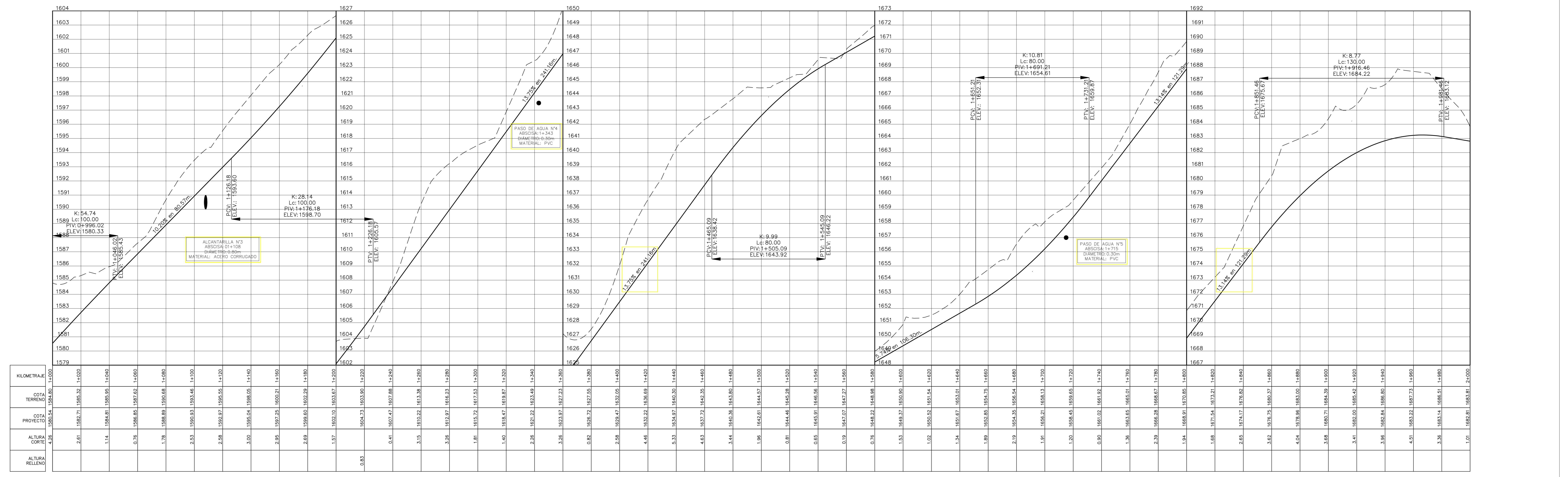


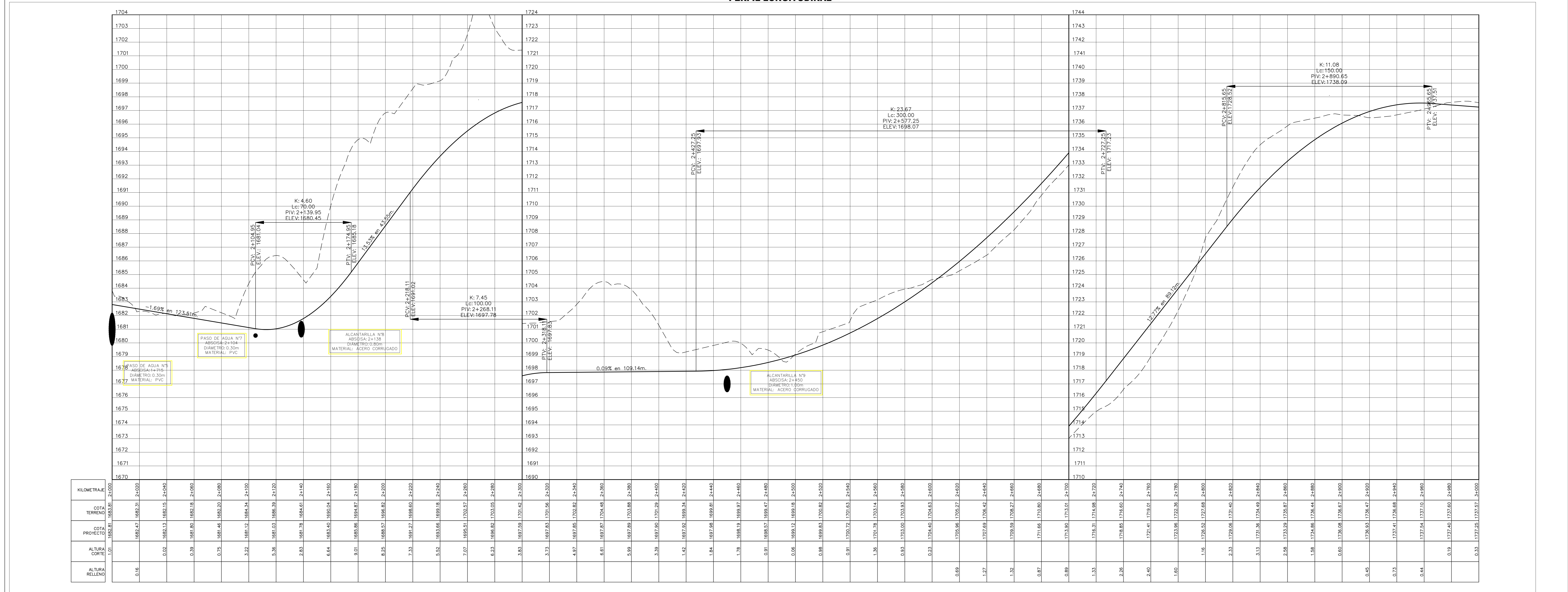
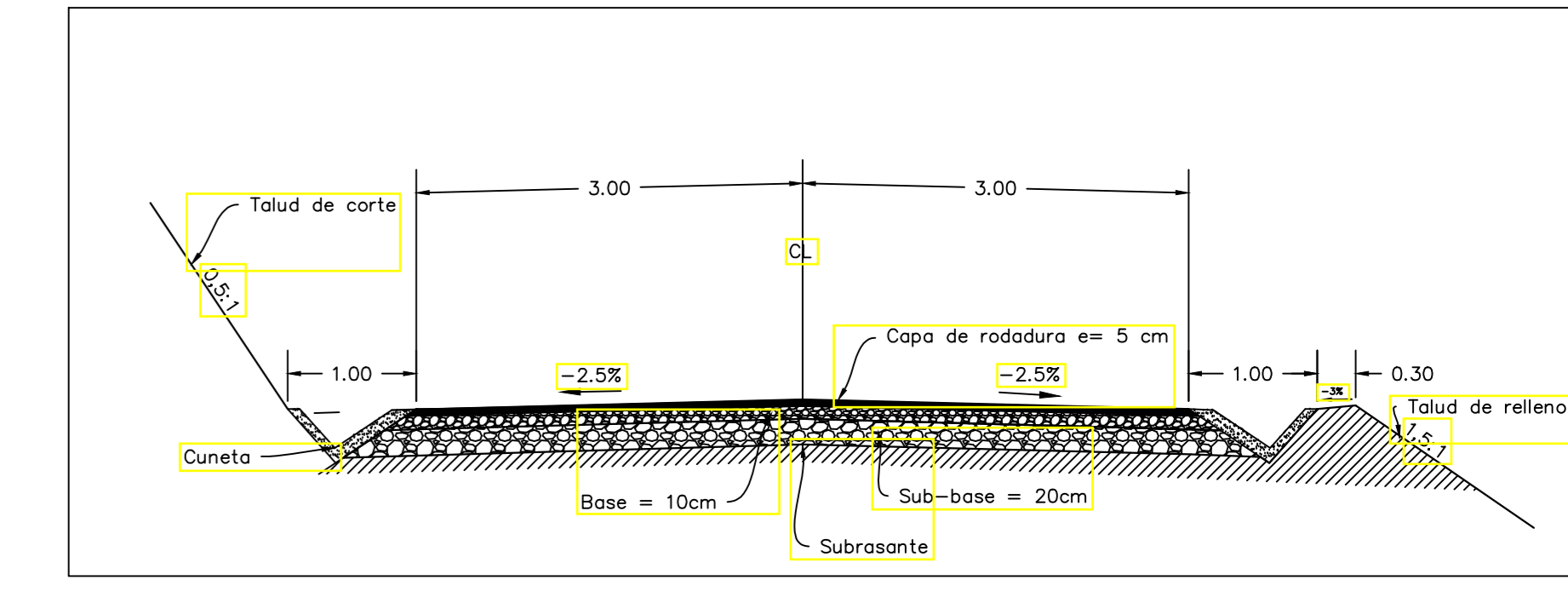
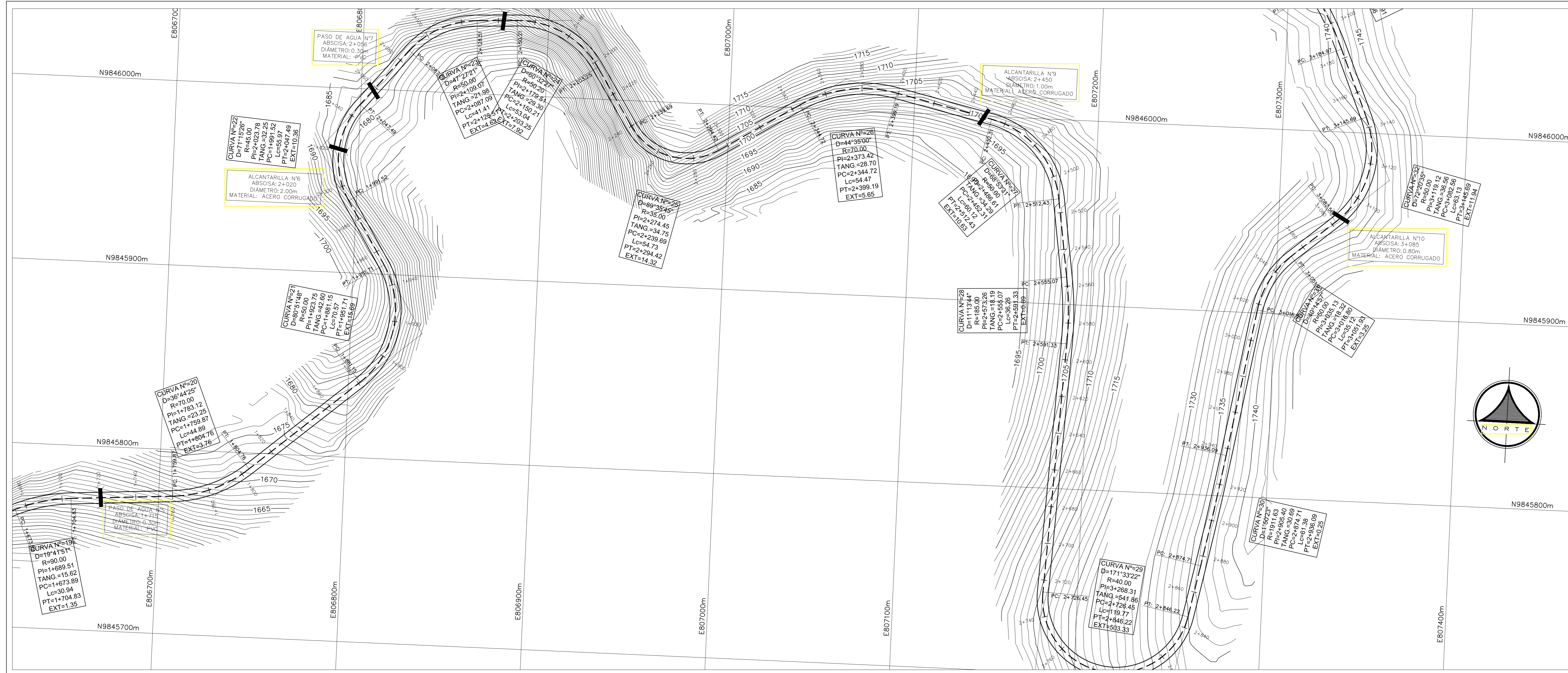
PERFIL LONGITUDINAL

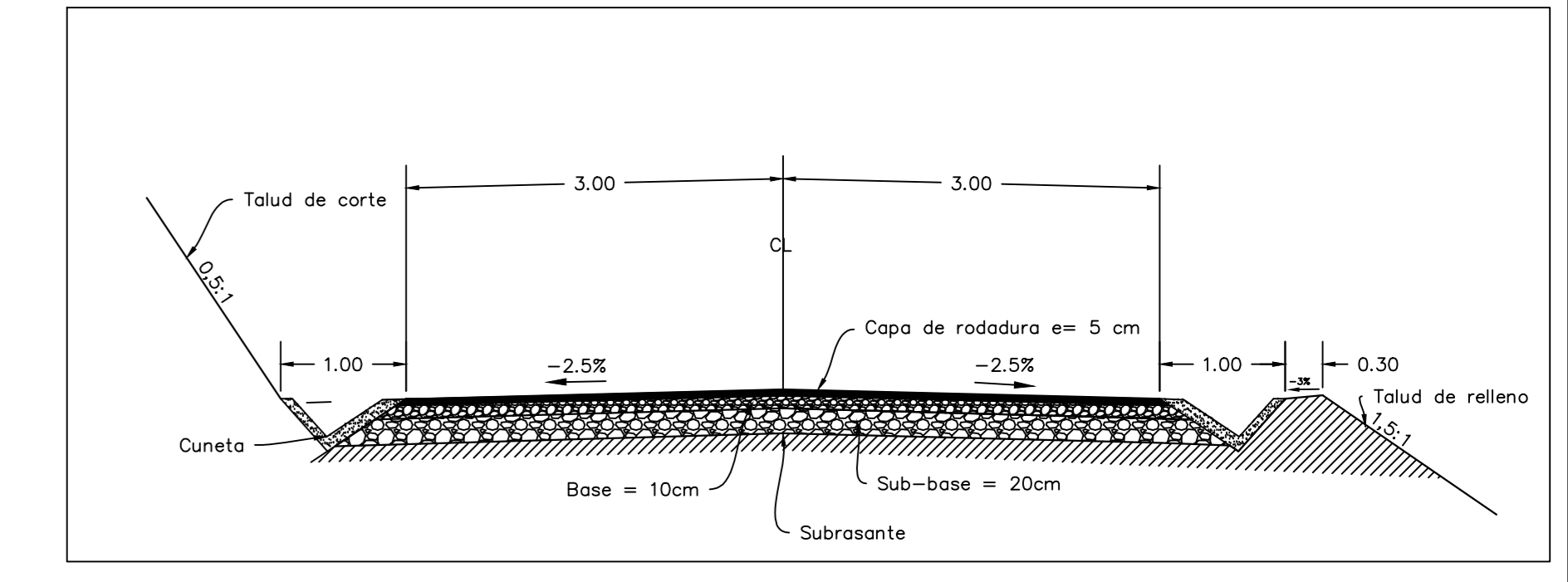
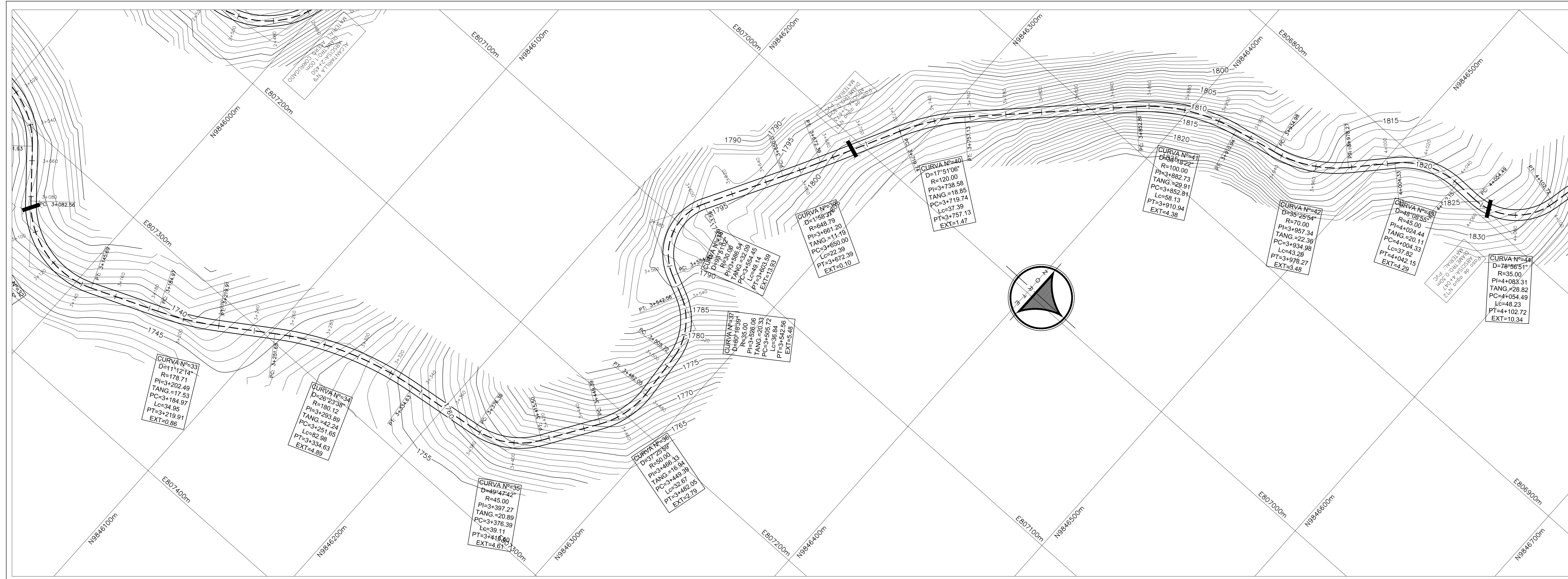




PERFIL LONGITUDINAL

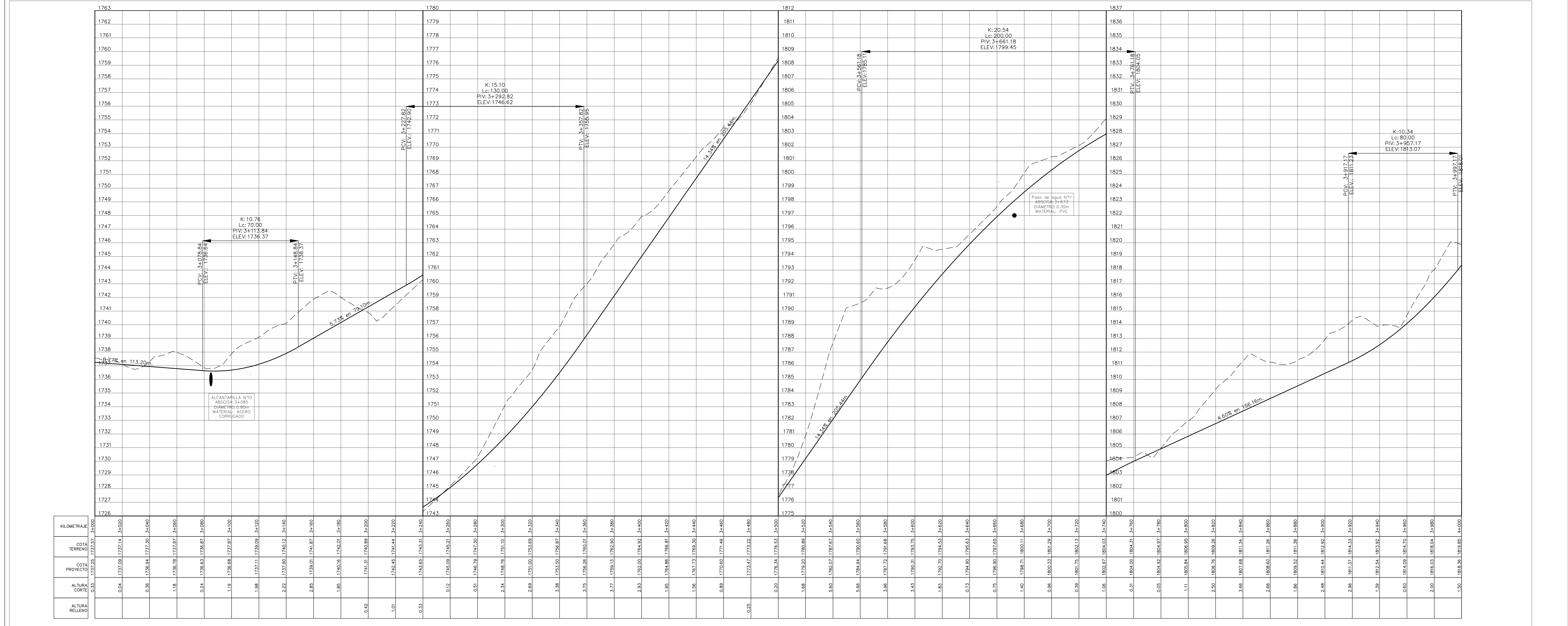


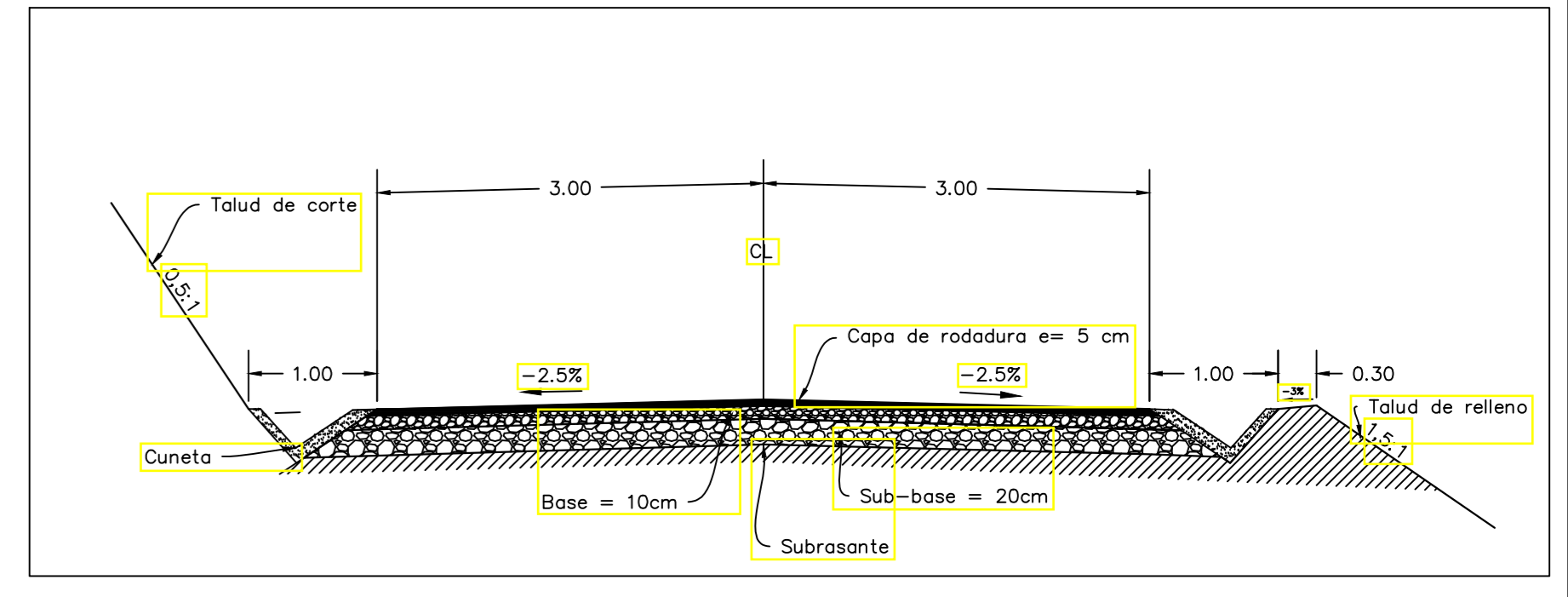
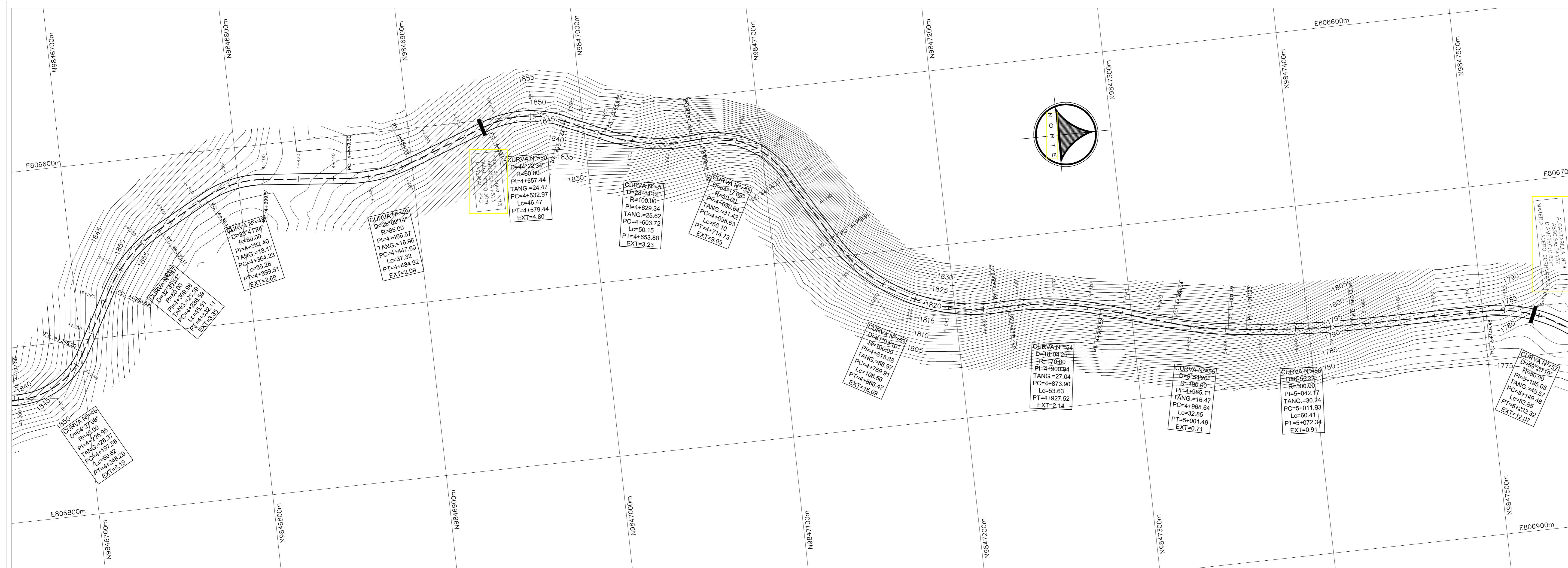




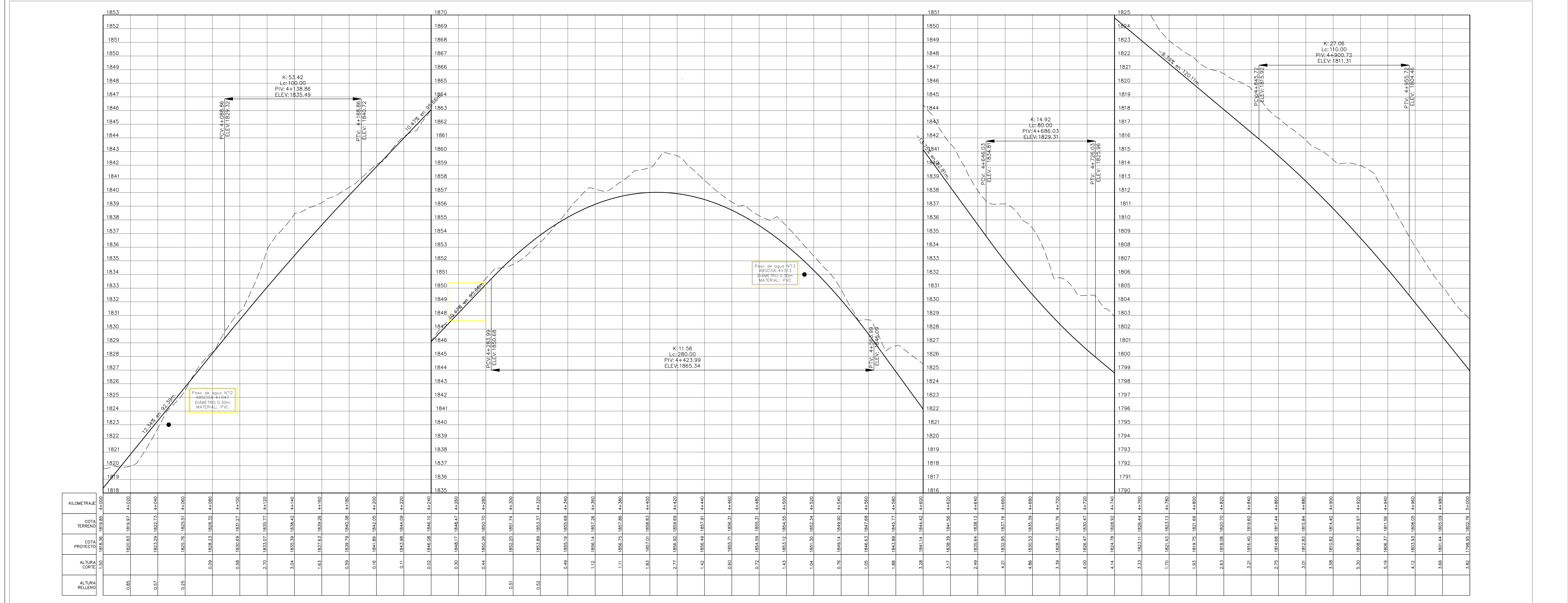
SECCIÓN TRANSVERSAL

PERFIL LONGITUDINAL



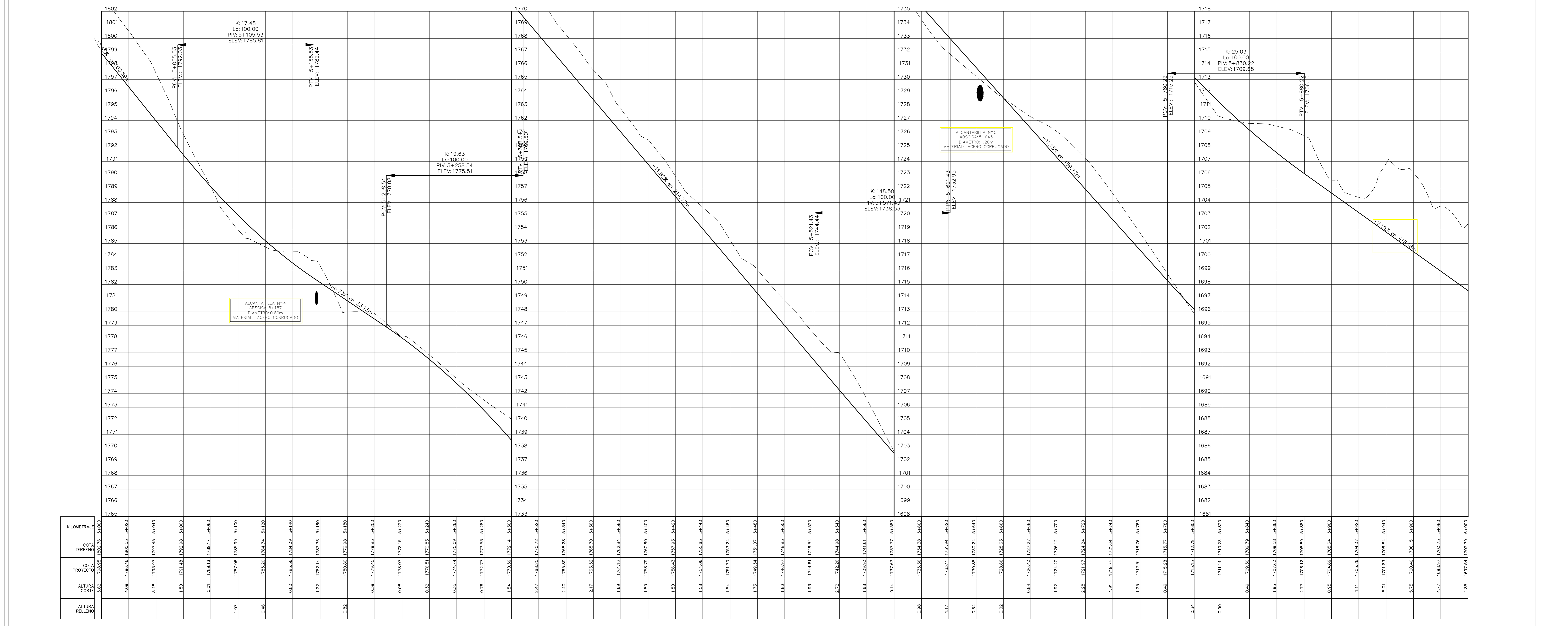


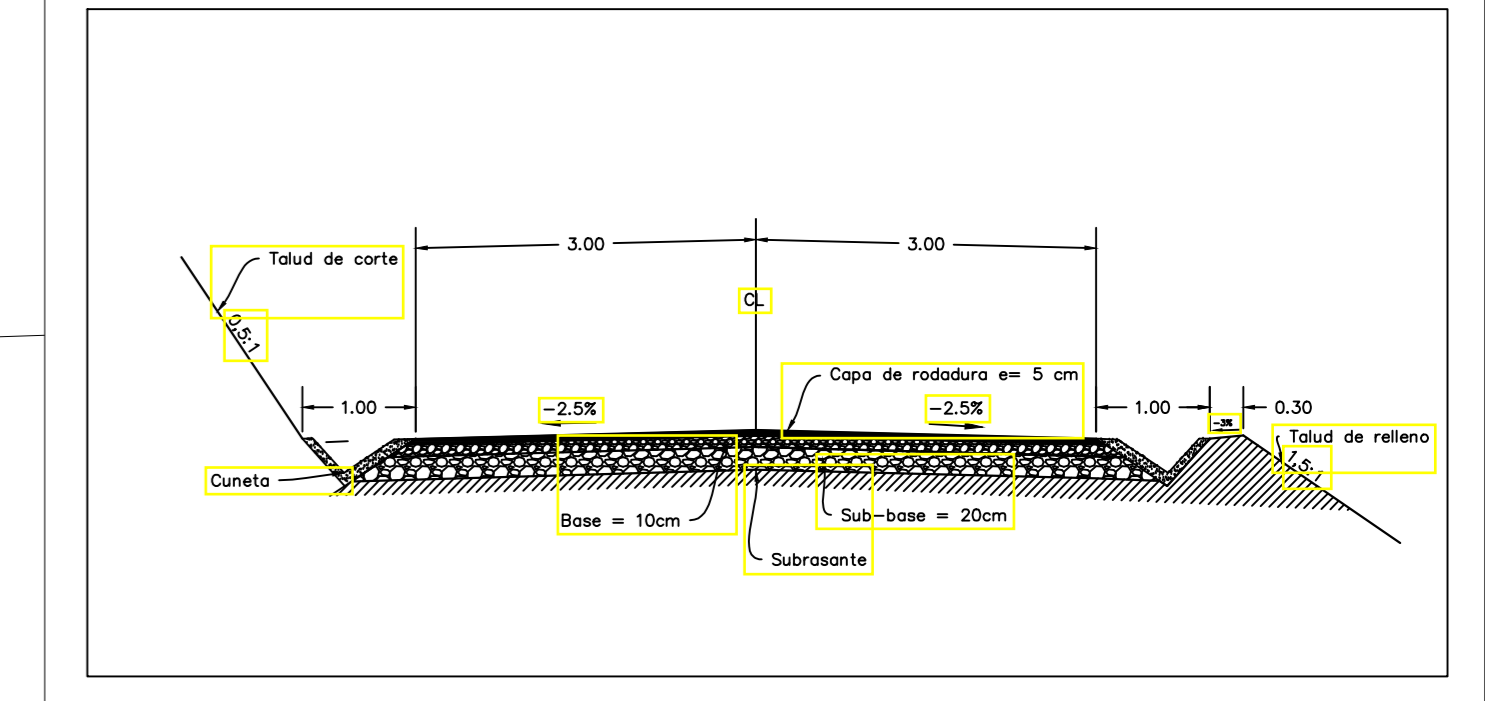
PERFIL LONGITUDINAL



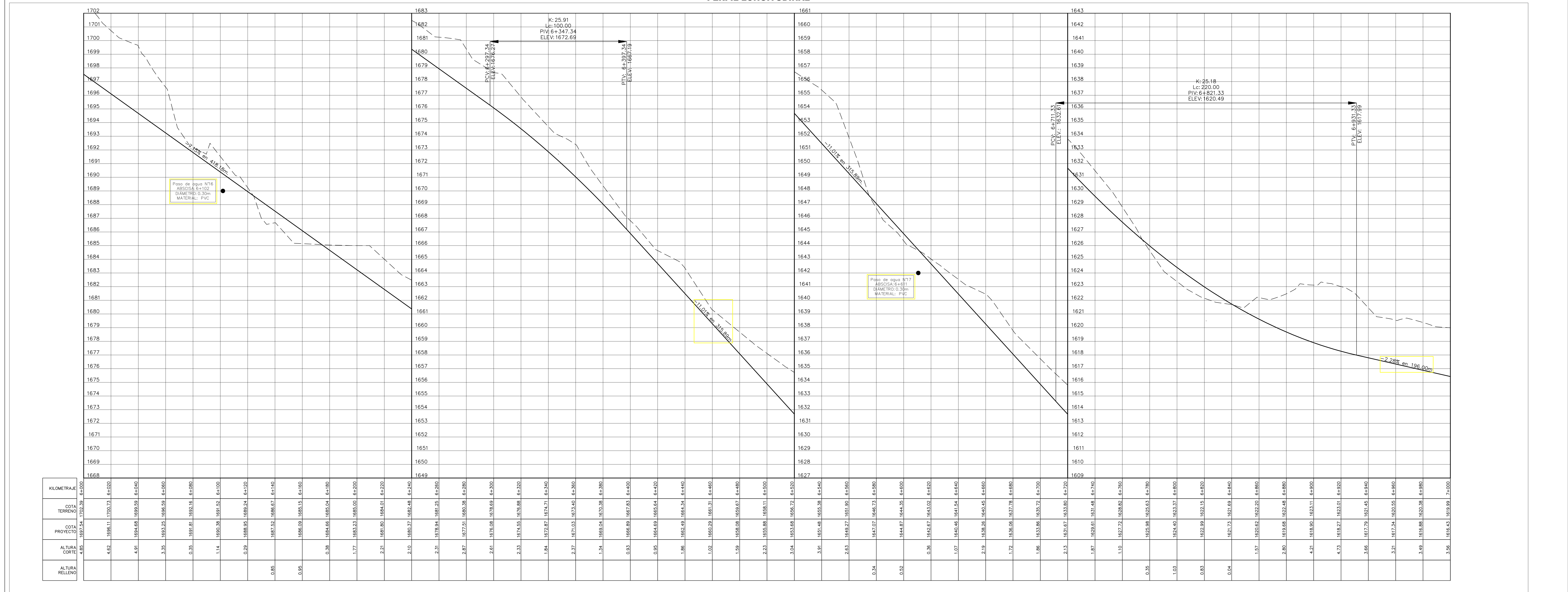
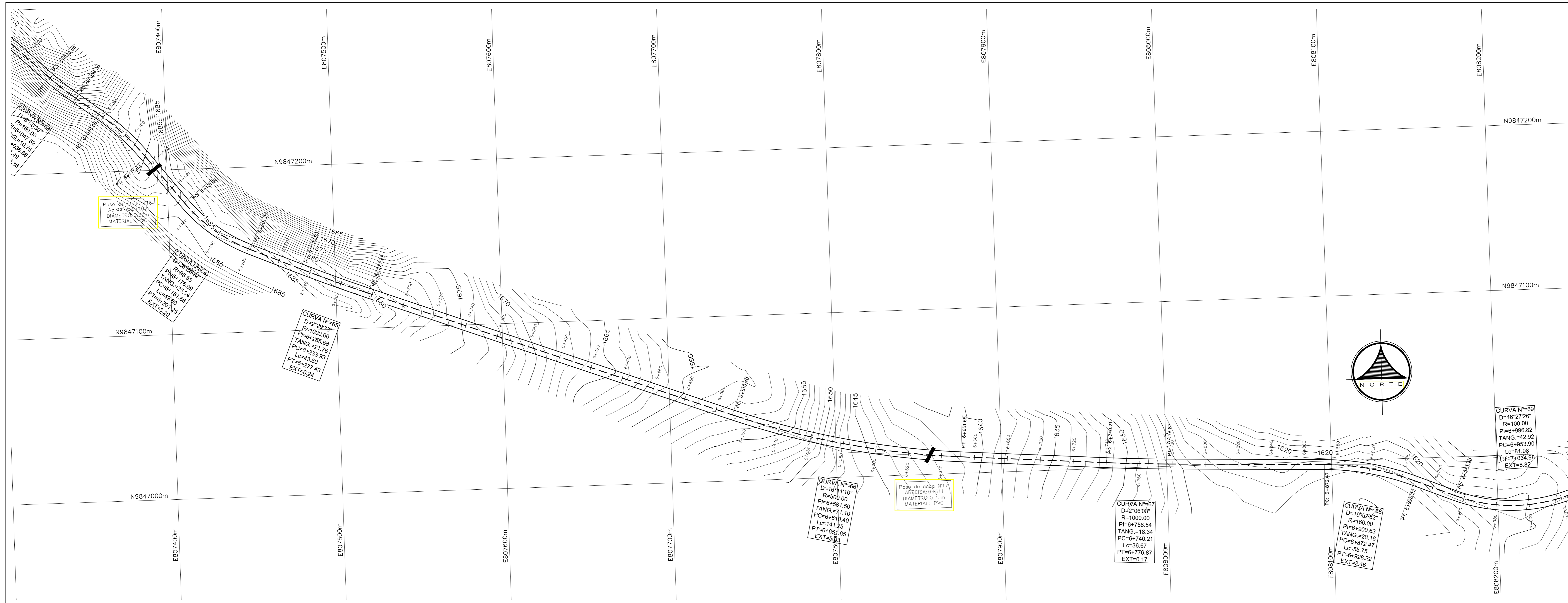


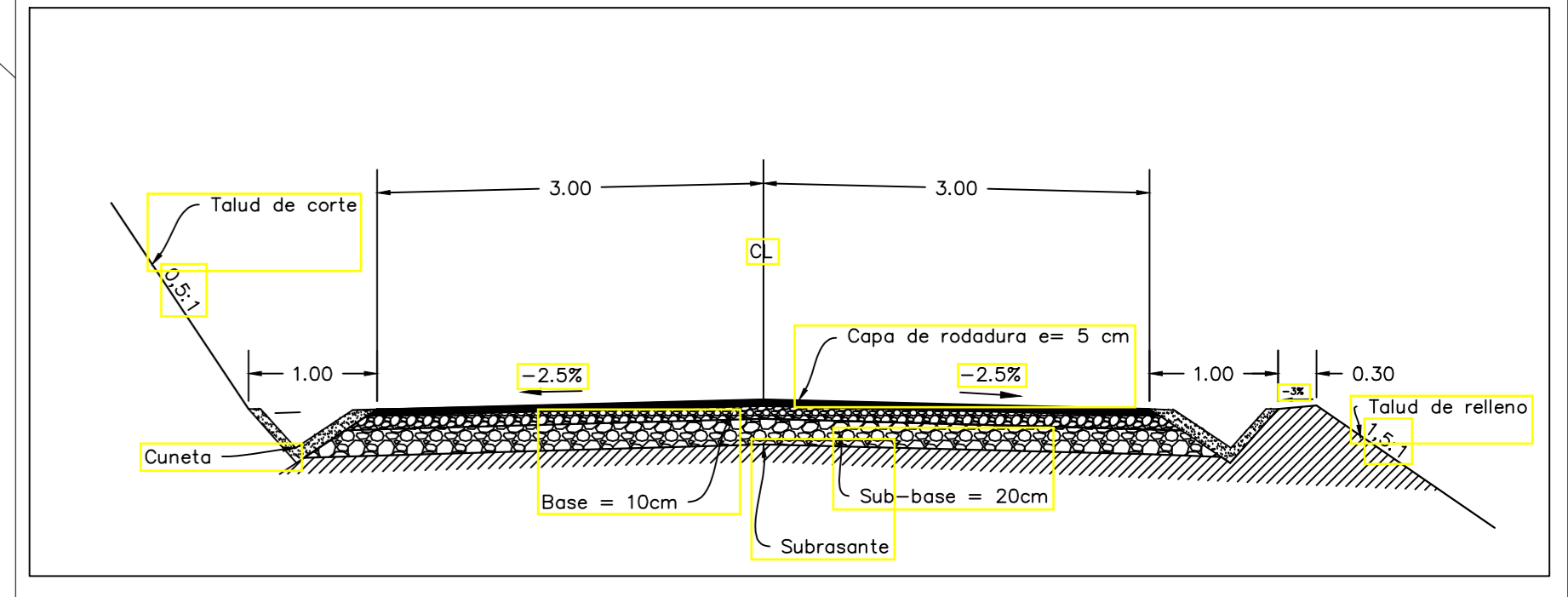
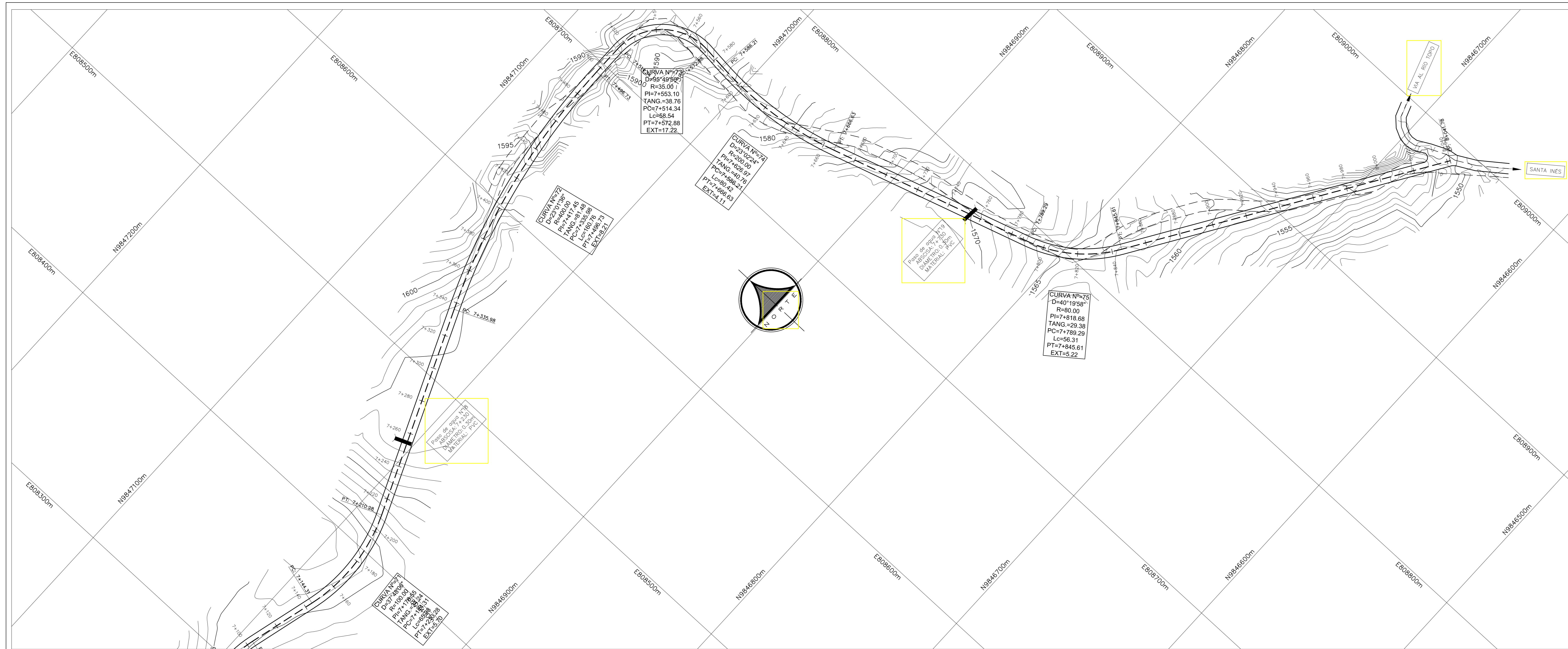
PERFIL LONGITUDINAL



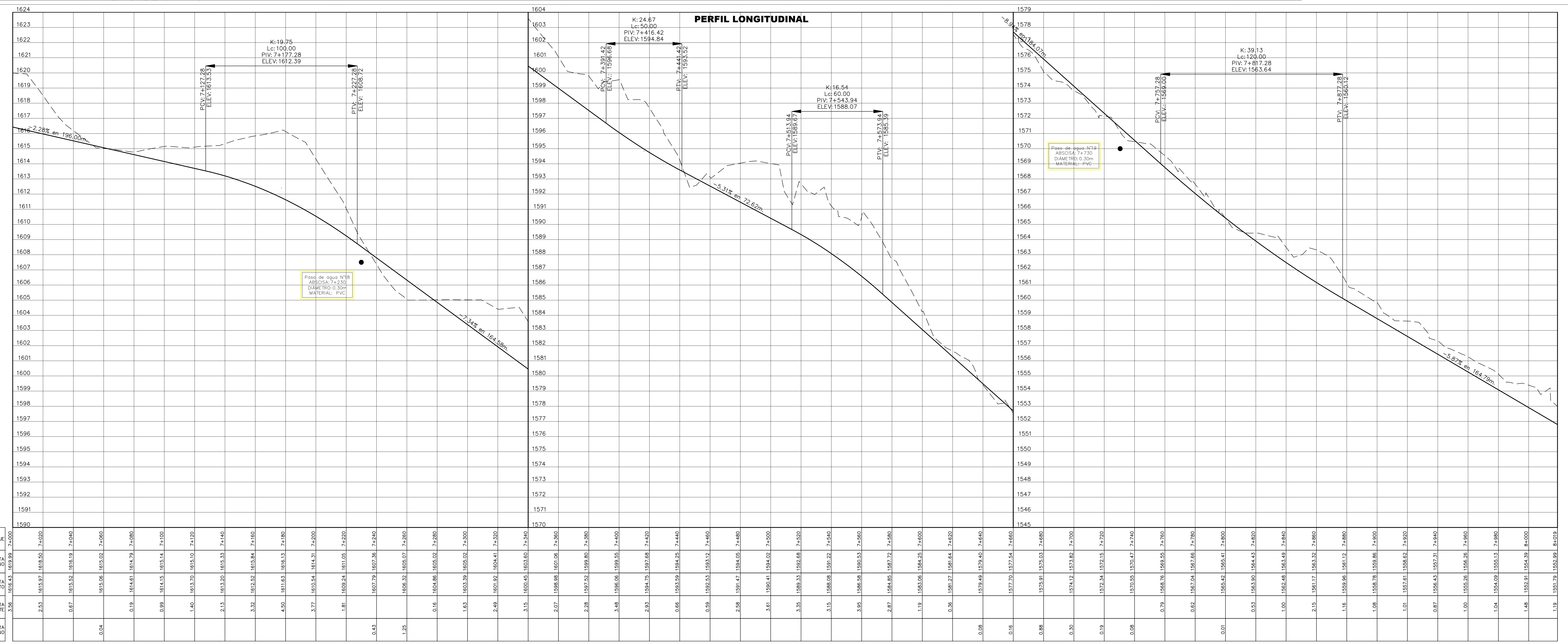


SECCIÓN TRANSVERSAL

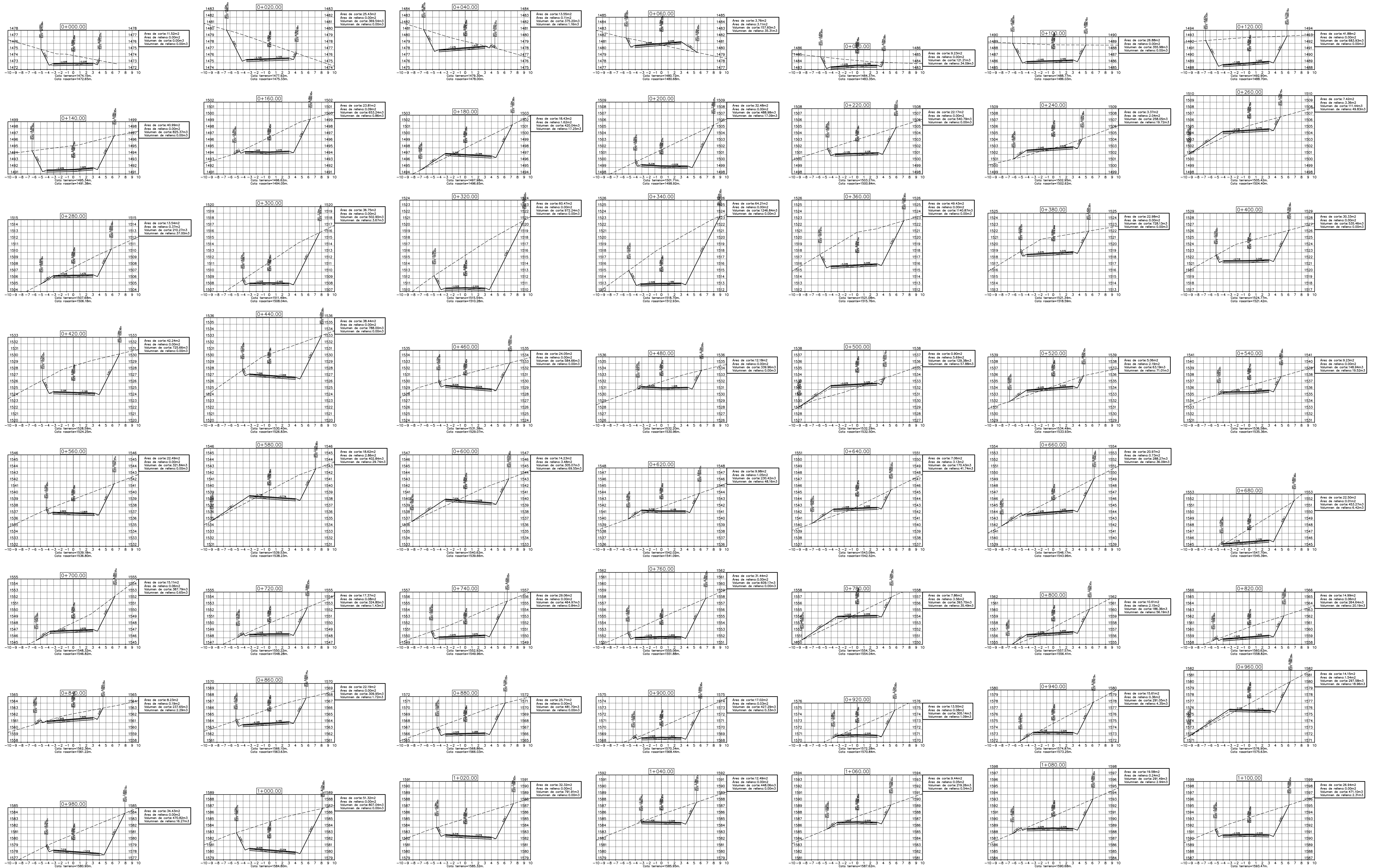





SECCIÓN TRANSVERSAL




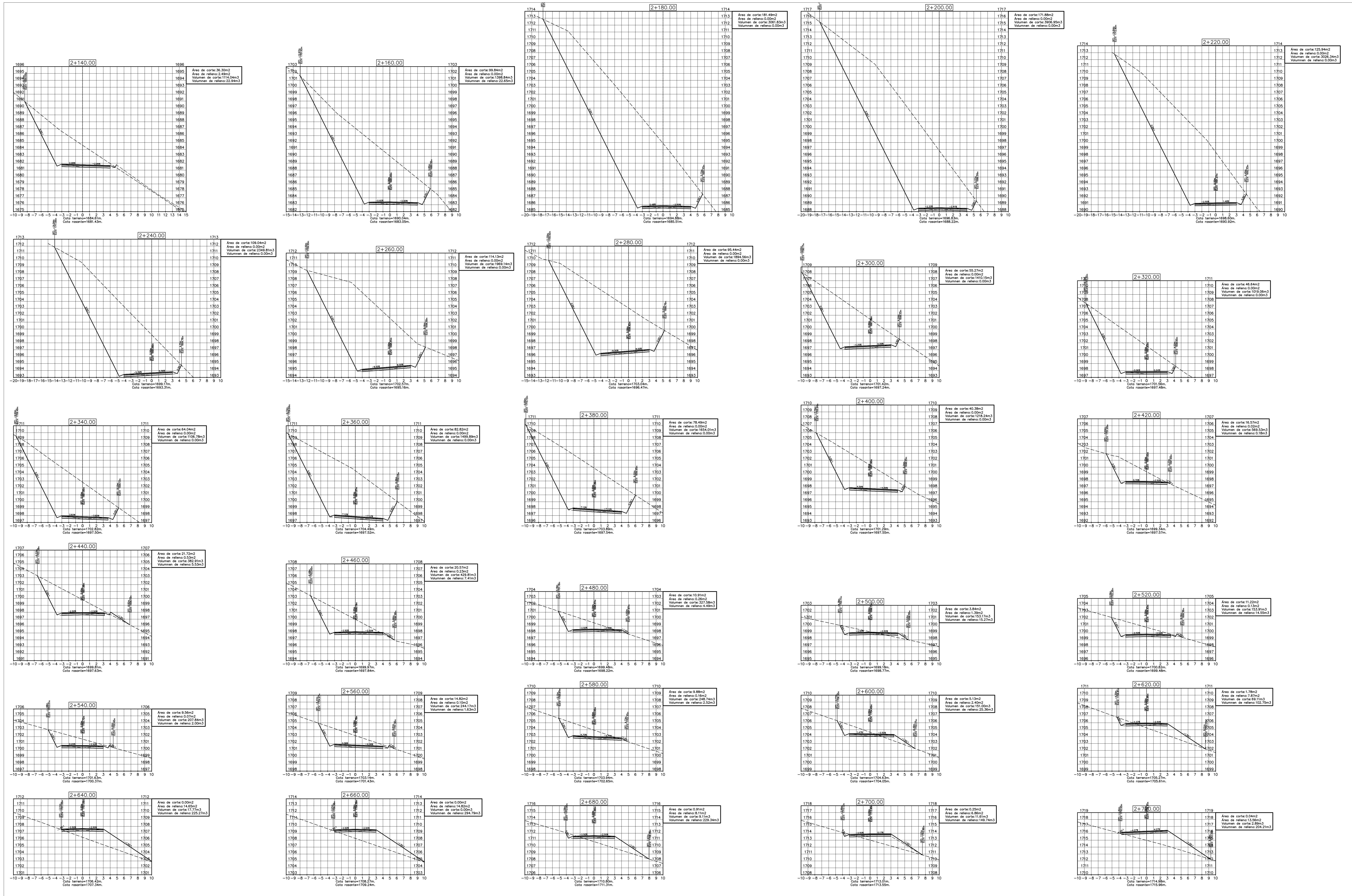
KILOMETRAJE	COTA TERRENO	COTA PROYECTO	ALTURA CORTE	ALTURA RELLENO
7+000	1618.50	1618.50	0.00	0.00
7+050	1618.50	1618.50	0.00	0.00
7+100	1618.50	1618.50	0.00	0.00
7+150	1618.50	1618.50	0.00	0.00
7+200	1618.50	1618.50	0.00	0.00
7+250	1618.50	1618.50	0.00	0.00
7+300	1618.50	1618.50	0.00	0.00
7+350	1618.50	1618.50	0.00	0.00
7+400	1618.50	1618.50	0.00	0.00
7+450	1618.50	1618.50	0.00	0.00
7+500	1618.50	1618.50	0.00	0.00
7+550	1618.50	1618.50	0.00	0.00
7+600	1618.50	1618.50	0.00	0.00
7+650	1618.50	1618.50	0.00	0.00
7+700	1618.50	1618.50	0.00	0.00
7+750	1618.50	1618.50	0.00	0.00
7+800	1618.50	1618.50	0.00	0.00
7+850	1618.50	1618.50	0.00	0.00
7+900	1618.50	1618.50	0.00	0.00
7+950	1618.50	1618.50	0.00	0.00
8+000	1618.50	1618.50	0.00	0.00
8+019	1618.50	1618.50	0.00	0.00




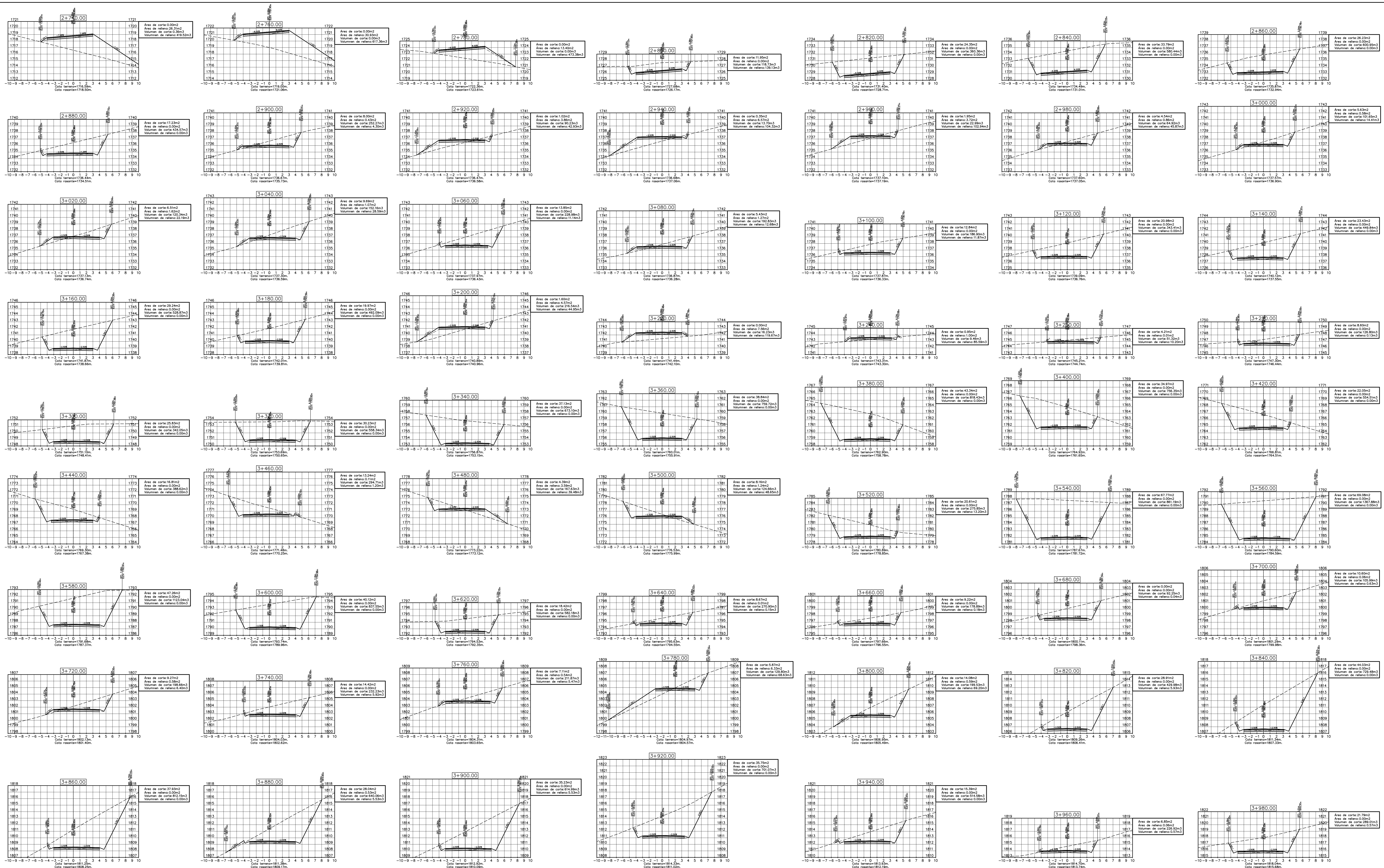
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
TEMA: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LOS SECTORES LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS, DE LA PARROQUIA NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES	ESCALA H : 1-----1000 ESCALA V : 1-----100	FECHA: Marzo / 2017
DESDE: Km 0+000 HASTA: Km 1+000	CARRETERA CLASE: IV	
DISEÑO / DIBUJO:	APROBO:	DATUM: WGS-84
EGDO. CARLOS PEÑAFIEL	Ing. M ^c . Vinicio Almeida	LÁMINA: 1/8




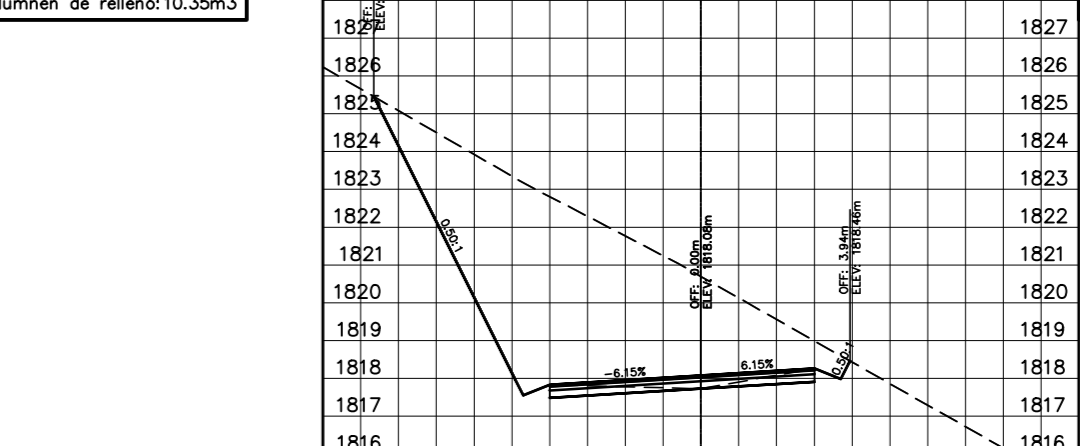
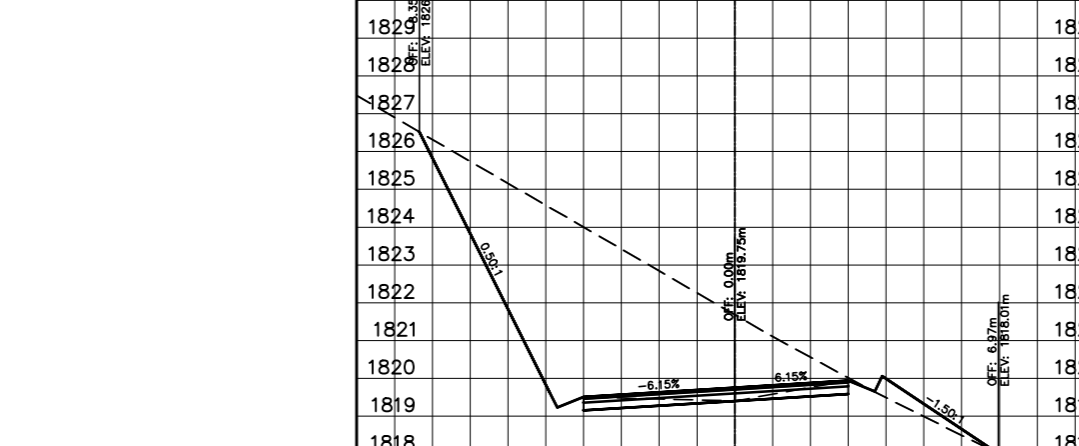
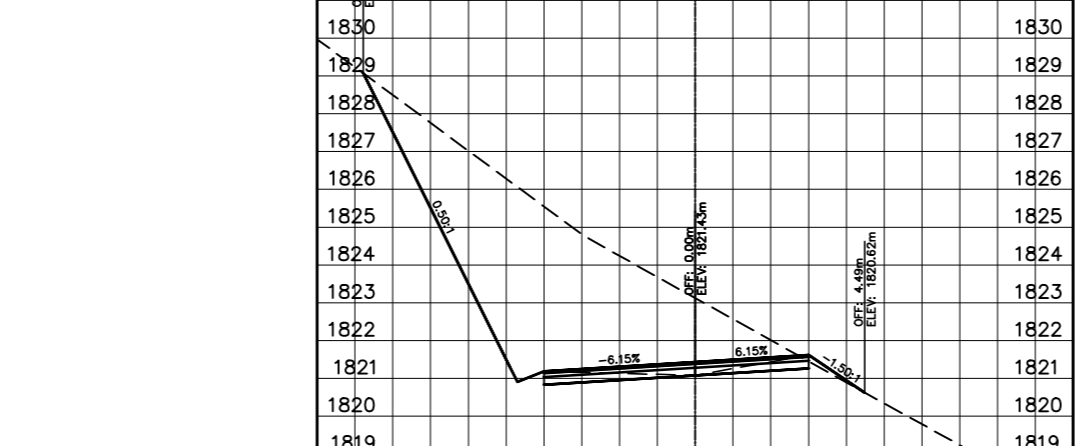
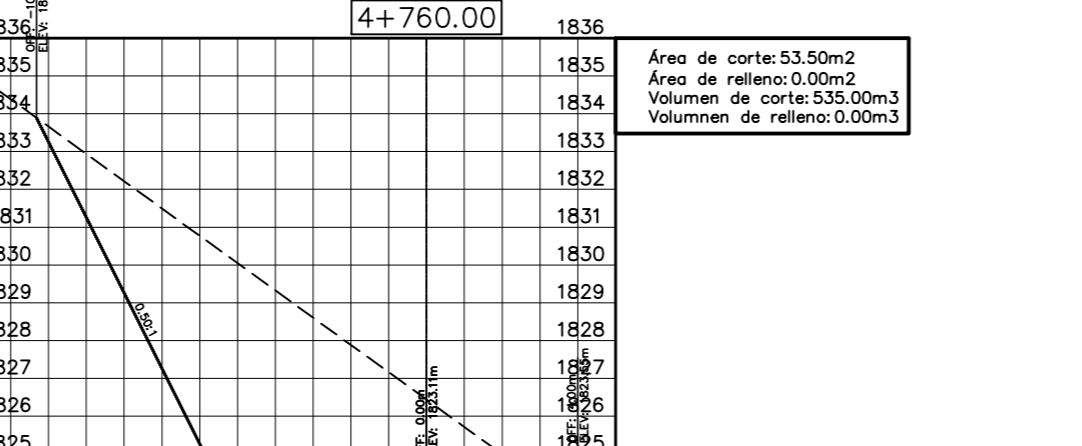
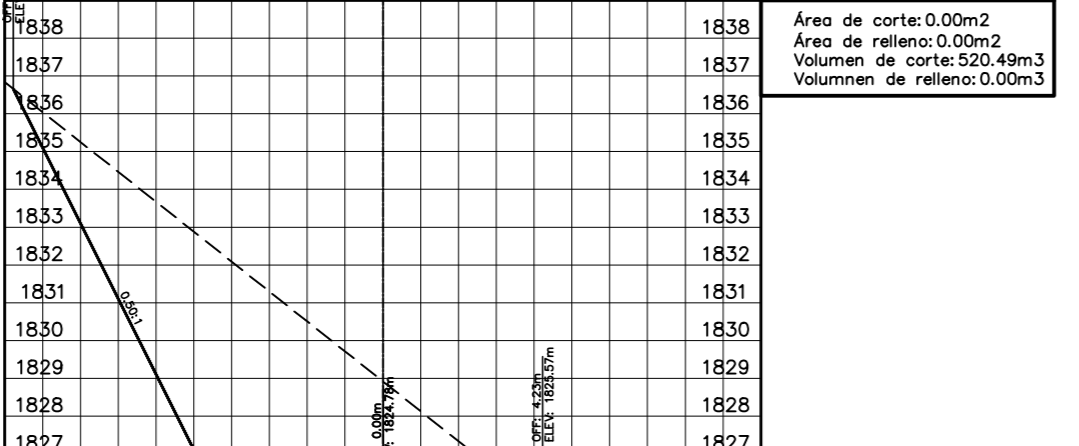
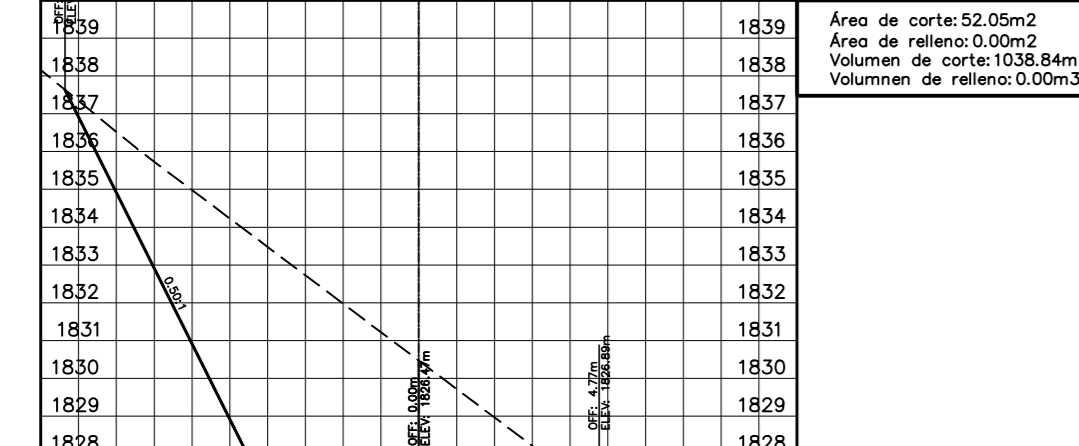
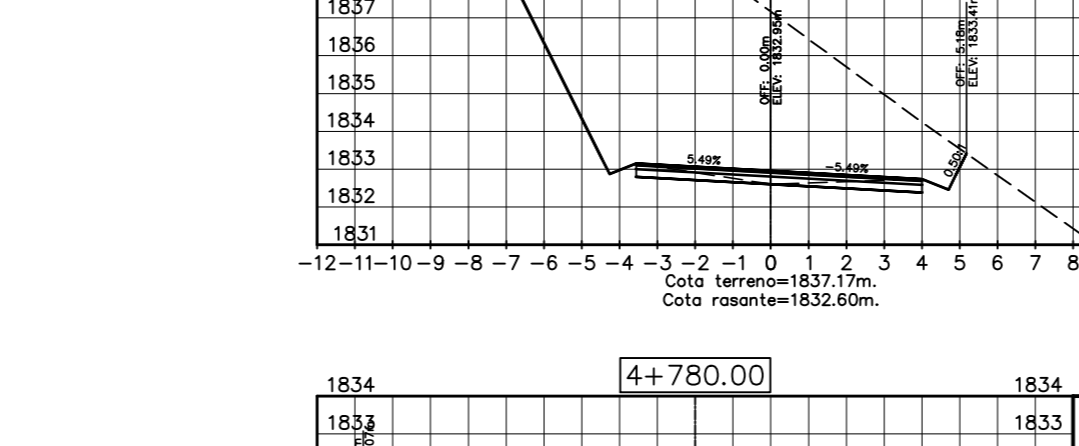
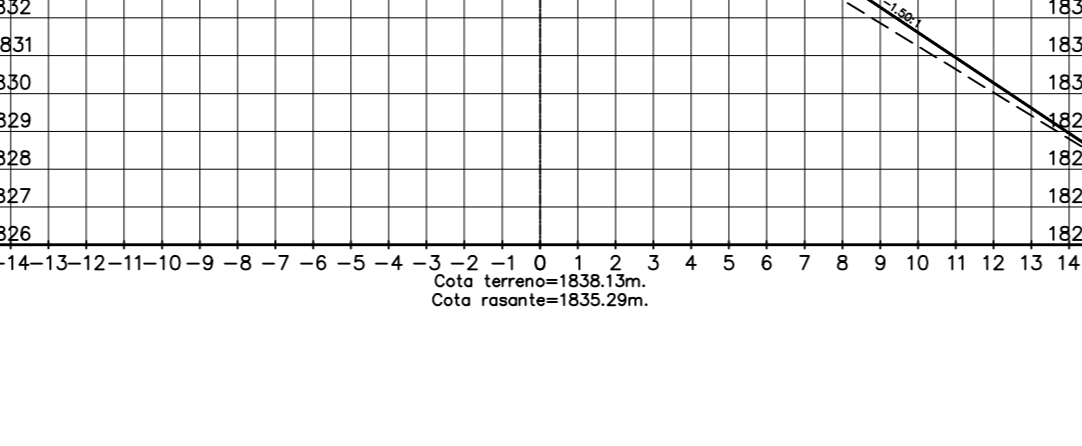
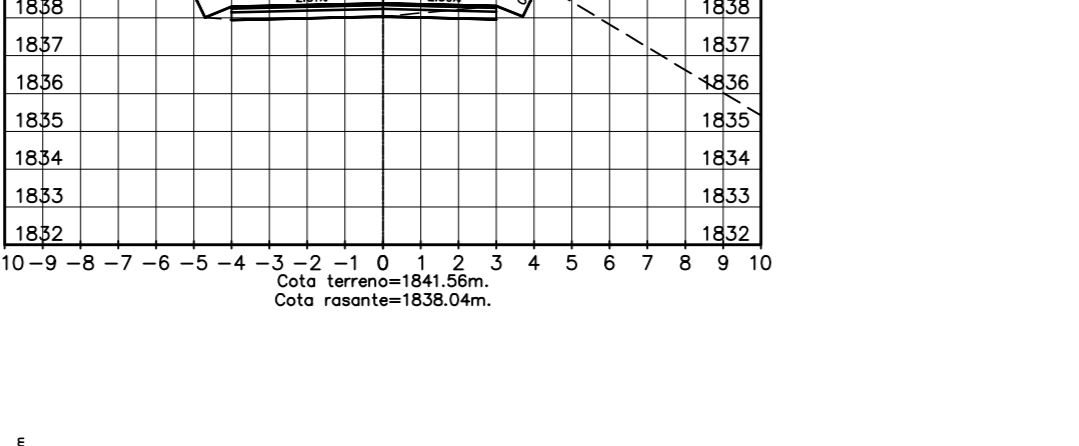
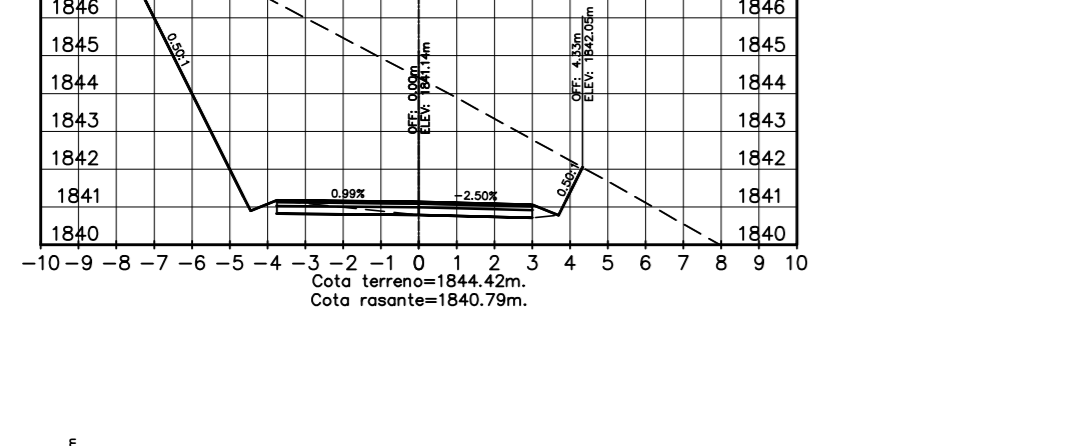
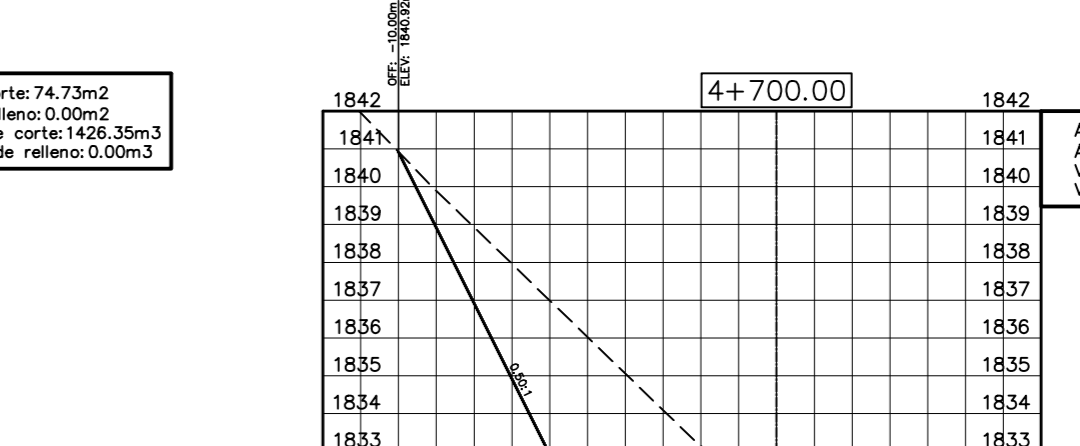
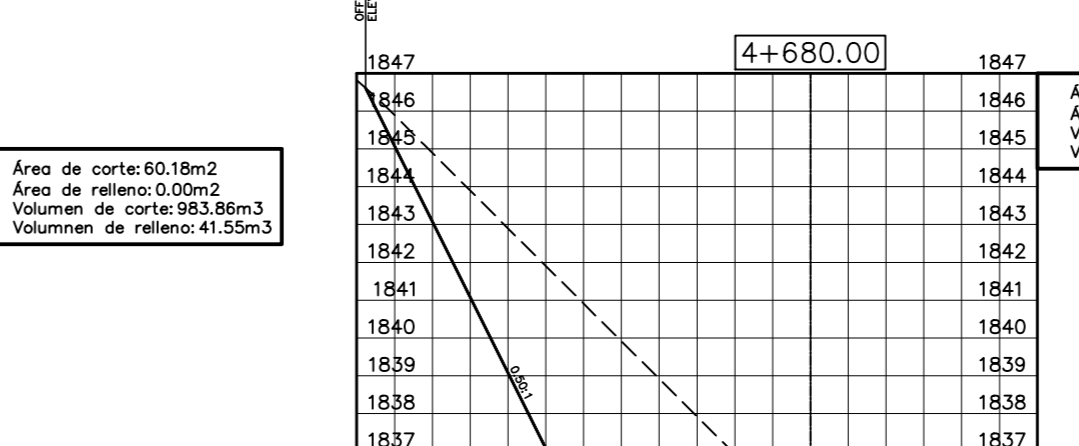
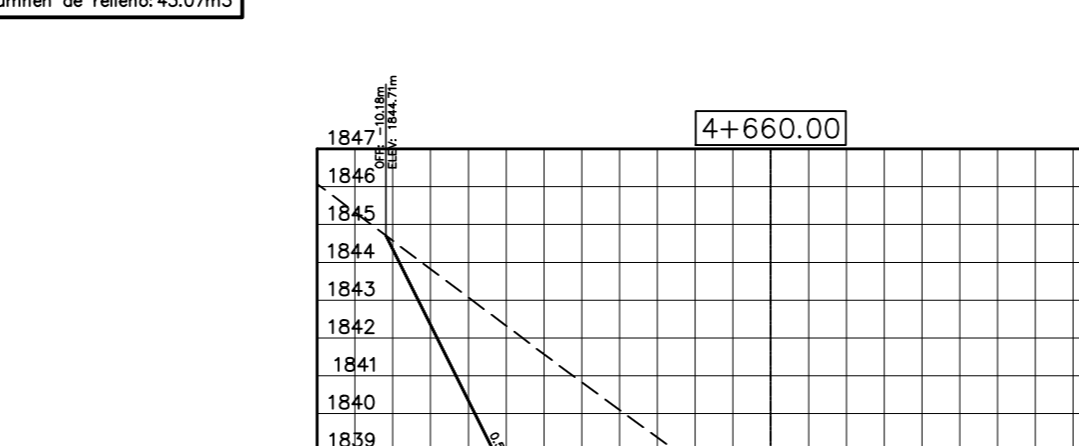
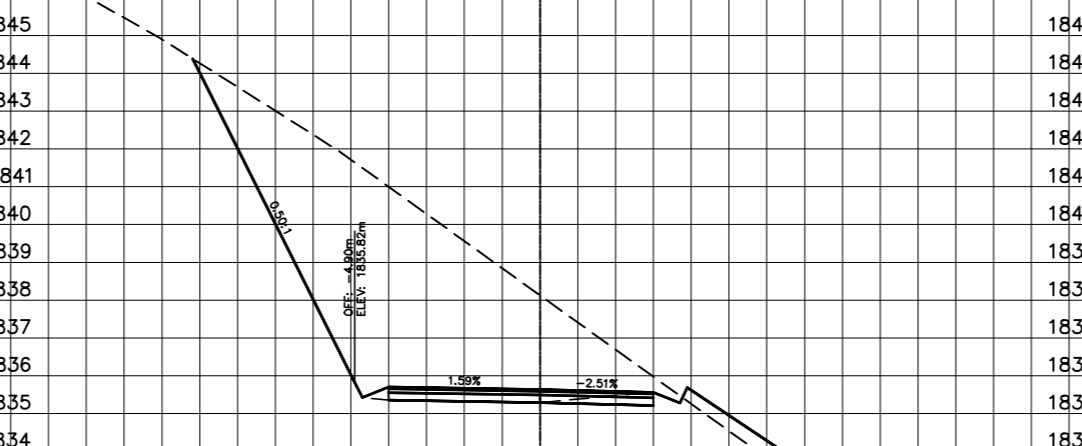
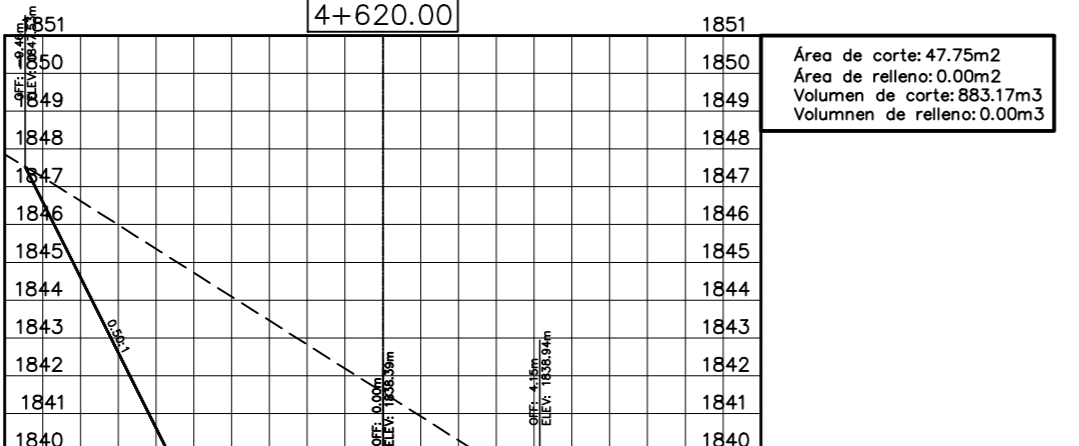
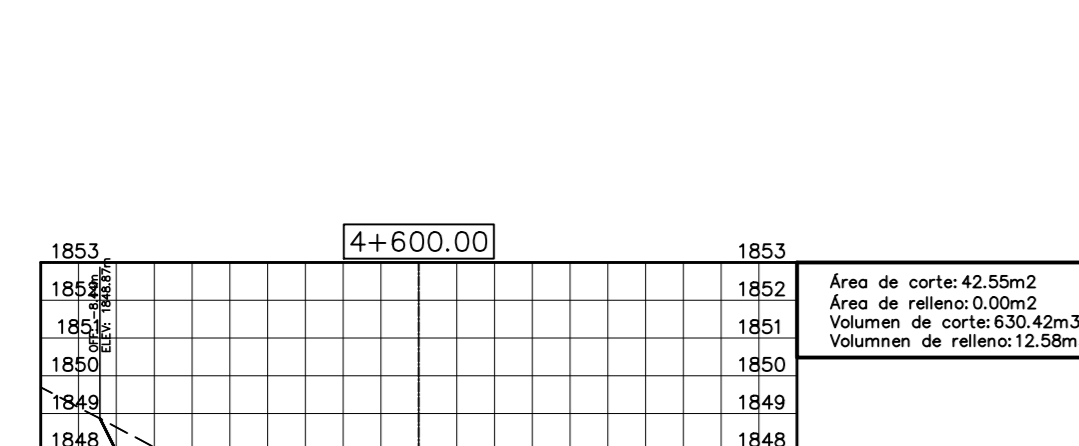
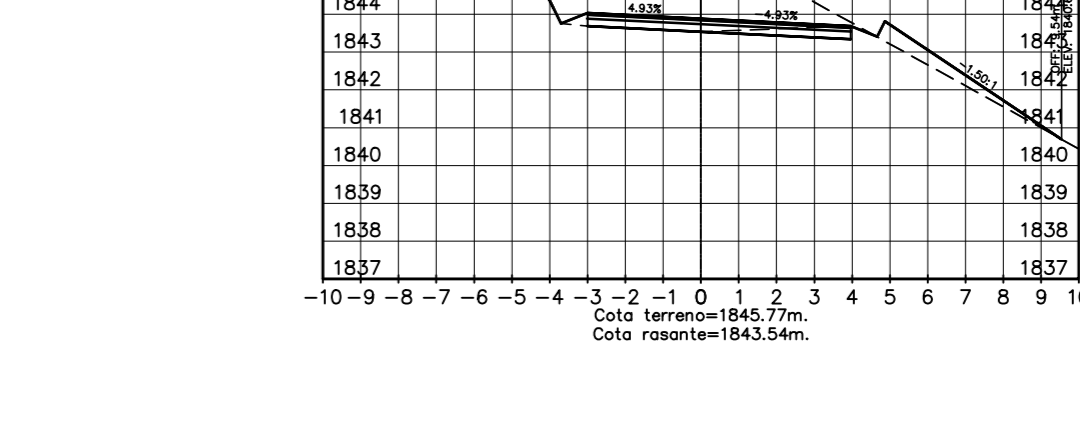
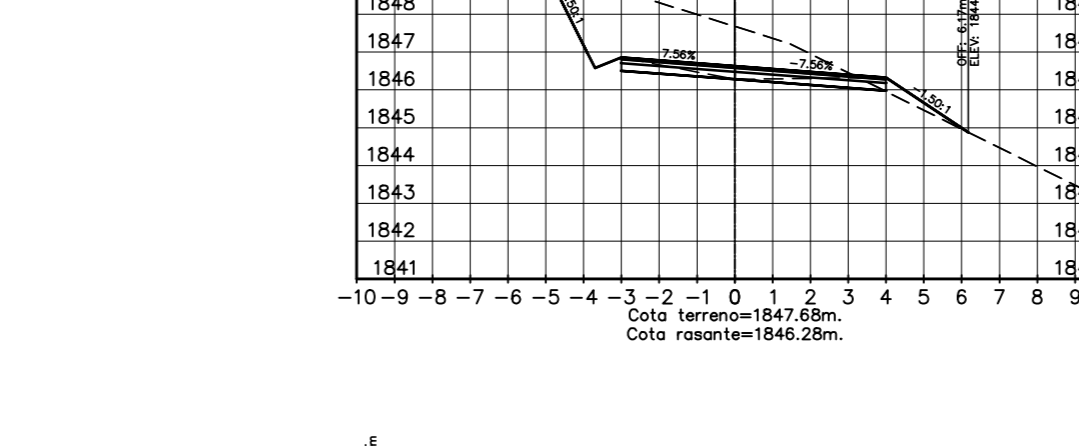
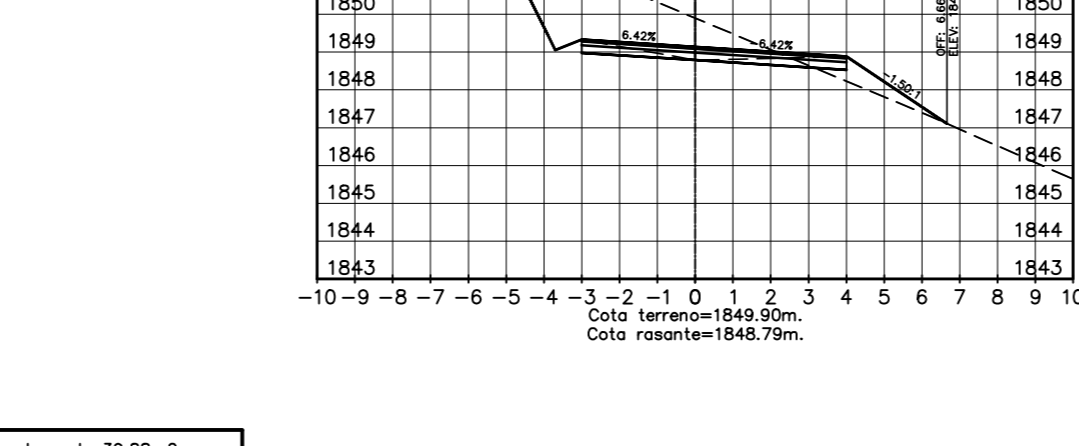
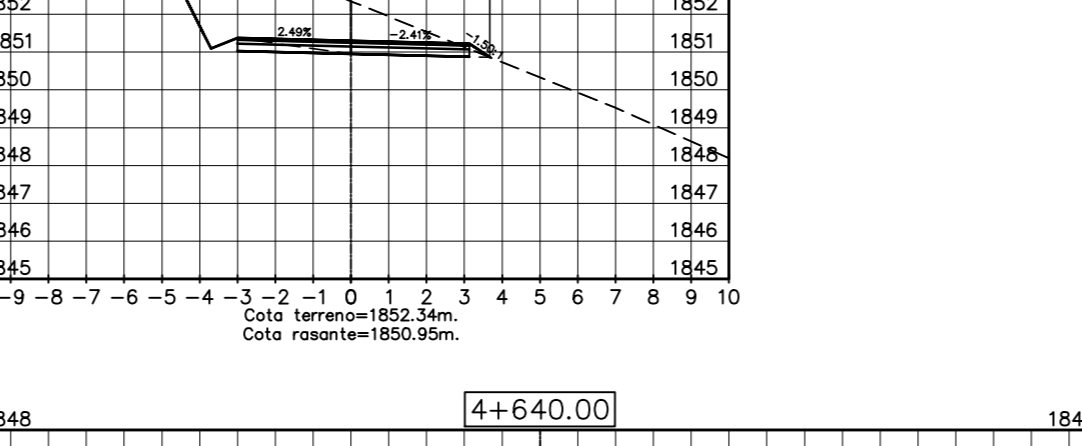
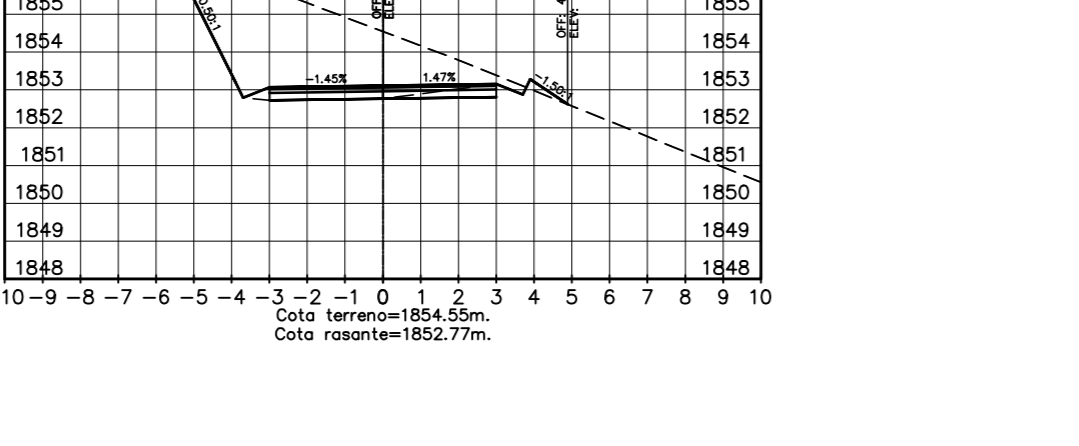
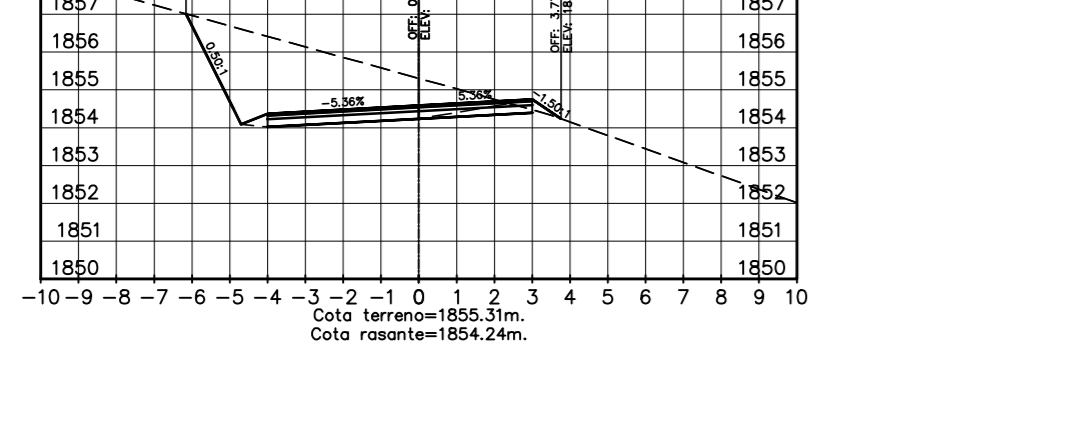
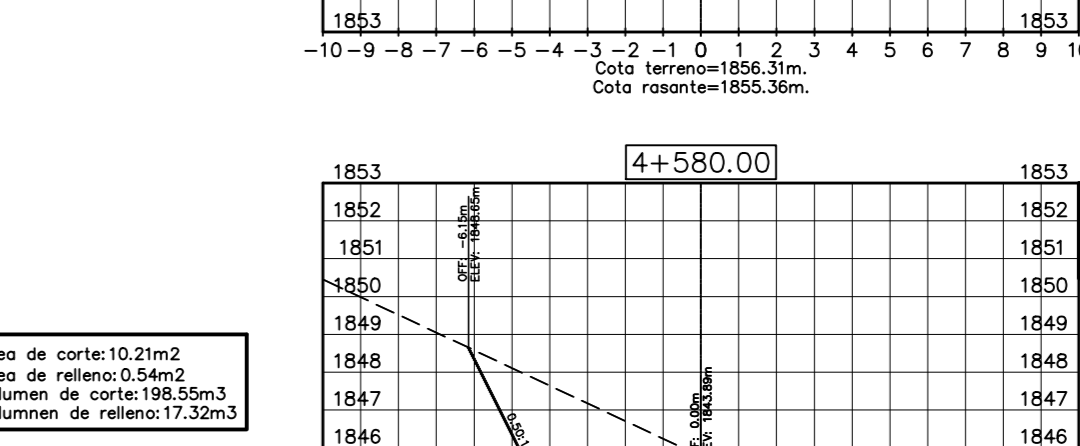
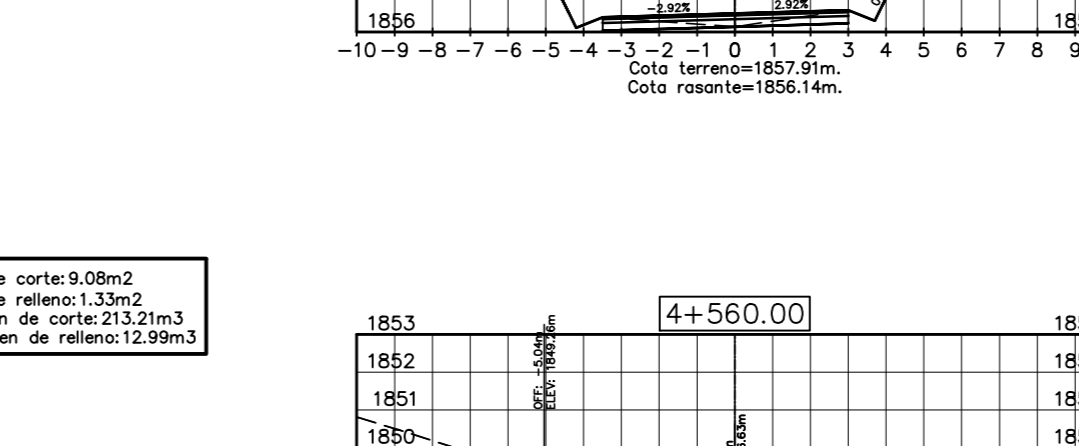
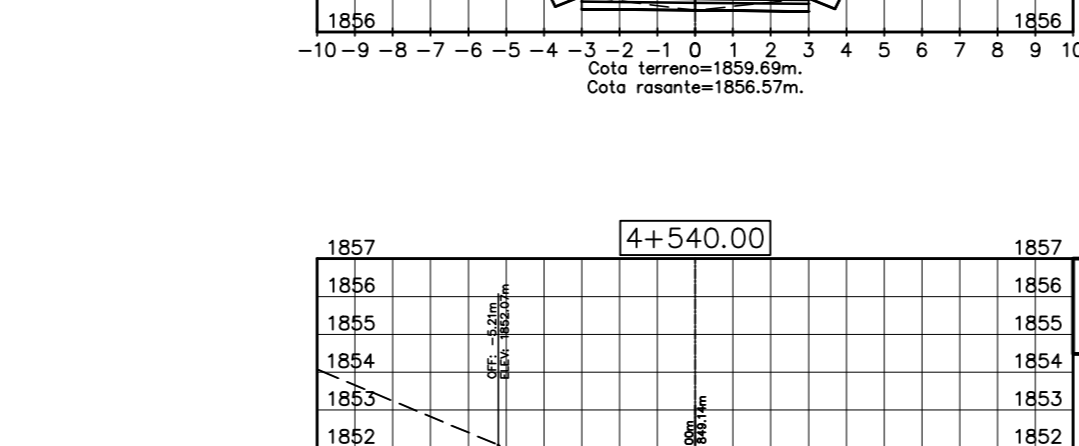
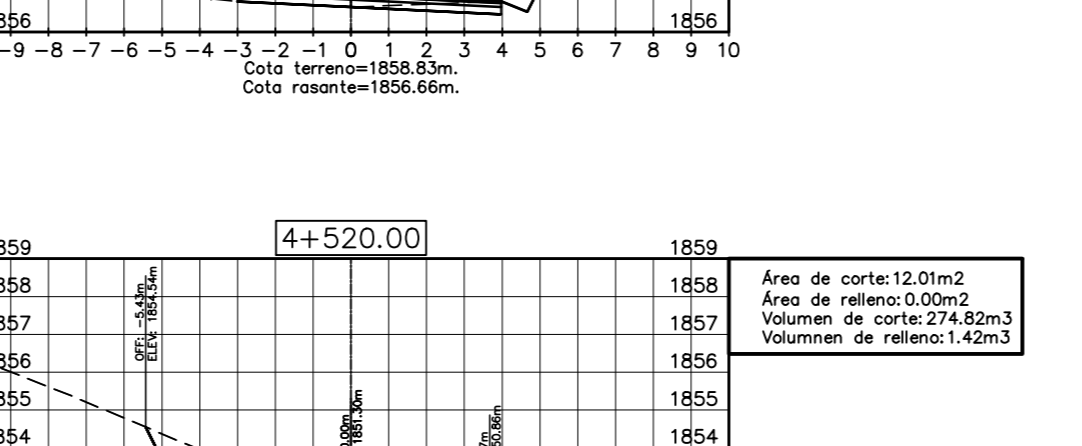
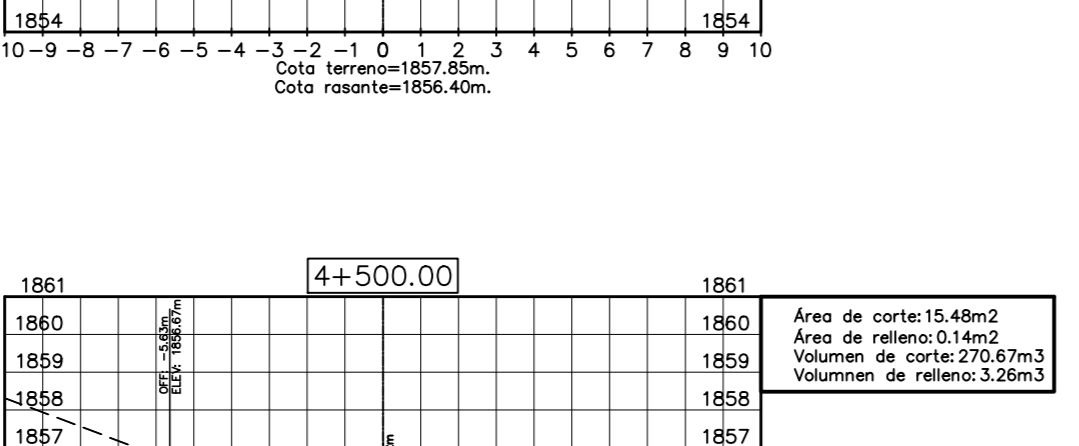
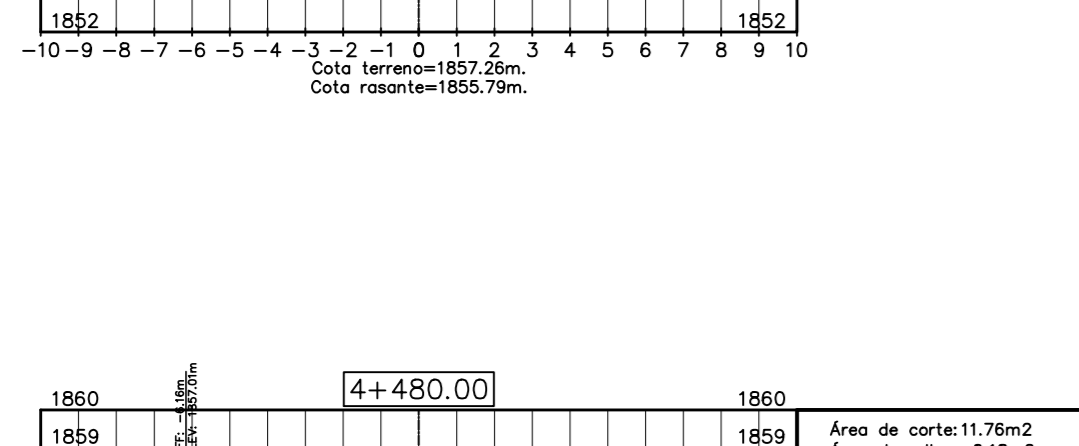
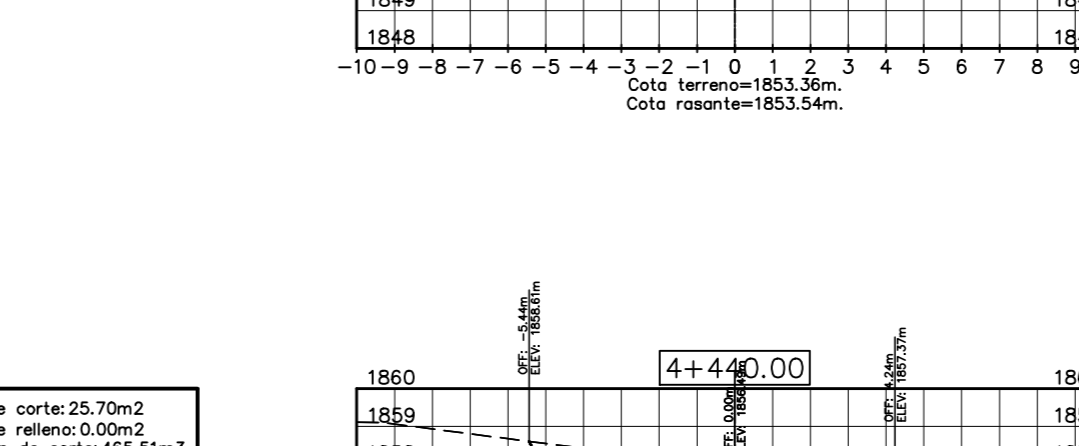
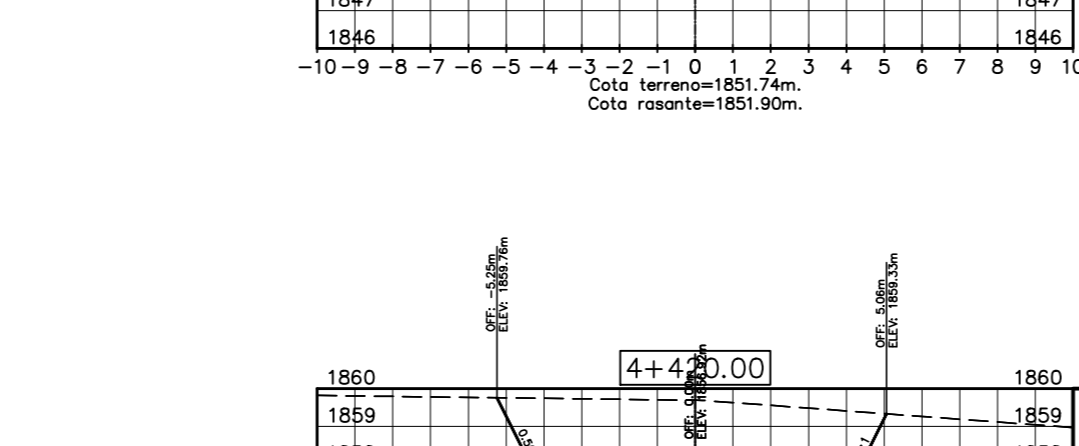
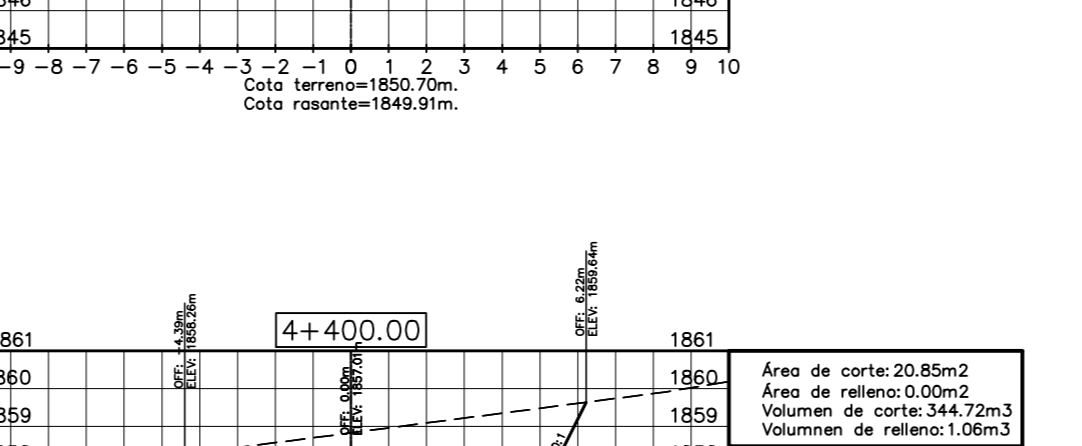
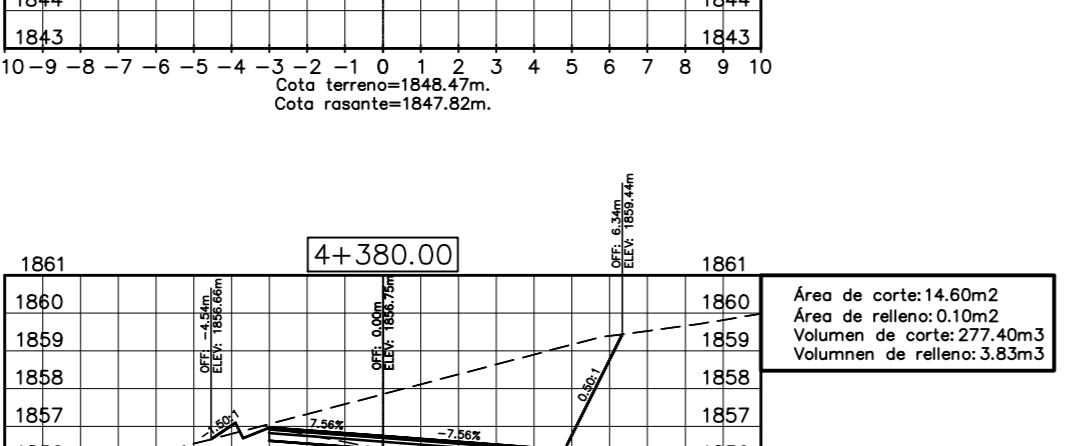
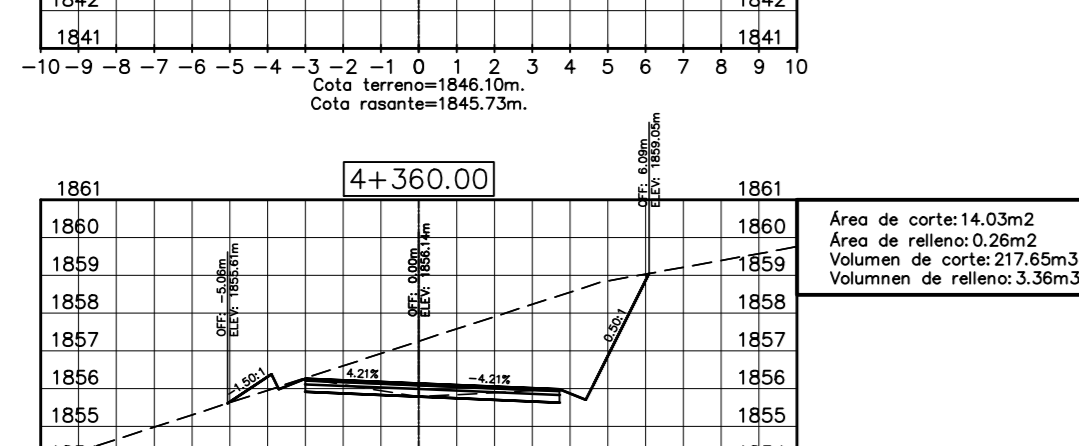
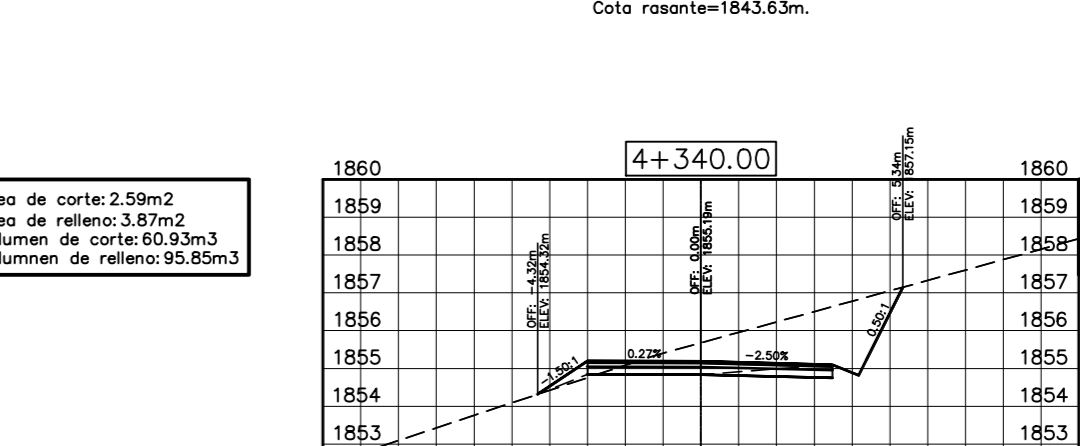
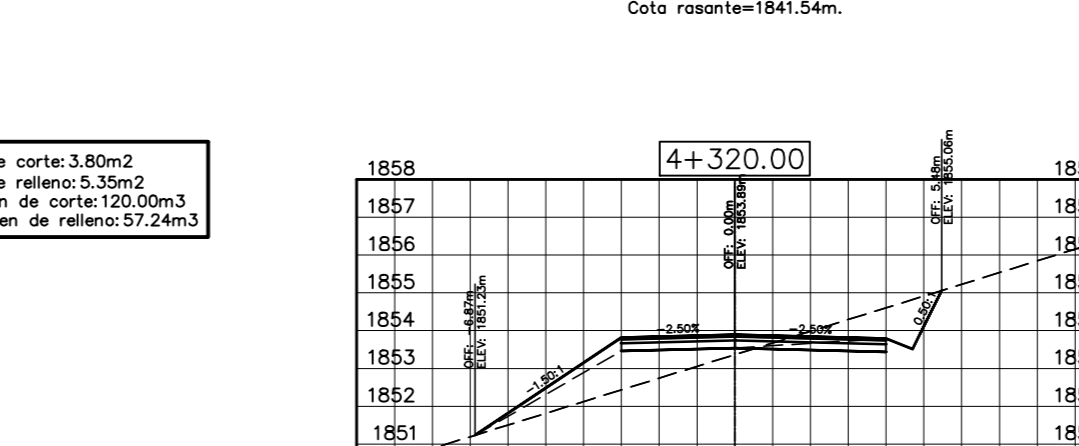
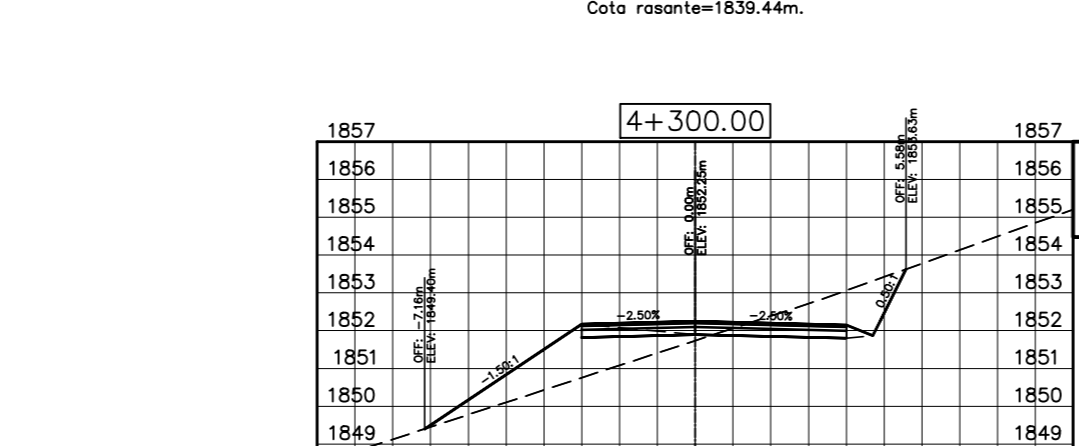
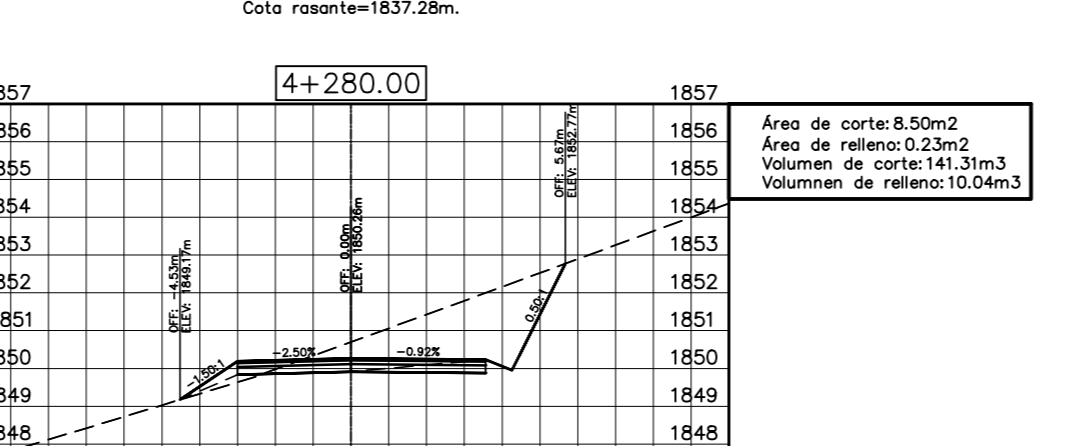
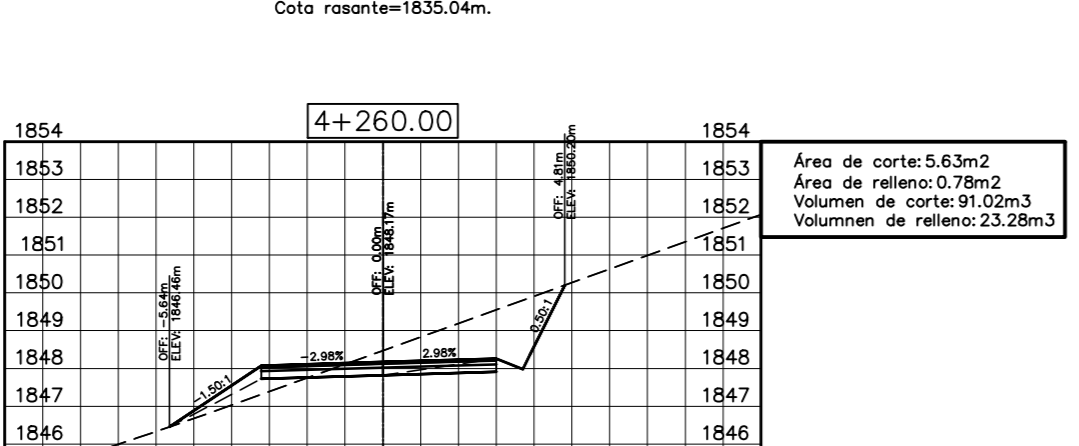
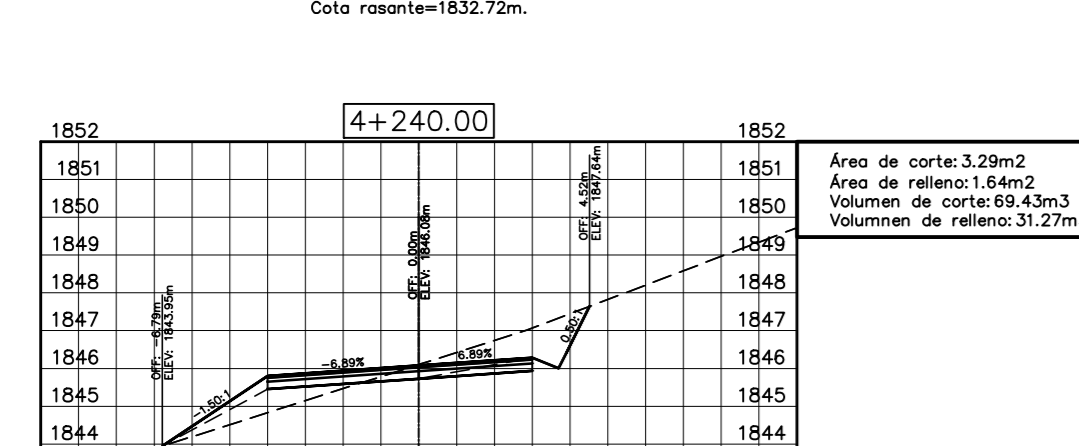
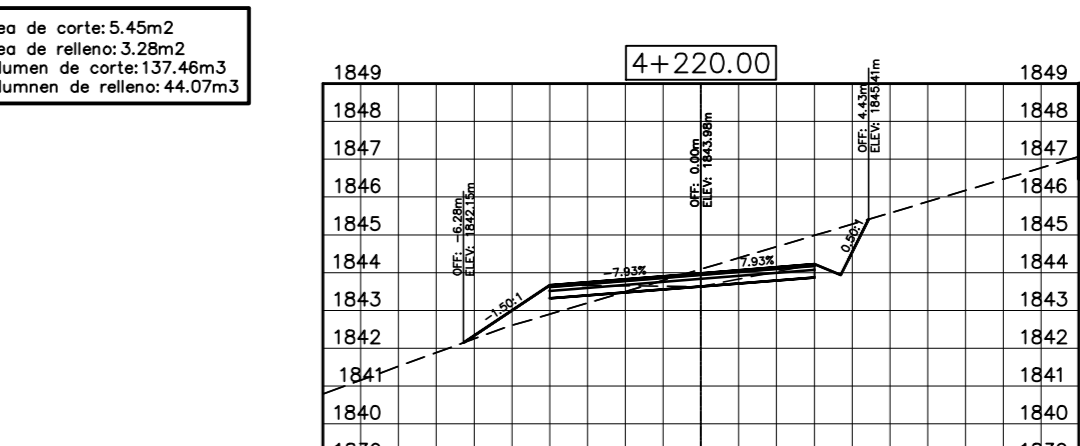
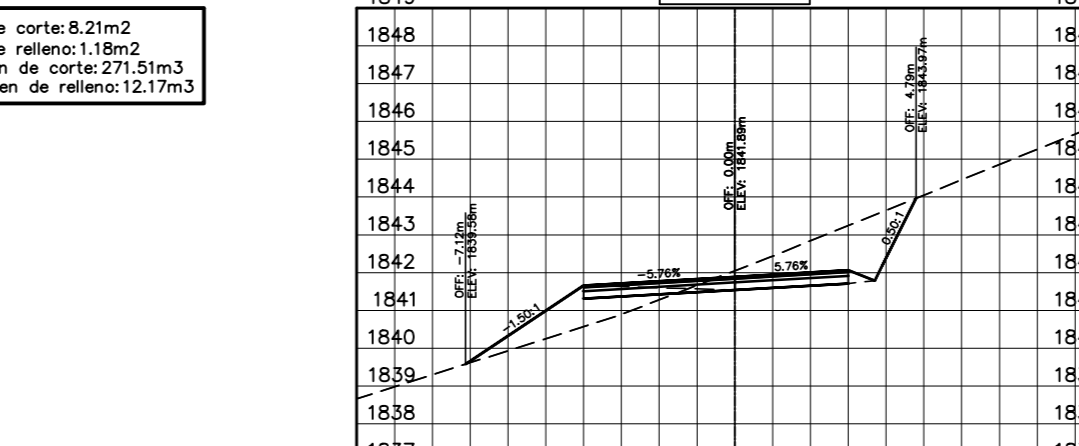
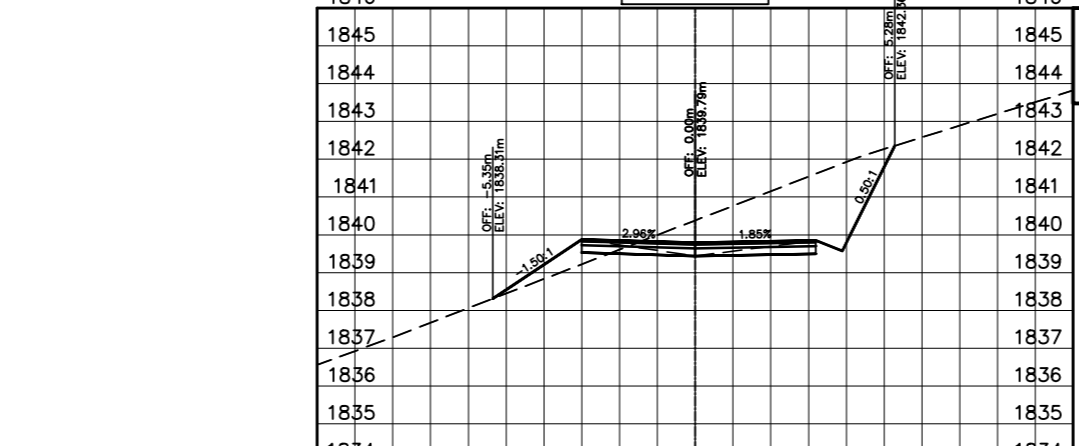
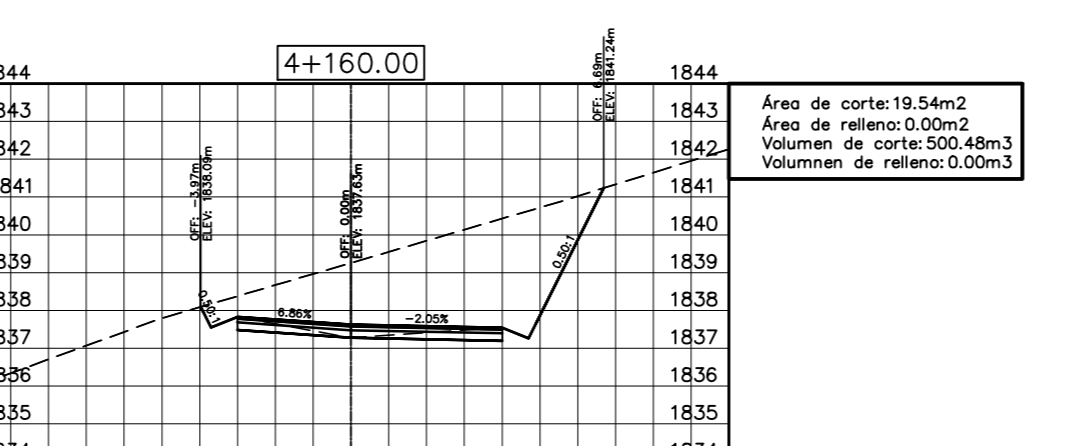
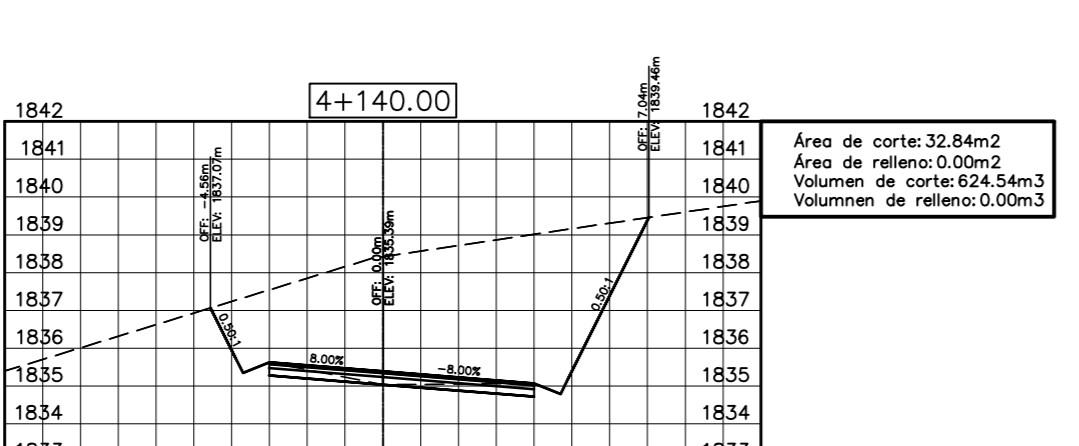
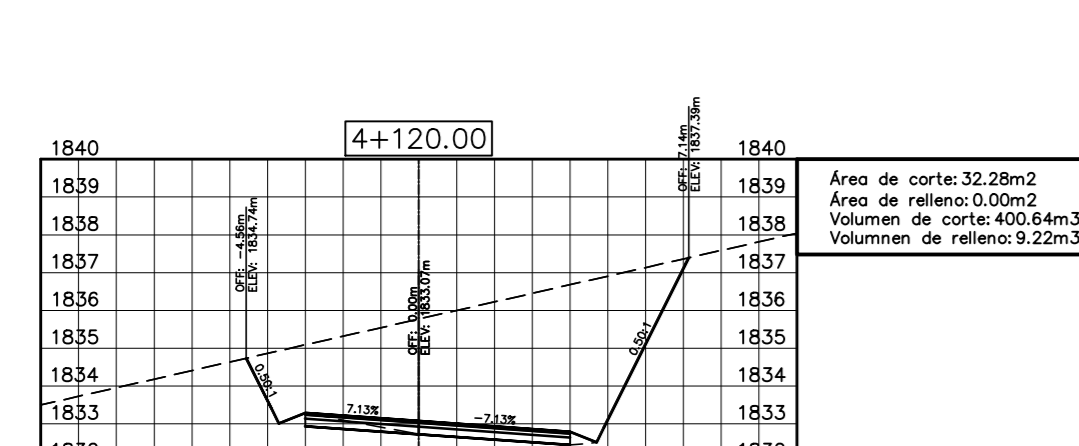
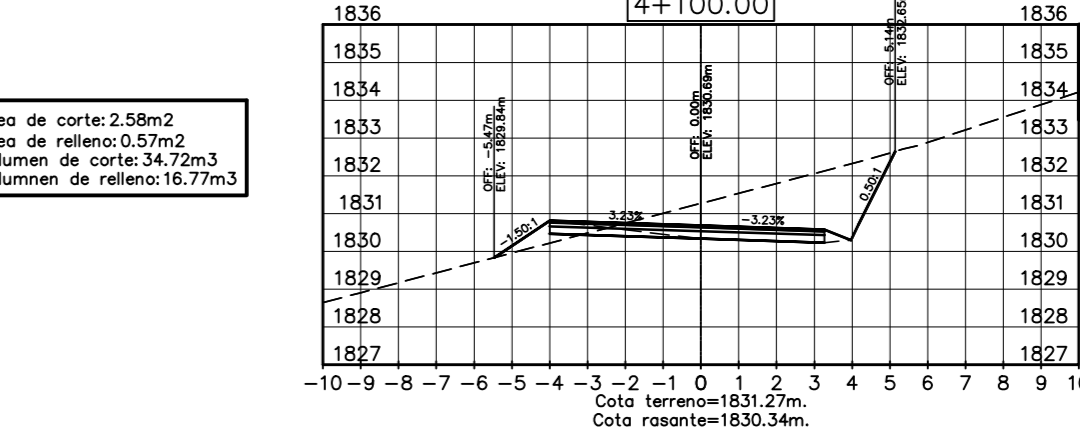
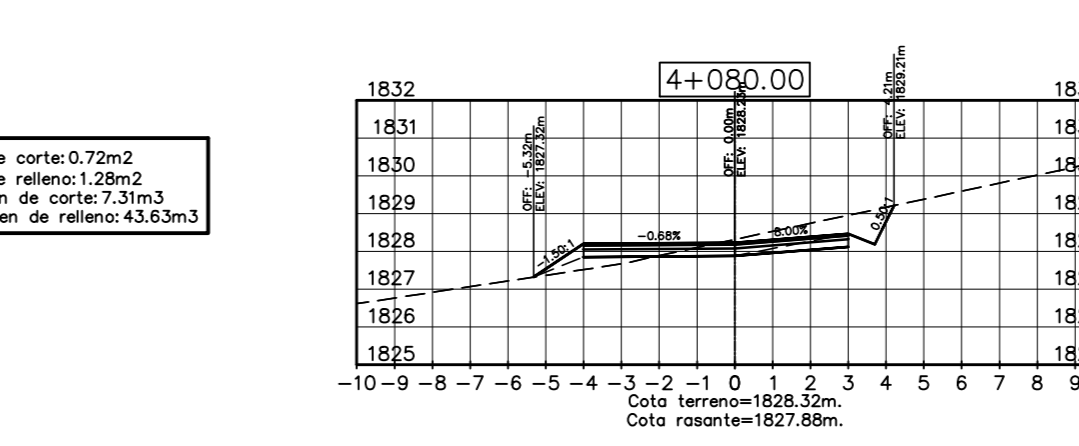
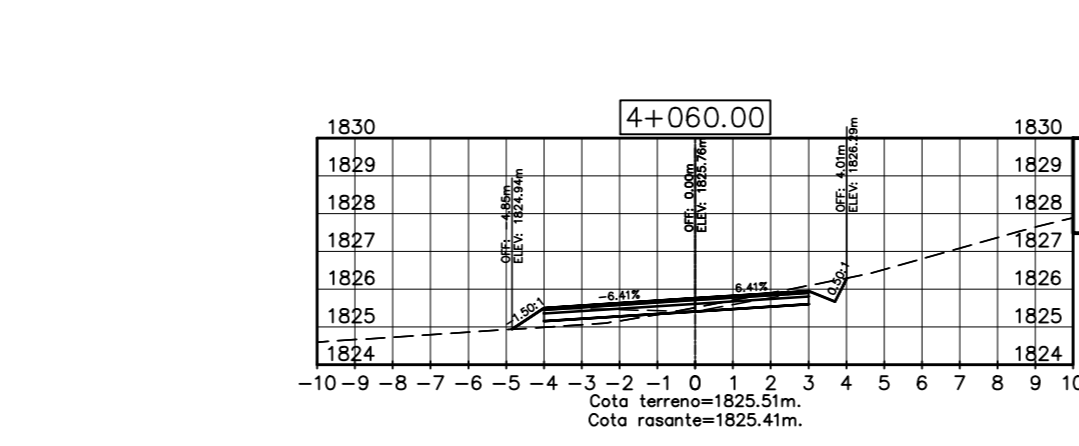
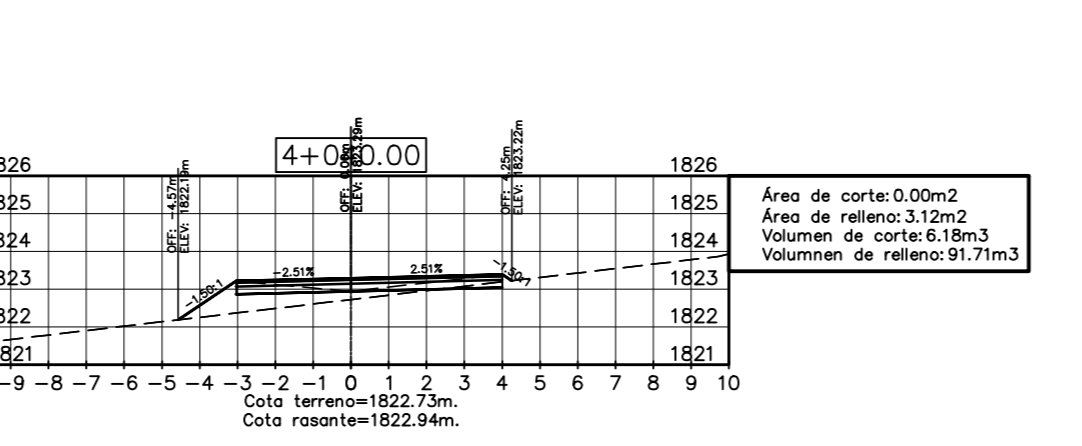
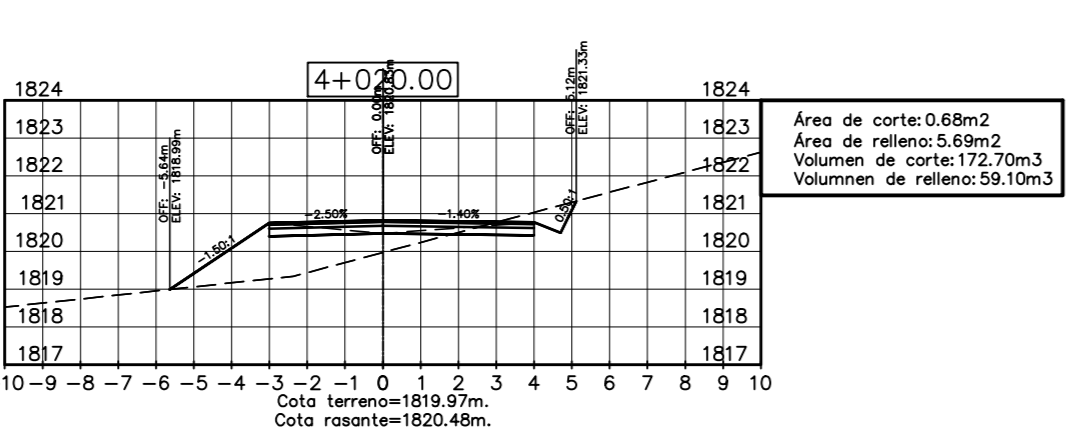
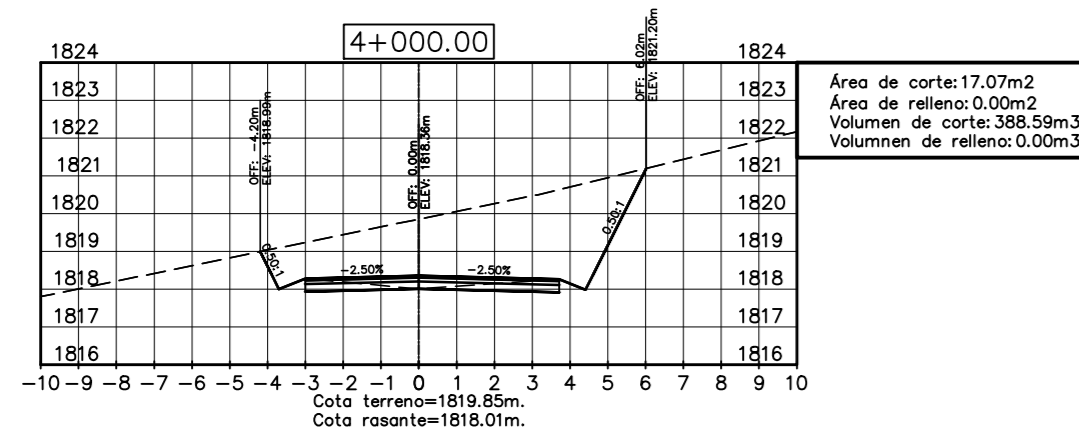
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
TEMA: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LOS SECTORES LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS, DE LA PARRROQUIA RIO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES	ESCALA H: 1-----1000 ESCALA V: 1-----100	FECHA: Marzo / 2017
DESDE: Km 1+120 HASTA: Km 2+120	CARRETERA CLASE: IV	
DISEÑO / DIBUJO:	APROBÓ:	DATUM: WGS-84
EGO. CARLOS PEÑAFIEL		LÁMINA: Ing. Mg. Vinicio Almeida
		2/8



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
TEMA: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LOS SECTORES LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS, DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES	ESCALA H : 1 ---- 1000 ESCALA V : 1 ---- 100	FECHA: Marzo / 2017
DESDE: Km 2+140 HASTA: Km 2+720	CARRETERA CLASE: IV	DATUM: WGS-84
DISEÑO / DIBUJO: EGO. CARLOS PEÑAFIEL	APROBÓ: Ing. Mg. Vinicio Almeida	LÁMINA: 3/8

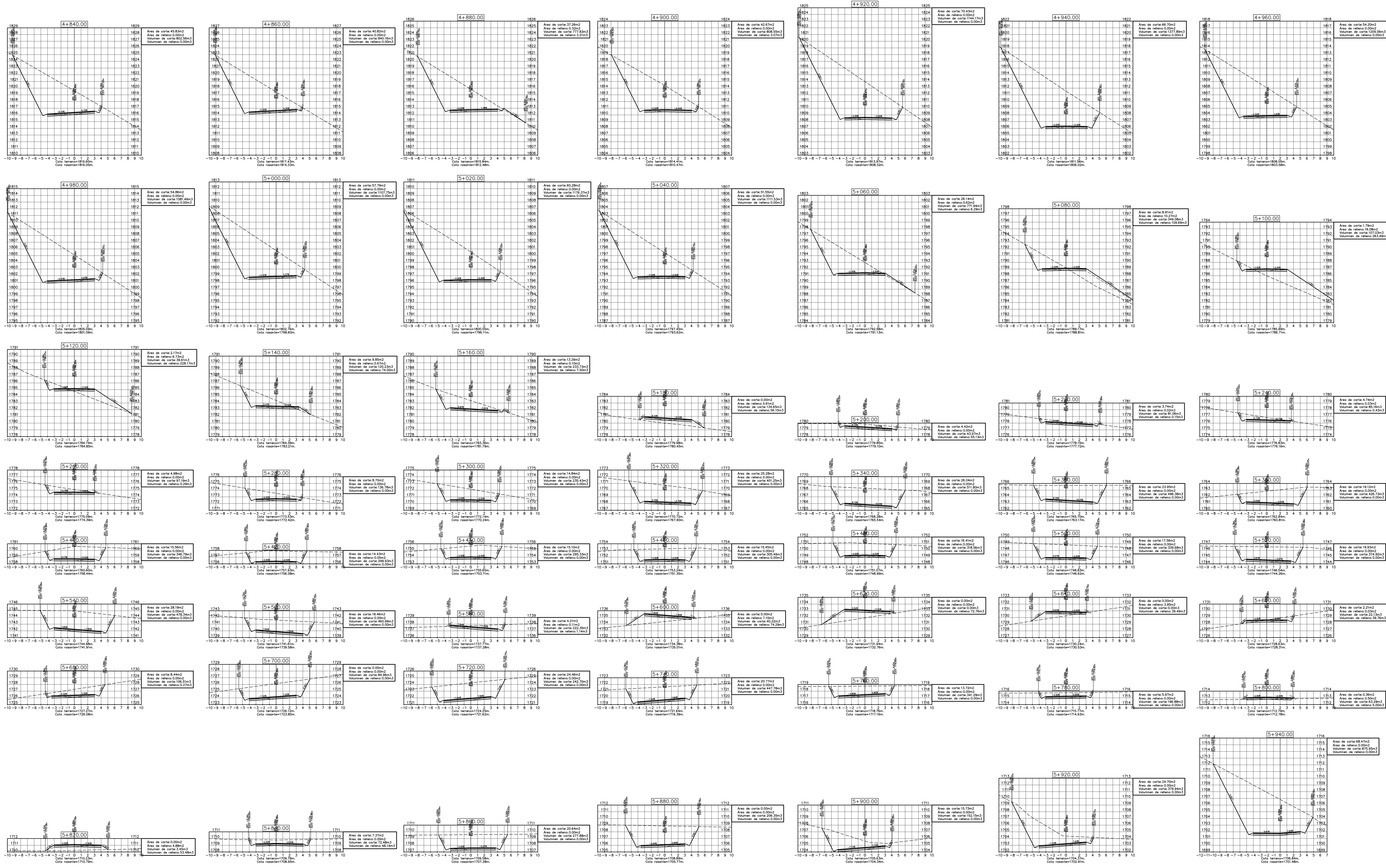


 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
TEMA: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LOS SECTORES LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS, DE LA PARRQUIA RIO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES	ESCALA H: 1-----1000 ESCALA V: 1-----1000	FECHA: Marzo / 2017
DESDE: Km 2+160 HASTA: Km 3+980	CARRETERA CLASE: IV	DATUM: WGS-84
DISEÑO / DIBUJO:	APROBÓ:	LÁMINA: 4/8
EGO. CARLOS PEÑAFIEL		Ing. Mg. Vinicio Almeida



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
 TEMA: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LOS SECTORES LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS, DE LA PARRROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

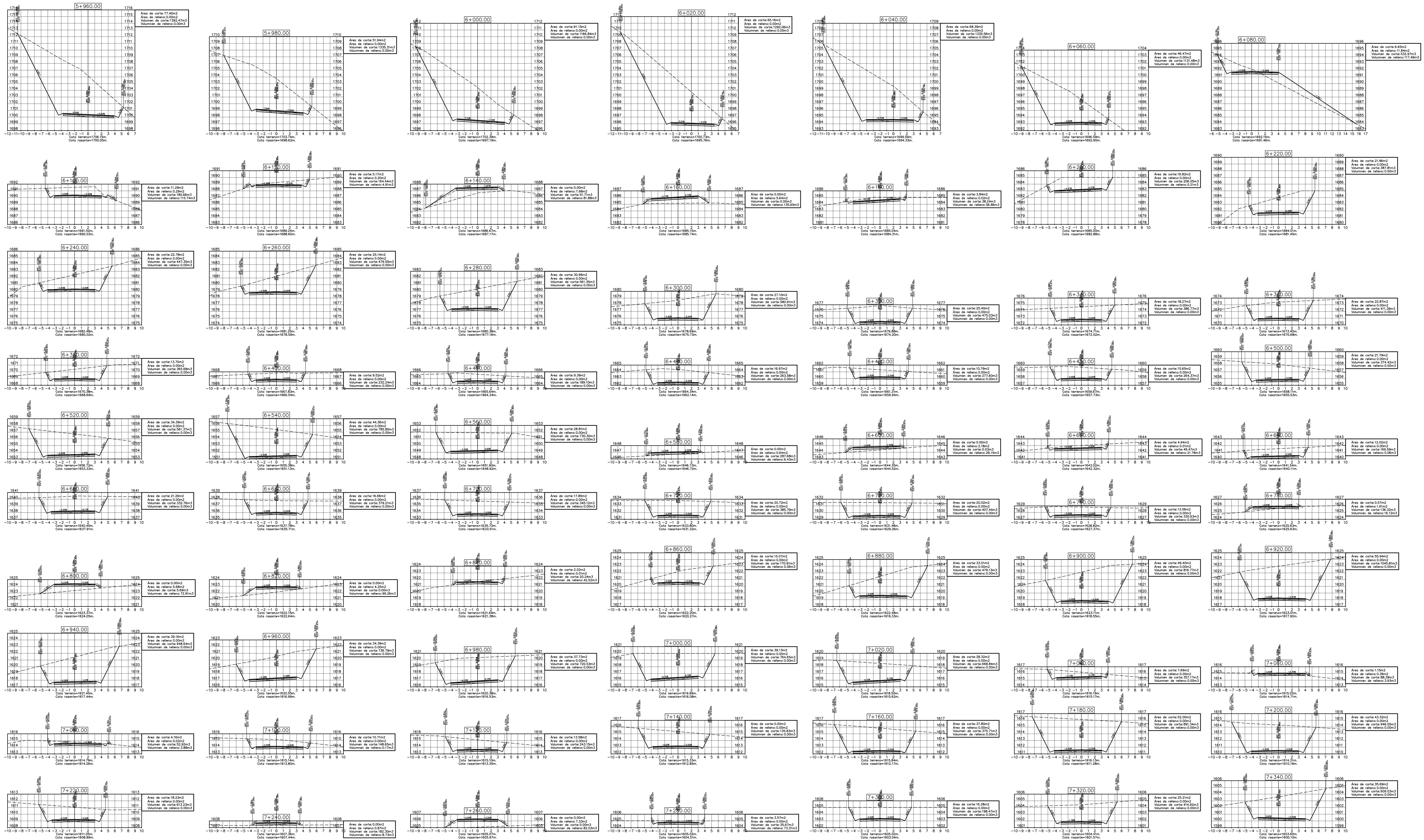
CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES	ESCALA H: 1-----1000 ESCALA V: 1-----100	FECHA: Marzo / 2017
DESDE: Km 4+000 HASTA: Km 4+820	CARRETERA CLASE: IV	DATUM: WGS-84
DISEÑO / DIBUJO:	APROBÓ:	LÁMINA: 5/8
EGDO. CARLOS PEÑAFIEL		Ing. Mg. Vinicio Almeida

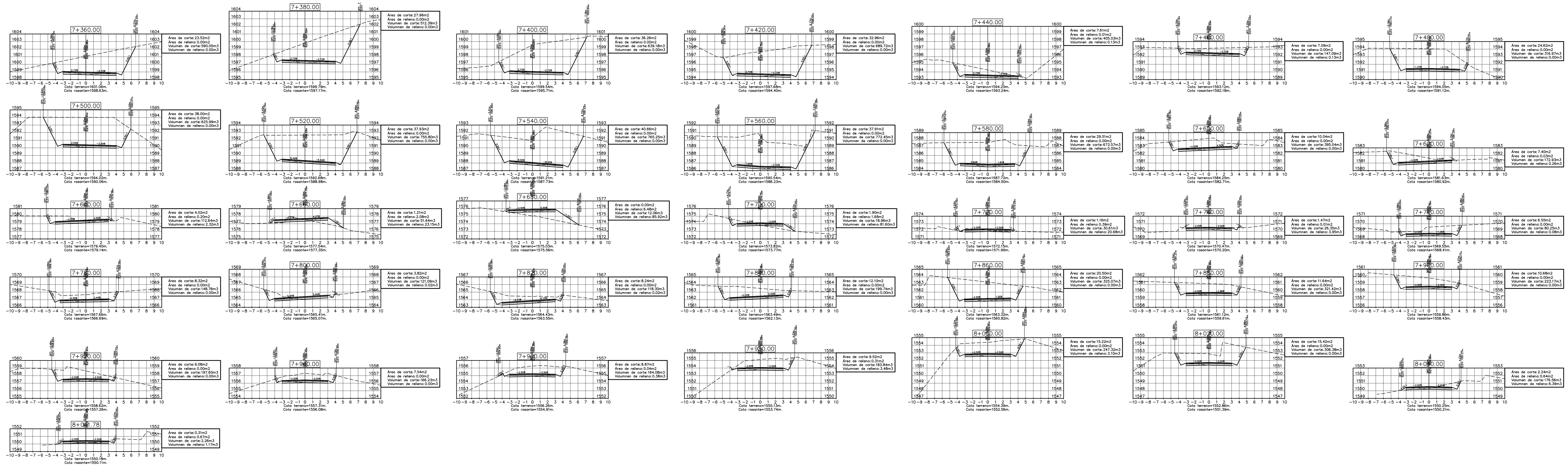



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

TEMA: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LOS SECTORES LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS, DE LA PARROQUIA RIO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES	ESCALA H : 1-----1000 ESCALA V : 1-----100	FECHA: Marzo / 2017
DESDE: Km 4+840 HASTA: Km 5+940	CARRETERA CLASE: IV	
DISEÑO / DIBUJO:	APROBO:	DATUM: WGS-84
EGDO. CARLOS PEÑAFIEL	Ing. Mg. Vinicio Almeida	LÁMINA: 6/8





 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
TEMA: ESTUDIO PARA LA APERTURA DE LA VÍA ENTRE LOS SECTORES LA FLORESTA Y SAN JUAN DE LOS DIABLOS, DE LA PARRROQUIA RIO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.		
CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES	ESCALA H : 1-----1000 ESCALA V : 1-----100	FECHA: Marzo / 2017
DESDE: Km 7+360 HASTA: Km 8+042	CARRETERA CLASE: IV	DATUM: WGS-84
DISEÑO / DIBUJO:	APROBO:	LÁMINA:
EGDO. CARLOS PEÑAFIEL	Ing. Mg. Vinicio Almeida	8/8