Universidad Nacional de Ingeniería

Área de conocimiento de Ingeniería y Afines

“DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRICO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA – LOS CHILES DE 13.46 km, EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE RÍO SAN JUAN 2024”.

Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por:

			Tutor:
Br. Engel Joel Pallán Salazar Carnet: 2019-0509U	Br. Gerson Arístides García Moreno Carnet: 2019-0097N	Br. Norwing Ivanov Martínez Rostrán Carnet: 2019-0532U	Dr. Néstor Javier Lanza Mejía

26 de Noviembre del 2024
Managua, Nicaragua



Martes, 06 de agosto de 2024

MSC. ING. LUIS CHAVARRIA
DIRECTOR DE AREA DE CONOCIMIENTO DE INGENIERIA Y AFINES
DACIA - UNI
Estimado Maestro Chavarría

Tengo el agrado de dirigirme a Usted con relación a la conclusión de la tutoría la monografía titulada **"DISEÑO HIDROTECNICO Y GEOMETRICO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA, AZUCENA – LOS CHILES DE 13.46 KM, EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE RIO SAN JUAN 2024",** elaborada por los **Brs. Engel Joel Pallan Salazar (2019-0509U), Gerson Arístides García Moreno (2019-0097N) y Norwing Ivanov Martínez Rostrán (2019-0532U),** como trabajo final del culminación de estudio para optar al título de Ingeniero Civil.

Considero que la monografía, contiene desarrollo de temáticas que analiza aspectos relacionado con el perfil del diseño hidrotécnico y el diseño geométrico vial; en las áreas del análisis hidrológico de cuenca, análisis hidráulico de obra de cruce transversal y drenaje longitudinal de carretera. La adquisición de conocimientos integrales en el diseño de carretera, así como el desarrollo de habilidades y destreza para que se desempeñen como Ingeniero civil. De acuerdo al art. 21. Compendio de estructura monográfica, la presente excede el número de páginas establecidas, para poder cumplir con los objetivos planteados.

El estudio fue realizado de forma independiente, creativo por los **Brs. Pallan, García y Martínez** considero que llena los requisitos para ser presentado ante el jurado que Usted nombre.

No omito en comunicarle, que este trabajo fue la recopilación de literaturas, así como, utilización del software, tal como ArcGis, HEC HMS, Civil 3D, GEO HEC RAS, así mismo la implementación de las normas del SIECA en el diseño geométrico.

Sin más asunto a que hacer referencia, me suscribo de Usted, en espera de haber cumplido la expectativa planteada.

Atentamente,

Dr. Néstor Javier Lanza Mejía
Agua y Saneamiento e Hidrotecnia vial
Consultor

CC.- Archivo

(Cel. 8397-4145 / 8542-8846) (E-mail: nestorjavier.lanzamejia@gmail.com)

Área de Conocimiento de Ingeniería y Afines

Managua, 06 de febrero de 2024

Bachilleres
Engel Joel Pallan Salazar
Gerson Aristides García Romero
Norwing Ivanov Martínez Rostrán

Estimado Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su tema monográfico, titulado. **"DISEÑO HIDROTÈNICO Y GEOMÈTRICO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA, LA AZUCENA – LOS CHILES DE 13.460 km, EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS DEPARTAMENTO DE RIO SAN JUAN 2024".** Ha sido aprobado por esta Dirección.

Asimismo, les comunico estar totalmente de acuerdo, con el **Dr. Néstor Javier Lanza Mejía.**

La fecha límite, para que presenten concluido su documento final, debidamente revisado por el tutor guía será el **06 de agosto de 2024.**

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente,

MSc. Luis Alberto Chavarría Valverde
Director de Área de Conocimiento de
Ingeniería y Afines

CC: Protocolo
Tutor- Dr. Néstor Javier Lanzas Mejía
Archivo

Teléfono: (505) 2251 8276

Recinto Universitario Pedro Aráuz Palacios
Costado Sur de Villa Progreso.
Managua, Nicaragua.

luis.chavarria@fti.uni.edu.ni
www.uni.edu.ni

DEDICATORIA

Dedicamos esta investigación, primeramente, a Dios, por guiarnos en cada momento de nuestras vidas, fortalecer nuestros corazones e iluminar nuestras mentes. Agradecemos por poner en nuestro camino a personas que han sido un pilar de apoyo y compañía durante todo nuestro periodo de estudio.

A nuestros padres, por ser la base de quienes somos hoy, les debemos muchos de nuestros logros. Les dedicamos esta monografía por el apoyo recibido durante la formación profesional, porque han sacrificado gran parte de su vida para formarnos y educarnos, siendo la ilusión de su vida convertirnos en personas de bien y que sirvan a la sociedad nicaragüense.

A nuestros maestros, por compartir con dedicación y esfuerzo su conocimiento, preparándonos para avanzar con firmeza y confianza en cada etapa de nuestra carrera profesional.

Br. Engel Joel Pallán Salazar
Br. Gerson Arístides García Moreno
Br. Norwing Ivanov Martínez Rostrán

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por darme la fortaleza y determinación necesarias para culminar mis estudios. Me ha acompañado en cada paso del camino. Gracias a él, he mantenido mis metas y propósitos firmes y nunca me he sentido solo en este proceso.

A mis padres, mi gratitud infinita. Su incondicional apoyo, sacrificio, y valiosos consejos han sido fundamentales para alcanzar este logro, que espero les haga sentir tan orgullosos como yo me siento de haberlo alcanzado.

A mis hermanos, por su disposición a ayudarme cuando más lo necesité. Su apoyo ha sido importante.

A Norwing Martínez y Gerson García, gracias por ser excelentes compañeros de tesis y amigos. Su colaboración ha enriquecido esta experiencia.

A Cristopher Cano, le agradezco por su disponibilidad, amabilidad y por tomarse el tiempo de explicarme y apoyarme en cada solicitud. Su ayuda ha sido invaluable.

A nuestro tutor, Dr. Néstor Javier Lanzas Mejía, le extiendo mi sincero agradecimiento por su guía y dedicación, así como por compartir su conocimiento y experiencia para guiarnos hacia el éxito en nuestros estudios.

Finalmente, a nuestro asesor, Ing. Keving Roberto Sánchez Rocha, gracias por su apoyo en el área del diseño geométrico. Su aporte y el tiempo que nos brindó fueron cruciales para la culminación de este trabajo.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

Br. Engel Joel Pallan Salazar

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primeramente a Dios, por permitirme llegar hasta esta instancia de la vida, darme fortaleza y sabiduría para elegir las mejores decisiones.

Por otra parte, a mi Madre Damarys del Carmen Moreno Dávila que ha sido el pilar fundamental, como emocional y económico, ha sido la que me ha mantenido en pie en esta lucha que sin ella yo no estuviera aquí, también quiero agradecer a mi padre José Aristides García Ortiz por apoyarme económicamente, sé que sin su apoyo no tendría las facilidades que tengo y más que todo por formar mi carácter para una persona de bien.

A Norwing Martínez y Engel Pallan, quiero darles gracias por darme la oportunidad de trabajar con ustedes, fue una experiencia maravillosa y de retos que juntos hemos superado, además también quiero agradecer por siempre brindar su voluntad y sus conocimientos que han enriquecido mi intelecto, y más que todo gracias por ser buenos amigos que hoy en día hay pocos.

También a la Universidad Nacional de Ingeniería, por brindarme los conocimientos, experiencias y asesoría como es el caso de nuestro asesor el Ing. Keving Roberto Sánchez Rocha, que a base de su experiencia nos ha guiado y corregido sobre el desarrollo del diseño geométrico vial, y estoy eternamente agradecido por su tiempo.

Y por último quiero agradecerle Dr. Néstor Javier Lanza Mejía, por permitirnos ser sus alumnos de tutoría es un privilegio haber trabajado con una persona de gran corazón, es una persona que siempre se preocupó que trabajáramos y más que eso se preocupó por que aprendiéramos, personas como él te hace reflexionar que siempre hay que compartir tus conocimientos al mundo y nunca ser un egoísta, y por eso Dr. siempre estaré agradecido su legado siempre estará intacto.

Br. Gerson Arístides García Moreno

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada etapa de mi vida, por iluminar mi camino y darme la sabiduría y la perseverancia necesaria para alcanzar este logro profesional.

A mis queridos padres, cuya fe inquebrantable en mí, ha sido el pilar sobre el cual he construido mis sueños. Gracias por su amor, por su apoyo incondicional y por enseñarme el verdadero significado del sacrificio.

A mis hermanos, por ser mi sostén en los momentos difíciles, por su comprensión y por las palabras de aliento que siempre llegaron en el momento justo.

A mis queridos compañeros sustentantes Engel y Gerson por todo su apoyo y colaboración. Juntos hemos superado desafíos y celebrados logros, y su presencia ha sido invaluable en este proceso. Así también a nuestro querido amigo Cristopher Cano por su ayuda incondicional prestada.

Agradecer también a nuestro tutor Dr. Néstor Lanza Mejía, por el tiempo, los conocimientos y el acompañamiento brindado en la elaboración y terminación de esta investigación, y al Ing. Keving Sánchez por su disposición y conocimiento prestado en su asesoría.

Br. Norwing Ivanov Martínez Rostrán

INDICE

CAPITULO I- GENERALIDADES 1

1.1. Introducción 1

1.1.1. Macro localización 2

1.1.2. Micro localización 3

1.2. Justificación 4

1.3. Objetivos 5

1.3.1. Objetivo general 5

1.3.2. Objetivos específicos 5

CAPITULO II-MARCO TEÓRICO 6

2.1. Aspectos hidrológicos 6

2.1.1. Cuenca hidrográfica 6

2.1.2. Parámetros morfométricos 7

2.1.3. Tiempo de concentración 12

2.1.4. Tipo de suelo 14

2.1.5. Uso de suelo 16

2.2. Análisis hidrológico 17

2.2.1. Precipitación 17

2.2.2. Intensidad de lluvia 18

2.2.3. Estimación de pérdidas por infiltración 22

2.2.4. Estimación de caudal máximo probable 25

2.3. Diseño de alcantarillas 29

2.3.1. Aspectos generales 29

2.3.2. Ubicación de la alcantarilla 30

2.3.3. Diseño hidráulico 32

2.4. Diseño del drenaje longitudinal 36

2.4.1. Cuneta 36

2.4.2. Bombeo de la calzada 38

2.4.3. Capacidad de la cuneta hidrológica. 38

2.5. Estudio de tránsito 39

2.5.1. Clasificación vehicular 39
2.5.2. Clasificación funcional de la carretera 39
2.5.3. Aforo vehicular 40
2.5.4. Estaciones de conteo 40
2.5.5. Volúmenes de tránsito 41
2.5.6. Transito promedio diario anual (TPDA) 41
2.5.7. Tasas de crecimiento 42
2.6. Diseño geométrico 42
2.6.1. Generalidades 42
2.6.2. Alineamiento horizontal 43
2.6.3. Alineamiento vertical 45
CAPITULO III- ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS 49
3.1. Tipo de investigación 49
3.2. Información preliminar 49
3.2.1. Estructuras de drenajes transversales existentes 49
3.2.2. Uso y tipo de suelo 50
3.2.3. Información meteorológica 51
3.2.4. Formato de elevación digital 51
3.2.5. Levantamiento topográfico 51
3.2.6. Conteo vehicular 52
3.3. Aspectos hidrológicos 52
3.3.1. Delimitación de cuencas 52
3.3.2. Parámetros morfométricos 56
3.4. Análisis hidrológico 70
3.4.1. Construcción de curvas IDF 71
3.4.2. Estimación de caudal para cuencas menores 73
3.4.3. Estimación de caudal para cuencas mayores 82
3.5. Diseño hidráulico 100
3.5.1. Diseño de alcantarillas 100
3.5.2. Drenaje longitudinal 117
3.6. Diseño geométrico 137

3.6.1. Estudio topográfico 137
3.6.2. Estudio de tránsito 137
3.7. Diseño geométrico 146
3.7.1. Clasificación de la carretera 147
3.7.2. Velocidad de diseño 147
3.7.3. Vehículo de diseño 147
3.7.4. Alineamiento horizontal 148
3.7.5. Alineamiento vertical 162
CONCLUSIONES 173
RECOMENDACIONES 175
BIBLIOGRAFIA 177
ANEXOS 179

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Macro localización 2
Figura 2. Micro localización 3
Figura 3. Cuenca hidrográfica 6
Figura 4. Clasificación de los parámetros morfométricos 7
Figura 5. Características geométricas de la cuenca 8
Figura 6. Factor de forma 9
Figura 7. Clasificación de las curvas hipsométricas por Strahler. 10
Figura 8. Orden de drenajes de una cuenca 11
Figura 9. Tipos de suelos 15
Figura 10. Ejemplificación de uso de suelo 16
Figura 11. Representación de curvas IDF 20
Figura 12. Ejemplo de hietograma 22
Figura 13. Solución de las ecuaciones de escorrentía del SCS 25
Figura 14. Almacenamiento en prisma y en cuña. Muskingum (SIECA 2016) 28
Figura 15. Ubicación de alcantarilla en drenajes naturales 31
Figura 16. Posibles ubicaciones de perfil de una alcantarilla 31
Figura 17. Tipo de control de entrada 33
Figura 18. Tipos de control de salida 35
Figura 19. Detalle de cuneta 37
Figura 20. Sección típica de una cuneta 37
Figura 21. Distribución del caudal específico 38
Figura 22. Alineamiento horizontal 44
Figura 23. Curva vertical 46
Figura 24. Tipos de curvas 46
Figura 25.Puntos de inventario de alcantarillas in situ 50
Figura 26. Metodología para delimitación de cuencas en ArcGIS 54
Figura 27. Delimitación de cuencas 55
Figura 28. Calculate Geometry para determinación de parámetros en shape files. 56
Figura 29. Obtención de ríos más largo 57

Figura 30. Metodología para obtención de pendiente 58
Figura 31. Procesamiento de características morfométricas con Spatial Analyst tools 60
Figura 32. Áreas de las cuencas (Km2) 62
Figura 33. Factor de forma 63
Figura 34. Coeficiente de compacidad 64
Figura 35. Modelo de elevación de la cuenca ED-2 65
Figura 36. Curva hipsométrica cuenca ED2 67
Figura 37. Orden de río cuenca ED-2 68
Figura 38. Densidad de drenaje 68
Figura 39. Polígono de Thiessen en estaciones meteorológicas 70
Figura 40. Curvas IDF de la estación de San Carlos 73
Figura 41. Metodología para obtención de Us, Ts y pendiente media de la cuenca 78
Figura 42. Proceso de elección del factor AS 79
Figura 43. Orden de datos de precipitación para la elaboración de hietograma ... 84
Figura 44. Hietograma de lluvia de la cuenca ED-2, Tr= 25 años 86
Figura 45. Hietograma de lluvia de la cuenca ED-2, Tr= 50 años 87
Figura 46. Gráfico 9. Hietograma de lluvia de la cuenca ED-2, Tr= 100 años..... 88
Figura 47. Delimitaciones y características de la cuenca mayor por HEC-geoHMS 89
Figura 48. Metodología para determinación de CN 90
Figura 49. Clasificación del uso de suelo en la cuenca ED-2 91
Figura 50. Clasificación de grupo hidrológico 92
Figura 51. Curva número 93
Figura 52. Parámetros y exportación con la herramienta HEC-geoHMS 94
Figura 53. Configuración de basin models en HEC-HMS 95
Figura 54. configuración de precipitación en Time-series data 96
Figura 55. Meteorologic Models 97
Figura 56. Determinación de tiempo de corrida 98

Figura 57. Modelo de exportación de la cuenca ED-2, para el programa de HEC-HMS 98
Figura 58. Gráficos resumen del proceso para diseñar alcantarillas por control de flujo 103
Figura 59. Ventana de inserción de datos en HY8 104
Figura 60. Discharge data en HY8 105
Figura 61 Tailwater data en HY8 105
Figura 62. Roadway data en HY8 106
Figura 63. Culvert data en HY8 106
Figura 64. Site data en HY8 107
Figura 65. Inserción de datos para estructura de drenaje 1 (ED-1) 113
Figura 66. Tabla resumen de la estructura de drenaje 1 ED-1 114
Figura 67. Gradiente hidráulico y de energía ED-1 114
Figura 68. Sección típica de cuneta 118
Figura 69. Zonas de ladera, talud y calzada 119
Figura 70. Área de ladera, tramo, 11+060 al 11+345 121
Figura 71. Área de laderas para drenaje longitudinal 122
Figura 72. Área de laderas por tramos 134
Figura 73. Ubicación de estación de conteo 139
Figura 74. Comportamiento vehicular por día 141
Figura 75. Porcentajes de la clasificación vehicular del TPD 142
Figura 76. Porcentaje de la clasificación vehicular del TPDA 145
Figura 77. Composición vehicular TPDA 146
Figura 78. Metodología para diseño de alineamiento horizontal con CIVIL3D 154
Figura 79. Procedimiento de creaciones de curvas verticales en Civil 3D 162

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tiempo de concentración 13
Tabla 2. Resumen de las Funciones de Distribución de Probabilidad más usadas en Hidrología 19
Tabla 3. Velocidades máximas admisibles (m/s) 32
Tabla 4. Datos extraídos de Arc toolbox, ArcGIS y uso de la Ecuación 7 66
Tabla 5. Resumen de características Morfométricas 69
Tabla 6. Zona de influencia mediante distancia 71
Tabla 7. Intensidades (mm/h) 72
Tabla 8 Intensidades máximas de lluvia para cada cuenca (mm/h) 76
Tabla 9 Intensidades máximas afectadas por el cambio climático (mm/h) 77
Tabla 10. Coeficiente de escorrentía 80
Tabla 11. Caudales máximo probable 82
Tabla 12. Precipitaciones de la cuenca ED-2, Tr=25 años 85
Tabla 13. Precipitaciones de la cuenca ED-2, Tr=50 años 86
Tabla 14. Precipitaciones de la cuenca ED-2, Tr=100 años 87
Tabla 15. Resultados de curva número en la cuenca ED-2 93
Tabla 16. Datos faltantes K y X 99
Tabla 17. Caudales de la cuenca ED-2, para cada periodo de retorno 99
Tabla 18. Tabla resumen de diseño de ED-1 115
Tabla 19. Ficha técnica de alcantarilla ED-1 116
Tabla 20. Coeficiente de escurrimiento K 120
Tabla 21. Coeficientes de retardo Cr 120
Tabla 22. Parámetros de ajuste de la estación San Carlos, para TR = 10 años . 122
Tabla 23. Caudales hidrológicos primeros 1000 metros 124
Tabla 24. Caudales hidráulicos primeros 1000 metros 124
Tabla 25. Resumen de drenaje longitudinal 125
Tabla 26.Coordenadas cartográficas del levantamiento 140
Tabla 27. Aforo vehicular del tramo de carretera Azucena – Los Chiles 140
Tabla 28. Tráfico promedio diario (TPD) 141
Tabla 29. Vector Geográfico - R 143

Tabla 30. Factores de expansión a TPDA del segundo cuatrimestre (mayo - agosto) 144
Tabla 31. Tráfico Promedio Diario Anual (La Azucena - Los Chiles) 144
Tabla 32. Velocidades de diseño para el tramo de estudio 147
Tabla 33. Clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales.. 148
Tabla 34. Tasa de sobrelevación máxima..... 149
Tabla 35. Valores máximos de fricción 149
Tabla 36. Radios máximos para usar en curvas espirales de transición. 152
Tabla 37. Tabla resumen para diseño de alineamiento horizontal..... 155
Tabla 38. Longitudes de transición en curvas espirales 156
Tabla 39. Resumen de elementos de curvas horizontales 157
Tabla 40. Tabla de comprobación de curvas horizontales 159
Tabla 41. Reporte de los elementos del diseño del alineamiento vertical, exportados desde Civil 3D 167
Tabla 42. Tabla de resultados en el diseño del alineamiento Vertical..... 172

CAPITULO I- GENERALIDADES

1.1. Introducción

En la actualidad es de mucha importancia tener una vía de comunicación en excelente estado, permitiendo el tránsito de vehículos, facilitando así el transporte de personas y bienes en todo momento sin importar la influencia que pueda tener la variabilidad del clima, dicha vía es vital ya que contribuye al desarrollo social y económico del área de influencia, el buen estado ayudaría no solo a ahorrar tiempo de transporte de un lugar a otro, sino que también disminuiría el costo por combustible y de mantenimiento de los vehículos.

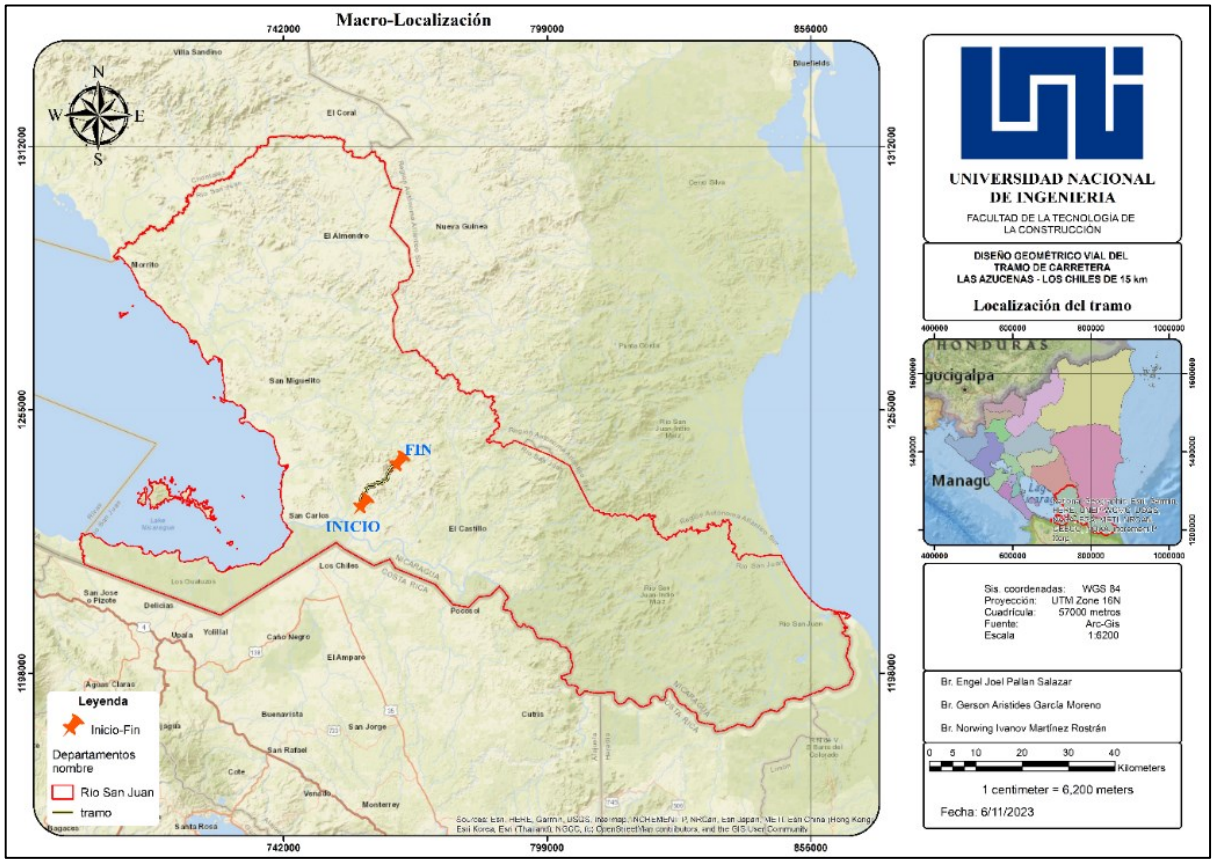
La realización de una vía adecuada requiere de diversos estudios previos a su construcción, los estudios más realizados son los estudios hidrotécnicos y de diseño geométrico vial, sin embargo, al ser diciplinas distintas tienen una relación y un vínculo entre ellas, por este motivo se optó por realizar una investigación que involucre ambos estudios y evidenciar la estrechar relación que tienen ambos.

De tal forma que en la presente investigación se llevó a cabo un diseño hidrotécnico y geométrico vial de la carretera La Azucena-Los Chiles que consta con 13.46 km, de la cual se efectuó un análisis hidrológico en el tramo de carretera, determinando no solo las características morfométricas de las cuencas sino también los caudales máximos probables en los diferentes puntos de control, apoyándose con el Software ArcGIS, así mismo se utilizó el Software HY-8 para el diseño de las obras de drenaje transversales y drenaje longitudinal. Se determinó también el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), mediante un aforo vehicular en el tramo, para el diseño geométrico vial de la carretera, teniendo como base el Manual de consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica (SIECA 2016) y el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA 2011).

1.1.1. Macro localización

El tramo de carretera en estudio está ubicado en el municipio de San Carlos, perteneciente al departamento de Rio San Juan, inicia en sector norte de la comarca la Azucena con coordenadas UTM del punto de inicio: **E**758753.364, **N**1234217.669; y finaliza sobre la calle principal en la comarca Los Chiles del municipio de San Carlos, con coordenadas de punto final: **E**766537.824, **N**1243309.219.

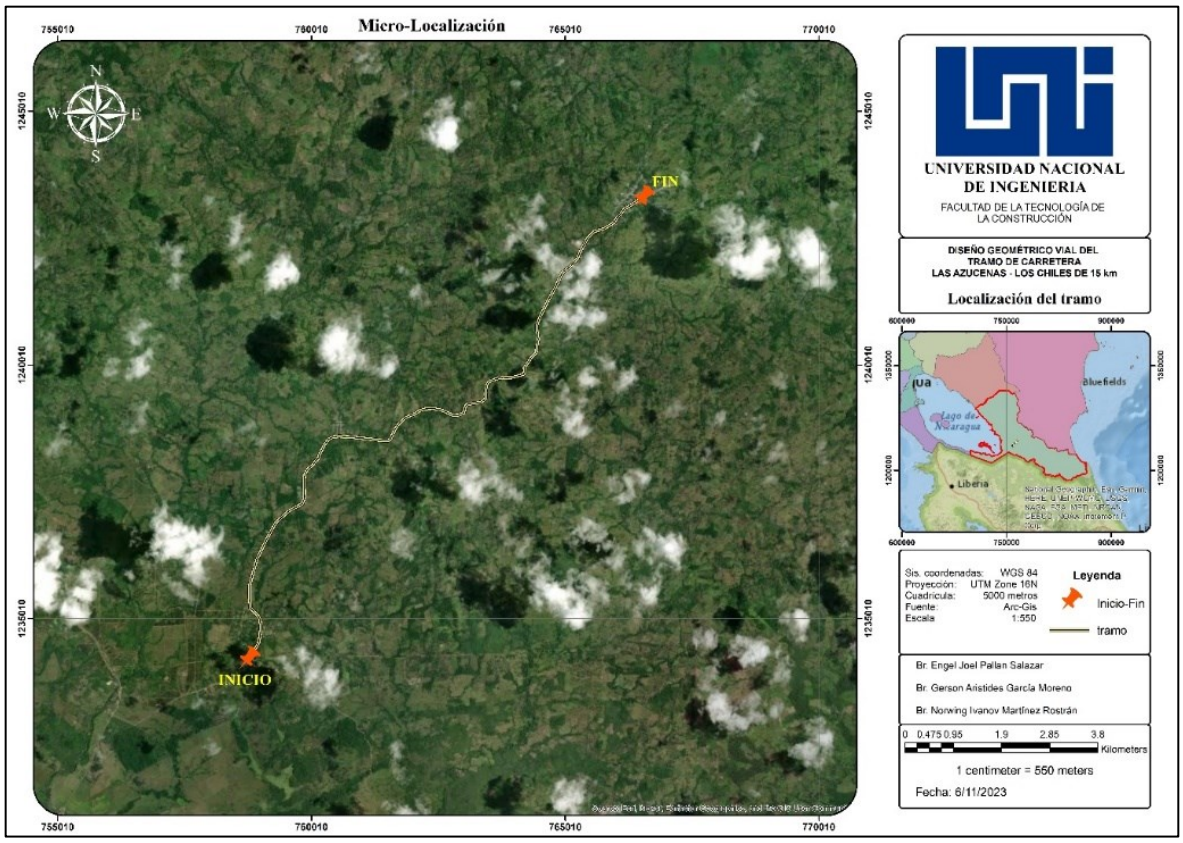
Figura 1. Macro localización



Fuente: Elaboración propia

1.1.2. Micro localización

Figura 2. Micro localización



Fuente: Elaboración propia

1.2. Justificación

Debido a la creciente demanda poblacional y vehicular en la zona de estudio, se ha evidenciado la necesidad de tener una vía de comunicación en excelente estado, y ha quedado en evidencia también la inexistencia de un diseño geométrico en la vía y las ineficientes obras de drenaje existentes, de las cuales pueden llegar a su capacidad máxima en días lluvioso debido a que el uso del suelo ha venido cambiando con el desarrollo socio económico del sector, dejando incomunicados a sectores aledaños durante un determinado tiempo en un evento pluvial, dicha incomunicación resulta en un aislamiento que dificulta el acceso a servicios esenciales como atención médica, educación, comercio y oportunidades de empleo.

Por lo tanto, es necesario realizar un análisis hidrológico para la determinación del caudal máximo mediante el método racional, proponiendo así las obras de drenajes transversales a lo largo de la carretera en los puntos de control, así mismo obteniendo la subrasante que estará definido por el diseño geométrico vial, utilizando el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA 2011).

Con la construcción del tramo se estará aportando al desarrollo económico, por ser una zona que está en pro de un desarrollo social, siendo esta una zona ganadera y minera, beneficiando directamente a las comunidades de las Azucena y los chiles y sus aledaños, permitiendo a su vez que la calidad de vida mejore.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar un diseño hidrotécnico y geométrico vial del tramo de carretera, La Azucena – Los Chiles de 13.460km, en el municipio de San Carlos, departamento de Rio San Juan.

1.3.2. Objetivos específicos

- Efectuar un análisis hidrológico en el tramo de carretera, determinando las características morfométricas de las cuencas utilizando el Software ArcGIS, para el cálculo del caudal máximo probable.

- Diseñar obras de drenaje transversal y longitudinal partiendo de caudales de diseño, utilizando el manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas del SIECA 2016.

- Llevar a cabo un estudio de tránsito, para la obtención del tránsito promedio diario anual (TPDA) a partir de un aforo vehicular.

- Elaborar el diseño geométrico vial del tramo, utilizando el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras del SIECA 2011.

CAPITULO II-MARCO TEÓRICO

2.1. Aspectos hidrológicos

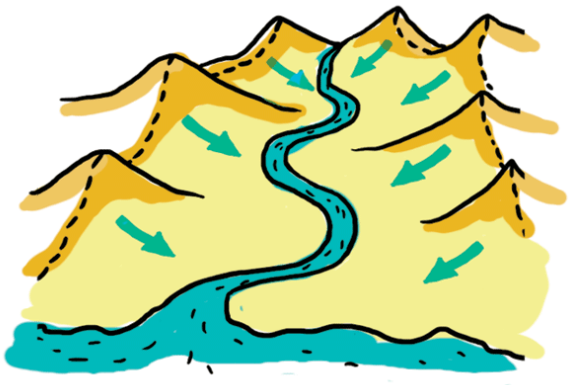
En su aceptación más general, la hidrología es la ciencia que estudia el ciclo del agua en la naturaleza y su circulación superficial y subterránea en su rama hidrogeológica, considerando sus tres estados: sólido, líquido y gaseoso. Ray k. Linseley (1977).

2.1.1. Cuenca hidrográfica

La cuenca se define como toda área de terreno delimitada por los puntos de mayor elevación altitudinal, los cuales actúan como fronteras naturales que separan una cuenca de las subcuencas o cuencas vecinas. Estos puntos de mayor elevación se conectan formando una línea imaginaria conocida como *parteaguas* (representada como una línea punteada en la *Figura 3*), que desempeña un papel fundamental al determinar la dirección del flujo de agua dentro de la cuenca.

El *parteaguas* actúa como el límite físico que concentra el drenaje de las aguas pluviales hacia un único punto de salida, ya sea para alimentar grandes ríos, arroyos de menor tamaño, o incluso corrientes efímeras que solo aparecen durante períodos de lluvia intensa.

Figura 3. Cuenca hidrográfica

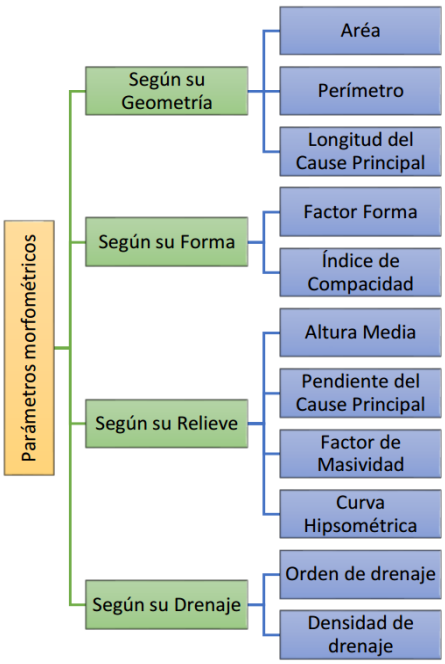


Fuente: Evert, Klaus-Jürgen

2.1.2. Parámetros morfométricos

La morfometría son el conjunto de características físicas que una cuenca en específico posee, utiliza una variedad de herramientas, ecuaciones y técnicas para medir y analizar diferentes aspectos de estas, incluyendo su forma, tamaño, pendiente, red de drenaje, relieve y otros atributos geográficos y topográficos. Conocer las características morfométricas permite comparar entre varias cuencas y predecir el comportamiento que puede tener en determinado evento meteorológico. Se puede apreciar en la *Figura 4* los diferentes parámetros morfométricos.

Figura 4. Clasificación de los parámetros morfométricos



Fuente: Elaboración propia

- **Área de la cuenca**

El área de la cuenca corresponde al área plana, o en proyección horizontal, delimitada por los parteaguas de la misma, es el parámetro más importante para la determinación de sus parámetros hidrológicos, pues existe una relación directa entre la magnitud del área y la magnitud de los volúmenes hídricos generados (Ramírez J. 2015).

- **Perímetro de la cuenca**

Es la longitud total del límite exterior de la línea que delimita los contornos de la cuenca, conocida como el parteaguas que depende de la superficie y la forma de la cuenca, (Se puede apreciar en la *Figura 3*, como líneas discontinuas).

- **Longitud del cauce principal**

Nos referimos a la longitud del cauce como la distancia horizontal desde la desembocadura de la cuenca (estación de aforo) hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca, por consiguiente, es la trayectoria del río más larga de una cuenca y una medida importante para caracterizar la longitud total de un río y su importancia geográfica.

Figura 5. Características geométricas de la cuenca

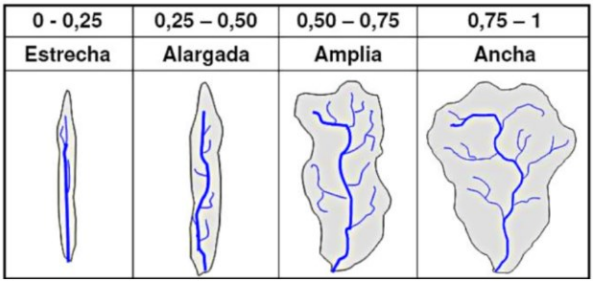


Fuente: Elaboración propia

- **Factor de forma**

Es una característica que incide mayormente en la tasa de velocidad a la que el flujo llega al cauce principal y luego al sitio de interés, por lo que se define como la relación que existe entre el ancho medio de la cuenca y la longitud axial de la misma. (SIECA J. , 2016).

Figura 6. Factor de forma



Fuente: CIDHMA 2019

- **Coeficiente de compacidad o índice de Gravelius**

Este parámetro describe la geometría de la cuenca y está relacionado con el tiempo de concentración del sistema hidrológico. Este valor adimensional, independiente del área estudiada, tiene por definición un valor de 1 para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Los valores de Kc nunca serán inferiores a 1. El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuerte volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano sea a la unidad, lo cual quiere decir que entre más bajo sea Kc mayor será la concentración de agua.

- **Elevación media de la cuenca**

Se debe tener en cuenta que la altitud y elevación de una cuenca son importantes debido a la influencia que ejercen sobre la precipitación, perdida de agua debido a la evaporación y a la transpiración lo que afecta en la disminución del caudal medio. (Saénz, 1995,)

- **Pendiente del cauce principal**

La inclinación o pendiente del cauce principal de un río es un factor para determinar cómo responde una cuenca ante una tormenta debido a que esta afecta la velocidad del flujo del agua. Dado que esta inclinación puede cambiar a lo largo del curso, es importante establecer una inclinación promedio para tener una mejor aproximación en su estudio.

- **Factor de masividad**

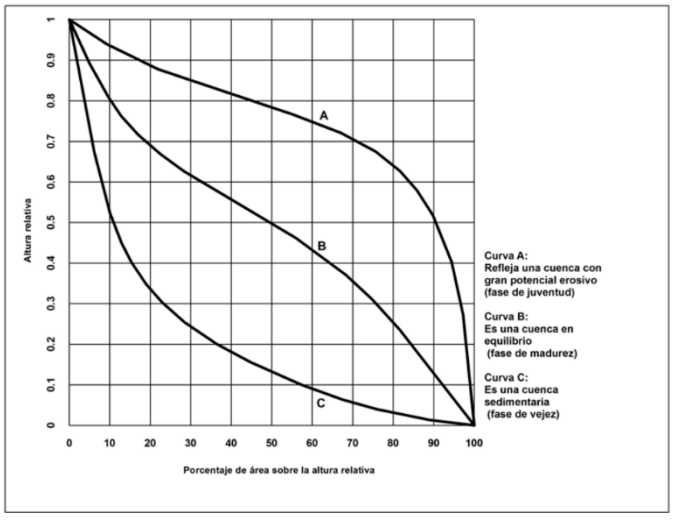
Este coeficiente representa la relación entre la elevación media de la cuenca y la superficie de la cuenca, lo cual representa un factor importante en el relieve de la cuenca, este valor toma valores bajos en cuencas montañosas y altos en cuencas llanas.

- **Curva hipsométrica**

Es la representación gráfica del relieve de una cuenca e indica el porcentaje de su área o superficie en km^2 que existe por encima de una cota determinada, relaciona el valor de la cota en las ordenadas, con el porcentaje de área acumulada en las abscisas.

Podemos asegurar que la curva hipsométrica, refleja con mejor precisión el comportamiento global de la altitud de la cuenca, por lo que puede ser útil para identificar características físicas y de comportamiento de la cuenca. Por ejemplo, pendientes fuertes en las partes altas que luego disminuyen, en las cotas inferiores, pueden ser un indicativo de zonas susceptibles a inundarse (SIECA J. , 2016).

Figura 7. Clasificación de las curvas hipsométricas por Strahler.



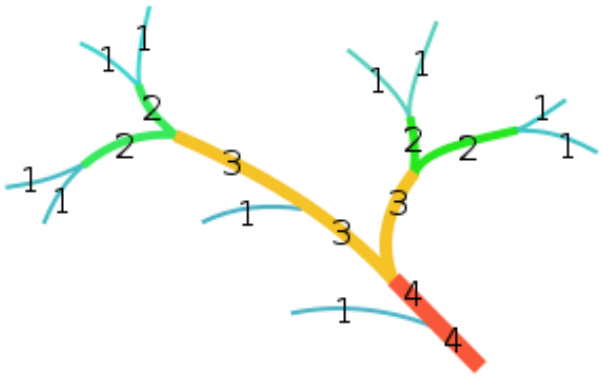
Fuente: (Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centro América SIECA 2016).

- **Orden de ríos**

El orden de las corrientes es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca.

La red de drenaje se compone de una corriente o cauce principal y una serie de afluentes o tributarios, y para ordenar las corrientes, se efectúa una clasificación, la cual considera como corrientes de primer orden aquellos que no tienen tributarios; de segundo orden, aquellas corrientes con dos o más tributarios de primer orden; de tercer orden, aquellas corrientes que tienen dos o más tributarios de segundo orden (Gámez Morales, 2010).

Figura 8. Orden de drenajes de una cuenca



Fuente: Hidrología y Conservación

- **Densidad de drenaje**

Es un indicador útil del grado de bifurcación de una cuenca, que se define como relación de la longitud total de canales o corrientes; por el área total de la cuenca. La densidad de drenaje varía en relación inversa a la longitud del flujo sobre tierra y proporciona, por lo menos, un indicio de la eficiencia del drenaje de la cuenca (Lanza, 2021).

Analizando su densidad de drenaje, se puede considerar que valores próximos a 0.5 km/km^2 o mayores indican la eficiencia de la red de drenaje.

2.1.3. Tiempo de concentración

El tiempo de concentración (tc) es el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca aporten agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida de ésta. Está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado, y representa el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante; el punto hidrológicamente más alejado es aquél desde el que el agua de escorrentía emplea más tiempo en llegar a la salida (SIECA 2016).

- **Kirpich- Ramser**

La ecuación de kirpich-ramser, es la comúnmente y está definida como:

$$t_c = 0.0195\, L^{0.77}\, S^{-0.385} \qquad \textit{Ecuación 1}$$

O bien:

$$t_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{\Delta H}\right)^{0.385} \qquad \textit{Ecuación 2}$$

En la literatura se encuentran muchas expresiones para determinar el tiempo de concentración de las cuencas hidrográficas que se han desarrollado en diferentes partes del mundo. En caso de no contar con una expresión desarrollada localmente se puede adoptar alguna desarrollada en otro lugar, teniendo en cuenta las condiciones en las que fue desarrollada y que mejor aplique al contexto del proyecto (SIECA J. , 2016). En la *Tabla 1* se muestran algunas de las expresiones para tiempo de concentración.

Tabla 1. Tiempo de concentración

NOMBRE	FÓRMULA	OBSERVACIONES
Bransby Williams	$t_c = \frac{58L}{A^{0.1}S^{0.2}}$ L, longitud del cauce principal, en km A, área de la cuenca, en km² S, pendiente del cauce principal	Sugerido por The Institution of Engineers, Australia, en reemplazo de la fórmula de Kirpich, al arrojar ésta valores muy bajos (Yen, 1992).
California Culverts Practice (1942)	$t_c = 60\left(\frac{11.9L^3}{H}\right)^{0.385}$ L, longitud del cauce principal, en pies H, diferencia de nivel de la cuenca, en pies	Desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California (Chow et al. 1988).
Izzard (1946)	$t_c = \frac{526.42\ b\ L^{\frac{1}{3}}}{(C\ i)^{\frac{2}{3}}}$ L, longitud del cauce principal, en m C, coeficiente de escurrimiento i, Intensidad de precipitación, mm/h La fórmula se aplica siempre y cuando i.L<3870	Desarrollada experimentalmente en laboratorio por el Bureau of Publics Road para flujo superficial en caminos y áreas de céspedes. Áreas pequeñas, sin red hidrográfica definida con escurrimiento laminar en superficie. El coeficiente b se obtiene de la expresión: $b = \frac{0.0000276\ i + c_r}{S^{\frac{1}{3}}}$ S, pendiente media de la cuenca Cr, coeficiente de retardo en función del tipo de superficie. La fórmula debe utilizarse con restricciones o partir de áreas superiores a 0.04 km²
Método racional generalizado	$t_c = \frac{60K\ L}{H^{0.3}}$ L, longitud del cauce principal H, diferencia de nivel de la cuenca, en m K, rugosidad relativa del cauce	Creado en Estados Unidos. Se sugiere tomar un valor de k=1.
Federal Aviation Administration (1970)	$t_c = \frac{1.8(1.1-C)L^{0.5}}{S_a}$ L, longitud del cauce principal, en pies Sa, pendiente de la cuenca, en % C, coeficiente de escorrentía	Para pequeñas cuencas con escurrimiento sobre el terreno. Aplicada muy a menudo en áreas urbanas (Chow et al,.1 988).
Ecuación de retardo del Servicio de Conservación de suelos de Estados Unidos (SCS)	$t_c = 100L^{0.8}\frac{\left(\frac{100}{CN}-9\right)^{0.7}}{1900S_a^{0.5}}$ L, longitud del cauce en pies S_a, pendiente de la cuenca, en % CN, número de la curva SCS.	Originado en áreas rurales. Basado en la relación tc= 1.67 tlag SCS recomienda su uso en áreas menores a 8 km².
Pilgrim	$t_c = 0.76\ A^{0.38}$ A, área de la cuenca, en km²	Desarrollada para cuencas rurales de Australia (Pillgrim & Cordery, 1993).
Hathaway	$t_c = \frac{0.606(L\cdot n)^{0.467}}{S_a^{0.234}}$ L, longitud del cauce principal, en km S_a, pendiente de la cuenca, en m/m n, coeficiente de Manning	Desarrollada para pequeñas cuencas con predominio de exceso de infiltración. Calibrados para áreas de 0.04 km², con Sa < 1% y n < 0.800 (McCuen et al. 1984)

Fuente: (Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centro América SIECA 2016).

2.1.4. Tipo de suelo

El tipo de suelo es fundamental en la hidrología ya que influye en la distribución, el almacenamiento, la infiltración y la calidad del agua en el medio ambiente. Comprender estas características del suelo es crucial para la gestión sostenible de los recursos hídricos y la predicción de eventos hidrológicos, (Gámez Morales, 2010).

En Nicaragua existe una variedad de suelos que son clasificados de acuerdo a sus características físicas y químicas.

- **Alfisoles**

Suelos minerales maduros, con horizonte superficial de colores claros u oscuros y un subsuelo de acumulación de arcilla aluvial. Este suelo es apto para cultivos anuales, semiperennes y perennes.

- **Entisoles**

Son suelos minerales recientes, con horizonte superficial de colores claros u oscuros. Las texturas varían de arenosos a arcillosos. No son aptos para la agricultura, su mayor uso es conservación de flora y fauna.

- **Histosoles**

Suelos orgánicos con un horizonte superficial de gran espesor, que contiene más del 20% de materia orgánica. Por encontrarse inundados la mayor parte del año únicamente son aptos para la conservación de la flora y fauna.

- **Inceptisoles**

Suelos minerales incipientes con horizontes superficiales de colores claros u oscuros, de texturas gruesas moderadamente finas. Uso apto para cultivos anuales, semiperennes y perennes.

- **Molisoles**

Suelos minerales con estado de desarrollo joven, incipiente y maduro. Uso apto para cultivos anuales, semiperennes y perennes.

- **Oxisoles**

Descansan sobre un subsuelo grueso, de color rojo moderadamente estructurado. No son aptos para la agricultura y la ganadería.

- **Ultisoles**

Suelos minerales maduros u seriles, con horizonte superficial de colores claros y oscuros, son aptos para los cultivos perennes.

- **Vertisoles (sonzocuite)**

Suelos minerales recientes con horizonte superficial de poco espesor y muy bajo contenido de materia orgánica. Estos suelos son formados por sedimentos en antiguos fondos lacustres o lagunares. Su mayor uso bajo riego, son aptos para arroz, caña de azúcar, sorgo, hortalizas, pasto y bosque.

Figura 9. Tipos de suelos



Fuente: Unites States Departament of Agriculture soil taxonomy

2.1.5. Uso de suelo

Estudiar el uso del suelo es necesario para poder definir las condiciones presentes de la cuenca y realizar estimaciones de las condiciones a futuro. Las condiciones del uso del suelo, afectan la hidrología de la zona, lo que representa cambios en los caudales máximos, volúmenes de escorrentía, calidad del agua, entre otros; de esto se observa que los cambios en el uso del suelo, inciden en el modo de respuesta de la cuenca ante las precipitaciones. (SIECA J. , 2016)

En la cuenca suele haber diferentes tipos de uso de suelo. La vegetación forestal influye en la cantidad de agua interceptada, en la infiltración y en el escurrimiento superficial y subterráneo para el mantenimiento de la corriente en la estación seca.

Los cambios más frecuentes en el uso de suelo se deben a la urbanización, lo que implica reducción de la infiltración por impermeabilización de las zonas; ante esto, se observan disminuciones en los tiempos de concentración y por consiguiente caudales de descargas mayores, aguas abajo. El manejo de la cobertura vegetal es muy importante para minimizar la tasa de escorrentía y el arrastre de sedimentos por unidad de superficie (Gámez Morales, 2010).

Figura 10. Ejemplificación de uso de suelo



Fuente: El portal Acción verde.

2.2. Análisis hidrológico

El análisis hidrológico es una herramienta fundamental que abarca tanto la evaluación cualitativa como cuantitativa de las interacciones entre la pluviometría y la fluviometría dentro de una cuenca. Este proceso implica el examen detallado de los registros generados a partir de mediciones, con el objetivo de determinar los recursos hídricos disponibles en la región estudiada. Estos recursos pueden manifestarse tanto en forma superficial, como los cuerpos de agua visibles ya sean ríos o lagos, o en forma subsuperficial, como los acuíferos subterráneos. Este enfoque holístico permite comprender mejor la dinámica del ciclo hidrológico en la cuenca y proporciona información crucial para la gestión sostenible y eficaz de los recursos hídricos. (Arumí, 2010).

2.2.1. Precipitación

La precipitación es una parte importante del ciclo hidrológico y es responsable por depositar agua fresca en el planeta. La precipitación es generada por las nubes, cuando alcanzan un punto de saturación; en este punto las gotas de agua creciente (o pedazos de hielo) se forman, que caen a la tierra por gravedad (Gámez Morales, 2010).

Dentro de la hidrología existen varias formas de estimar la precipitación media de una cuenca, pueden ser mediante, polígonos de Thiessen, métodos aritméticos, entre otras.

- **Distancia inversa**

Este método relaciona la influencia de la lluvia en una estación para el cálculo de la misma en cualquier otro punto, es inversamente proporcional a la distancia al cuadrado de los puntos.

La aplicación de los métodos anteriores, para el cálculo de la precipitación promedio de la cuenca da resultados comparables, especialmente cuando hay periodos largos de la información.

- **Medición empírica**

El pluviómetro se utiliza para medir la cantidad de lluvia que cae y se acumula. Tradicionalmente se utiliza el pluviómetro de cubeta, que es un recipiente con un embudo que almacena la lluvia acumulada. Una vez que deja de llover, el observador meteorológico mide con una regla la altura de la precipitación en mm. Es importante destacar que 1 mm de lluvia, equivale a 1 litro de agua por metro cuadrado.

2.2.2. Intensidad de lluvia

De acuerdo a la Universidad de Coruña define que “La intensidad de la lluvia no es más que la cantidad de precipitación que cae en un período de tiempo específico”. Esta se mide en términos de profundidad de agua caída, usualmente en milímetros por hora (mm/h). Dependiendo de la intensidad, la lluvia puede clasificarse en diferentes categorías:

- Lluvia ligera: Menos de 2.5 mm/h.
- Lluvia moderada: Entre 2.5 mm/h y 7.6 mm/h.
- Lluvia fuerte: Entre 7.6 mm/h y 50 mm/h.
- Lluvia muy fuerte: Más de 50 mm/h.

- **Estimación estadística**

El análisis estadístico de los datos hidrológicos obtenidos de una cuenca es útil para la determinación del riesgo que se corre al proponer los parámetros de diseño de una obra. De éstos, los datos de precipitación u intensidades son útiles para alimentar un modelo de lluvia escorrentía que da como resultado la obtención de la avenida de diseño en el futuro. (SIECA, 2011, pág. 63)

Estas estimaciones parten de datos históricos tomados por estaciones meteorológicas, donde el dato relevante utilizado para los estudios de probabilidades y distribución estadística, son las intensidades máximas registradas en un año, para diferentes períodos de lluvia.

A continuación, se presenta una tabla resumen hecha por Fatorelli & Fernández, donde muestran los diferentes tipos de modelos de distribución estadísticos que pueden ser utilizados en la hidrología, de las cuales, algunos se utilizan para la estimación de intensidades máximas de lluvias anuales.

Tabla 2. Resumen de las Funciones de Distribución de Probabilidad más usadas en Hidrología

Tipo de distribución	Utilización	Observaciones
Binomial	Variables Discretas	Eventos Sí - no
Poisson	Variables Discretas	Si la probabilidad es pequeña y el número de eventos N, grande
Normal (Gauss)	Variables Continua	Récords extensos de lluvia y caudales medios de largos intervalos (1 año, 2 años, 5 años, 10 años)
Log- Normal de 2 parámetros y 3 Parámetros	Variables Continua	Precipitación, caudales anuales. Series de duración parcial
Gamma de 2 parámetros	Variables Continua	Frecuencia de caudales y Lluvia Generación de hidrogramas sintéticos
Tipo I Gumbel	Variables Extremos	Valores extremos de caudales
Tipo II Frechet	Variables Extremos, Límite inferior cero	Log – Gumbel en un caso especial de tipo II
Tipo III Weibull	Existe un límite superior E	Valores mínimos de caudales y lluvia
General de valores extremos (GEV)	Incluye los tipos I, II Y III	Determinación del tipo de distribución más conveniente
Wakeby	Es de uso general	Explica el “Efecto de separación”
Exponencial	Semilogarítmica	Serie de duración parcial
Log-Pearson III	Variable continua	Caudales y lluvias máximas anuales

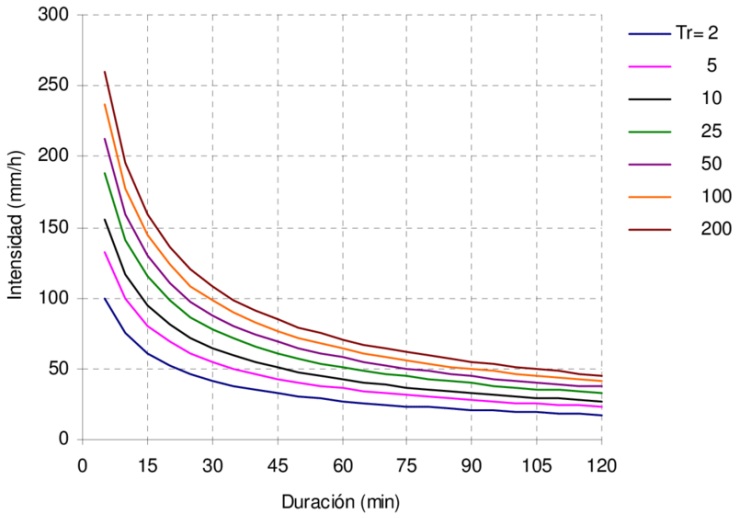
Fuente: Diseño Hidrológico (Fattorelli & Fernández, 2011)

Para la obtención de intensidad en función de su período de retorno y frecuencia se utilizan con regularidad las distribuciones de: Gumbel y Log – Pearson.[1]

- **Curvas IDF**

Las curvas de duración, intensidad y frecuencias (IDF) son útiles para alimentar un modelo de lluvia escorrentía que da como resultado la obtención de la avenida de diseño en el futuro. Las curvas IDF son una herramienta gráfica que representa la relación entre los tres parámetros de la lluvia de interés en el diseño de obras de drenaje: la tasa a la que cae sobre el terreno, conocida como intensidad, el tiempo transcurrido para una intensidad dada, conocido como duración y el probable número de años que transcurrirían antes de que una combinación de intensidad y duración dada se repita, conocido como frecuencia.

Figura 11. Representación de curvas IDF



Fuente: Hidrología e hidráulica en proyectos carreteros (Romero, Gerardo)

[1] En el libro “Diseño Hidrológico” de Fattorelli y Fernández se detallan los fundamentos teóricos de las distribuciones de probabilidades mencionadas.

- **Aplicación del coeficiente de cambio climático (KCC)**

Un factor determinante para estimar el caudal que va a producir una cuenca es la impermeabilidad de la misma. Esta impermeabilidad depende de la vegetación y del tipo de suelo.

El coeficiente de cambio climático Kcc tiene tres valores distintos para cada periodo de retorno (P50, P70, P90). Se utilizará el valor que determine el responsable del proyecto por el MTI o se seguirán las siguientes recomendaciones:

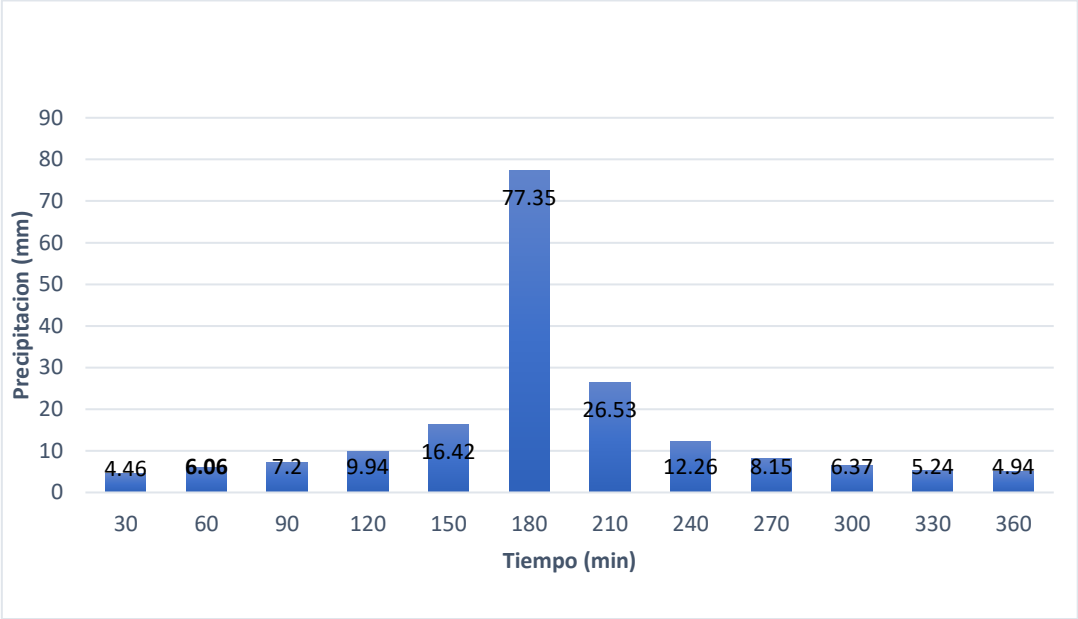
- P90: Servicios esenciales (Hospitales, Colegios, Defensa, Servicio eléctrico, Servicios de Emergencias, etc.).
- P70: Zonas Urbanas, carreteras troncales principales, troncales secundarias o colectoras principales.
- P50: Resto de los casos.

- **Bloques alternos**

El método del bloque alterno es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño utilizando una curva de intensidad-duración-frecuencia. El hietograma de diseño producido por este método especifica la profundidad de precipitación que ocurre en n intervalos de tiempo sucesivos de duración Δt sobre una duración total de Td=n Δt. Después de seleccionar el periodo de retorno de diseño, la intensidad es leída en una curva IDF para cada una de las duraciones Δt, 2 Δt, 3 Δt, …, y la profundidad de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración.

Tomando diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo Δt. Estos incrementos o bloques se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida Td y los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño como se muestra en la Figura 12.

Figura 12. Ejemplo de hietograma



Fuente: Elaboración propia

2.2.3. Estimación de pérdidas por infiltración

La estimación de pérdidas por infiltración es un aspecto esencial en la hidrología, ya que ayuda a determinar la cantidad de agua de lluvia que se infiltra en el suelo en lugar de convertirse en escorrentía superficial. Este proceso es crucial para el diseño de sistemas de drenaje, la planificación urbana y la gestión de recursos hídricos (Gámez Morales, 2010).

- **Coeficiente de escorrentía**

El coeficiente de escorrentía se define como la relación entre la tasa pico de escorrentía directa y la intensidad promedio de precipitación de una tormenta. Nótese que debido a la variabilidad de la intensidad de una tormenta el coeficiente de escorrentía varía con el tiempo. (SIECA J. , 2016, pág. 80)

La tasa de infiltración disminuye a medida que la lluvia continúa y también es influida por las condiciones de humedad antecedentes en el suelo. Este coeficiente depende de varios factores, como:

- **Tipo de suelo:** Suelos arenosos tienen mayor infiltración y, por lo tanto, un menor coeficiente de escorrentía en comparación con suelos arcillosos.
- **Cobertura del suelo**: Superficies impermeables como el asfalto tienen un coeficiente de escorrentía alto, mientras que áreas vegetadas tienen uno bajo.
- **Pendiente del terreno:** Terrenos con mayor pendiente facilitan la escorrentía, aumentando el coeficiente.

Para la determinación del coeficiente de escorrentía existes diferentes estudios entre ellos el Departamento de Transporte de California en el Manual de Diseño de Carreteras y los estándares utilizados en la ciudad de Austin, Texas. Los cuales se muestran en el *Anexo A. 12*.

- **Método del servicio de conservación de suelos de (SCS)**

Este método fue desarrollado por el servicio de conservación de suelos de los Estados Unidos (SCS), es comúnmente utilizado para la determinación del escurrimiento directo superficial en la ingeniería de carreteras. Es también conocido como TR-55 y puede ser utilizado para estimar los volúmenes de escurrimiento directo y el caudal pico de descarga. La premisa fundamental utilizada para el desarrollo de este método es que la profundidad de la capa de escurrimiento directo o exceso de precipitación P_e depende de la altura de precipitación P. Parte de la lluvia que cae al inicio de una tormenta, conocida como abstracción inicial (I_a), no será parte del escurrimiento directo.

La retención máxima potencial de la superficie del suelo (concepto similar al coeficiente de escorrentía en el método racional) es una medida de la impermeabilidad del área de la cuenca.

El método consta de dos partes: en la primera, se determina el escurrimiento directo o precipitación efectiva. La segunda parte estima la descarga pico o máxima usando el valor de Pe, obtenido inicialmente.

La expresión definida para el SCS para determinar P_e, es de la siguiente forma:

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Para determinar P_e, primero se debe calcular S, en pulgadas el cual se determina como:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

El número adimensional CN es el número de la curva de escurrimiento directo. Su valor varía desde 0, para una superficie permeable, hasta 100 para superficies completamente impermeables y superficies de agua. Para superficies naturales CN < 100.

El número CN considera las características de la cuenca, como el tipo de suelo, uso de suelo, condición hidrológica de la cubierta y la humedad inicial del suelo justo antes de la tormenta (humedad antecedente del suelo). Algunos valores de CN se muestran en el *Anexo A. 13.*

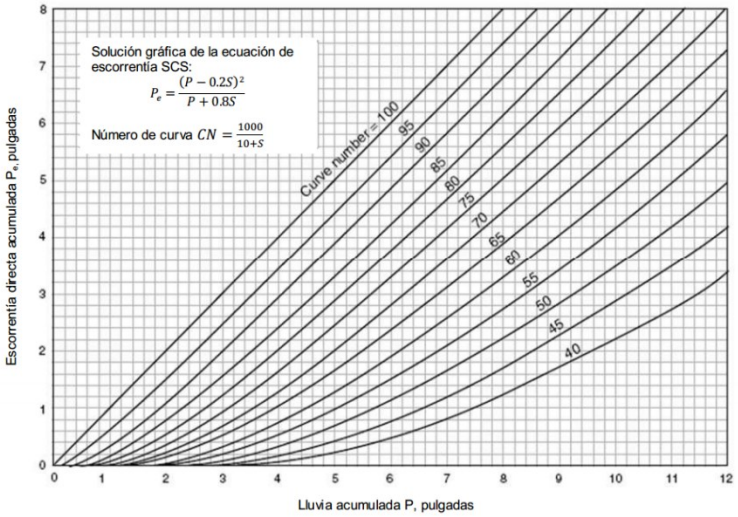
Los valores de CN recomendados por el Servicio de Conservación de Suelos han sido definidos con base en el tipo de suelo y el uso dado a éste. Por consiguiente, se han definido cuatro grupos de suelo cuyas características se describen a continuación:

- **Grupo A:** arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.
- **Grupo B:** suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.
- **Grupo C:** margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.
- **Grupo D:** suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Para una cuenca con varios tipos de suelo y con diferentes usos se puede calcular un CN ponderado. (SIECA J. , 2016, pág. 96)

La representación gráfica de la relación entre P y P_e para muchas cuencas fue determinada por el SCS y se muestra en la siguiente gráfica:

Figura 13. Solución de las ecuaciones de escorrentía del SCS



Fuente: Soil Conservation Service, 1972

2.2.4. Estimación de caudal máximo probable

Se refiere al máximo caudal que se espera en un punto específico de un río o curso de agua, bajo las condiciones de una tormenta o evento meteorológico extremo. Determinar este caudal es fundamental para el diseño de infraestructuras hidráulicas, la gestión de recursos hídricos y la prevención de inundaciones.

Si se triangular

con datos de aforo, se puede realizar un análisis estadístico de los caudales máximo instantáneos anuales para la estación más cercana al punto de interés y se calculan los caudales para los períodos de retorno determinados.

A continuación, se describen algunos métodos que se pueden utilizar para la estimación del caudal máximo:

- **Método racional (Cuencas menores)**

El método racional supone la generación de escorrentía en una determinada cuenca a partir de una intensidad de precipitación uniforme en el tiempo, sobre toda su superficie. (Ray k.Linsley, 1977) Debido a esto, para la aplicación del mismo se debe comprobar que ninguno de estos factores pueda resultar relevante en el cálculo:

- Aportación de caudales procedentes de otras cuencas o trasvases a ellas.
- Existencia de sumideros, aportaciones o vertidos puntuales, singulares.
- Presencia de lagos, embalses o planas inundables que puedan producir efecto laminador o desviar caudales hacia otras cuencas.
- Aportaciones procedentes del deshielo de la nieve u otros.

De manera general, estas condiciones se cumplen en cuencas cuya área sea como máximo 3 o 5 km^2 este método puede ser usado para cuencas de hasta 12 km^2 siempre y cuando de compruebe con otros métodos de análisis para cuencas mayores. (SIECA J. , 2016)

- **Limitaciones del método**

Entre las limitaciones destacadas del método racional se pueden referir:

- Proporciona solamente un caudal pico, no el hidrograma de creciente para el diseño.
- Supone que la lluvia es uniforme en el tiempo (intensidad constante) lo cual es sólo cierto cuando la duración de la lluvia es muy corta.
- Supone que la lluvia es uniforme en toda el área de la cuenca en estudio, lo cual es parcialmente válido si la extensión de ésta es muy pequeña.
- Asume que la escorrentía es directamente proporcional a la precipitación (si duplica la precipitación, la escorrentía se duplica también). En la realidad, esto no es cierto, pues la escorrentía depende también de muchos otros factores, tales como precipitaciones antecedentes, condiciones de humedad antecedente del suelo, etc.

- Ignora los efectos de almacenamiento o retención temporal del agua escurrida en la superficie, cauces, conductos y otros elementos (naturales y artificiales).

Pese a estas limitaciones, el Método Racional se usa prácticamente en todos los proyectos de drenaje vial, urbano o agrícola, siempre teniendo en cuenta que producirá resultados aceptables en áreas pequeñas y con alto porcentaje de impermeabilidad, por ello es recomendable que su uso se limite a cuencas con extensiones inferiores a las 3 km^2, como lo recomienda el Manual de consideración hidrológicas e hidráulicas.

- **Tránsito de avenidas – Muskingum**

Este método involucra el concepto de almacenamiento de prisma y de cuña (*Figura 14*). Que fue desarrollado por McCarthy, (1938) para determinar la relación que manifiesta el río Muskingum en Ohio (USA), con el paso de una onda de creciente. (Fattorelli & Fernández, 2011)

El método considera que durante las etapas del frente de onda que asciende, el almacenamiento de cuña es positivo y se suma al de prisma; en cambio en las etapas de la onda en descenso, el almacenamiento de cuña se sustrae al de prisma.

El almacenamiento de prisma se calcula como el flujo de salida, Q, multiplicado por el tiempo de traslado de la onda de crecida a través del tramo del río, K. El de cuña se calcula como la diferencia entre flujo de entrada y salida $(I - Q)$, multiplicado por K y un factor adimensional de ponderación, X, relativo a la importancia del flujo de entrada y de salida en el almacenamiento, S, dentro del tramo. Por lo tanto, el método de Muskingum define el almacenamiento en el tramo, S, como una función lineal de los almacenamientos ponderados de prisma más el de cuña, así:

$$S = KQ + KX \cdot (I - Q) \qquad \rightarrow \qquad S = KQ + KXI - KXQ$$

Operando algebraicamente, se tiene la ecuación del método:

$$S = K[XI + Q \cdot (1 - X)]$$

El valor de X determina el grado de atenuación de la onda al pasar por el tramo del río; depende de la forma del almacenamiento de cuña y varía entre: $0 \leq X \leq 0.5$

Así, si X = 0; S = KQ, se produce la máxima atenuación, lo que indica que el embalse es función sólo de salida.

Aplicando la ecuación de continuidad para dos tiempos consecutivos t_{i-1} y t_i, separados un intervalo Δt, se obtiene un caudal de salida en el tiempo t_i de la siguiente manera:

$$O_i = I_i \frac{-KX + 0.5\Delta t}{K - KX + 0.5\Delta t} + I_{I-1} \frac{KX + 0.5\Delta t}{K - KX + 0.5\Delta t} + O_{i-1} \frac{K - KX - 0.5\Delta t}{K - KX + 0.5\Delta t}$$

Que puede expresarse como:

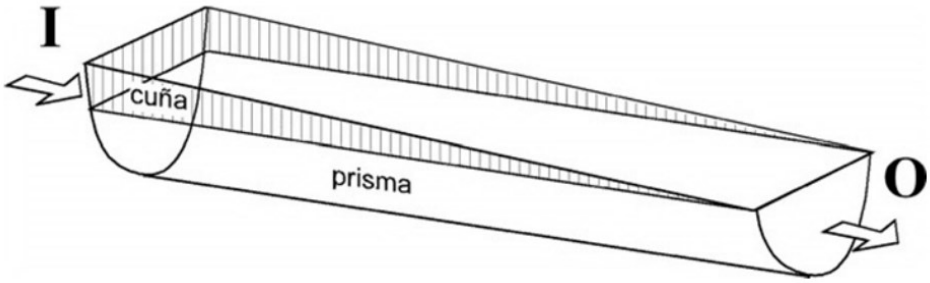
$$O_i = I_i C_0 + I_{I-1} C_1 + O_{i-1} C_2$$

El valor de X puede optarse por conveniencia igual a 0.2. (Chow V. , 2000)

Y K tomada como: L/V_w ecuación propuesta por Cunge en 1969. (Chow V. , 2000)

Donde L es la longitud del tramo en metros y V_w es la velocidad de la onda creciente.

Figura 14. Almacenamiento en prisma y en cuña. Muskingum (SIECA 2016)



Fuente: Manual de consideraciones hidrológicas e hidráulicas. SIECA 2016

2.3. Diseño de alcantarillas

La función principal de una alcantarilla es conducir el agua superficial a través del derecho de vía de la carretera. Además de esta función hidráulica, también debe soportar el tráfico de construcción y carretera, así como las cargas de tierra; por lo tanto, el diseño de alcantarillas implica tanto un diseño hidráulico como estructural (AASHTO, 2007, pág. 180). Los estudios de drenaje de carretera se realizan longitudinal y transversal dependiendo de la dirección de flujo en que se dirigen las aguas, por lo que se debe trabajar vinculadamente con el diseño geométrico tanto por los niveles de rasante para el desplante de la corona de las estructuras de drenaje, como por cambios de alineación, peraltes de curvas, bombeos, etc. (CORASCO, 2008, pág. 39)

Esta sección se centra solamente en los aspectos hidráulicos del diseño de alcantarillas, haciendo referencia a los aspectos estructurales únicamente en dimensiones y clase de tubería en que están relacionados con el diseño hidráulico.

2.3.1. Aspectos generales

Existen varios criterios para definir el límite para considerar la construcción de una alcantarilla, una bóveda o puente, entre estas están:

- Una alcantarilla es toda obra que no supera un claro superior a los 6 m.
- El área máxima de la sección transversal de la obra no debe superar al área equivalente de una tubería de diámetro de182.88 cm (72”).
- Por necesidad de limpieza y mantenimiento de las alcantarillas, se recomienda una sección mínima circular de 91.44 cm (36”).
- Las paredes de las zanjas sean verticales y el ancho del mismo será el doble del diámetro externo de la tubería hasta de 48” y para tuberías mayores, el ancho del diámetro externo más 50 cm a cada lado del mismo. Cuando se instalan tuberías en batería, la separación mínima entre ellas será de el diámetro externo entre dos (DE/2).

- La pendiente longitudinal de la alcantarilla no debe ser menor del 0.5%, para evitar azolvamientos.

2.3.2. Ubicación de la alcantarilla

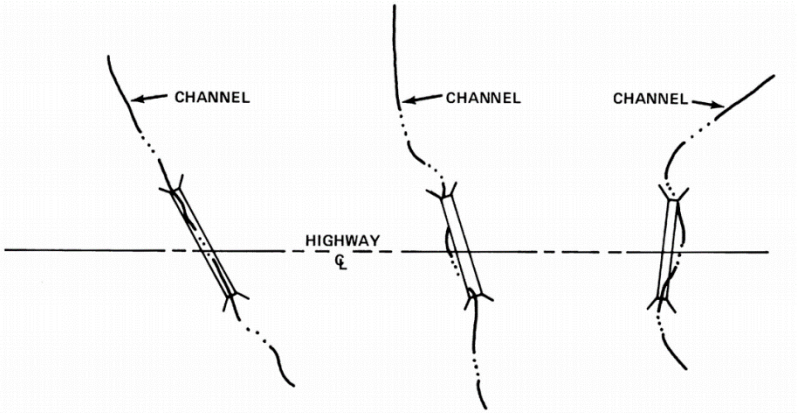
La ubicación de la alcantarilla se refiere al alineamiento horizontal y vertical de la misma con respecto al arroyo y a la carretera. Dicha ubicación no solo es importante para el rendimiento hidráulico de la alcantarilla, sino que también provee estabilidad del arroyo, y optimiza los costos de construcción, mantenimiento, y la seguridad e integridad de la carretera, de esta manera se puede mantener una alcantarilla libre de sedimentos. (AASHTO, 2007, pág. 183)

- **En planta**

La ubicación en planta es básicamente a la ruta que tomará el flujo al cruzar el derecho de vía. Independientemente del grado de sinuosidad del canal natural, un cruce generalmente se realiza utilizando una alcantarilla recta, ya sea perpendicular o inclinada con respecto a la línea central de la carretera. El cuerpo de la alcantarilla debe seguir la alineación, obedeciendo el gradiente hidráulico del drenaje natural, para minimizar las pérdidas de energía y la erosión.

La ubicación más apropiada es cuando el eje de la alcantarilla es perpendicular al eje de la carretera. Esta ubicación generalmente proporciona una buena alineación del flujo natural con la entrada y salida de la alcantarilla, y se requiere poca excavación estructural y trabajo en el canal, debido a que la obra transversal de desagüe debe alinearse de forma que difiera lo menos posible del cauce original. (AASHTO, 2007, pág. 184)

Figura 15. Ubicación de alcantarilla en drenajes naturales

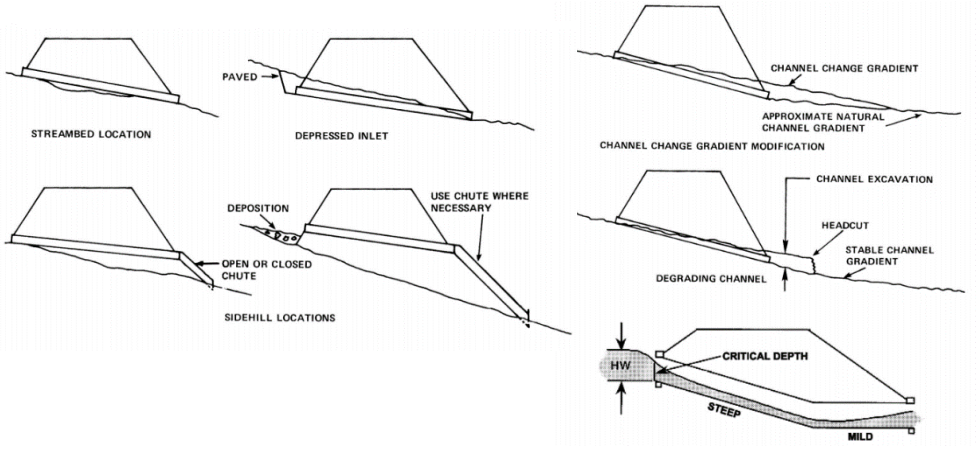


Fuente: Hydraulic Desing of culverts AASTHO (2007)

- **En perfil**

La mayoría de las ubicaciones de alcantarillas se aproximan al cauce natural, aunque se pueden elegir otras ubicaciones por razones de economía en el costo total de construcción y mantenimiento. Se pueden usar pendientes de alcantarillas diferentes a las del cauce natural, para detener el deterioro del arroyo, reducir la sedimentación, mejorar el rendimiento hidráulico de la misma. Las pendientes modificadas también pueden causar erosión y deposición en el arroyo; por lo tanto, las alteraciones de la pendiente deben recibir especial atención para garantizar que no resulten efectos perjudiciales del cambio. (AASHTO, 2007, pág. 186)

Figura 16. Posibles ubicaciones de perfil de una alcantarilla



Fuente: Hydraulic Desing of culverts AASTHO (2007)

2.3.3. Diseño hidráulico

El punto central de todo diseño hidráulico es la de evacuar o trasladar un caudal determinado, por lo que es importante tener ya establecidos y realizados los cálculos hidrológicos necesarios para este fin, junto con todas las consideraciones a tomar, como se mencionan en el capítulo anterior de este manual, en el cual se puede encontrar las consideraciones más importantes al respecto. (SIECA J. , 2016, pág. 114)

- **Velocidad de flujo**

La velocidad del flujo se encuentra dentro ciertos límites debido a que se pueden originar afectaciones en la estructura. Valores de velocidades permisibles, de acuerdo al material de la alcantarilla, se muestran en la *Tabla 3*, teniendo en cuenta que la velocidad mínima para evitar sedimentaciones debe de ser de 0.5 m/s. Los valores mostrados en la tabla pueden varias de acuerdo a las condiciones de cada país.

Tabla 3. Velocidades máximas admisibles (m/s)

Tipo de revestimiento	Velocidad (m/s)
Concreto	3.0 - 6.0
Ladrillo con concreto	2.5 - 3.5
Mampostería de piedra y concreto	2.0

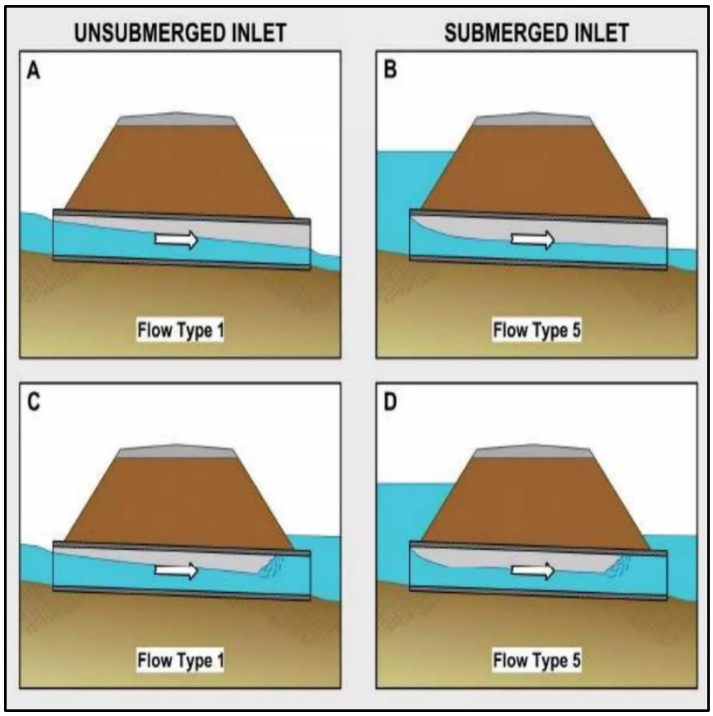
Fuente: (Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centro América SIECA 2016).

- **Control de entrada**

Una alcantarilla opera con control en la entrada cuando la capacidad de flujo se controla en la entrada por la profundidad del agua de cabeza y la geometría de la entrada, incluyendo la forma del conducto, el área de la sección transversal y el borde de la entrada, el flujo es supercrítico con altas velocidades y profundidades bajas. Los esquemas para ilustrar el flujo con control en la entrada para entradas proyectadas no sumergidas y sumergidas se muestran en la *Figura 17*.

Para una alcantarilla que opera con control en la entrada, la rugosidad y la longitud del conducto y las condiciones de salida (incluyendo el agua de cola) no son factores en la determinación del rendimiento hidráulico de la alcantarilla. El borde de la entrada y la geometría general de la entrada tienen mucho que ver con el rendimiento de la alcantarilla en este tipo de flujo; por lo tanto, diseños especiales de entrada pueden mejorar el rendimiento hidráulico y resultar en una alcantarilla más eficiente y económica. (SIECA J. , 2016, pág. 119)

Figura 17. Tipo de control de entrada



Fuente: Diseño de obras de drenaje en carreteras, Díaz, José (2014).

- **Factores que influyen en el control en la entrada.**

Dado que el control está en el extremo aguas arriba, solo la altura del agua y los factores de la entrada afectan el rendimiento de la alcantarilla

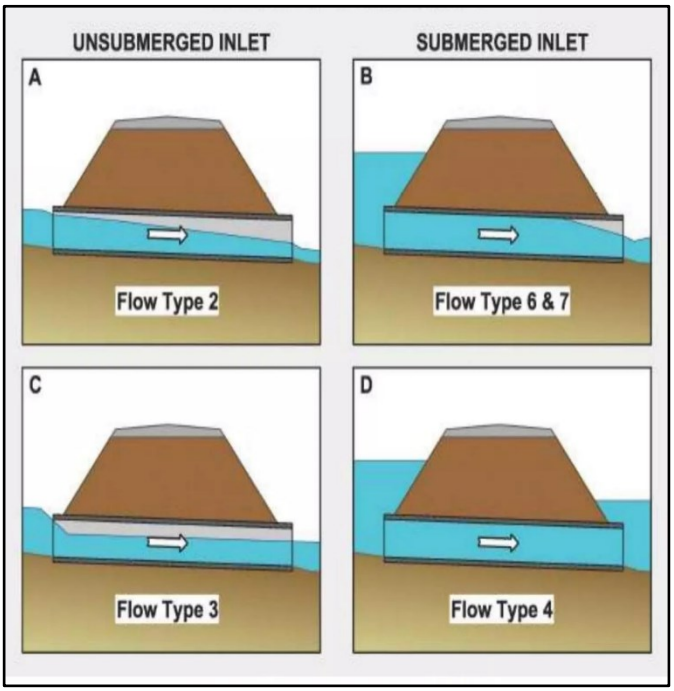
- La profundidad de la altura del agua se mide desde el fondo de la sección de control de la entrada hasta la superficie del tirante aguas arriba.
- El área de la entrada es el área de la sección transversal de la cara de la alcantarilla.

- La configuración de la entrada describe el tipo de entrada. Algunas configuraciones típicas de entrada son borde delgado proyectado, biselado, bordes cuadrados en un cabezal y borde biselado Otro tipo de entrada es una entrada cónica que tiene una sección de cara agrandada.
- La pendiente del conducto influye en el rendimiento del control en la entrada, pero el efecto es pequeño. Los nomogramas de control en la entrada asumen una pendiente del 2% para el término de corrección de la pendiente (0.5S para la mayoría de los tipos de entrada). Esto resulta en una reducción de la altura del agua requerida en 0.01D. En el programa de computadora HY-8, la pendiente real se utiliza como una variable en el cálculo.

- **Control de salida**

En el control en la salida, el rendimiento hidráulico de la alcantarilla está determinado por los factores que gobiernan el control en la entrada más la elevación de la superficie del agua controladora en la salida y la pendiente, longitud y rugosidad del conducto de la alcantarilla. Las alcantarillas que operan en control en la salida pueden fluir completamente llenas o parcialmente llenas, dependiendo de diversas combinaciones de los factores mencionados. En el control en la salida, los factores que pueden afectar significativamente el rendimiento para un tamaño de alcantarilla y una altura de agua dada son la longitud del conducto, la rugosidad y la profundidad del agua de cola, generalmente el flujo de esta es subcrítico. Aunque la geometría de la entrada es un factor, solo se puede lograr una mejora menor en el rendimiento mediante modificaciones en la entrada de la alcantarilla.

Figura 18. Tipos de control de salida



Fuente: Diseño de obras de drenaje en carreteras, Díaz, José (2014).

- **Factores que influyen en el control en la salida**

- La rugosidad del conducto es una función del material utilizado para fabricar el conducto. Los materiales típicos incluyen concreto, metal corrugado y plástico. La rugosidad se representa mediante un coeficiente de resistencia hidráulica, como el valor de n de Manning. Se incluye una discusión adicional sobre las fuentes y derivaciones de los valores de n de Manning en el *Anexo A. 16*. Los valores típicos de n de Manning utilizados para diseñar alcantarillas son n = 0.012 para alcantarillas de paredes lisas y n = 0.024 para alcantarillas rugosas (corrugadas).
- El área del conducto es una función de las dimensiones de la alcantarilla. Un área de conducto más grande transportará más flujo.
- La forma del conducto es una función del tipo y material de la alcantarilla. Basado en la ubicación del centro de gravedad para un área dada, una caja es la forma más eficiente, seguida del arco y luego el círculo.

- Debido a que la altura de diseño del conducto y la pendiente influyen en la longitud real, generalmente es necesario hacer una aproximación de la longitud del conducto para comenzar el proceso de diseño.
- La pendiente del conducto es la pendiente real del conducto de la alcantarilla; suele ser la misma que la pendiente del arroyo natural. Sin embargo, cuando la entrada de la alcantarilla se eleva o se baja, la pendiente del conducto es diferente de la pendiente del arroyo.
- La elevación del agua de cola se basa en la elevación de la superficie del agua aguas abajo. Los cálculos de retroceso desde un control aguas abajo, una aproximación de la profundidad normal o las observaciones de campo se utilizan para definir la elevación del agua de cola.

2.4. Diseño del drenaje longitudinal

El drenaje longitudinal surge a partir de la construcción horizontales una de ellas es la carretera dándose obras conocidas como; bordillos, cunetas y contracunetas, y derramaderos o bajaderos (SIECA J. , 2016, pág. 106).

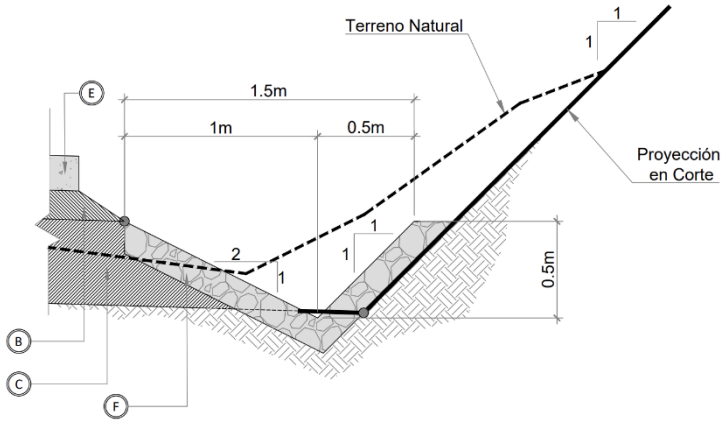
2.4.1. Cuneta

Son canales de drenaje generalmente de sección triangular que captan las aguas de escorrentía superficial proveniente de la plataforma de la vía y se proyectan para todos los tramos al pie de los taludes de corte, longitudinales a ambos lados de la calzada, incluyendo hombros; para el revestimiento puede usarse: piedra bolón unida con mortero, concreto simple fundido en sitio, concreto simple prefabricado, suelo cemento o mezclas asfálticas, que sirven para conducir hacia los drenajes, el agua de lluvia que cae sobre la corona y los taludes.

Sus dimensiones serán fijadas de acuerdo a los cálculos hidrológicos realizados sobre el área de drenaje delimitada, pendiente longitudinal, generalmente paralela a la de la corona de la carretera, intensidad de lluvia de la zona para un tiempo de retorno previamente establecido, con esa información y cálculo se obtendrá el

caudal pico de diseño y las dimensiones de la estructura a construir. (CORASCO, 2008, pág. 40)

Figura 19. Detalle de cuneta

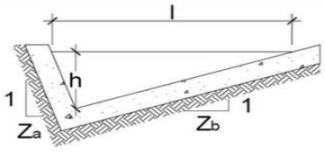
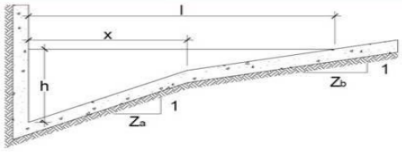


Fuente: Elaboración propia

- **Tipos de secciones en las cunetas.**

La cuneta puede representarse como un canal abierto de sección triangular lo cual de acuerdo al MTI en 2008 propone las siguientes clasificaciones.

Figura 20. Sección típica de una cuneta

	CANAL TRIANGULAR SIMPLE	CANAL TRIANGULAR COMPUESTA
		
Ancho superficial (l)	$(z_a + z_b)h$	$x + z_b\left(h - \frac{x}{z_a}\right)$
Área (A)	$\frac{(z_a + z_b)h^2}{2}$	$xh + \frac{z_b h^2}{2} + \frac{x^2}{2z_a}\left(\frac{z_b}{z_a} - \frac{2z_b h}{x} - 1\right)$
Perímetro mojado (P_m)	$\left(\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2}\right)h$	$h + \sqrt{x^2\left(1 + \frac{1}{z_a^2}\right)} + \sqrt{z_b^2 + 1}\left(h - \frac{x}{z_a}\right)$
Radio Hidráulico (R_h)	$\frac{(z_a + z_b)h}{2\left(\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2}\right)}$	$\frac{xh + \frac{z_b h^2}{2} + \frac{x^2}{2z_a}\left(\frac{z_b}{z_a} - \frac{2z_b h}{x} - 1\right)}{h + \sqrt{x^2\left(1 + \frac{1}{z_a^2}\right)} + \sqrt{z_b^2 + 1}\left(h - \frac{x}{z_a}\right)}$

Fuente: SIECA 2016.

2.4.2. Bombeo de la calzada

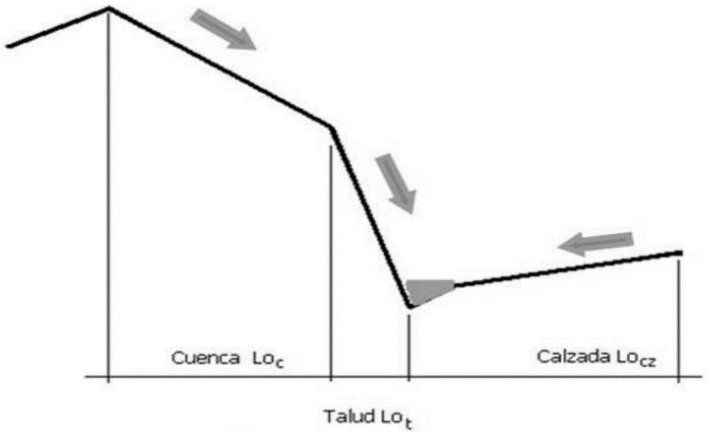
Generalmente, la sección típica de una carretera la convierte en un parte aguas, ya que a partir del eje se le proporciona una pendiente lateral geométricamente igual para ambos lados, a lo cual se le llama “bombeo”, con el fin de drenar la superficie de rodamiento, la que puede variar en dependencia del material que se utiliza en el recubrimiento. (CORASCO, 2008, pág. 39)

2.4.3. Capacidad de la cuneta hidrológica.

Es el cálculo del caudal específico donde es la sumatoria del caudal que cae en la cuenca, en la calzada y en talud como se muestra en la *Figura 21*, estos caudales se calculan aplicando el método racional anteriormente explicado.

Para el cálculo de su capacidad esta depende de su forma, pendiente y rugosidad. Si se conocen las pendientes transversal y longitudinal de la calle, su capacidad hidráulica puede estimarse con la fórmula de Manning de flujo uniforme (SIECA J. , 2016, pág. 107).

Figura 21. Distribución del caudal específico



Fuente: SIECA 2016

2.5. Estudio de tránsito

El estudio de tránsito es uno de los parámetros fundamentales para el diseño de geométrico, ya que proporciona el número de vehículos por año que pasan por un determinado lugar.

El volumen de tráfico y su comportamiento son los que definen los alcances y las demandas de un proyecto vial, por lo que se debe dar importancia a la determinación de volúmenes de tránsito, los tipos de vehículos, el comportamiento de éstos y sus formas de operación, así como también las características socioeconómicas de los usuarios, las características particulares de los vehículos y las formas de explotación de los mismos (James Cárdena, 2023, pág. 56).

2.5.1. Clasificación vehicular

En general, se establecen vehículos representativos de cada categoría principal, a los cuales se les denomina vehículos de proyecto. Estos vehículos tienen el peso, las dimensiones y las características de operación utilizadas para fijar las variables de control para el proyecto de la infraestructura vial, de tal manera que representen a todos los vehículos de la categoría respectiva. En cuanto a las categorías básicas de vehículos, la principal división utilizada es la de automóviles (o vehículos ligeros), buses (o transporte público) y camiones (o vehículos pesados).

En nuestro país Nicaragua, el MTI ha determinado las clasificaciones vehiculares más comunes (vehículos livianos y pesados), esta es la que se consideró para la realización de nuestros aforos.

2.5.2. Clasificación funcional de la carretera

La clasificación funcional agrupa a las carreteras y caminos según la naturaleza del servicio que están supuestas a brindar, lo que a su vez tiene estrecha relación con la estructura y categorización de los viajes. Por lo tanto, la clasificación funcional de carreteras puede definirse como el proceso de agrupar las facilidades en sistemas que describen el grado en el cual cada grupo desempeña las dos funciones básicas.

2.5.3. Aforo vehicular

Se encarga de describir la forma de como circulan los vehículos en cualquier tipo de vialidad, lo cual permite determinar el nivel eficiencia de su operación, el volumen transitado, la velocidad, la densidad, el intervalo y el espaciamiento en la vía. (James Cárdena, 2023, pág. 324).

2.5.4. Estaciones de conteo

Las estaciones de conteo son lugares designados por el ministerio de transporte e infraestructura MTI, de las cuales se estudia el flujo vehicular, a lo largo del año, existen tres tipos de estaciones, las Estaciones de mayor cobertura, Las Estaciones de corta duración, y las estaciones sumarias.

Según el MTI, en la red vial básica del país, el sistema de conteo de tráfico en el año 2020 tiene identificado 598 estaciones clasificadas en: 11 estaciones de mayor cobertura, 348 estaciones de corta duración, 237 estaciones de conteo sumarias y 2 estaciones que a la fecha no se tiene conteo, esto debido a que el acceso solo es en época de verano.

- **Estaciones de mayor cobertura (EMC)**

Se definen como estaciones de conteos dividido en el período de tres cuatrimestres, realizando conteos clasificados durante 3 veces al año, por 7 días consecutivos cada uno las 24 horas, lográndose obtener el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) que no es más que el promedio de los períodos, de esta forma se conoce la intensidad del tránsito durante los períodos de verano e invierno durante el año. Estas estaciones permiten un conocimiento de las variaciones típicas del tránsito (estacionales, semanales y diarias) y de la frecuencia de las intensidades horarias a lo largo del año, así como la obtención de las tendencias del tránsito a largo plazo como se puede observar en *Anexo A. 21* (MTI, 2020, pág. 8)

- **Estaciones de corta duración (ECD)**

Se aplica a un conjunto de estaciones donde los flujos reportados son mayores de 300 TPDA (MTI, 2020, pág. 8).

- **Estaciones de conteo sumarias (ECS)**

En este tipo de estación se realiza como mínimo un aforo anual durante 12 horas diarias (de 6 a.m. a 6 p.m.) en períodos de tres días (martes-miércoles-jueves) generalmente en todo el transcurso del año y se efectúan en épocas de verano y/o invierno. Se realizan aforos en caminos que no han sido pavimentados, pero que tienen una afluencia vehicular moderada (MTI, 2020, pág. 8).

2.5.5. Volúmenes de tránsito

Los volúmenes de tránsito siempre deben ser considerados como dinámicos, por lo que solamente son precisos para el periodo de duración de los aforos. Sin embargo, debido a que sus variaciones son generalmente rítmicas y repetitivas, es importante tener un conocimiento de sus características, para así programar aforos, relacionar volúmenes en un tiempo, y lugar con volúmenes de otro tiempo y lugar, y prever con la debida anticipación la actuación de las fuerzas dedicadas al control del tránsito y labor preventiva, así como las de conservación.

2.5.6. Transito promedio diario anual (TPDA)

El TPDA se define como el volumen de tránsito total durante un período determinado de tiempo (en general días), mayor que un día y menor o igual que un año, dividido por el número de días comprendido en ese período de tiempo.

Para estimar el valor del TPDA correspondiente a los datos obtenidos de los conteos en las estaciones de conteo sumaria, se aplicarán los factores correspondientes de los valores de volúmenes de tráfico encontrados en las estaciones de mayor cobertura.

El conocimiento del volumen TPDA es importante para uso directo en el diseño geométrico para calles y carreteras colectoras con relativamente bajos volúmenes de tránsito, además nos indica la funcionalidad de la carretera y número de carriles (SIECA, 2011, pág. 49).

2.5.7. Tasas de crecimiento

Siendo que el primer paso para realizar investigaciones sobre volúmenes de tránsito es conocer el TPDA y sus tendencias de crecimiento, no es sino el volumen horario crítico previamente seleccionado que se pueden fijar las normas de diseño, dándose relaciones porcentuales que son habitualmente consistentes entre dichos volúmenes horarios que reflejan la capacidad dentro de un tramo de carretera.

2.6. Diseño geométrico

El diseño geométrico de las carreteras y calles, incluye todos aquellos elementos relacionados con el alineamiento horizontal, alineamiento vertical y los diversos componentes de la sección transversal. No obstante, un diseño vial adecuado no se limita a la definición de elementos geométricos; requiere la ejecución de estudios de tránsito y visitas técnicas del tramo para garantizar un diseño que satisfaga la demanda de volumen vehicular en un tiempo de diseño específico.

2.6.1. Generalidades

El trazado y diseño geométrico está compuesto por tres elementos bidimensionales los cuales son:

- **Periodo de diseño**

Es el número de años para el cual se diseña específicamente el pavimento; generalmente varía entre los 8 y 20 años, dependiendo del tipo de vía.

- **Vehículo de diseño**

De acuerdo al SIECA 2011 cada tipo de vehículo que se utiliza en el diseño geométrico, se seleccionan los de mayores dimensiones físicas y de radio de giro mayores, dentro de su clasificación, para adoptar las condiciones más desfavorables, al efecto de alcanzar el objetivo específico de diseñar con estándares altos que proporcionen mayor seguridad vial.

- **Velocidad de diseño**

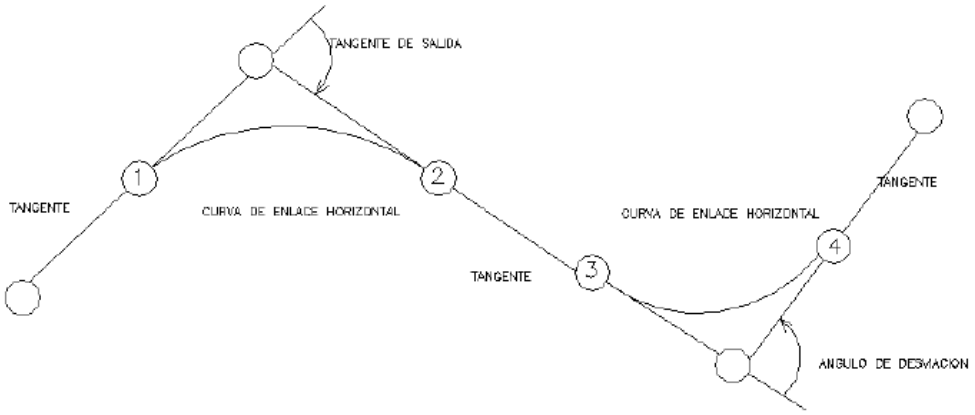
Es la velocidad seleccionada para determinar características geométricas como; curvatura, peralte y distancia de visibilidad están directamente relacionadas y varían apreciablemente dentro de ella. Para la selección de una adecuada velocidad de diseño para una carretera en particular, debe darse especial consideración a los siguientes aspectos:

a) Distribuciones de las velocidades
b) Tendencias de las velocidades
c) Tipo de área (Rural o Urbana)
d) Condiciones del terreno (Plano, Ondulado y Montañoso)
e) Volúmenes de tránsito
f) Consistencias en el diseño de carreteras similares o complementarias
g) Condiciones ambientales

2.6.2. Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal es la proyección del eje de la vía sobre un plano horizontal y está compuesto por rectas denominadas tangentes y curvas horizontales que se enlazan entre sí para permitir una transición suave y segura al pasar de tramos rectos a tramos curvos o viceversa, estas se caracterizan por su longitud y dirección.

Figura 22. Alineamiento horizontal



Fuente: Sergio Navarro (2017)

- **Tipos de curvas**

Curvas circulares: Son arcos de circunferencia de un solo radio de las cuales se unen dos tangentes, dichos radios son regidos por radios mínimos según su tipo de terreno.

Curvas compuestas: Están formadas por dos o más curvas circulares simples de radios diferentes, del mismo sentido, pero siempre con un punto de tangencia común entre dos curvas consecutivas. (SIECA, 2011, pág. 114)

Curvas de transición: Es el trazo de una línea curva de radio variable en planta, que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular o entre dos curvas circulares de radio diferente (SIECA, 2011, pág. 362).

- **Radio mínimo de curvatura**

Es un valor limitante de la curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relaciona con el peralte máximo y la máxima fricción lateral seleccionada para el diseño. Un vehículo se sale de control en una curva, ya sea porque el peralte o sobreelevación de la curva no es suficiente para contrarrestar la velocidad, o porque la fricción lateral entre las ruedas y el pavimento es insuficiente y se produce el deslizamiento del vehículo. (SIECA, 2011, pág. 87).

- **Grado de curvatura**

Es una forma de expresar la “agudeza” de una curva y se expresa, para la definición “arco” como el ángulo central subtendido por un “arco” de 20 metros. A partir de esta definición se obtiene la siguiente expresión:

$$D_{20} = 1145.9156/R$$

Donde:
$\boldsymbol{D_{20}}$ *:* Grado de curvatura para un arco de 20m
$\boldsymbol{R}$*:* Radio de la curva.

- **Sobreancho**

Se define como la diferencia del ancho del carril en un tramo en tangente respecto a uno en curva, en otros términos, es un ensanchamiento de la vía aplicado a tramos curvos para generar mejores condiciones de operación.

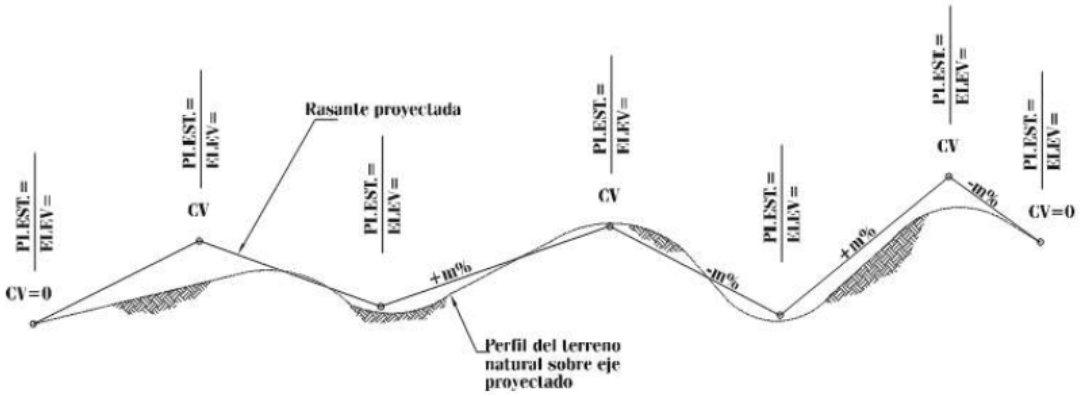
- **Longitud de transición**

La longitud de transición se define como la distancia necesaria para pasar desarrollar el peralte de la curva y está compuesta por la distancia necesaria para eliminar el bombeo y la distancia necesaria para llevar el borde exterior de su condición plana a la de máximo peralte o inclinación. El manual de la AASHTO define estos términos como Runoff distance y Tangent Runout distance respectivametne (Dávila, 2015)

2.6.3. Alineamiento vertical

El alineamiento vertical está compuesto por tangentes y curvas, caracterizándose las tangentes por su longitud y su pendiente y se limitan por dos curvas verticales sucesivas. La longitud de la tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente; la pendiente de la tangente es la relación entre la diferencia de nivel y la distancia horizontal entre dos puntos de la misma, expresándola generalmente en porcentaje. (SIECA, 2011, pág. 115)

Figura 23. Curva vertical

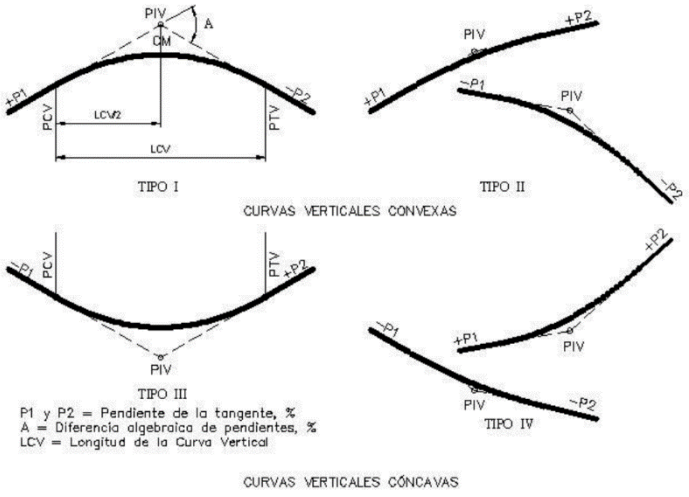


Fuente: Sergio Navarro (2017)

- **Tipos de curvas verticales**

En términos generales existen curvas verticales en crestas o convexas y en columpio o cóncavas. Las primeras se diseñan de acuerdo a la más amplia distancia de visibilidad para la velocidad de diseño y las otras conforme a la distancia que alcanzan a iluminar los faros del vehículo de diseño (SIECA, 2011, pág. 123).

Figura 24. Tipos de curvas



Fuente: SIECA 2011.

- **Curvas verticales en cresta**

Son curvas que conectan secciones inclinadas de la carretera, formando una cresta. Las longitudes mínimas de curvas verticales en cresta que se basan en el criterio de distancias de visibilidad (S), generalmente son satisfactorias desde el punto de vista de seguridad, confort y apariencia (SIECA, 2011, pág. 124).

- **Distancia de visibilidad de parada**

Para que una curva en cresta sea ideal se basa en la distancia de visibilidad de parada, lo cual se crean ecuaciones basadas en alturas de ojos y objeto de 1.08 y 0.6 m, lo que significa que en condiciones que la calle este iluminada depende directamente del factor K, que es la longitud de curva vertical por 1 % de cambio de diferencia algebraica de pendiente expresada en porcentaje (A), para cada velocidad directriz, existe un único valor K es un número entero positivo indicativo de la curvatura vertical.

Los valores de diseño de las curvas verticales convexas para distancia visual de adelantamiento difieren de las de detención por la diferente distancia visual y altura de objeto, usando altura de ojos de 1.08 m. por lo general no es practico curvas verticales convexas que den distancia visual de adelantamiento debido al costo elevado de los cortes implicados, y la dificultad de ajustar al terreno las resultantes largas curvas verticales, en particular en caminos de alta velocidad (AASHTO, 2007).

- **Curvas verticales cóncavas**

Para establecer longitudes de las curvas verticales cóncavas se reconocen al menos cuatro criterios diferentes: (1) distancia visual de faros, (2) comodidad del pasajero, (3) control de drenaje, y (4) apariencia general.

Por lo que algunos organismos viales utilizan directamente la distancia visual de faros, y para la mayor parte es la base para determinar la longitud de las curvas verticales cóncavas recomendadas. Cuando un vehículo atraviesa por la noche una curva cóncava, la parte de camino iluminado continuamente depende de la posición

de los faros y el sentido del haz de luz. Comúnmente se supone altura de faros de 0.60 m y una divergencia 1º arriba del haz de luz desde el eje longitudinal del vehículo (AASHTO, 2007).

El segundo criterio basado en la comodidad, tiene su fundamento en la suspensión de la carrocería de los vehículos, el peso que mueve, la flexibilidad de las llantas, los tipos de asientos, entre otros. Se reconoce que la operación confortable de vehículos en curvas en columpio, se logra cuando la aceleración centrífuga alcanza 0.3m/seg² (SIECA, 2011).

- **Criterios a considerar para el diseño del alineamiento vertical**

De acuerdo a la AASHTO presenta algunos consejos entorno al alineamiento vertical, donde son muy relevantes para la práctica vial centroamericana:

- ✓ Las curvas verticales en columpio deben evitarse en secciones en corte, a menos que existan facilidades para las soluciones de drenaje.
- ✓ En pendientes largas, puede ser preferible colocar las pendientes mayores al pie de la pendiente y aliviarlas hacia el final o, alternativamente, intercalar pendientes suaves por cortas distancias para facilitar el ascenso.
- ✓ En tangente, deberían generalmente evitarse, particularmente en curvas en columpio donde la visión de la carretera puede ser desagradable al usuario.
- ✓ Los alineamientos ondulados, que involucran longitudes sustanciales de pendientes que generan momentos, pueden ser indeseables en el caso de vehículos pesados que pueden incrementar excesivamente su velocidad, sobre todo cuando una pendiente positiva adelante no contribuye a la moderación de dicha velocidad.
- ✓ Hay que evitar el “efecto de montaña rusa”, que ocurre en alineamientos relativamente rectos, donde el perfil longitudinal de la rasante se ajusta a las suaves irregularidades de un terreno ligeramente ondulado.

CAPITULO III- ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación se clasifica como una investigación de alcance aplicado, debido a que se buscará por medio de conocimientos e investigaciones básica de ingeniería la solución de la problemática anteriormente descrita, de la cual a su vez tendrá un enfoque mixto debido a que se obtendrán datos tanto cuantitativos como cualitativos, determinando los parámetros morfométricos de la cuenca, dimensionamiento de estructuras de drenaje, propuesta de alineamiento horizontal y vertical.

Adicionalmente, es relevante señalar que la fase de diseño se llevó a cabo en el lapso comprendido entre 2023 y 2024, y se clasifica como un período de ocurrencia prospectivo, esto se debe a que los datos que se obtuvieron y se analizaron sujetos a la aplicación de un factor de diseño previsto para el futuro.

3.2. Información preliminar

Para poder llevar a cabo la realización de esta investigación monográfica es de gran importancia la recopilación de información preliminar ya sea in situ o de organismos cuyas fuentes de información son oficiales en nuestro país, tal es el caso del instituto de estudios territoriales (INETER) y el ministerio de transporte e infraestructura (MTI).

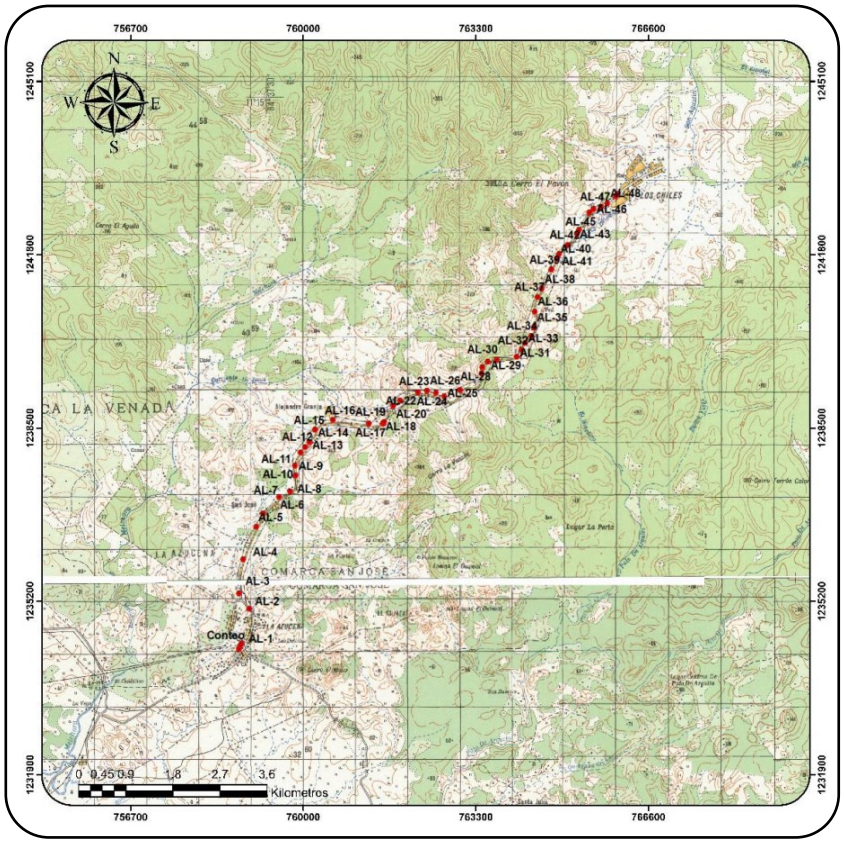
3.2.1. Estructuras de drenajes transversales existentes

Se realizó una visita de campo (ver *Anexo C*), con el fin de identificar todo flujo transversal en el tramo, del inventario realizado, se identificaron 45 obras de alcantarilla en el tramo existente, se tomaron sus coordenadas geográficas por medio de GPS, y las dimensiones correspondientes a la obra de drenajes.

Los puntos fueron ingresados al programa ArcGIS en formato .txt, para ser procesados, dichos puntos serán los cierres de cada cuenca a estudiar.

Como se logra apreciar en la *Figura 25*, cada punto fue llamado con el sufijo Al – ## seguido de la sucesión numérica, sin embargo, cada cuenca a delimitar será nombrada con la numeración ED – ## (Estructura de drenaje). Los puntos se ajustaron al levantamiento topográfico, y al Flow Dir en ArcGIS para después ser convertidos en ráster.

Figura 25.Puntos de inventario de alcantarillas in situ



Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Uso y tipo de suelo

Los usos y tipo de suelo fueron proporcionaron por el Instituto de Estudios territoriales (INETER) de las cuales pueden ser información digital en formato .shp (shape file) utilizados para procesos con el programa ArcGIS, dichos archivos serán

indispensables para la determinación de las pérdidas por infiltración, así como las características de las cuencas.

3.2.3. Información meteorológica

Para poder crear una lluvia de diseño se necesitan datos de estaciones meteorológicas, de modo que por medio de métodos de aproximación se pueda estimarla escorrentía superficial.

Por medio del Instituto de Estudios Territoriales (INETER) se obtiene la información de intensidades de lluvia máximas en el año, así como los parámetros ya ajustados por métodos estadísticos de la estación de San Carlos, que la estación más cercana al área de estudio, a la cual se le determinará el grado de influencia que tiene dicha estación al área de estudio.

3.2.4. Formato de elevación digital

El formato de la elevación digital es un archivo .DEM o .TIF que muestra las elevaciones del área de estudio como una imagen vectorizada, es decir cada pixel de la imagen tiene asociado un color, y a su vez representa un valor de elevación específica en el terreno, este archivo es uno de los insumos importantes para poder delimitar la cuenca.

El formato DEM se descargó de la asociación ASF (Alaska Satellite Facility) cuyo archivo del satélite ALOS PALSAR debe tener precisión de 12.5m x 12.5 m para que la información sea lo más cercana y precisa.

3.2.5. Levantamiento topográfico

Para poder diseñar y proponer las obras de drenaje, y a su vez el alineamiento del eje central de la carretera, es necesario conocer el terreno con una mejor precisión, de esta forma se requiere de un levantamiento topográfico, que muestre la sección de los causes, la ubicación y georreferenciación entre otros aspectos como el derecho de vía y curvas de nivel.

Dicho levantamiento fue proporcionado por una empresa de diseño y supervisión, realizado en octubre del 2021, en archivo .dwg compatible con CIVIL 3D.

3.2.6. Conteo vehicular

El objetivo primordial de la realización de un conteo vehicular es determinar el flujo vehicular que transcurre cotidianamente por la vía, determinando así el vehículo de diseño y la funcionalidad de la carretera, es decir el grado de importancia que tiene la misma, a nivel de inter conexión entre ciudades.

El conteo fue realizado por los sustentantes los días 1, 2 y 3 del mes de agosto del año 2023, siento un conteo de 3 días de (de martes a jueves) y de 12 horas consecutivas (de 6:00 am a 6:00 pm).

3.3. Aspectos hidrológicos

El objetivo principal de este capítulo es desarrollar los procesos llevados a cabo para la delimitación de cuencas hidrográficas en diversos puntos de drenaje, previamente identificados y levantados, así como la caracterización de las misma. Para poder hacer este análisis, se hizo uso del programa ArcGIS, una herramienta de sistemas de información geográfica (SIG) ampliamente reconocida por su capacidad para gestionar y analizar datos espaciales.

3.3.1. Delimitación de cuencas

La delimitación de la cuenca se realizó con ayuda del programa ArcGIS del cual a partir de formato de elevación digital (DEM) con resolución de 12.5m x 12.5 m, se hizo el siguiente proceso:

a) Inserción de DEM al programa

El archivo DEM obtenido como insumo, se agrega al área de trabajo y se verifica que las coordenadas de referencias sean las correctas, para este caso se estará usando coordenadas WGS84 16N.

b) Análisis del flujo de agua

Con la herramienta "Fill": se rellena y se corrigen las depresiones en el DEM para asegurar que el flujo de agua no quede atrapado en huecos sin salida.

c) Direccionamiento del flujo

Se aplica la dirección de flujo usando la herramienta: "Flow Direction": Genera un ráster que indica la dirección del flujo de agua desde cada célula o cada pixel del DEM previamente corregido.

d) Acumulación del flujo

Se calcula la acumulación de flujo en cada célula del ráster, indicando las áreas de mayor convergencia de agua, usando la herramienta: “Flow Accumulation”.

e) Puntos de control

Las coordenadas de los puntos de controles levantados en campo, son importadas al programa y se agregan a un shapefile de puntos, ajustándolos a una intersección con del “Flow Accumuation” (Clasificar el Flow Acc. si es necesario para su intersección).

Seguidamente se convierten dichos puntos ajustados, a un formato ráster con la herramienta: “Snap Pour Point”

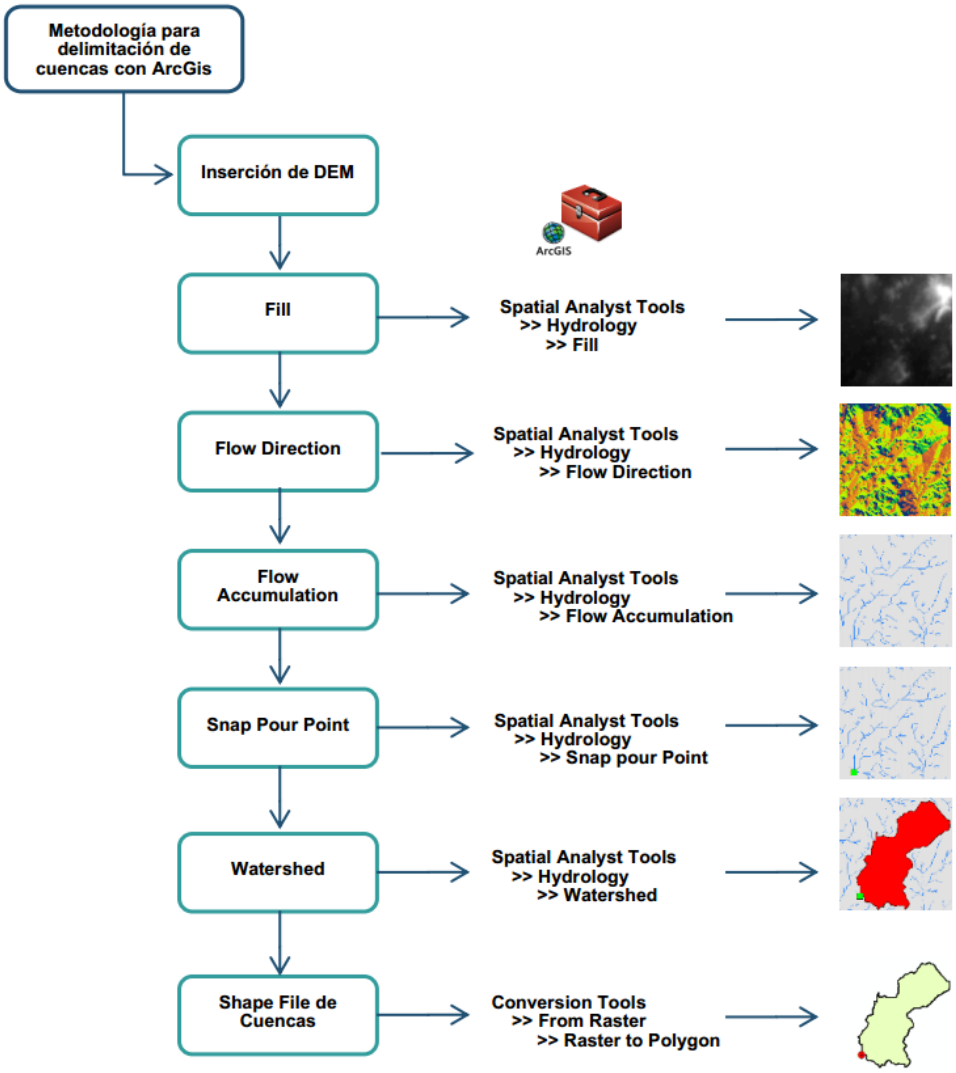
f) Delimitación

Con la herramienta “Watershed” el programa delimita las cuencas, teniendo en cuanta la acumulación del flujo y los puntos de control.

Finalmente, el archivo generado se convierte a shape file con la herramienta “Ráster to Polygon” para poder tener parámetros de área, perímetro, entre otros.

En la *Figura 26* se muestra un resumen del paso a paso realizado.

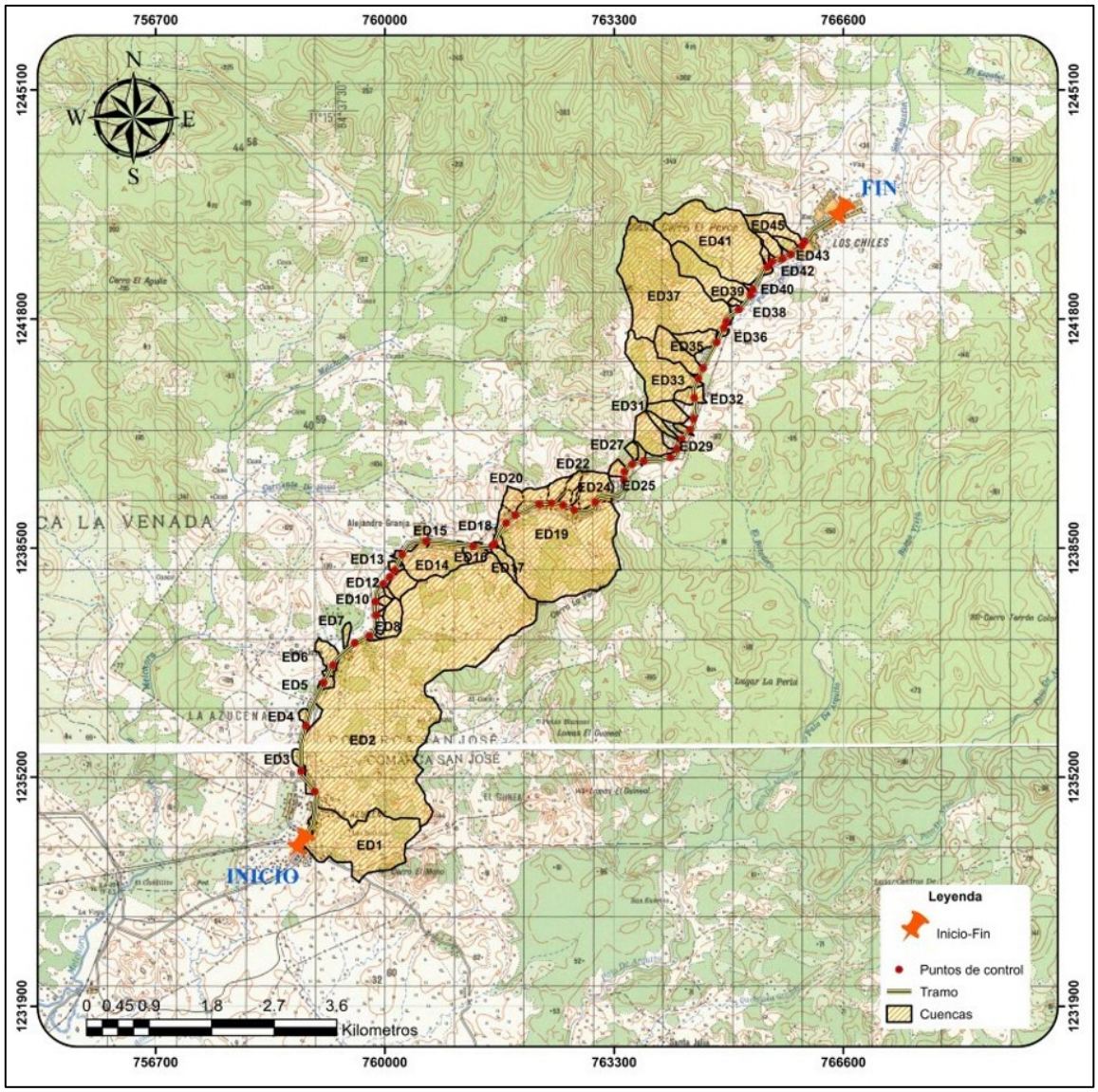
Figura 26. Metodología para delimitación de cuencas en ArcGIS



Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, en base al reconocimiento de terreno y necesidades de la carretera se analizaron 45 cuencas por medio del programa ArcGIS, como se puede observar en la *Figura 27*.

Figura 27. Delimitación de cuencas



Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Parámetros morfométricos

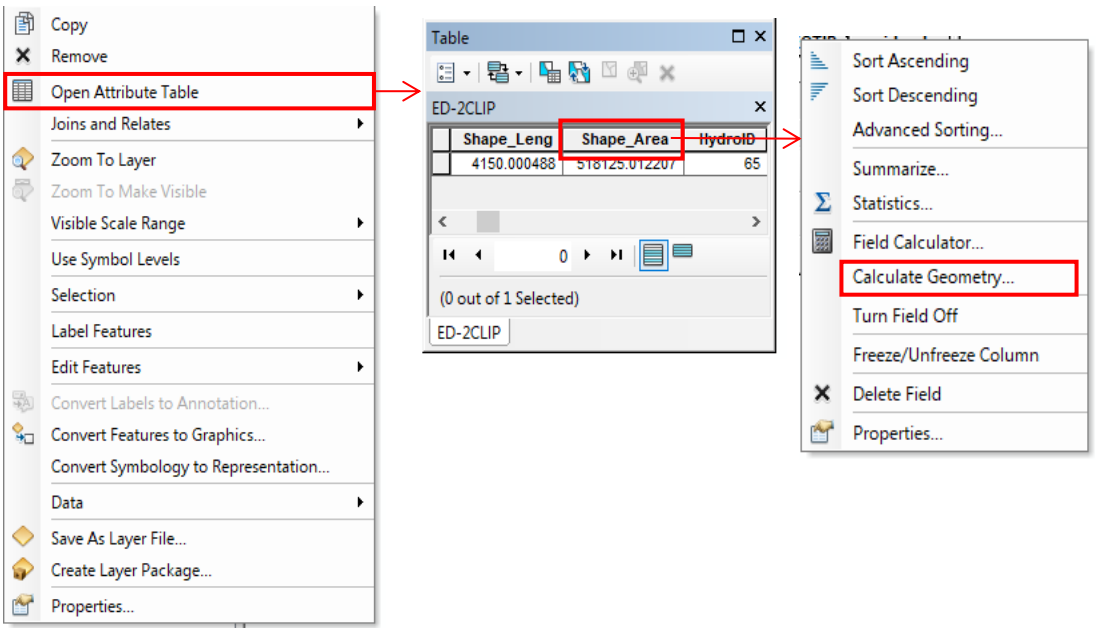
Una vez delimitada las cuencas y obtenido el archivo en formato shape file, se calcula las áreas y el perímetro de las mismas.

Al dar clic derecho en el archivo de cuencas y abrir la tabla de atributos, se pude encontrar con una tabla dinámica, que permite calcular parámetros que caracterizan a un polígono, (Área y perímetros) usando la opción de “Calcule Geometry”, esta opción aparece al dar clic derecho sobre el título de cualquier columna de dicha tabla.

A partir del área de la cuenca se definirá si son cuencas mayores o menores y será directamente proporcional al caudal, con el área se clasifica las cuencas según su tamaño, de lo cual se utilizó la tabla: “Clasificación según el área” (*Ver Anexo A. 1*).

El perímetro de igual forma que el área, se obtuvo de la tabla de atributos a una nueva columna.

Figura 28. Calculate Geometry para determinación de parámetros en shape files.

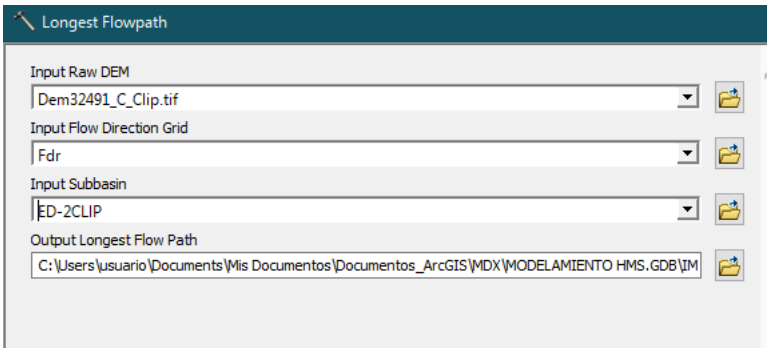


Fuente: ArcGIS

La longitud del cauce principal se obtuvo siguiendo el mismo procedimiento de la *Figura 28*, con ayuda de la tabla de atributos, con la diferencia que los atributos serán para un shape file de líneas, que representarán la longitud más larga del río, para cada cuenca. Se puede clasificar usando la tabla: “Clasificación según la longitud del cauce” (*Ver Anexo A. 2*).

El archivo para la longitud más larga del cauce se obtuvo usando la extensión de HecGeo-HMS para ArcGIS, con la herramienta: “Longest Flowpath”.

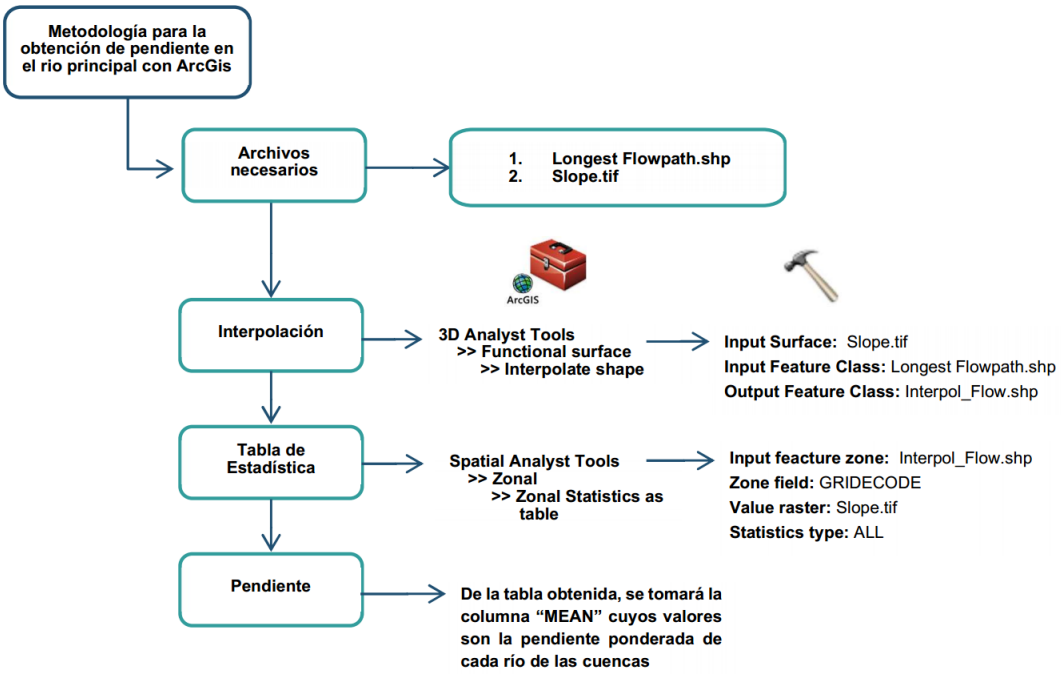
Figura 29. Obtención de ríos más largo



Fuente: ArcGIS

Para la obtención de la pendiente del cauce principal se siguió la metodología descrita en la *Figura 30*.

Figura 30. Metodología para obtención de pendiente



Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del factor de forma se utilizó la *Ecuación 3*, permitiendo ser clasificada con la tabla: "Clasificación según su forma" (*Ver Anexo A. 3*).

$$Ff = \frac{A}{L^2} \qquad \textit{Ecuación 3}$$

Donde:

A: Área de la cuenca (km^2)

L: Longitud del cauce principal (km)

Por otra parte, para el cálculo del factor de compacidad se utilizó la *Ecuación 4*, permitiendo ser clasificada de igual manera con la tabla: "Rangos de clases de compacidad" (*Ver Anexo A. 4*).

$$Kc = 0.28\frac{P}{\sqrt{A}} \qquad \textit{Ecuación 4}$$

Donde:

A: Área de la cuenca (km^2)

P: Perímetro de la cuenca (km)

Para la determinación de la elevación media de la cuenca, en referencia se utilizó la *Ecuación 5*, no obstante, este fue un dato directamente proporcionado por el programa a ArcGIS, clasificándola con la tabla: "Rango de elevación media" (*Ver Anexo A. 5*).

$$E_m = \frac{\sum(H_i\, A_i)}{A} \qquad \textit{Ecuación 5}$$

Donde:

H_i: Altura media entre cada dos curvas de nivel consecutivas (m)

A_i: Superficie entre dos curvas de nivel consecutivas (km^2)

Con respecto al cálculo del factor de masividad se utilizó la *Ecuación 6*, lo cual se clasifica según la tabla: *"Clase de valores de Masividad"* (*Ver Anexo A. 7*).

$$K_m = \frac{E_m}{A_{cuenca}} \qquad \textit{Ecuación 6}$$

Donde:

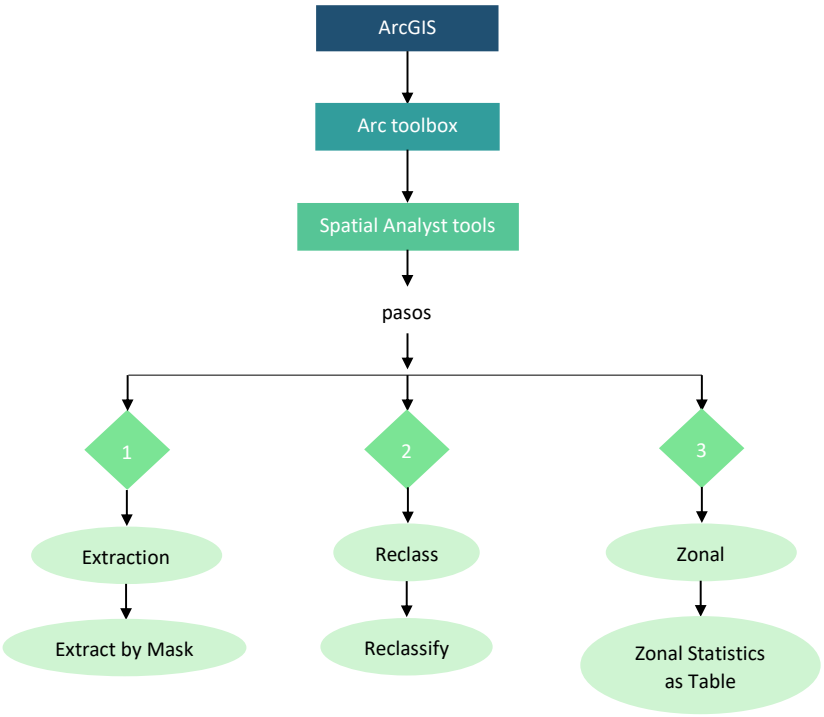
K_m: Factor de masividad. (m)

E_m: Elevación media de la cuenca. (m)

A: Área de la cuenca (km^2)

La representación gráfica de la curva hipsométrica, se obtuvo a partir del análisis realizado por ArcGIS utilizando la herramienta Arc toolbox con spatial analiyst tools donde los pasos a seguir se representan en la *Figura 31.*

Figura 31. Procesamiento de características morfométricas con Spatial Analyst tools



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la *Figura 28* se obtuvieron las áreas, elevaciones máximas y mínimas entre curvas a partir del zonal Statistics as table , posteriormente se realiza el proceso en Excel utilizando el gráfico de dispersión con los datos del % área acumulada entre curvas utilizando la *Ecuación 7* y la altura mínima.

$$\%\text{A. acumulada entre curva} = \frac{A_{(n+j)}}{\sum A_{cuenca}} \qquad \textit{Ecuación 7}$$

Donde:

$\%\text{A. cumulada}$: Porcentaje de área acumulada entre la curva anterior

$A_{(n+j)}$: Suma del área anterior y la actual. (m^2)

$\sum A_{cuenca}$: Área total de la cuenca. (m^2)

Para finalizar se clasifica la curva hipsométrica de acuerdo a su ilustración representativa como se puede observar en la *Figura 7*:

Curva A: Fase de juventud
Curva B: Fase de madurez
Curva C: Fase de vejez

Para el cálculo de los órdenes en un río se utilizó el método de Strahler, lo cual se ve reflejado como se utiliza en la definición del marco teórico de la misma. Para clasificar los órdenes se utiliza la tabla de "Clasificación según su orden" (*Ver Anexo A. 8*).

Para finalizar se calculó la densidad de drenaje utilizando la *Ecuación 8*, que es la relación entre la longitud total de todos los cauces de una cuenca que fueron proporcionados directamente de ArcGIS entre el área de la misma, clasificando los resultados de acuerdo a la tabla "Clasificación de drenaje" (*Ver Anexo A. 9*).

$$D_d = \frac{\sum L_{ij}}{A_{cuenca}} \qquad \textit{Ecuación 8}$$

Donde:
L_{ij}: Es la longitud total de todos los cauces de la cuenca (km)
A: Área de la cuenca (km^2)

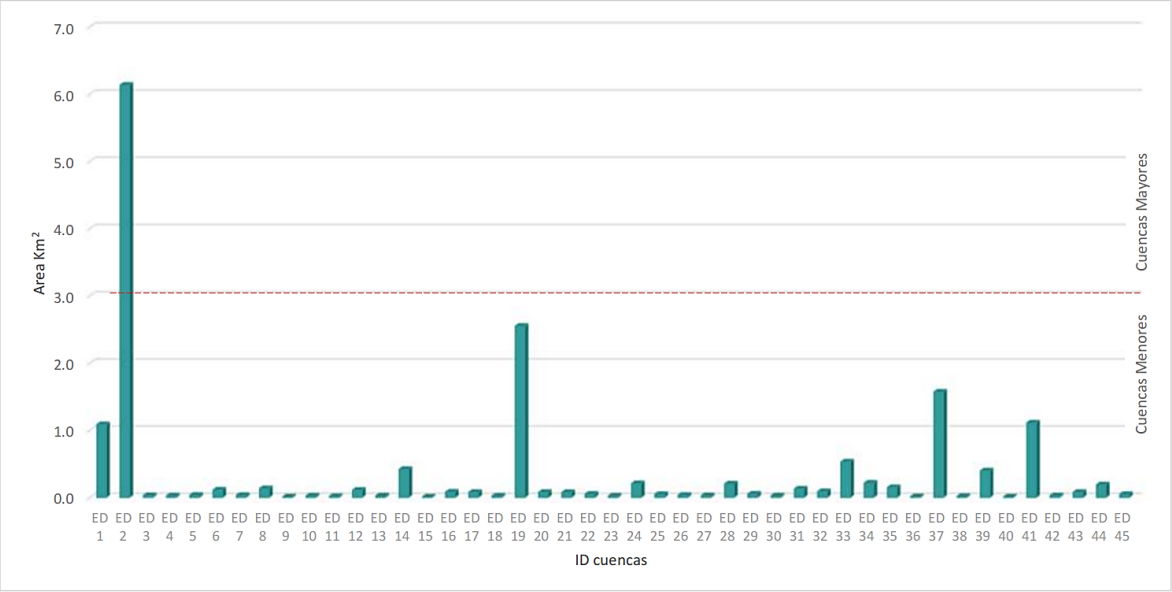
- **Resultados de las características morfométricas.**

Habiendo delimitado las cuencas en los puntos de control correspondientes, se extrajeron los datos necesarios siguiendo la metodología descrita, de la cual se realizó el análisis y caracterización de las cuencas obteniendo los siguientes resultados: (Resumen de los datos exportados en *Anexo B. 2*)

- **Área**

Las 45 cuencas son caracterizadas como muy pequeñas ya que ninguna resultó mayor que 25 Km^2. Como se expresa en la *Figura 32*, la única cuenca que se puede catalogar como cuenca mayor es la cuenca de ED-2, con un área de 6.13 km^2, las 44 cuencas restantes serán cuencas menores.

Figura 32. ***Áreas de las cuencas (Km2)***



Fuente: Elaboración propia

- **Longitud del Cauce principal**

De acuerdo a los resultados en ArcGIS reflejados en la *Tabla 5* todos los ríos son muy cortos, donde ningún rio sobrepasa los 6.9 Km, como se establece en la tabla de caracterización de cauce principal, descrita en *Anexo A. 2*.

- **Factor de Forma**

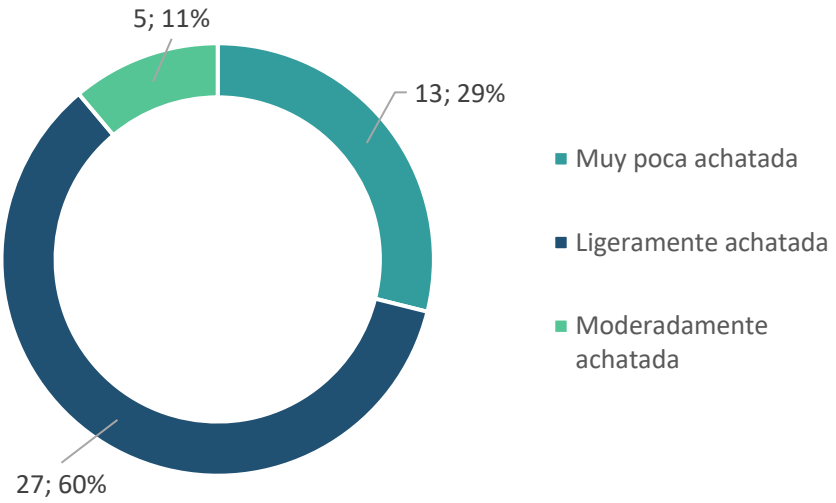
Se ejemplificó el proceso de cálculo para una de las cuencas el cual se realizó con los datos ED-1, utilizando la *Ecuación 3*:

$$Ff = \frac{A}{L^2} = \frac{1.0840\ km^2}{(2.1147\ km)^2} = 0.242$$

Donde ED-1 se clasificaría ligeramente achatada de acuerdo al *Anexo A. 3*, no obstante observar en la *Tabla 5*, tanto como ED-16 y ED-44 sobrepasan la unidad lo que quiere decir que, en eventualidades de lluvia se tendería a crecer rápidamente debido a que son ríos cortos y muy achatados.

En la *Figura 33* se presenta un gráfico generalizado de todas las cuencas de acuerdo a su forma.

Figura 33*. Factor de forma*



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar existen 27 cuencas que ocupan el 60 % que tienen una forma ligeramente achatada en este estado la cuenca no crecería en gran cantidad, por otra parte, existen 13 cuencas que son muy poco achatadas ocupando el 29% y finalizando se encuentran 5 cuencas que son moderadamente achatadas que ocupan el 11%, donde son propensas a que el río tenga una crecida moderada.

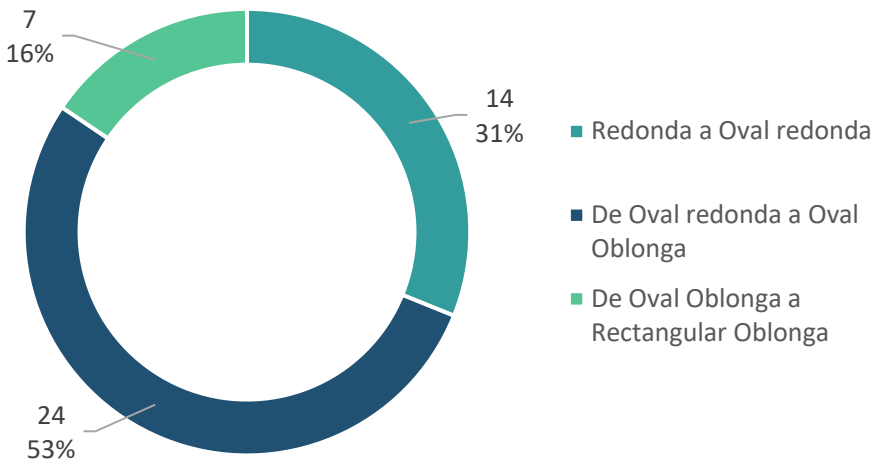
- **Coeficiente de compacidad**

De igual forma se analizó los datos de la cuenca ED-1 que se presentan en la *Tabla 5*, adecuando los datos de la misma a la *Ecuación 4*.

$$Kc = 0.28\frac{P}{\sqrt{A}} = 0.28 * \frac{5.2685\ km}{\sqrt{1.0840\ km}} = 1.417$$

De acuerdo al *Anexo A. 4,* el resultado de ED-1 se clasifica como De Oval redonda a Oval Oblonga, A continuación, se presenta un resumen general de todas las cuencas según su clasificación en la *Figura 34*.

Figura 34*. Coeficiente de compacidad*



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados presentados en el grafico se detectó que la cuenca ED-25, posee un valor cercano a uno, asegurando que su forma es parecida a una circunferencia, como consecuencia de esto los volúmenes de escorrentía serán mayor en un corto período de tiempo, por lo que el tiempo de retardo sería menor.

- **Elevación media de la cuenca**

Se demuestra de igual manera que son elevaciones medias bajas lo que indica que no hay repentinos cambios de altitud.

- **Pendiente del cauce principal**

Como se puede observar en *Tabla 5*, todas las pendientes son fuertes lo que significa que su recorrido es muy corto.

- **Factor de masividad**

Siguiendo el proceso para la cuenca ED-1 se utilizó la *Ecuación 6* teniendo como datos Em y A (área) anteriormente calculados;

$$K_m = \frac{81.36\ m}{1.0840\ km^2} = 75.06\ \frac{m}{km^2}$$

De acuerdo al *Anexo A. 7*, se clasifica como una cuenca moderadamente montañosa cabe recalcar que 99% son cuencas moderadamente montañosas y solo la cuenca ED-2 se clasifica como Muy montañoso.

- **Curva hipsométrica**

Para la representación de la curva hipsométrica se ejemplificó con la cuenca ED-2 representada en la *Figura 35.*

Como se puede observar en la *Figura 35* cada color representa un área, por consiguiente, al haber seguido los pasos ya expuestos en la metodología se obtuvieron los siguientes datos:

Figura 35. Modelo de elevación de la cuenca ED-2



Fuente: Elaboración propia

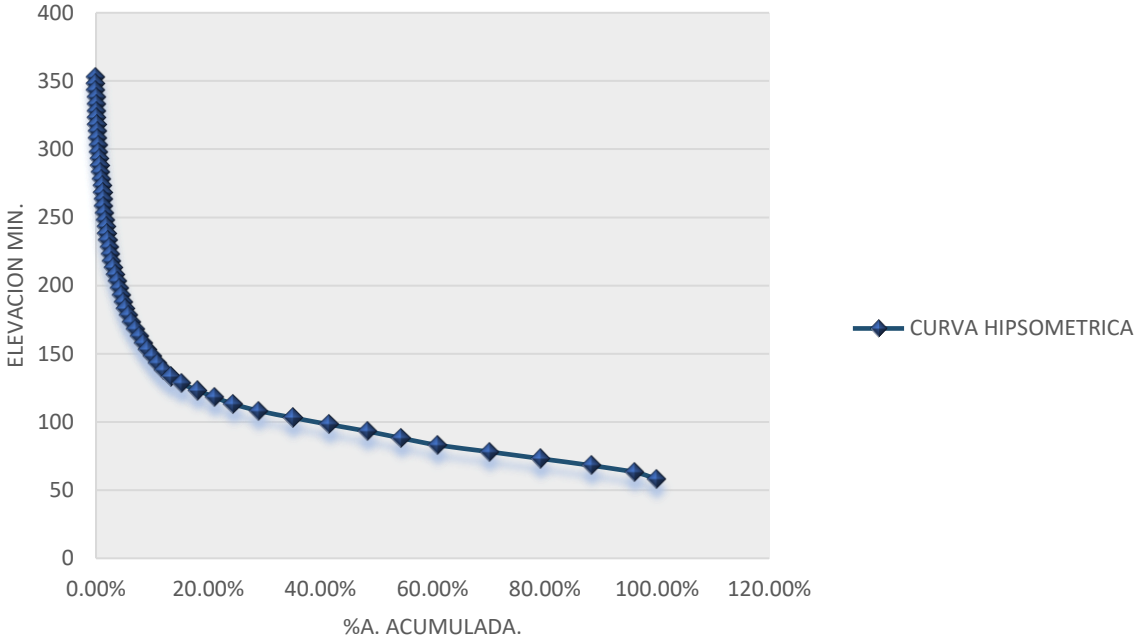
Tabla 4. **Datos extraídos de Arc toolbox, ArcGIS y uso de la *Ecuación 7***

HMin (m)	HMax (m)	Área (m2)	A acum (m2)	% A	HMin (m)	HMax (m)	Área (m2)	A acum (m2)	% A
353	358	1701.12	1701.12	0.03%	203	208	22423.18	247038.76	3.97%
348	353	2406.60	4107.72	0.07%	198	203	19705.58	266744.35	4.29%
343	348	1955.57	6063.29	0.10%	193	198	22951.64	289695.99	4.66%
338	343	2245.62	8308.91	0.13%	188	193	22137.31	311833.29	5.01%
333	338	2856.92	11165.83	0.18%	183	188	24676.93	336510.23	5.41%
328	333	2500.00	13665.83	0.22%	178	183	32537.26	369047.49	5.93%
323	328	2915.04	16580.87	0.27%	173	178	35423.04	404470.52	6.50%
318	323	4116.21	20697.08	0.33%	168	173	46471.40	450941.93	7.25%
313	318	3750.00	24447.08	0.39%	163	168	39248.71	490190.64	7.88%
308	313	4375.00	28822.08	0.46%	158	163	40207.63	530398.27	8.53%
303	308	3678.73	32500.81	0.52%	153	158	49201.02	579599.28	9.32%
298	303	4647.59	37148.40	0.60%	148	153	48996.66	628595.94	10.11%
293	298	6494.32	43642.72	0.70%	143	148	63556.80	692152.74	11.13%
288	293	8189.55	51832.27	0.83%	138	143	65026.87	757179.62	12.18%
283	288	7430.36	59262.63	0.95%	133	138	82592.39	839772.01	13.50%
278	283	7608.29	66870.92	1.08%	128	133	114508.65	954280.66	15.35%
273	278	8142.57	75013.48	1.21%	123	128	177601.26	1131881.92	18.20%
268	273	7343.75	82357.23	1.32%	118	123	189680.53	1321562.46	21.25%
263	268	5781.25	88138.48	1.42%	113	118	205087.33	1526649.79	24.55%
258	263	6562.50	94700.98	1.52%	108	113	285001.07	1811650.86	29.13%
253	258	8885.86	103586.85	1.67%	103	108	378994.85	2190645.71	35.23%
248	253	8908.13	112494.98	1.81%	98	103	403157.91	2593803.62	41.71%
243	248	8799.77	121294.75	1.95%	93	98	426409.45	3020213.08	48.57%
238	243	9810.41	131105.16	2.11%	88	93	370990.77	3391203.85	54.53%
233	238	9561.87	140667.03	2.26%	83	88	399068.56	3790272.41	60.95%
228	233	12385.74	153052.78	2.46%	78	83	584461.47	4374733.88	70.35%
223	228	14884.67	167937.45	2.70%	73	78	562336.86	4937070.74	79.39%
218	223	15921.29	183858.74	2.96%	68	73	561998.21	5499068.95	88.43%
213	218	18688.37	202547.11	3.26%	63	68	480550.94	5979619.88	96.15%
208	213	22068.48	224615.59	3.61%	58	63	239182.64	6218802.52	100.00%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la *Tabla 4*, se obtuvo una curva hipsométrica en su fase de vejes lo que indica que esta puede ser susceptible ah inundación, a continuación, se presenta la curva hipsométrica en la Figura *36*.

Figura 36*. Curva hipsométrica cuenca ED2*



Fuente: Elaboración propia

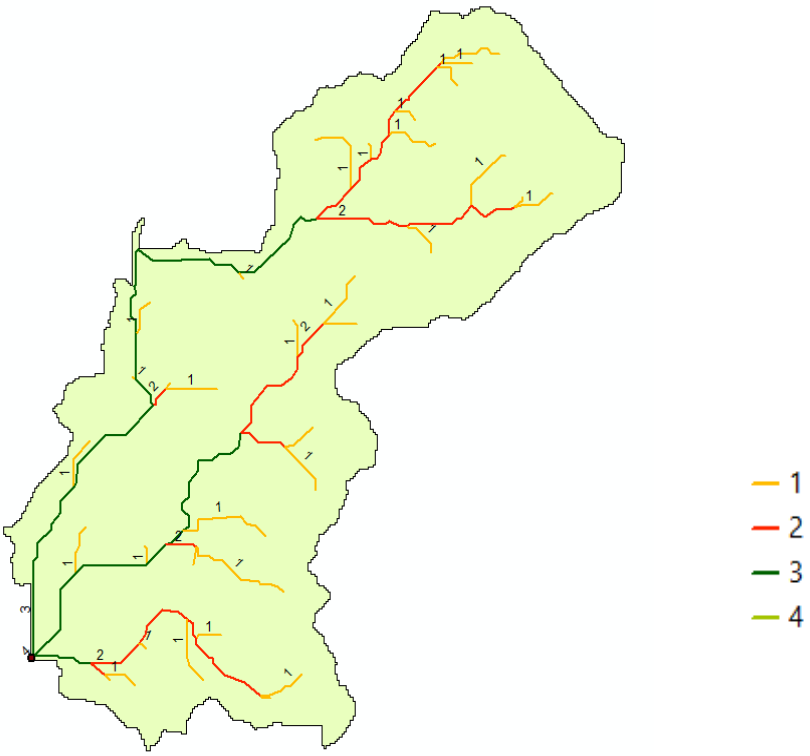
- **Orden de río**

En este proceso de orden de río se ejemplificó para la cuenca mayor ED-2, aplicando la metodología anteriormente explicada, se obtuvo un orden de río 4, por lo tanto, de acuerdo a este se clasifica como una cuenca media, a continuación, en la *Figura 37* se expresa lo antes ya mencionado.

- **Densidad de drenaje**

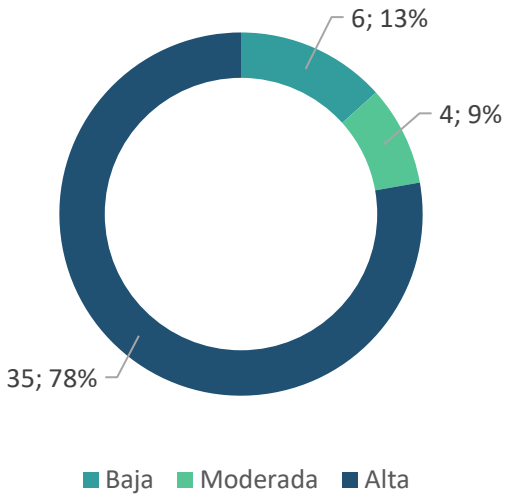
Se puede observar en la Figura *38*, que un 78% es una densidad alta abarcando 35 cuencas lo que indica una fuerte exposición a la erosión, por otra parte, existen 4 cuencas que su clasificación es moderada con un 9 % y finalmente hay 6 cuencas que tienen unas densidades bajas ocupando un 13% de la misma, ocasionando poca erosión.

Figura 37. Orden de río cuenca ED-2



Fuente: Elaboración propia

Figura 38. *Densidad de drenaje*



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Resumen de características Morfométricas

ID	CUENCA	Area (km²)		Perímetro (Km)	Cause principal (Km)		Factor forma		Indice de Gravelius		Em (m)		Pendiente del río %		Factor de masividad		Densidad de drenaje. 1/km	
		Valor	Clasificación	Valor	Valor	Clasificación	Valor	Clasificación	Valor	Clasificación	Valor	Clasificación	Valor	Clasificación	Valor	Clasificación	Valor	Clasificación
1	ED 1	1.0840	Muy pequeña	5.2685	2.1147	Muy corto	0.24241	Ligeramente achatada	1.417	Oval redonda a Oval Oblonga	81.36	Baja	7.69 %	Fuerte	75.06	Moderadamente montañosa	1.86	Baja
2	ED 2	6.1342	Muy pequeña	13.6315	5.2715	Muy corto	0.22074	Ligeramente achatada	1.541	Oval Oblonga a Rec. Oblonga	101.73	Baja	9.67 %	Fuerte	16.58	Muy montañosa	1.89	Baja
3	ED 3	0.0274	Muy pequeña	0.7058	0.3019	Muy corto	0.30049	Ligeramente achatada	1.194	Redonda a Oval redonda	71.34	Baja	4.06 %	Fuerte	2604.28	Moderadamente montañosa	8.26	Alta
4	ED 4	0.0230	Muy pequeña	0.6200	0.2280	Muy corto	0.44281	Moderadamente achatada	1.144	Redonda a Oval redonda	70.53	Baja	3.63 %	Fuerte	3063.07	Moderadamente montañosa	7.21	Alta
5	ED 5	0.0324	Muy pequeña	0.7897	0.2604	Muy corto	0.47746	Moderadamente achatada	1.229	Redonda a Oval redonda	76.09	Baja	2.88 %	Fuerte	2351.02	Moderadamente montañosa	4.64	Alta
6	ED 6	0.1108	Muy pequeña	1.5968	0.5871	Muy corto	0.32145	Ligeramente achatada	1.343	Oval redonda a Oval Oblonga	78.68	Baja	5.28 %	Fuerte	710.04	Moderadamente montañosa	3.95	Alta
7	ED 7	0.0304	Muy pequeña	0.9001	0.4259	Muy corto	0.16748	Muy poca achatada	1.446	Oval redonda a Oval Oblonga	86.24	Baja	8.43 %	Fuerte	2838.93	Moderadamente montañosa	8.9	Alta
8	ED 8	0.1311	Muy pequeña	1.7160	0.7139	Muy corto	0.25717	Ligeramente achatada	1.327	Oval redonda a Oval Oblonga	106.58	Baja	9.87 %	Fuerte	813.21	Moderadamente montañosa	4.32	Alta
9	ED 9	0.0079	Muy pequeña	0.4626	0.2039	Muy corto	0.18964	Ligeramente achatada	1.459	Oval redonda a Oval Oblonga	97.77	Baja	8.38 %	Fuerte	12397.73	Moderadamente montañosa	12.25	Alta
10	ED 10	0.0221	Muy pequeña	0.6495	0.3118	Muy corto	0.22752	Ligeramente achatada	1.223	Redonda a Oval redonda	110.54	Baja	12.83 %	Fuerte	4998.02	Moderadamente montañosa	9.44	Alta
11	ED 11	0.0149	Muy pequeña	0.6530	0.2996	Muy corto	0.16631	Muy poca achatada	1.496	Oval redonda a Oval Oblonga	111.37	Baja	13.70 %	Fuerte	7458.88	Moderadamente montañosa	13.32	Alta
12	ED 12	0.1083	Muy pequeña	1.3809	0.4643	Muy corto	0.50234	Moderadamente achatada	1.175	Redonda a Oval redonda	108.97	Baja	12.63 %	Fuerte	1006.36	Moderadamente montañosa	3.78	Alta
13	ED 13	0.0235	Muy pequeña	0.6613	0.3341	Muy corto	0.21068	Ligeramente achatada	1.208	Redonda a Oval redonda	89.66	Baja	5.82 %	Fuerte	3812.57	Moderadamente montañosa	6.86	Alta
14	ED 14	0.4177	Muy pequeña	2.9425	1.1984	Muy corto	0.29085	Ligeramente achatada	1.275	Oval redonda a Oval Oblonga	105.43	Baja	4.68 %	Fuerte	252.42	Moderadamente montañosa	3.61	Moderada
15	ED 15	0.0051	Muy pequeña	0.3144	0.1479	Muy corto	0.23541	Ligeramente achatada	1.227	Redonda a Oval redonda	97.2	Baja	6.22 %	Fuerte	18886.9	Moderadamente montañosa	25.09	Alta
16	ED 16	0.0796	Muy pequeña	1.1539	0.2666	Muy corto	1.12038	Moderadamente achatada	1.145	Redonda a Oval redonda	117.06	Baja	5.36 %	Fuerte	1470.02	Moderadamente montañosa	2.96	Moderada
17	ED 17	0.0761	Muy pequeña	1.4532	0.7096	Muy corto	0.15121	Muy poca achatada	1.475	Oval redonda a Oval Oblonga	174.32	Baja	19.18 %	Fuerte	2289.4	Moderadamente montañosa	5.26	Alta
18	ED 18	0.0213	Muy pequeña	0.6673	0.2686	Muy corto	0.29587	Ligeramente achatada	1.279	Oval redonda a Oval Oblonga	128.18	Baja	16.07 %	Fuerte	6006.49	Moderadamente montañosa	6.18	Alta
19	ED 19	2.5494	Muy pequeña	6.4773	2.7078	Muy corto	0.3477	Ligeramente achatada	1.136	Redonda a Oval redonda	184.48	Baja	9.38 %	Fuerte	72.36	Moderadamente montañosa	1.28	Baja
20	ED 20	0.0759	Muy pequeña	1.1178	0.4893	Muy corto	0.31706	Ligeramente achatada	1.136	Redonda a Oval redonda	159.46	Baja	20.24 %	Fuerte	2100.85	Moderadamente montañosa	6.4	Alta
21	ED 21	0.0744	Muy pequeña	1.5709	0.7993	Muy corto	0.11642	Muy poca achatada	1.613	Oval Oblonga a Rec. Oblonga	160.26	Baja	13.83 %	Fuerte	2154.94	Moderadamente montañosa	8.54	Alta
22	ED 22	0.0488	Muy pequeña	1.3478	0.6273	Muy corto	0.12397	Muy poca achatada	1.709	Oval Oblonga a Rec. Oblonga	208.41	Baja	23.73 %	Fuerte	4272.25	Moderadamente montañosa	9.55	Alta
23	ED 23	0.0216	Muy pequeña	1.0414	0.5078	Muy corto	0.08371	Muy poca achatada	1.984	Oval Oblonga a Rec. Oblonga	178.48	Baja	20.69 %	Fuerte	8267.55	Moderadamente montañosa	15.58	Alta
24	ED 24	0.2063	Muy pequeña	1.9458	0.8398	Muy corto	0.29246	Ligeramente achatada	1.200	Redonda a Oval redonda	203.72	Baja	16.25 %	Fuerte	987.67	Moderadamente montañosa	6.4	Alta
25	ED 25	0.0462	Muy pequeña	0.8302	0.3737	Muy corto	0.33049	Ligeramente achatada	1.082	Redonda a Oval redonda	219.87	Baja	22.24 %	Fuerte	4762.73	Moderadamente montañosa	5.44	Alta
26	ED 26	0.0333	Muy pequeña	0.8443	0.3207	Muy corto	0.32408	Ligeramente achatada	1.295	Oval redonda a Oval Oblonga	227.82	Baja	22.31 %	Fuerte	6834.59	Moderadamente montañosa	6.67	Alta
27	ED 27	0.0264	Muy pequeña	0.8707	0.4484	Muy corto	0.13138	Muy poca achatada	1.500	Oval Oblonga a Rec. Oblonga	206.14	Baja	18.84 %	Fuerte	7804.68	Moderadamente montañosa	11.49	Alta
28	ED 28	0.2012	Muy pequeña	2.0338	0.9950	Muy corto	0.20321	Ligeramente achatada	1.270	Oval redonda a Oval Oblonga	231.04	Baja	19.46 %	Fuerte	1148.45	Moderadamente montañosa	4.26	Alta
29	ED 29	0.0503	Muy pequeña	1.4584	0.7239	Muy corto	0.09601	Muy poca achatada	1.821	Oval Oblonga a Rec. Oblonga	245.55	Baja	28.15 %	Fuerte	4880.35	Moderadamente montañosa	7.55	Alta
30	ED 30	0.0235	Muy pequeña	0.7286	0.3423	Muy corto	0.20087	Ligeramente achatada	1.330	Oval redonda a Oval Oblonga	166.29	Baja	32.94 %	Fuerte	7064.86	Moderadamente montañosa	9.38	Alta
31	ED 31	0.1268	Muy pequeña	1.6793	0.8014	Muy corto	0.19739	Ligeramente achatada	1.321	Oval redonda a Oval Oblonga	241.81	Baja	24.00 %	Fuerte	1907.42	Moderadamente montañosa	4.81	Alta
32	ED 32	0.0874	Muy pequeña	1.2965	0.5889	Muy corto	0.252	Ligeramente achatada	1.228	Redonda a Oval redonda	178.26	Baja	24.37 %	Fuerte	2039.7	Moderadamente montañosa	4.42	Alta
33	ED 33	0.5285	Muy pequeña	3.7658	1.6830	Muy corto	0.1866	Ligeramente achatada	1.450	Oval redonda a Oval Oblonga	251.87	Baja	12.79 %	Fuerte	476.54	Moderadamente montañosa	3.8	Alta
34	ED 34	0.2131	Muy pequeña	2.1990	0.9696	Muy corto	0.22667	Ligeramente achatada	1.334	Oval redonda a Oval Oblonga	235.58	Baja	17.20 %	Fuerte	1105.49	Moderadamente montañosa	3.29	Moderada
35	ED 35	0.1470	Muy pequeña	1.7865	0.7600	Muy corto	0.25455	Ligeramente achatada	1.305	Oval redonda a Oval Oblonga	177.64	Baja	21.52 %	Fuerte	1208.27	Moderadamente montañosa	4.24	Alta
36	ED 36	0.0112	Muy pequeña	0.4368	0.1987	Muy corto	0.28292	Ligeramente achatada	1.157	Redonda a Oval redonda	129.42	Baja	3.86 %	Fuerte	11581.08	Moderadamente montañosa	9.53	Alta
37	ED 37	1.5685	Muy pequeña	6.0418	2.6124	Muy corto	0.22983	Ligeramente achatada	1.351	Oval redonda a Oval Oblonga	249.65	Baja	12.34 %	Fuerte	159.16	Moderadamente montañosa	1.78	Baja
38	ED 38	0.0165	Muy pequeña	0.6145	0.2798	Muy corto	0.21012	Ligeramente achatada	1.341	Oval redonda a Oval Oblonga	135.88	Baja	8.50 %	Fuerte	8259.82	Moderadamente montañosa	9.72	Alta
39	ED 39	0.3962	Muy pequeña	3.3009	1.5266	Muy corto	0.17	Muy poca achatada	1.468	Oval redonda a Oval Oblonga	184.23	Baja	17.24 %	Fuerte	465.02	Moderadamente montañosa	3.04	Moderada
40	ED 40	0.0069	Muy pequeña	0.4032	0.2039	Muy corto	0.16629	Muy poca achatada	1.358	Oval redonda a Oval Oblonga	125.73	Baja	10.95 %	Fuerte	18181.71	Moderadamente montañosa	20.51	Alta
41	ED 41	1.1095	Muy pequeña	4.8197	2.2896	Muy corto	0.21166	Ligeramente achatada	1.281	Oval redonda a Oval Oblonga	221.97	Baja	15.38 %	Fuerte	200.06	Moderadamente montañosa	1.87	Baja
42	ED 42	0.0251	Muy pequeña	0.9152	0.4664	Muy corto	0.11549	Muy poca achatada	1.617	Oval Oblonga a Rec. Oblonga	131.32	Baja	15.69 %	Fuerte	5226.88	Moderadamente montañosa	9.27	Alta
43	ED 43	0.0759	Muy pequeña	1.3857	0.7014	Muy corto	0.15426	Muy poca achatada	1.408	Oval redonda a Oval Oblonga	145.95	Baja	20.03 %	Fuerte	1923.11	Moderadamente montañosa	5.56	Alta
44	ED 44	0.1883	Muy pequeña	2.2476	0.4210	Muy corto	1.06237	Moderadamente achatada	1.450	Oval redonda a Oval Oblonga	166.44	Baja	18.72 %	Fuerte	884.06	Moderadamente montañosa	0.77	Baja
45	ED 45	0.0447	Muy pequeña	0.9687	1.0553	Muy corto	0.04017	Muy poca achatada	1.282	Oval redonda a Oval Oblonga	115.91	Baja	16.02 %	Fuerte	2591.13	Moderadamente montañosa	13.54	Alta

Fuente: Elaboración propia

3.4. Análisis hidrológico

Para realizar el análisis hidrológico, se seleccionaron los datos registrados por la estación de San Carlos, ya que esta presenta la mayor influencia sobre la zona de estudio. La selección de esta estación se realizó empleando el método del polígono de Thiessen, el cual permite delimitar las áreas de influencia de cada estación meteorológica en función de su proximidad geográfica. Este enfoque garantiza que los datos utilizados representen de manera precisa las condiciones climáticas predominantes en la región analizada.

De acuerdo con el análisis realizado mediante este método, la estación de San Carlos es la única con influencia directa sobre la zona de estudio, destacada en color rojo en la *Figura 39.*. Por lo tanto, los datos obtenidos de esta estación son los más representativos para evaluar las características hidrológicas de la cuenca, como los patrones de precipitación y escorrentía, necesarios para desarrollar un modelo confiable y ajustado a las condiciones locales.

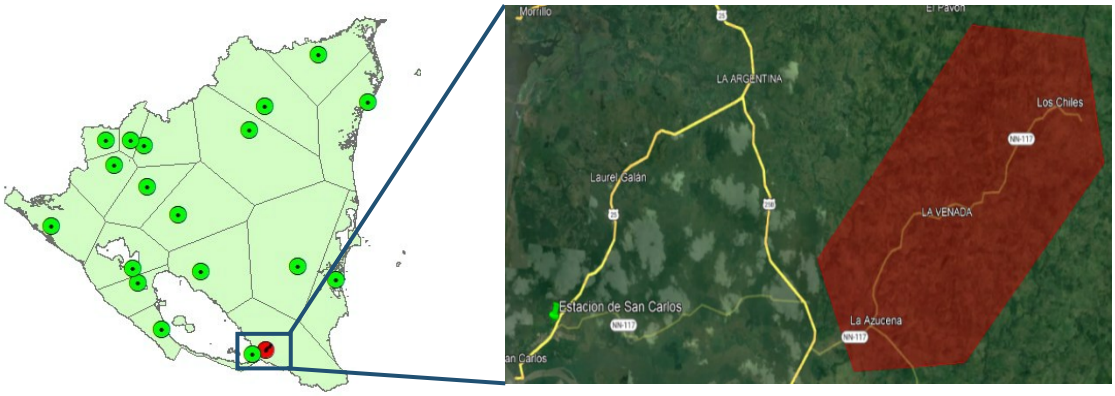


Figura 39. Polígono de Thiessen en estaciones meteorológicas

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, también se comprobó mediante la distancia relativa partiendo de las coordenadas de las estaciones meteorológicas, constatando que la estación de San Carlos está a tan solo 18.848 km del área de estudio, y es la que más influencia, en la *Tabla 6* se muestran los resultados de estación y su distancia relativa.

Tabla 6. **Zona de influencia mediante distancia**

N°	Estación Meteorológica	X	Y	Distancia (Km)
1	Puerto Cabeza	891619	1555897	342.867
2	Bluefiled	851105	1327379	125.913
3	Bonanza	759949	1550708	312.199
4	Siuna	740599	1520266	282.555
5	El Rama	802559	1345609	114.552
6	Torrre1	828995	1616296	383.692
7	Ocotal	556606	1506315	337.435
8	Condega	566571	1474756	306.534
9	Quilallí	605128	1500196	305.048
10	San Isidro	587435	1506399	319.687
11	Chinandega	485520	1396592	318.393
12	Masaya	597440	1324500	185.582
13	Managua	591003	1342543	200.069
14	Rivas	627269	1264335	137.085
15	**San Carlos**	743979	1232563	18.884
16	Juigalpa	677759	1338143	130.405
17	Muy	649079	1411359	206.406
18	Jinotega	608771	1446751	258.478
19	A. ESTUDIO	891619	1555897	–

Fuente: Elaboración propia

3.4.1. Construcción de curvas IDF

Para la construcción de las curvas IDF se parte de los de los parámetros ya ajustados por métodos estadísticos de la estación correspondiente, y se calcula la intensidad de lluvia para distintos períodos de duración y de tiempo de retorno usando la *Ecuación 9*.

$$\mathrm{I} = \frac{A}{(T+d)^{b}} \qquad \textit{Ecuación 9}$$

Donde:

A, d, b: son factores para cada estación meteorológicas

T: Tiempo de duración de la lluvia (nota: para la construcción de la curva IDF se utilizó T= 5, 10, 15, 30, 60, 120 y 360 min).

De acuerdo a la Estación de San Carlos, INETER proporcionó los parámetros de ajuste mostrados en el *Anexo A. 10* con un periodo de recopilación de datos de 32 años (1987-2019), donde se obtuvo las intensidades que se muestran en la *Tabla 7*, haciendo uso de la *Ecuación 9*.

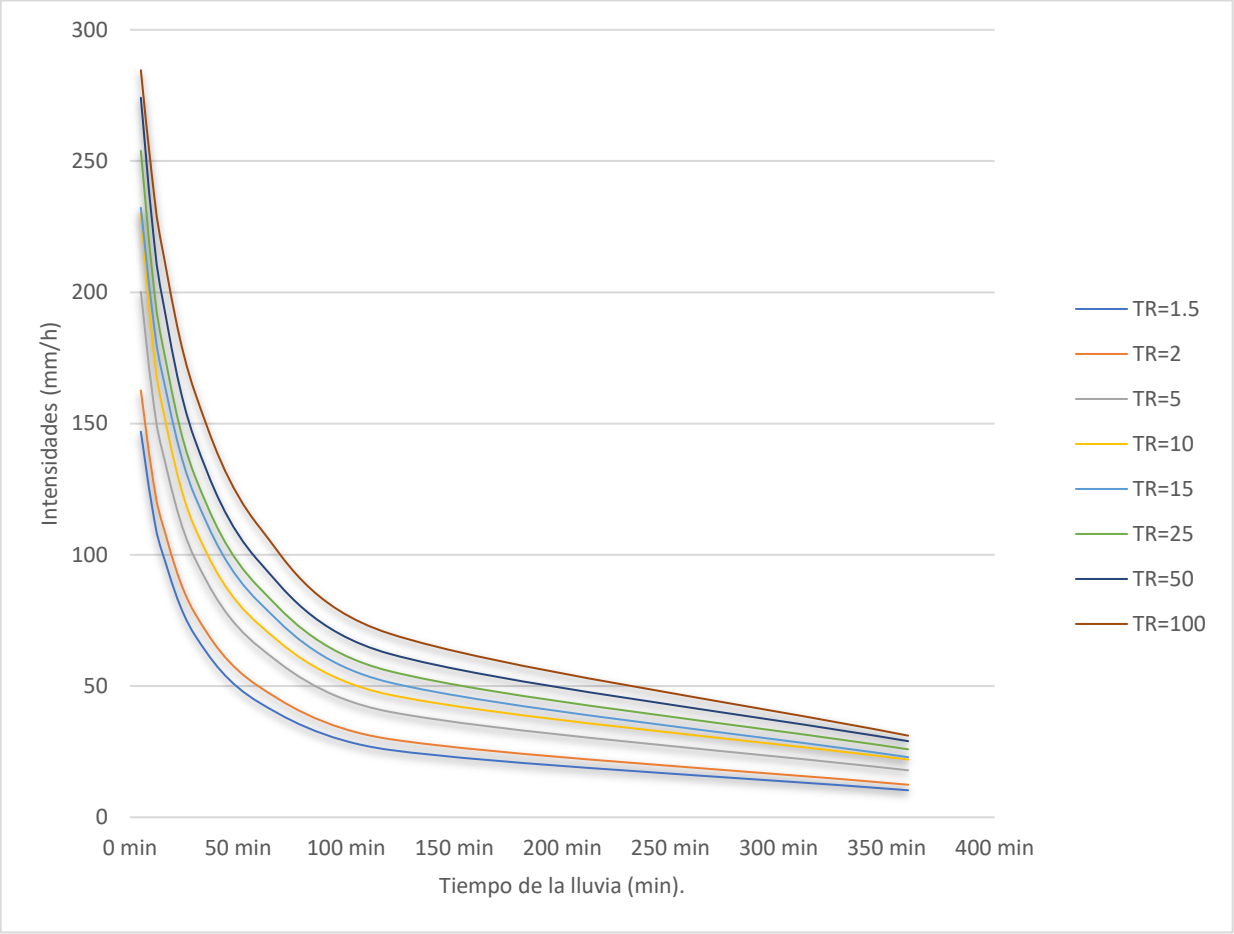
Tabla 7. Intensidades (mm/h)

Periodo Retorno (Tr) años	Tiempo en Minuto						
	5 min	10 min	15 min	30 min	60 min	120 min	360 min
1.5	146.9	119.3	100.7	69.4	43.6	25.7	10.3
2	162.6	132.1	111.8	77.7	49.6	29.8	12.4
5	200.2	163.6	139.4	98.6	64.7	40.2	17.9
10	230.1	184.8	156.3	110.3	73.2	46.7	22
15	232.2	194.7	168.6	122.4	81.7	51.4	22.9
25	253.9	209.8	180.3	130	87.3	55.7	25.9
50	274.1	228.6	197.6	143.8	97.1	62.3	29
100	284.6	245.3	216.4	161.9	110.4	70	31.1

Fuente: Elaboración propia

A partir de la *Tabla 7*, se obtiene como resultado las Curvas IDF para cada uno de los periodos de retorno, como se puede observar en la *Figura 40*.

Figura 40. ***Curvas IDF de la estación de San Carlos***



Fuente: Elaboración propia

3.4.2. Estimación de caudal para cuencas menores

Habiendo caracterizado las cuencas se identificaron los drenajes menores y drenajes mayores, donde las cuencas cuya área superficial sea menor a 3 km^2 será catalogada como drenaje menor.

De acuerdo a las limitaciones del método todas las cuencas a excepción ED-2 son drenajes menores, sin embargo, el Manual del SIECA 2016, menciona que se puede usar este método relacional hasta un área de 12km^2 siempre y cuando se compruebe con métodos alternativos.

- **Intensidades de lluvia**

Para el cálculo de la intensidad de lluvia a utilizar en el método racional se pueden utilizar las curvas IDF, interceptando el valor del tiempo de concentración para diferente tiempo de retorno, obteniendo así la intensidad de lluvia de diseño, o en su defecto usar la *Ecuación 9*.

Solamente que se igualará $T = t_c$ en la *Ecuación 9*, así esta supone una consideración del caso más crítico el diseño, ya que para:

- $T < t_c$, la precipitación aún no habrá alcanzado su máximo impacto en el flujo de salida.
- $T > t_c$, la intensidad de la lluvia será menor y no representará el evento de diseño más crítico.

t_c*:* Tiempo de concentración de la cuenca

Y el tiempo de concentración será obtenido con la ecuación de kripich-ramser, descrita a continuación:

$$t_c = 0.0195\left(\frac{L^3}{\Delta H}\right)^{0.385} \qquad \textit{Ecuación 10}$$

Donde:
L: Es la longitud más larga del cauce principal en m.
ΔH*:* Diferencia de altura en m.

La intensidad obtenida será afectada por un factor de cambio climático **Kcc** que se obtiene de la tabla mostrada en *Anexo A. 11*

Por lo tanto, se muestra una ejemplificación de cálculo para la cuenca ED-1

Tiempo de concentración:

$$t_c = 0.0195\left(\frac{(2114.662\ )^3}{122\ -64}\right)^{0.385} = 28.2988\ min$$

Intensidad de lluvia, para ello de acuerdo al MTI el periodo de diseño es de 25 años, para alcantarillas y cajas de drenaje menor debido a que la carretera da acceso a servicios esenciales, por lo tanto, se consideró como una carretera tipo 1.

$$\mathrm{I}_{i25} = \frac{2066.5}{(28.2988 + 12)^{0.74}} = 134.0662 \ mm/h$$

Las intensidades deben ser afectadas por el coeficiente de cambio climático explicado anteriormente, eligiendo el período de retorno de 25 años y una importancia de la carretera de P70.

$$K_{cc} \cdot \mathrm{I}_{25} = 1.19 * 134.0662 \ mm/h = 159.5287 \ mm/h$$

Los resultados para la demás alcantarilla se presentan en la *Tabla 8 y Tabla 9*

Tabla 8 **Intensidades máximas de lluvia para cada cuenca (mm/h)**

ID	tc (min)	I 10 (mm/h)	I 25 (mm/h)	I 50 (mm/h)	ID	tc (min)	I 10 (mm/h)	I 25 (mm/h)	I 50 (mm/h)
ED 1	28.30	113.86	134.07	148.15	ED 24	7.25	206.78	231.64	251.25
ED 2	45.15	87.12	103.52	114.97	ED 25	5.00	230.10	253.92	274.13
ED 3	7.68	202.93	227.88	247.36	ED 26	5.00	230.10	253.92	274.13
ED 4	5.55	223.80	247.99	268.07	ED 27	5.00	230.10	253.92	274.13
ED 5	6.03	218.65	243.09	263.05	ED 28	7.50	204.47	229.39	248.93
ED 6	13.81	162.06	186.42	204.05	ED 29	5.14	228.41	252.34	272.52
ED 7	6.35	215.41	239.99	259.85	ED 30	5.00	230.10	253.92	274.13
ED 8	8.30	197.67	222.70	242.00	ED 31	5.88	220.25	244.62	264.61
ED 9	5.00	230.10	253.92	274.13	ED 32	5.00	230.10	253.92	274.13
ED 10	5.00	230.10	253.92	274.13	ED 33	14.67	157.80	181.94	199.32
ED 11	5.00	230.10	253.92	274.13	ED 34	8.06	199.66	224.66	244.04
ED 12	5.00	230.10	253.92	274.13	ED 35	5.93	219.72	244.12	264.10
ED 13	5.39	225.63	249.72	269.84	ED 36	5.00	230.10	253.92	274.13
ED 14	16.33	150.31	173.99	190.90	ED 37	19.76	137.23	159.90	175.90
ED 15	5.00	230.10	253.92	274.13	ED 38	5.00	230.10	253.92	274.13
ED 16	5.30	226.59	250.63	270.76	ED 39	11.28	176.35	201.23	219.62
ED 17	5.98	219.14	243.57	263.53	ED 40	5.00	230.10	253.92	274.13
ED 18	5.00	230.10	253.92	274.13	ED 41	16.58	149.25	172.87	189.70
ED 19	23.84	124.74	146.21	161.23	ED 42	5.00	230.10	253.92	274.13
ED 20	5.00	230.10	253.92	274.13	ED 43	5.75	221.67	245.97	266.00
ED 21	7.55	204.08	229.01	248.53	ED 44	5.00	230.10	253.92	274.13
ED 22	5.00	230.10	253.92	274.13	ED 45	8.10	199.35	224.35	243.72
ED 23	5.00	230.10	253.92	274.13					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9 **Intensidades máximas afectadas por el cambio climático (mm/h)**

ID	Kcc*I 10 (mm/h)	Kcc* I 25 (mm/h)	Kcc* I 50 (mm/h)	ID	Kcc*I 10 (mm/h)	Kcc* I 25 (mm/h)	Kcc* I 50 (mm/h)
ED 1	129.796	159.539	185.191	ED 24	235.726	275.65	314.065
ED 2	99.314	123.193	143.712	ED 25	262.312	302.169	342.667
ED 3	231.338	271.171	309.204	ED 26	262.312	302.169	342.667
ED 4	255.134	295.113	335.088	ED 27	262.312	302.169	342.667
ED 5	249.259	289.28	328.806	ED 28	233.101	272.974	311.161
ED 6	184.751	221.842	255.062	ED 29	260.392	300.29	340.651
ED 7	245.563	285.584	324.818	ED 30	262.312	302.169	342.667
ED 8	225.344	265.007	302.497	ED 31	251.087	291.1	330.768
ED 9	262.312	302.169	342.667	ED 32	262.312	302.169	342.667
ED 10	262.312	302.169	342.667	ED 33	179.895	216.513	249.15
ED 11	262.312	302.169	342.667	ED 34	227.613	267.347	305.045
ED 12	262.312	302.169	342.667	ED 35	250.481	290.498	330.119
ED 13	257.22	297.171	337.301	ED 36	262.312	302.169	342.667
ED 14	171.35	207.052	238.623	ED 37	156.437	190.283	219.872
ED 15	262.312	302.169	342.667	ED 38	262.312	302.169	342.667
ED 16	258.31	298.245	338.455	ED 39	201.044	239.463	274.526
ED 17	249.824	289.844	329.414	ED 40	262.312	302.169	342.667
ED 18	262.312	302.169	342.667	ED 41	170.147	205.712	237.128
ED 19	142.207	173.985	201.535	ED 42	262.312	302.169	342.667
ED 20	262.312	302.169	342.667	ED 43	252.701	292.704	332.495
ED 21	232.654	272.517	310.666	ED 44	262.312	302.169	342.667
ED 22	262.312	302.169	342.667	ED 45	227.256	266.979	304.644
ED 23	262.312	302.169	342.667				

Fuente: Elaboración propia

- **Coeficiente de escorrentía**

La tabla a tomar en cuenta para los valores de C será la proporcionada por el SIECA en su Manual de Consideraciones Hidrológicas e Hidráulica, (Ver *Anexo A. 12*) donde el valor de C será tomado como:

$$C = U_s + T_s + P + A_s \qquad \textit{Ecuación 11}$$

Donde:

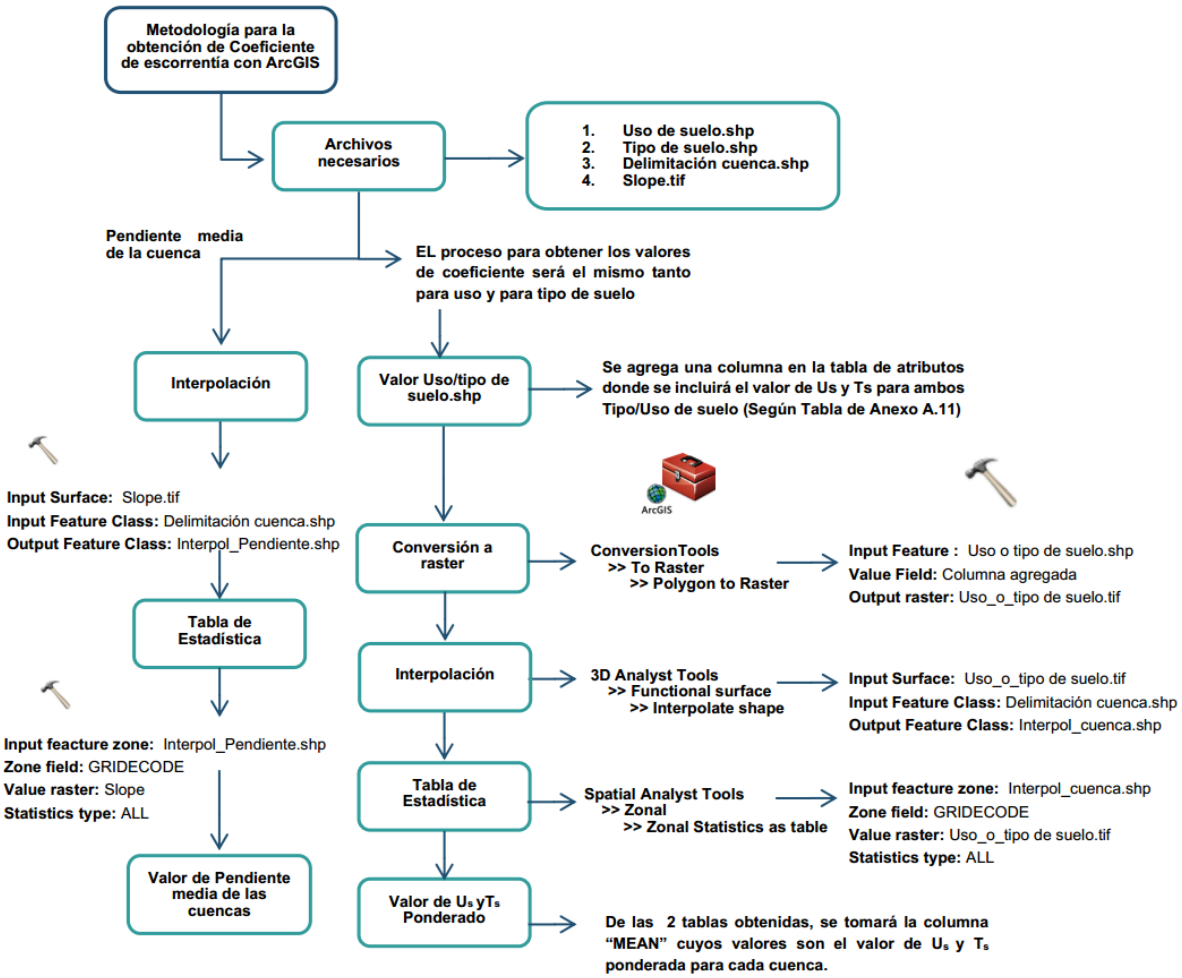
U_s:Valor de Uso de suelo

T_s:Valor de Tipo de suelo

P: Valor asociado a la Pendiente

A_s:Valor de Almacenaje superficial

Figura 41. Metodología para obtención de Us, Ts y pendiente media de la cuenca



Fuente: Elaboración propia

Para obtener el valor de P, se hará a partir de la pendiente media de la cuenca, y según las condiciones de la *Tabla 10* se le asignará el valor correspondiente.

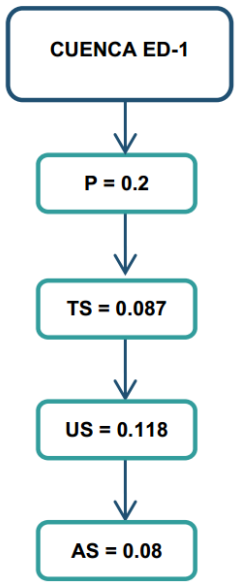
Ahora bien, el valor del almacenaje superficial o As se tomará a criterio, teniendo en cuenta todos los factores que involucran que el agua se almacene en un sector cuando sucede una tormenta, es decir que exista un encharcamiento, para lograr esto, se analizan los mapas de pendiente, de uso de suelo y de tipo de suelo.

ejemplificando para la cuenca ED- 1:

La pendiente promedio de la cuenca es de 9.326 % por lo tanto el valor de P es de 0.20 siendo este un relieve normal (Ver *Figura 42*), por otra parte, el factor de encharcamiento se estimó a partir de la influencia de los demás factores, analizando también el uso y tipo de suelo.

Figura 42. Proceso de elección del factor AS

TIPOS DE CUENCA	EXTREMO	ALTO	NORMAL	BAJO
RELIEVE	0.28 - 0.35 Empinado, Terreno escarpado, terreno con pendientes promedios por encima del 30%	0.20 - 0.28 Montañoso, con pendientes promedios del 10 al 30%	0.14 - 0.20 Ondulado con pendientes promedio del 5 al 10%	0.08 - 0.14 Tierras relativamente planas, con pendientes promedio del 0 al 5%
INFILTRACIÓN DEL SUELO	0.12 - 0.16 Cubierta de suelo ineficiente, con cualquiera de las dos rocas o manto de suelo delgado de capacidad de infiltración despreciable	0.08 - 0.12 Lento por tomar agua, arcilla o tierra negra, suelos superficiales de baja capacidad de infiltración, imperfecta o pobremente drenados	0.06 - 0.08 Normal, suelos con textura de suelos ligeros a medianamente bien drenados, arenas arcillosas, limos y limos arcillosos	0.04 - 0.06 Altos, arenas profundas u otros suelos que guardan agua rápidamente, suelos muy ligeros bien drenados
COBERTURA VEGETAL	0.12 - 0.16 Cubierta de plantas ineficientes, desnudos o muy dispersa	0.08 - 0.12 De malo a regular cultivos limpios, o cubierta natural pobre, menos que el 20% del área de drenaje con buena cobertura	0.06 - 0.08 De regular a bueno, alrededor del 50% del área con tierras cubiertas de grama o bosques, no más del 50% con áreas en la producción de cosechas	0.04 - 0.06 Buena a excelente acerca del 90% del área de drenaje con buenos pastizales, bosques o alboreadas con cubiertas equivalentes
AALMACENAJE SUPERFICIAL	0.10 - 0.12 Depresiones superficiales despreciables pocas y planas; drenajes empinados y cortos sin pantanos	0.0[illegible] - 0.1 0 Bajo sistemas cortos de drenaje bien definidos, sin lagunas ni pantanos	0.06- 0.08 Normal, considerable depresiones superficiales, lagos y lagunas y pantanos	0.04 - 0.06 Alta, superficie de almacenaje alto, sistema de drenaje no bruscamente definido, grandes planicies de inundación o gran número de lagunas o pantanos



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la *Figura 42*, el factor As se estimó debido a que tanto como el factor P y Ts se encuentra en normal, sin embargo, Us se encuentra en alto, no obstante, predomina el normal, As=0.08.

$$C = 0.08 + 0.118 + 0.087 + 0.20 = 0.485$$

Los resultados obtenidos de todos los factores y coeficiente de escorrentía de cada una de las cuencas se muestran en la *Tabla 10*.

Tabla 10. **Coeficiente de escorrentía**

ID Cuenca	P	US	TS	AS	C	ID Cuenca	P	US	TS	AS	C
ED 1	0.20	0.12	0.09	0.08	0.49	**ED 24**	0.28	0.11	0.08	0.10	0.57
ED 2	0.28	0.11	0.08	0.08	0.56	**ED 25**	0.35	0.12	0.08	0.12	0.67
ED 3	0.20	0.12	0.12	0.10	0.54	**ED 26**	0.35	0.12	0.08	0.12	0.67
ED 4	0.14	0.12	0.12	0.10	0.48	**ED 27**	0.28	0.12	0.08	0.12	0.60
ED 5	0.14	0.12	0.12	0.10	0.48	**ED 28**	0.28	0.11	0.08	0.10	0.57
ED 6	0.14	0.12	0.12	0.10	0.48	**ED 29**	0.28	0.12	0.08	0.12	0.60
ED 7	0.20	0.12	0.08	0.10	0.50	**ED 30**	0.35	0.12	0.08	0.12	0.67
ED 8	0.28	0.12	0.08	0.10	0.58	**ED 31**	0.28	0.12	0.08	0.12	0.60
ED 9	0.20	0.12	0.08	0.10	0.50	**ED 32**	0.28	0.12	0.08	0.12	0.60
ED 10	0.28	0.12	0.08	0.12	0.60	**ED 33**	0.28	0.12	0.08	0.12	0.60
ED 11	0.28	0.11	0.08	0.12	0.59	**ED 34**	0.28	0.12	0.08	0.12	0.60
ED 12	0.28	0.12	0.08	0.12	0.60	**ED 35**	0.28	0.11	0.08	0.12	0.60
ED 13	0.20	0.12	0.08	0.10	0.50	**ED 36**	0.20	0.08	0.08	0.10	0.46
ED 14	0.28	0.12	0.08	0.10	0.58	**ED 37**	0.28	0.11	0.08	0.10	0.57
ED 15	0.20	0.16	0.08	0.10	0.54	**ED 38**	0.28	0.10	0.08	0.10	0.56
ED 16	0.20	0.12	0.08	0.10	0.50	**ED 39**	0.28	0.12	0.08	0.10	0.58
ED 17	0.28	0.12	0.08	0.12	0.60	**ED 40**	0.28	0.12	0.08	0.10	0.58
ED 18	0.28	0.12	0.08	0.12	0.60	**ED 41**	0.28	0.12	0.08	0.12	0.60
ED 19	0.28	0.11	0.08	0.12	0.59	**ED 42**	0.28	0.12	0.08	0.10	0.58
ED 20	0.35	0.08	0.08	0.12	0.63	**ED 43**	0.28	0.12	0.08	0.12	0.60
ED 21	0.28	0.10	0.08	0.12	0.58	**ED 44**	0.28	0.12	0.08	0.12	0.60
ED 22	0.28	0.08	0.08	0.12	0.56	**ED 45**	0.28	0.12	0.08	0.12	0.60
ED 23	0.28	0.12	0.08	0.12	0.60						

Fuente: Elaboración propia

- **Determinación del caudal**

Para el cálculo del caudal máximo probable de las cuencas menores se aplicó el método racional, usando la *Ecuación 12*.

$$Q = 0.278\ C\ I\ A \qquad \textit{Ecuación 12}$$

Donde:

Q: Descarga máxima, m^3/s.

C: Coeficiente de Escorrentía

I: Intensidades Máxima, mm/hora.

A: Área de la cuenca, Km^2.

De acuerdo a los datos de intensidades y coeficiente de escorrentía ejemplificado para la cuenca ED-1, se hace uso de la *Ecuación 12*.

$$Q_{25} = 0.278 * 0.485 * 159.539 mm/h * 1.084 km^2 = 23.326\ \frac{m^3}{s}$$

En la Tabla 11, se muestra el resumen de todos los caudales para cada una de las alcantarillas, de acuerdo a su periodo de diseño.

Tabla 11. Caudales máximo probable

ID Cuenca	Q10 (mcs)	Q25 (mcs)	Q50 (mcs)	ID Cuenca	Q10 (mcs)	Q25 (mcs)	Q50 (mcs)
ED 1	18.977	23.326	27.077	**ED 24**	7.680	8.980	10.232
ED 2	93.967	116.560	135.974	**ED 25**	2.256	2.598	2.946
ED 3	0.951	1.115	1.272	**ED 26**	1.629	1.876	2.128
ED 4	0.784	0.907	1.030	**ED 27**	1.156	1.331	1.510
ED 5	1.076	1.249	1.420	**ED 28**	7.372	8.633	9.841
ED 6	2.705	3.248	3.735	**ED 29**	2.170	2.503	2.839
ED 7	1.037	1.206	1.372	**ED 30**	1.150	1.325	1.502
ED 8	4.762	5.600	6.392	**ED 31**	5.305	6.151	6.989
ED 9	0.288	0.331	0.376	**ED 32**	3.824	4.405	4.995
ED 10	0.968	1.115	1.264	**ED 33**	15.858	19.085	21.962
ED 11	0.641	0.738	0.837	**ED 34**	8.091	9.503	10.843
ED 12	4.738	5.458	6.189	**ED 35**	6.090	7.063	8.027
ED 13	0.841	0.971	1.103	**ED 36**	0.375	0.432	0.490
ED 14	11.602	14.019	16.156	**ED 37**	39.074	47.528	54.919
ED 15	0.203	0.233	0.265	**ED 38**	0.666	0.767	0.870
ED 16	2.859	3.301	3.746	**ED 39**	12.826	15.277	17.514
ED 17	3.173	3.681	4.184	**ED 40**	0.292	0.337	0.382
ED 18	0.934	1.076	1.220	**ED 41**	31.363	37.918	43.709
ED 19	59.663	72.995	84.553	**ED 42**	1.063	1.224	1.388
ED 20	3.490	4.020	4.559	**ED 43**	3.199	3.705	4.209
ED 21	2.775	3.250	3.705	**ED 44**	8.237	9.489	10.761
ED 22	1.999	2.302	2.611	**ED 45**	1.697	1.993	2.274
ED 23	0.938	1.080	1.225				

Fuente: Elaboración propia

3.4.3. Estimación de caudal para cuencas mayores

Este caudal de acuerdo a los resultados obtenidos que se presentan en la sección 3.4.2 para la cuenca ED-2, se usó de manera de comprobación para el uso de drenaje mayor con el método racional, siempre y cuando el área de la cuenca no sobrepase los 12 Km^2, el método que se utilizó para determinar el caudal de drenaje mayor es el Método de tránsito de avenidas, con la ayuda del método SCS, donde se utilizó la herramienta de ArcGIS; HecGeo-Hms para, posteriormente exportar los datos ah Hec-HMS y determinar el caudal.

- **Elaboración de hietograma de lluvia**

Para realizar el hietograma se necesitó las precipitaciones, para ello se utilizó el método de bloque alterno, que se utiliza para la representación gráfica de tormentas a partir de las intensidades máximas de lluvia.

- **Bloque alterno**

Para obtener las intensidades máximas fueron utilizados los valores de ajustes para los periodos de retorno de 25,50 y 100 años expresados en el *Anexo A. 10* y haciendo uso de la *Ecuación 9*, con la única diferencia que los tipos de concentración de la lluvia, se hizo cada 30 minutos durante 6 horas, esto con el fin de calcular las intensidades en un dicho tiempo.

Por otra parte, se utilizaron los factores de cambio climático especificados en el *Anexo A. 11,* para cada uno de las intensidades en su periodo de retorno. Por consiguiente, se calculó los datos de profundidad que se producen debido a la lluvia dada, haciendo uso de la *Ecuación 13.*

$$Prof_{acum} = Icc * D \qquad \textit{Ecuación 13}$$

Donde:

$Prof_{acum}$*:* Profundidad acumulada mm.

D: Es la duración de cada intervalo en Horas.

Icc: Intensidades Máxima, afectada por el cambio climático, mm/hora.

Dado a que la profundidad debido al tiempo se ira acumulando, se calculó la profundidad neta para cada intervalo de tiempo, utilizando la Ecuación 14.

$$Prof = Prof_{acum\ i} - Prof_{acum\ i-1} \qquad \textit{Ecuación 14}$$

Donde:

Prof: Profundidad neta mm.

i: Es el intervalo estudiado

i-1: Es el intervalo anterior al estudiado.

Posteriormente se ordenan los datos, comenzando de abajo hacia arriba poniendo el primer valor en la parte de abajo, el siguiente en la parte de arriba y el proceso se vuelve a repetir como se observa en la *Figura 43*.

Figura 43. Orden de datos de precipitación para la elaboración de hietograma

Profundidad (mm)
77.35
26.53
16.42
12.26
9.94
8.15
7.2
6.37
6.06
5.24
4.46
4.94



Precipitacion (mm)
4.46
6.06
7.2
9.94
16.42
77.35
26.53
12.26
8.15
6.37
5.24
4.94

Fuente: Elaboración propia

- **Resultados de hietograma de lluvia**

El proceso de cálculo que se realizó de muestra para un tiempo de concentración de 60 min y a su vez un periodo de retorno de 25 años, está de manera de ejemplificación de cálculos para justificar lo explicado anteriormente.

- ✓ Intensidades

Para el cálculo de las intensidades se utilizó la *Ecuación 9*.a como se explicó en la metodología.

$$\mathrm{I}_{i25} = \frac{2066.5}{(30+12)^{0.74}} = 130\ \frac{mm}{h}$$

$$\mathrm{I}_{iCC25} = 130 * 1.19 = 154.7\ \frac{mm}{h}$$

- ✓ Profundidad acumulada

En esta sección se presentan los resultados producto de la *Ecuación 13*.

$$Prof_{acum} = 154.7\ \frac{mm}{h} * \frac{30}{60}\ h = 77.35\ mm$$

- ✓ Profundidad neta

En este apartado se utilizó la *Ecuación 14*, y el resultado obtenido es el siguiente

$$Prof = 77.35\ mm - 0 = 77.35\ mm$$

Luego de los cálculos anterior mente ejemplificados esto se realizó para cada tiempo de concentración y periodo de diseño, a continuación, se muestran los hietogramas con sus respectivos datos.

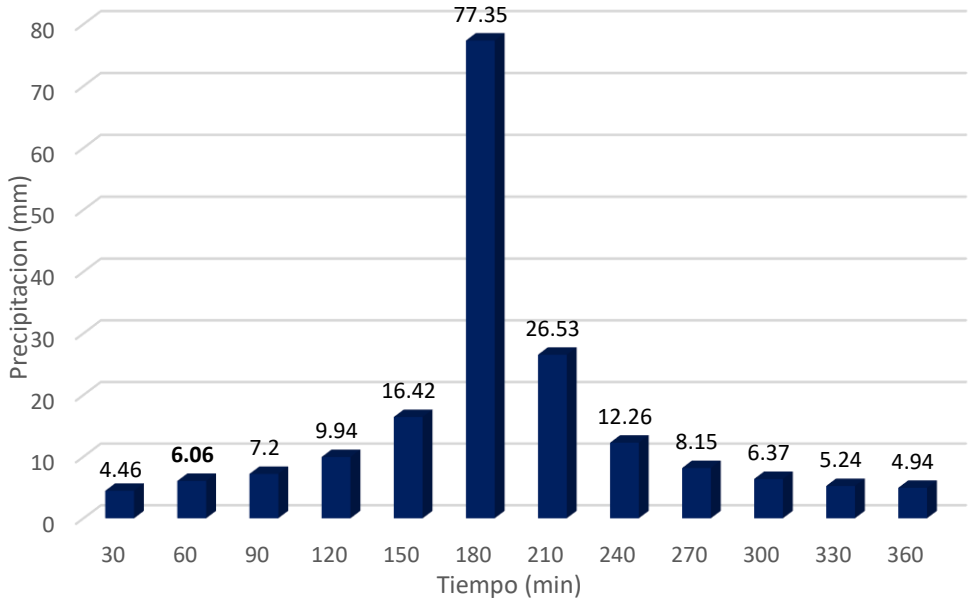
Tr=25 años

Tabla 12. Precipitaciones de la cuenca ED-2, Tr=25 años

Duración (min)	t_i	t_f	I (mm/h)	I*Kcc (mm/h)	P. Acum (mm)	Profun (mm)	Precipitación (mm)
30	0	30	130.000	154.700	77.350	77.350	4.460
60	30	60	87.300	103.887	103.880	26.530	6.060
90	60	90	67.400	80.206	120.300	16.420	7.200
120	90	120	55.700	66.283	132.560	12.260	9.940
150	120	150	47.900	57.001	142.500	9.940	16.420
180	150	180	42.200	50.218	150.650	8.150	77.350
210	180	210	37.900	45.101	157.850	7.200	26.530
240	210	240	34.500	41.055	164.220	6.370	12.260
270	240	270	31.800	37.842	170.280	6.060	8.150
300	270	300	29.500	35.105	175.520	5.240	6.370
330	300	330	27.500	32.725	179.980	4.460	5.240
360	330	360	25.900	30.821	184.920	4.940	4.940

Fuente: Elaboración propia

Figura 44. ***Hietograma de lluvia de la cuenca ED-2, Tr= 25 años***



Fuente: Elaboración propia

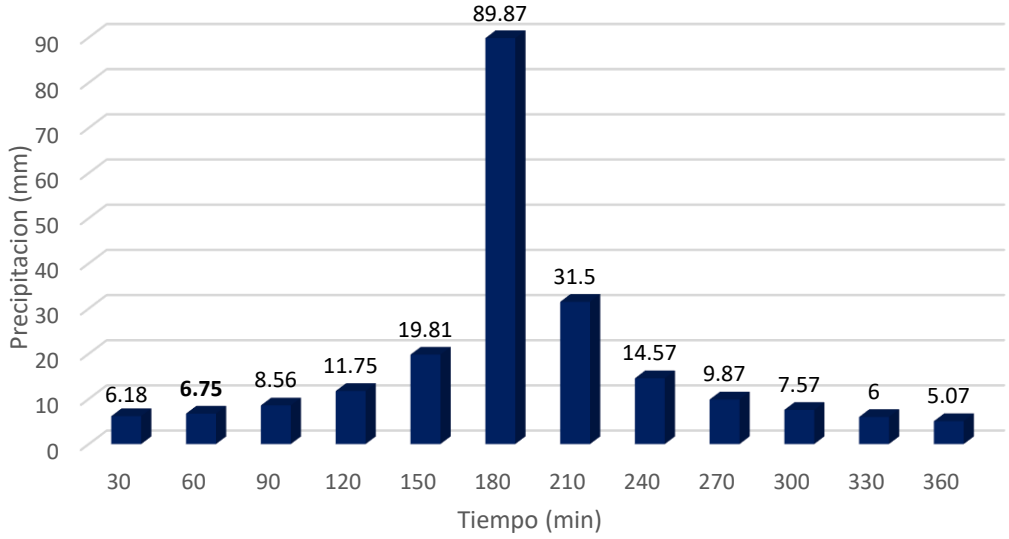
Tr= 50 años

Tabla 13. **Precipitaciones de la cuenca ED-2, Tr=50 años**

Duración (min)	t_i	t_f	I (mm/h)	I*Kcc (mm/h)	P. Acum (mm)	Profun (mm)	Precipitación (mm)
30	0	30	143.8	179.75	89.87	89.87	6.18
60	30	60	97.1	121.375	121.37	31.5	6.75
90	60	90	75.3	94.125	141.18	19.81	8.56
120	90	120	62.3	77.875	155.75	14.57	11.75
150	120	150	53.6	67	167.5	11.75	19.81
180	150	180	47.3	59.125	177.37	9.87	89.87
210	180	210	42.5	53.125	185.93	8.56	31.5
240	210	240	38.7	48.375	193.5	7.57	14.57
270	240	270	35.6	44.5	200.25	6.75	9.87
300	270	300	33	41.25	206.25	6	7.57
330	300	330	30.9	38.625	212.43	6.18	6
360	330	360	29	36.25	217.5	5.07	5.07

Fuente: Elaboración propia

Figura 45. ***Hietograma de lluvia de la cuenca ED-2, Tr= 50 años***



Fuente: Elaboración propia

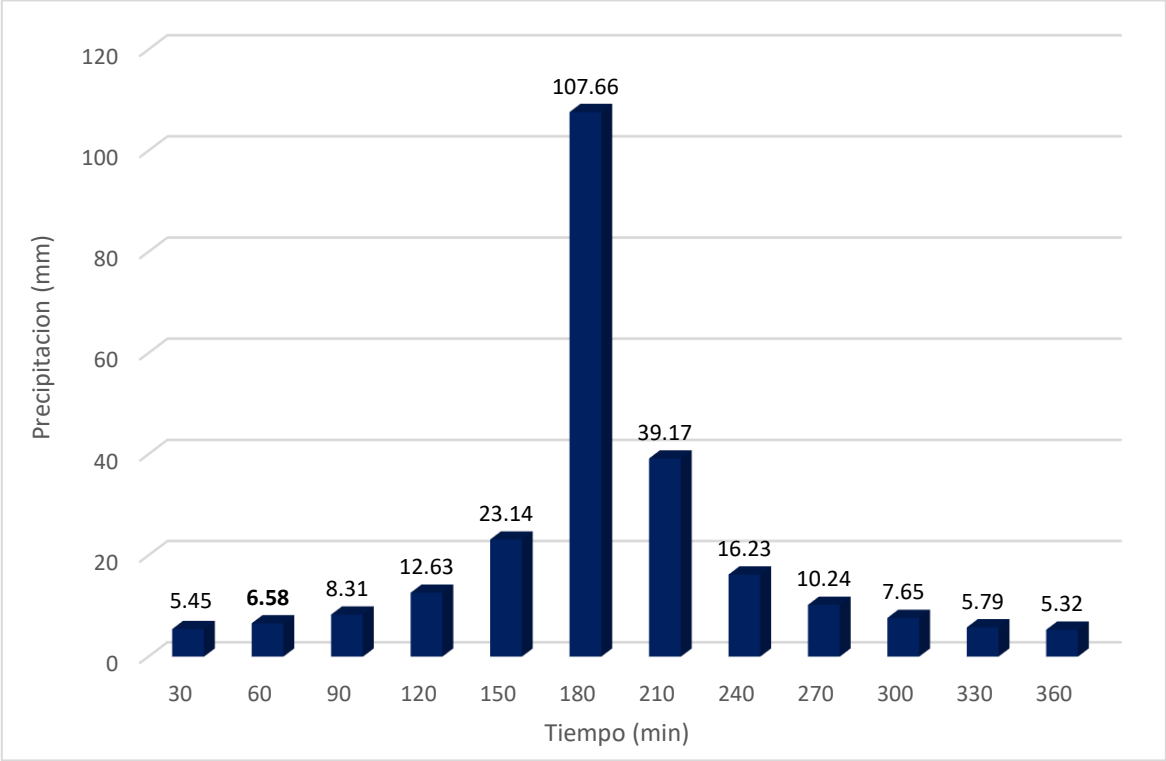
Tr= 100 años

Tabla 14. **Precipitaciones de la cuenca ED-2, Tr=100 años**

Duración (min)	Tiempo inicial	Tiempo final	Intensidad (mm/h)	Intensidadcc (mm/h)	Profundidad Acum (mm)	Profundidad (mm)	Precipitación (mm)
30	0	30	161.9	215.327	107.66	107.66	5.45
60	30	60	110.4	146.832	146.83	39.17	6.58
90	60	90	85.2	113.316	169.97	23.14	8.31
120	90	120	70	93.1	186.2	16.23	12.63
150	120	150	59.8	79.534	198.83	12.63	23.14
180	150	180	52.4	69.692	209.07	10.24	107.66
210	180	210	46.7	62.111	217.38	8.31	39.17
240	210	240	42.3	56.259	225.03	7.65	16.23
270	240	270	38.7	51.471	231.61	6.58	10.24
300	270	300	35.7	47.481	237.4	5.79	7.65
330	300	330	33.2	44.156	242.85	5.45	5.79
360	330	360	31.1	41.363	248.17	5.32	5.32

Fuente: Elaboración propia

Figura 46. ***Gráfico 9. Hietograma de lluvia de la cuenca ED-2, Tr= 100 años***



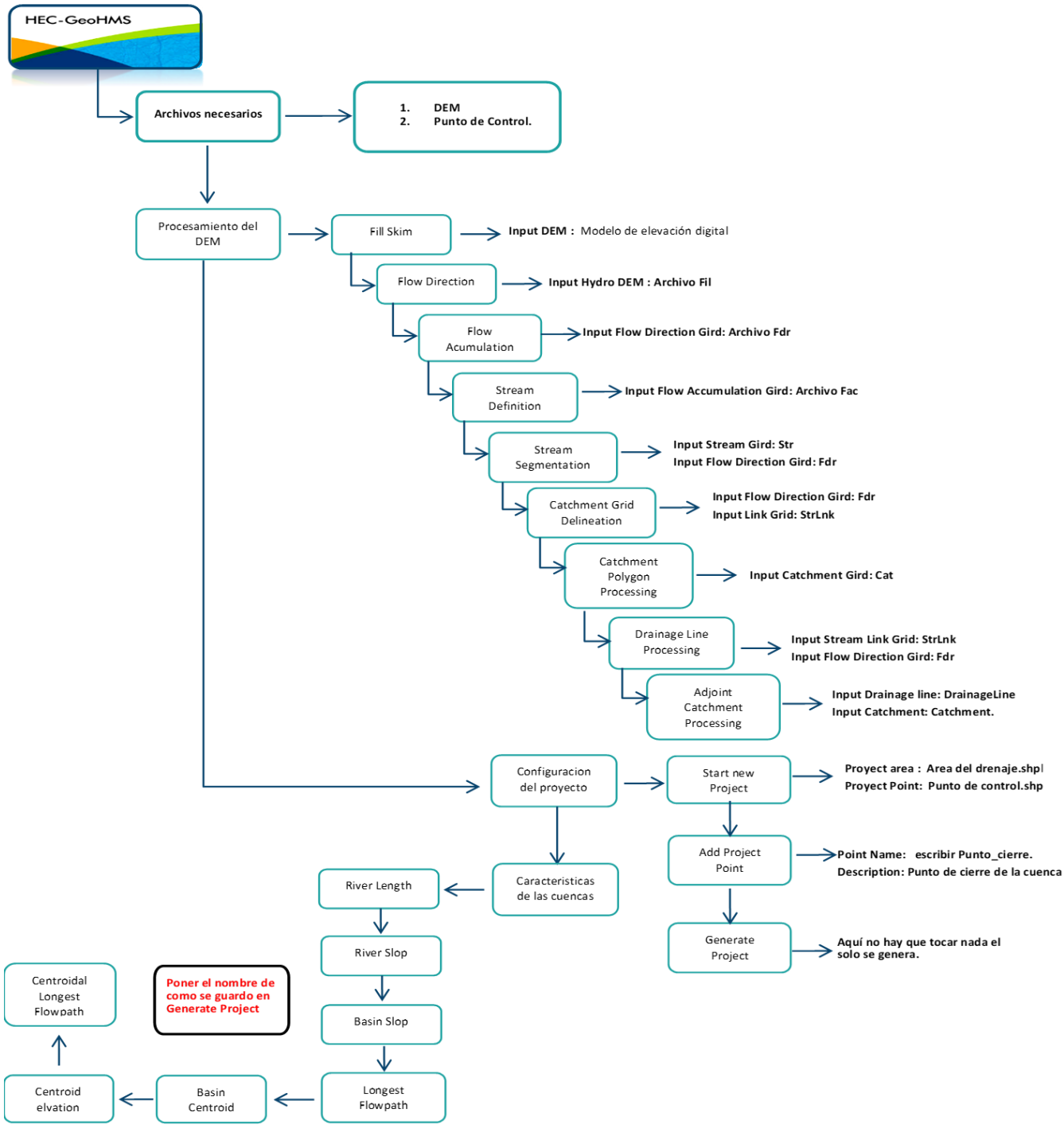
Fuente: Elaboración propia

- **Método de SCS**

Para el desarrollo del método del *Soil Conservation Service* (SCS), se empleó el enfoque de curva número (CN), utilizando el software ArcGIS en combinación con las herramientas de HEC-GeoHMS. Este método permite determinar de manera precisa el valor del CN, que es un parámetro clave para estimar la escorrentía generada en la cuenca a partir de las características del suelo y el uso del terreno.

Antes de obtener el valor del CN, es necesario realizar una serie de procesos preliminares que garantizan la precisión del análisis. Estos incluyen la preparación de los datos topográficos, la delimitación de la cuenca, la clasificación de los tipos de suelo y la identificación de los usos del suelo, entre otros. Estos pasos iniciales se presentan de manera esquemática en la *Figura 47*., que resume el flujo de trabajo necesario para preparar los insumos del modelo hidrológico y asegurar la correcta aplicación del método.

Figura 47. Delimitaciones y características de la cuenca mayor por HEC-geoHMS

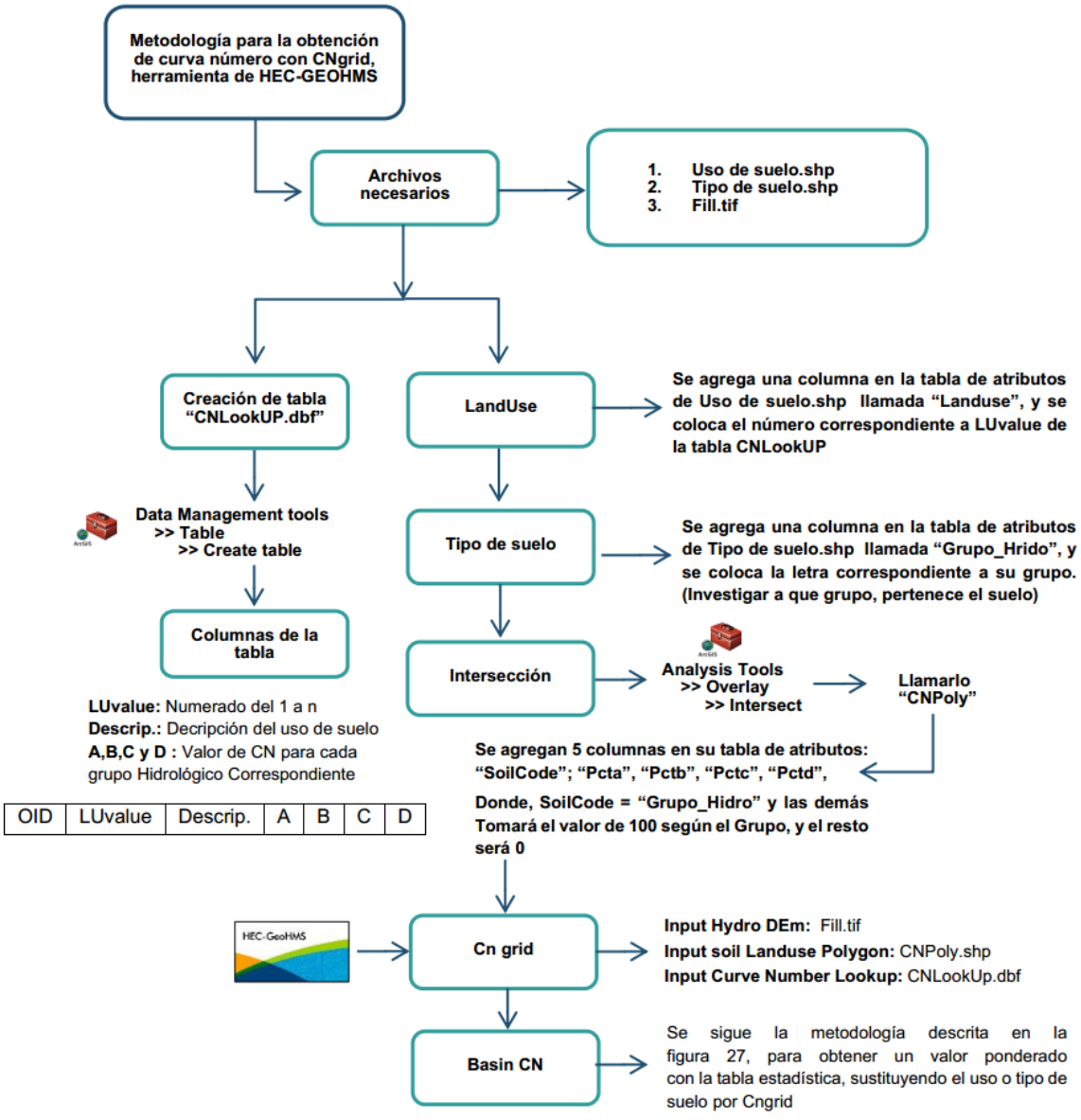


Fuente: Elaboración propia

- **Curva número**

Este método tiene similitud al del coeficiente de escorrentía debido que ambos estudian la infiltración que se genera debido a las condiciones del suelo que se presentan en la zona de estudio. La curva número toma en cuenta la cobertura de suelo, el grupo hidrológico de cada uno del tipo de suelo y la topografía de la cuenca.

Figura 48. Metodología para determinación de CN

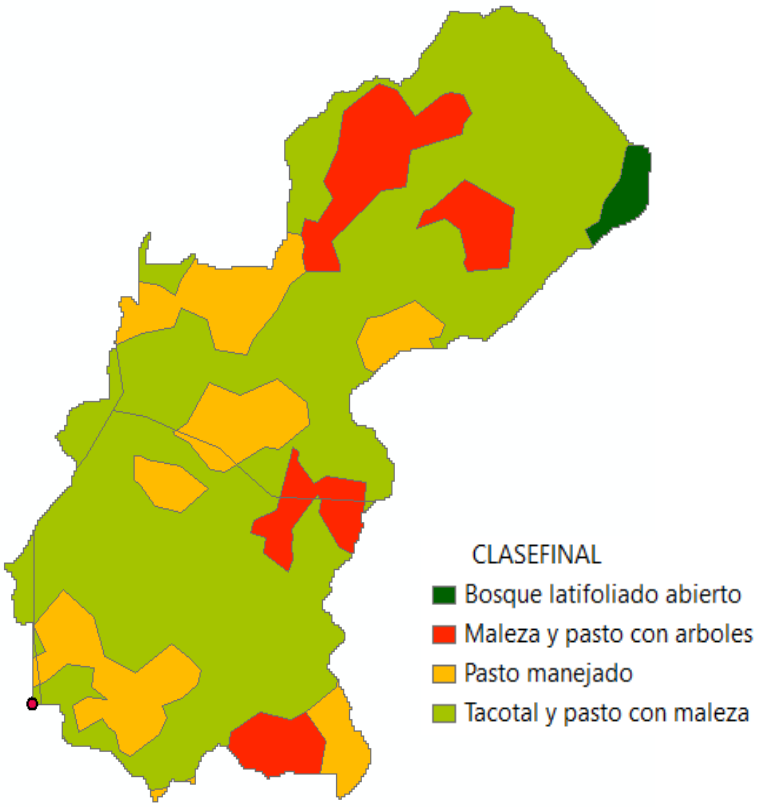


Fuente: Elaboración propia

- **Resultado del método SCS**

De acuerdo al análisis explicado en la *Figura 48*, aplicando el *Anexo A. 13* se determinó las siguientes clasificaciones en la cuenca ED-2.

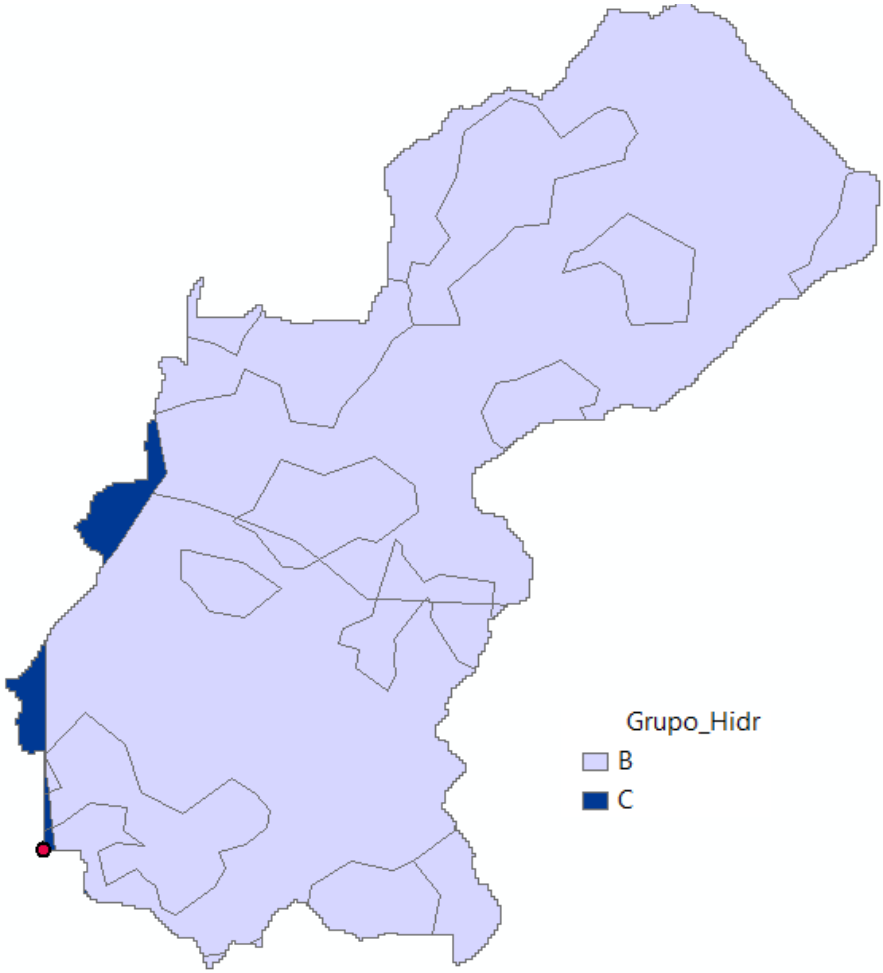
Figura 49. Clasificación del uso de suelo en la cuenca ED-2



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar lo que predomina son los pastos con malezas, así mismo se clasifica como grupo hidrológico en la *Figura* **50**.

Figura 50. Clasificación de grupo hidrológico



Fuente: Elaboración propia

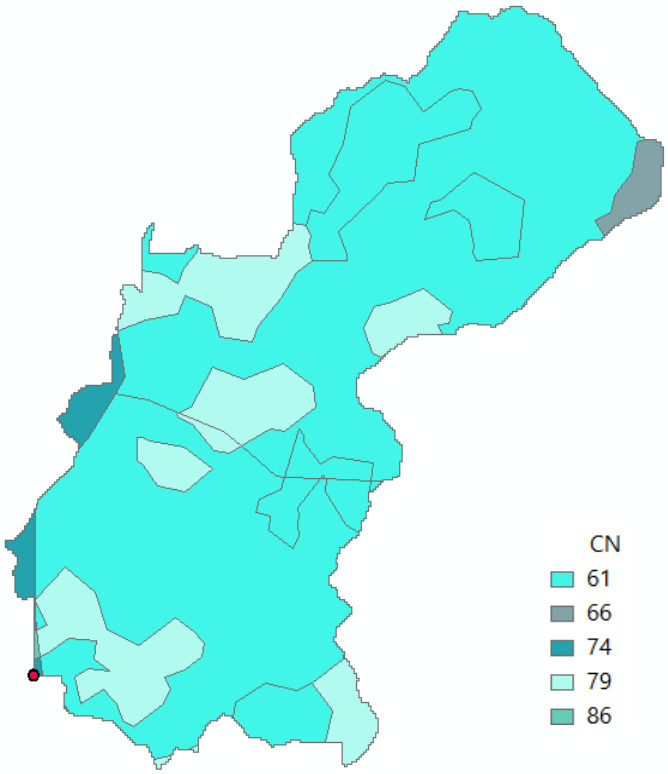
La clasificación predominante es el grupo B, lo que significa que estos suelos poco profundos depositados por el viento, con marga arenosa, tras obtener los datos de uso de suelo y grupo hidrológico, los resultados de curva número se presenta en la *Tabla 15.*

***Tabla 15*. Resultados de curva número en la cuenca ED-2**

Uso de Suelo	Taxonomía del suelo	Grupo Hidrológico	Pcta	Pctb	Pctc	Pctd	CN
Bosque latifoliado abierto	Alfisol	B	0	100	0	0	66
Maleza y pasto con arboles	Inceptisol	B	0	100	0	0	61
Maleza y pasto con arboles	Alfisol	B	0	100	0	0	61
Pasto manejado	Inceptisol	B	0	100	0	0	79
Pasto manejado	Alfisol	B	0	100	0	0	79
Pasto manejado	Ultisol	C	0	0	100	0	86
Tacotal y pasto con maleza	Inceptisol	B	0	100	0	0	61
Tacotal y pasto con maleza	Alfisol	B	0	100	0	0	61
Tacotal y pasto con maleza	Ultisol	C	0	0	100	0	74

Fuente: Elaboración propia

Figura 51. Curva número

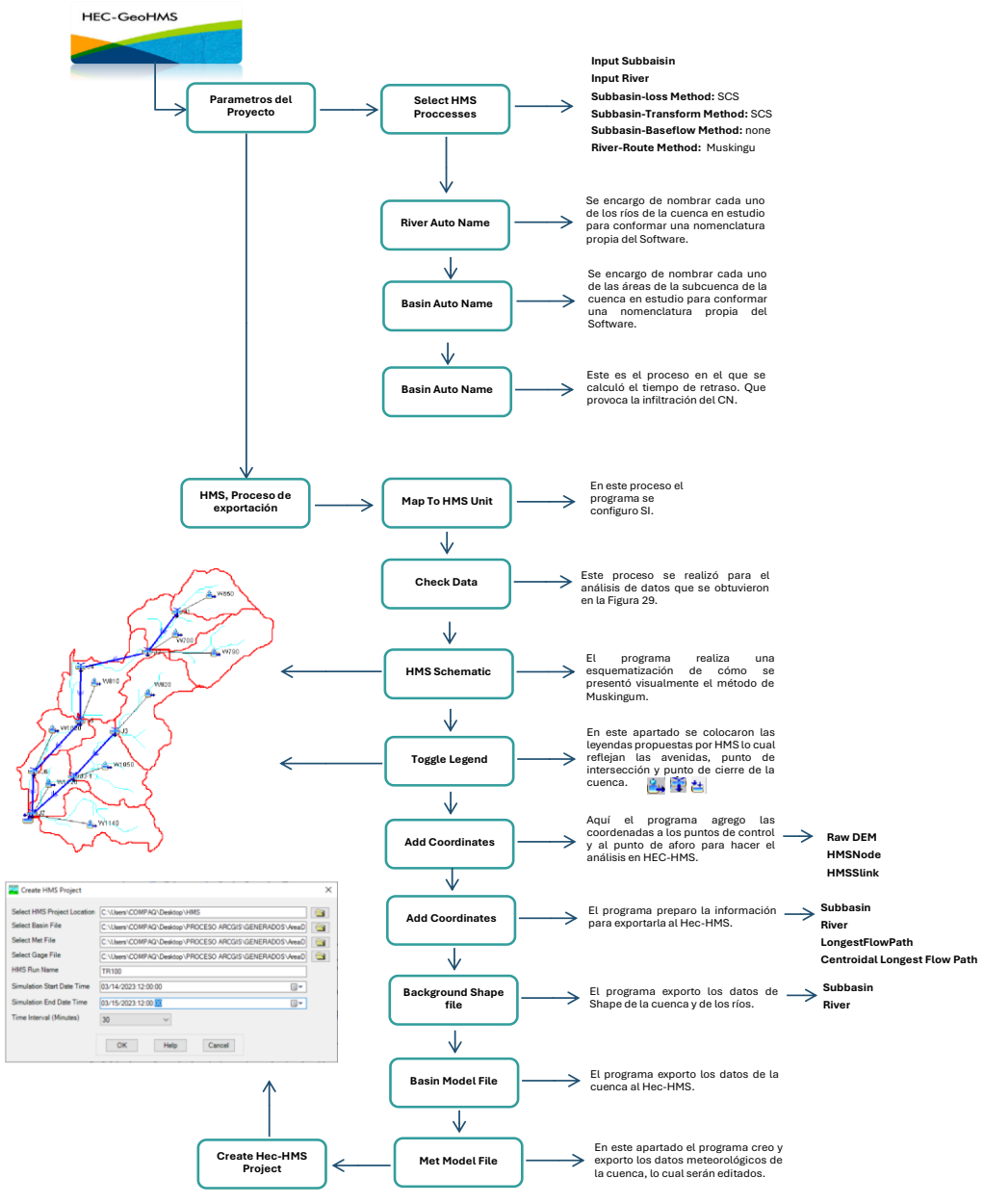


Fuente: Elaboración propia

- **Método de Muskingum**

Para el cálculo con el método de Muskingum, se utilizó el programa de Hec-HMS donde en primera instancia se preparó el programa para ser exportado mediante la herramienta Hec-GeoHMS de ArcGIS, lo paso realizados se muestran en la *Figura 52.*

Figura 52. **Parámetros y exportación con la herramienta HEC-geoHMS**



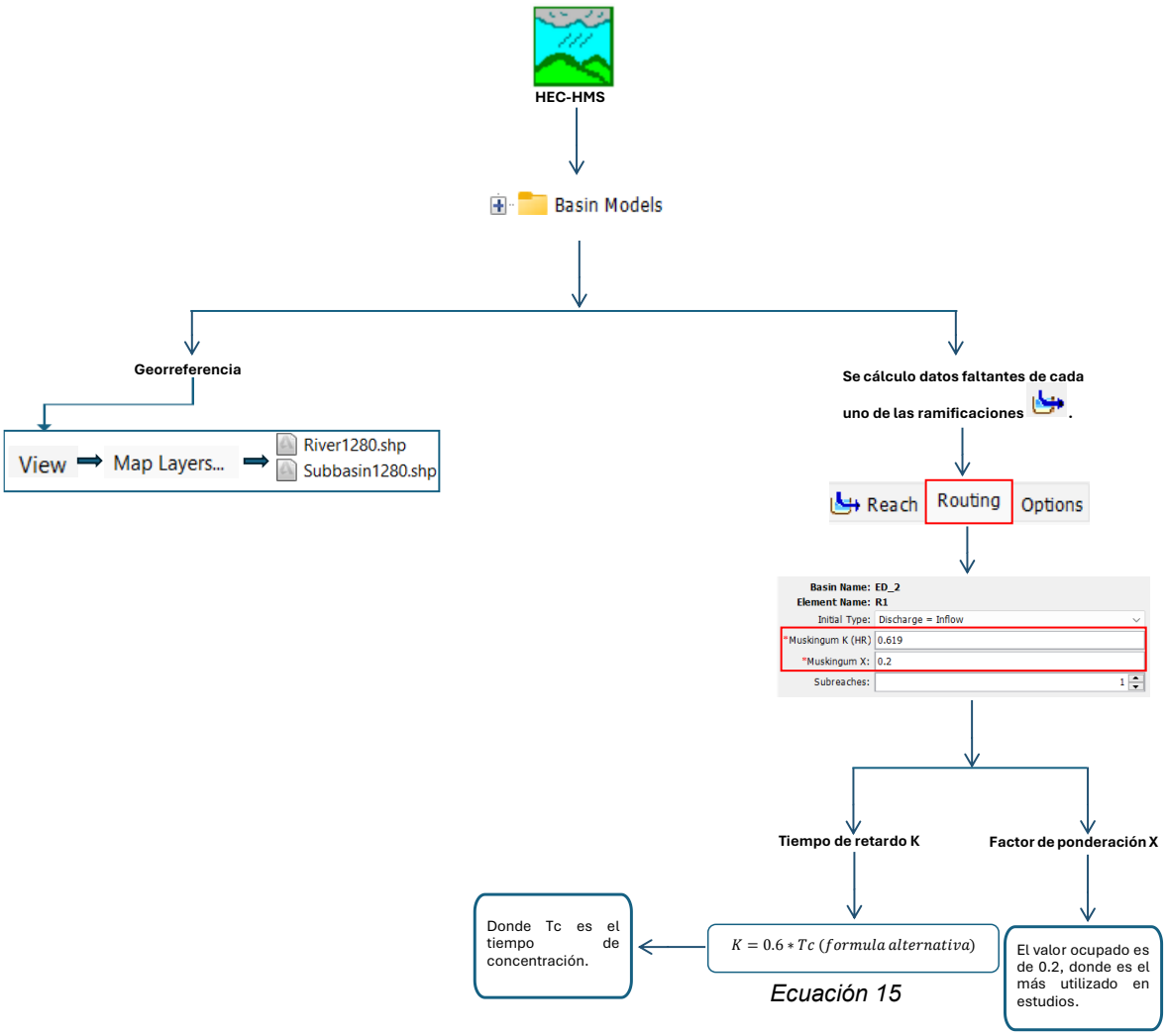
Fuente: Elaboración propia

- **HEC-HMS**

En este programa se calculó el caudal máximo probable, en primera instancia se abrió el archivo que fue guardado de acuerdo a la *Figura 52*, se procedió a la configuración de cada uno de los componentes de HEC-HMS, que se muestran a continuación:

Basin Model

Figura 53. Configuración de basin models en HEC-HMS

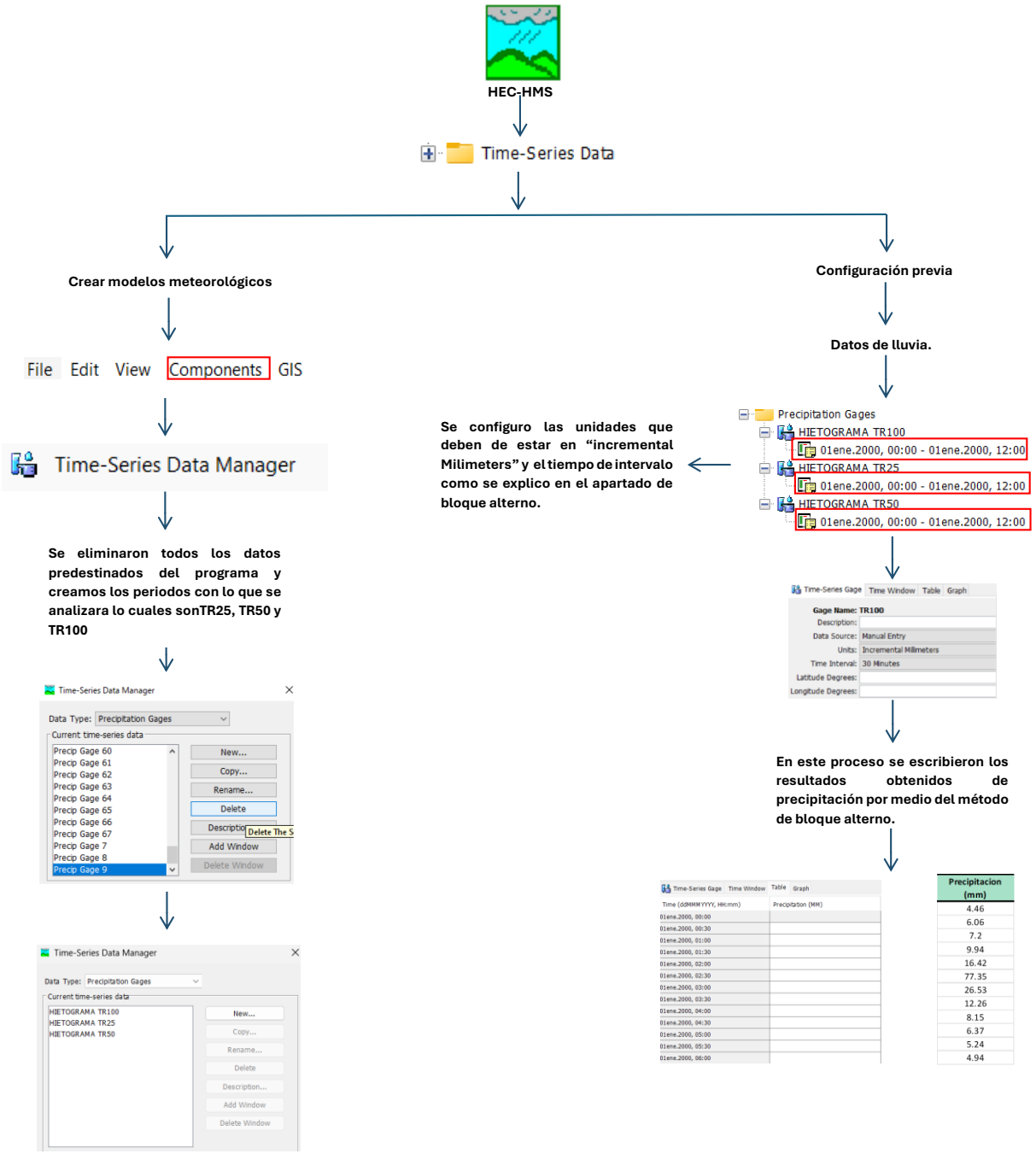


Fuente: Elaboración propia

Time-Series Data.

En este apartado se creó e inserto los datos de precipitación que se calcularon en la *Figura 43*, a continuación, se muestra el proceso que se realizó.

Figura 54. configuración de precipitación en Time-series data

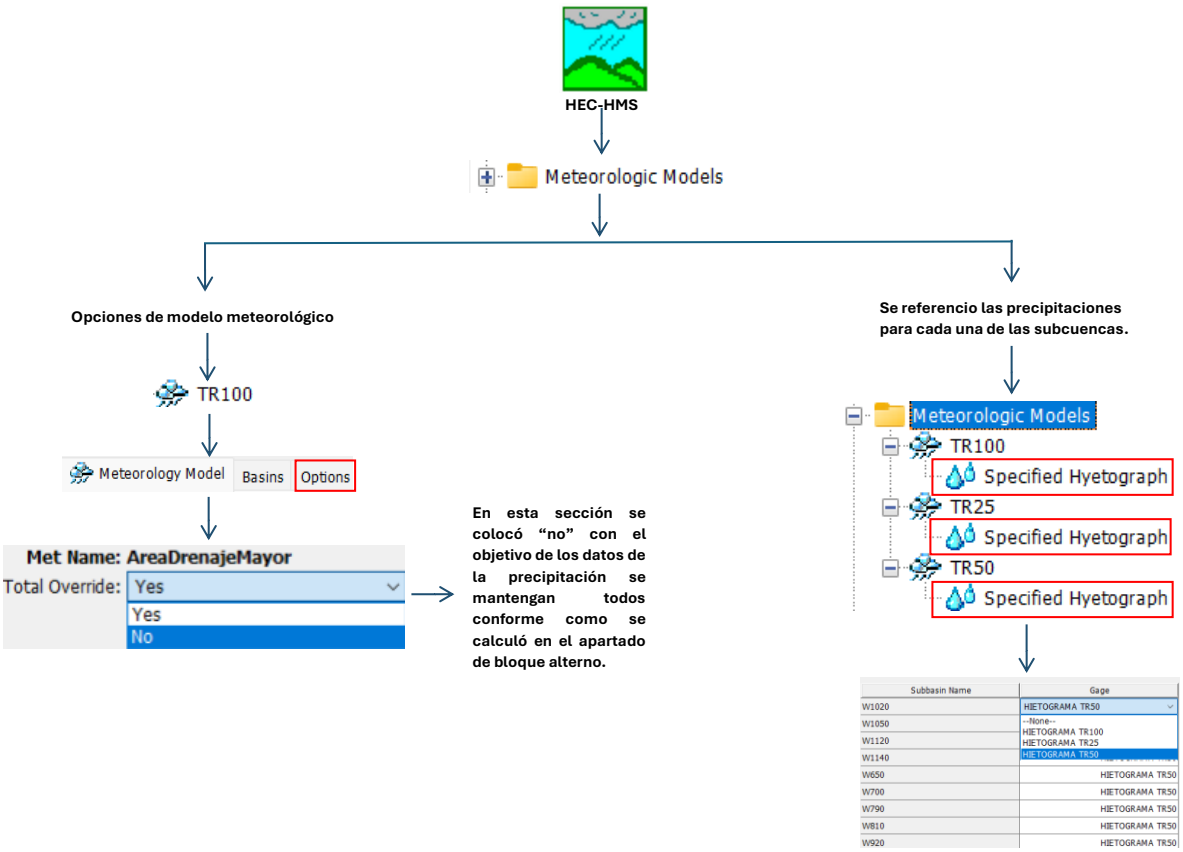


Fuente: Elaboración propia

Meteorologic models

Mediante este apartado se realizó la asignación de referencia de precipitaciones por lo que la metodología a seguir se representa en la *Figura 55.*

Figura 55. Meteorologic Models



Fuente: Elaboración propia

Control Specifications

En este se configuro el tiempo de análisis que tendrá el programa a la hora que se corrió, no obstante, en la *Figura 56* se muestra como esta se programó, esto depende de cuanto son los intervalo y duración que tenía el hietograma.

Figura 56. Determinación de tiempo de corrida



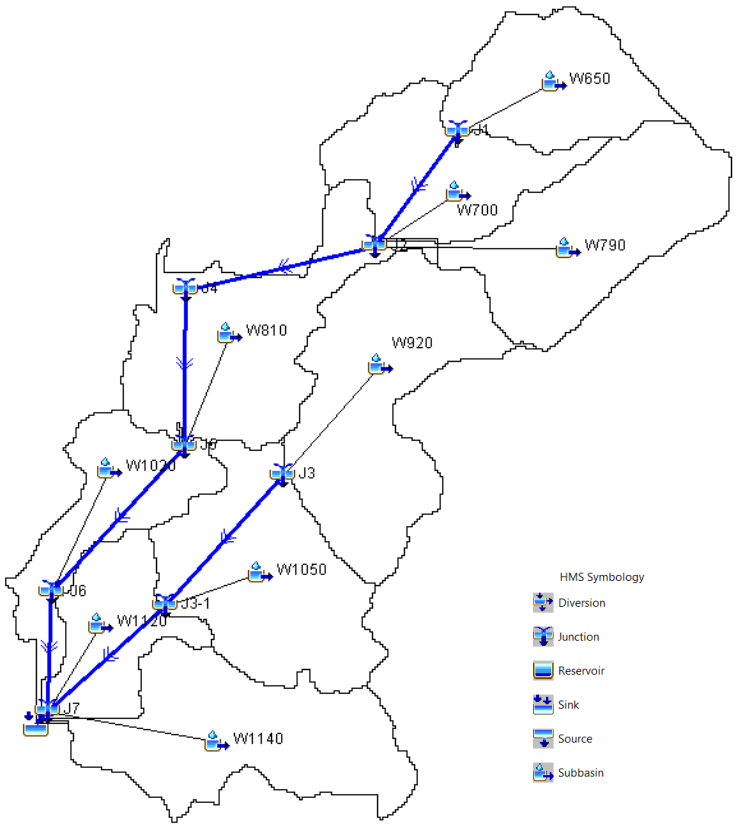
Fuente: Elaboración propia

Y para finalizar se corre el programa y se extraen los resultados para analizar y diseñar el drenaje es mayor.

- **Resultados del método de Muskingum para la cuenca ED-2**

De acuerdo a la preparación de datos expresada en la metodología, *Figura 52*. Se presenta el modelo de exportación de acuerdo a la, donde se realizó el análisis en el programa de HEC-HMS, por medio del método de Muskingum.

Figura 57. Modelo de exportación de la cuenca ED-2, para el programa de HEC-HMS



Fuente: Elaboración propia

- ✓ HEC-HMS

Antes de presentar los resultados de los caudales para los periodos de retorno 25, 50 y 100 años, se ejemplifico los datos faltantes explicados en la *Figura 53*, utilizando la *Ecuación 15.*

R1

$$t_c = 0.0195\left(\frac{(664.797)^3}{100\ -96}\right)^{0.385} = 20.818\ min$$

$$k = \frac{20.818\ min * 0.6}{60} = 0.208$$

Tabla 16. Datos faltantes K y X

Tramo de río	Longitud (m)	H max (m)	H min (m)	▲H (m)	Tc (min)	K (min)	K (hrs)	X
R1	664.797	100.000	96.000	4.000	20.818	12.491	0.208	0.200
R2	1231.218	96.000	80.000	16.000	24.876	14.926	0.249	0.200
R3	915.165	80.000	70.000	10.000	21.162	12.697	0.212	0.200
R4	689.797	70.000	69.000	1.000	37.047	22.228	0.370	0.200
R5	1479.074	280.000	268.000	12.000	34.347	20.608	0.343	0.200
R6	1005.698	69.000	65.000	4.000	33.581	20.149	0.336	0.200
R7	548.376	65.500	65.000	0.500	37.116	22.270	0.371	0.200
R8	26.517	65.500	65.000	0.500	5.000	3.000	0.050	0.200

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a esos datos se modelo el programa obteniendo los siguientes caudales de diseño, para cada periodo de retorno.

Tabla 17. Caudales de la cuenca ED-2, para cada periodo de retorno

TR	Q (m^3/s)
25 Años	41.2
50 Años	54.6
100 Años	69.2

Fuente: Elaboración propia

3.5. Diseño hidráulico

El diseño hidráulico del tramo se dividió en dos partes principales, un diseño para drenajes transversales, se hace referencia a las alcantarillas y otro para drenajes longitudinales, que se hace referencia a las cunetas de la carretera.

3.5.1. Diseño de alcantarillas

Para el diseño hidráulico de una alcantarilla (drenaje transversal) se hizo con el propósito de determinar la estructura de drenaje más adecuada, donde se desarrolló a partir de la teoría de control de entrada, utilizando como software principal HY8, que es un programa de análisis hidráulico de alcantarilla.

- **Control de entrada**

Existen 3 tipos de supuesto de control de entrada, para la condición no sumergida se ha desarrollado dos ecuaciones, la *Ecuación 16* se basa en la carga específica para la profundidad crítica, y la *Ecuación 17* es exponencial y similar a la ecuación de un vertedero. La primera ecuación tiene más soporte teórico, pero la segunda es de uso más sencillo. La *Ecuación 18* es para una condición sumergida (SIECA J. , 2016).

$$\frac{HWi}{D} = \frac{Hi}{D} + K\left(\frac{K_u Q}{A.\,D^{0.5}}\right)^M - 0.5\,S \qquad \textit{Ecuación 16}$$

$$\frac{HWi}{D} = K\left(\frac{K_u Q}{A.\,D^{0.5}}\right)^M \qquad \textit{Ecuación 17}$$

$$\frac{HWi}{D} = c\left(\frac{K_u Q}{A.\,D^{0.5}}\right)^M + Y - 0.5\,S \qquad \textit{Ecuación 18}$$

Donde:

$Hw =$ Profundidad de la carga de agua en m

$D =$ Altura Interior del cilindro de la alcantarilla en m

$V =$ Velocidad de flujo en m/s

$Vc =$ Velocidad Critica en m/s

$g =$ 9,81 m/s^2.

$Hc =$ Cabeza especifica de la Profundidad Critica donde, $Hc = dc + (\frac{Vc^2}{2g})$

$dc =$ Profundidad critica en m

$A =$ Área total de la sección transversal de la alcantarilla.m^2

$S =$ Pendiente del cilindro de la alcantarilla.

$K, M, c, Y =$ Constantes mostradas

$K_u =$ Conversión de unidades 1 (US) 1.811 (SI)

En *Anexo A. 15* se muestran coeficientes para las ecuaciones de diseño partiendo de la forma, material y la descripción del borde de la entrada.

Así mismo es necesario la recolección de datos esenciales relativos a la topografía, caudales esperados (caudal máximo probable), características del terreno que se obtendrán del análisis hidrológico. Estos datos proporcionan la base necesaria para realizar los cálculos hidráulicos y garantizar un diseño preciso y eficiente.

- **Control de salida**

Para el caso del control de salida existen dos condiciones una sumergida, y otra no sumergida, donde ambas se pueden calcular la altura del agua en la entrada, a partir de la conservación de la energía.

$$H = \left(1 + k_e + \frac{K_u\, n^2\, L}{R_n^{1.33}}\right)\frac{v^2}{2g} \qquad \textit{Ecuación 19}$$

Donde:

k_e*:* Coeficiente de perdida de entrada.

K_u*:* Conversión de unidades 1(US) 1.811(SI) .

n: Coeficiente de Manning.

L: Longitud de la alcantarilla

R_n: Radio hidráulico

v: Velocidad del flujo

La altura del agua por control de salida de obtendrá con la *Ecuación 20*

$$HW_o = TW + H - L * S \qquad \textit{Ecuación 20}$$

Donde:

HW_o*:* Altura del agua en la entrada por control de salida.

TW*:* Altura del agua en la salida.

H: Energía disipada, tomada de la *Ecuación 19.*

L: Longitud de la alcantarilla

S: Pendiente de la alcantarilla.

Para el caso de **no sumergido**, el valor de TW se puede aproximar como:

$$TW = \frac{d_c + D}{2} \qquad \textit{Ecuación 21}$$

Donde:

d_c*:* Profundidad crítica.

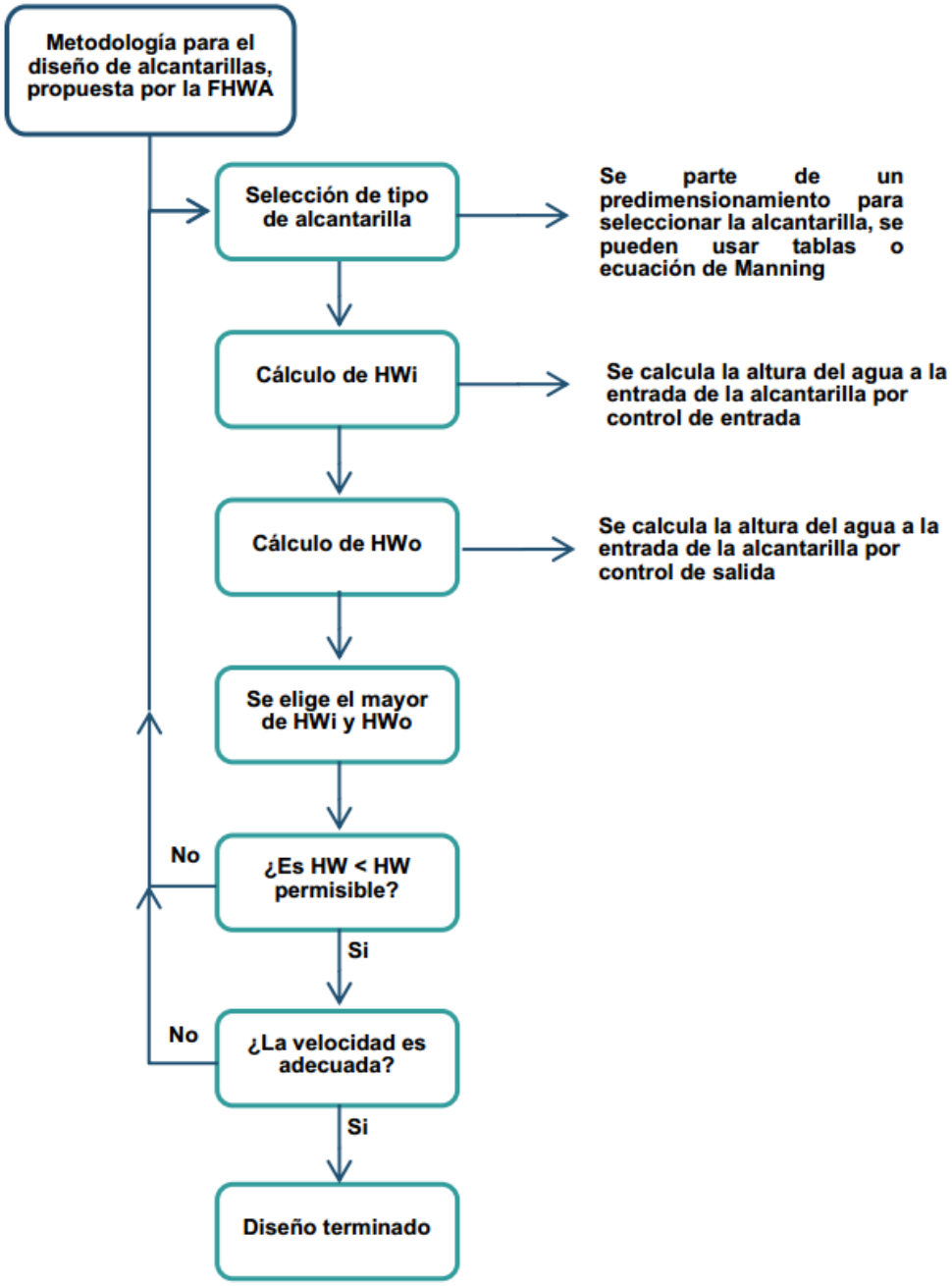
D*:* Diámetro de la tubería o altura hidráulica de la estructura.

Sin embargo, para el caso de **sumergido**, el valor de TW resulta ser complicado de estimar, una manera de calcularlo es usando la ecuación de Manning.

De ambas alturas tanto HW_i como HW_o se elige la mayor y se compara con la relación HW/D cuyo valor debe ser menor que 1.5, si no se cumple dicha inecuación, se debe proponer otra sección de alcantarilla.

De igual forma de debe verificar que la velocidad del flujo en la salida no sea erosionante, es que decir que cumpla con límites descrito en la *Tabla 3,* Velocidades máximas admisibles (m/s).

Figura 58. Gráficos resumen del proceso para diseñar alcantarillas por control de flujo



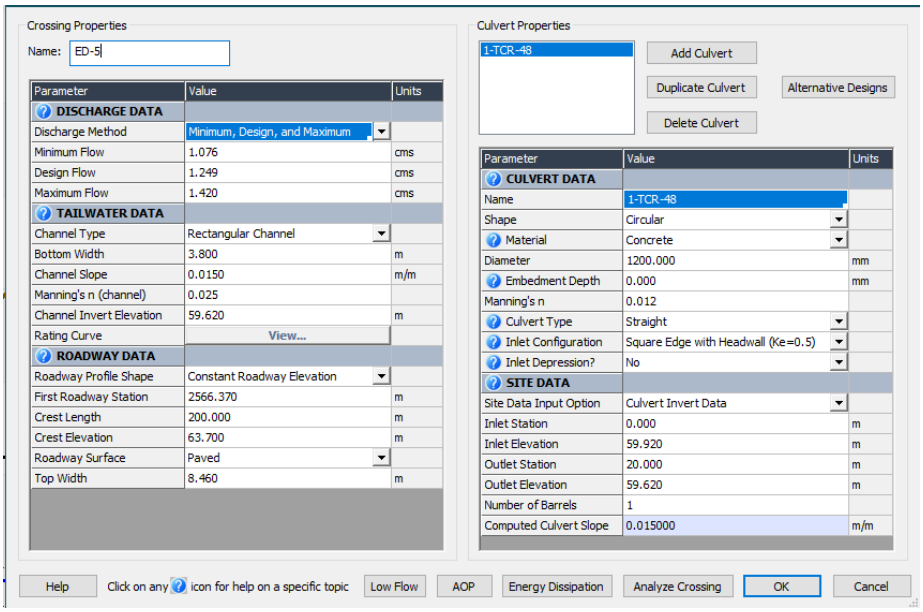
Fuente: Hydraulic desing of highway culverts FHWA (2012)

- **Uso de HY8 para diseño de alcantarillas**

El programa HY8 es un programa para el análisis y diseño de alcantarillas de carreteras, considerando los casos de condiciones de flujo que se vienen estudiando para el diseño de alcantarilla.

Se crean una nueva alcantarilla  y se rellenan tos datos necesarios para el análisis.

Figura 59. Ventana de inserción de datos en HY8



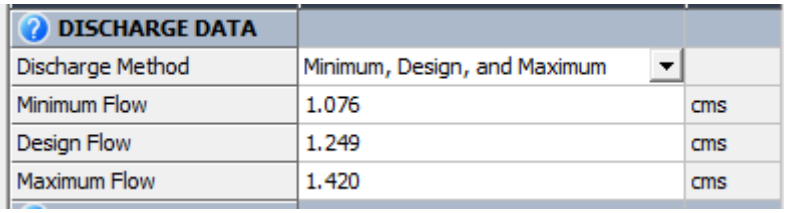
Fuente: HY8

La inserción de datos se divide en 5 aspectos:

- Discharge Data: Datos de caudales tomados por hidrología.
- Tailwater Data: Datos del drenaje a la salida de la alcantarilla
- Roadway Data: Datos de carretera en el tramo de estudio
- Culvert Data: Datos de la alcantarilla.
- Site Data: Datos del sito de estudio.

- **Discharge data**

Figura 60. Discharge data en HY8



DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	1.076	cms
Design Flow	1.249	cms
Maximum Flow	1.420	cms

Fuente: HY8

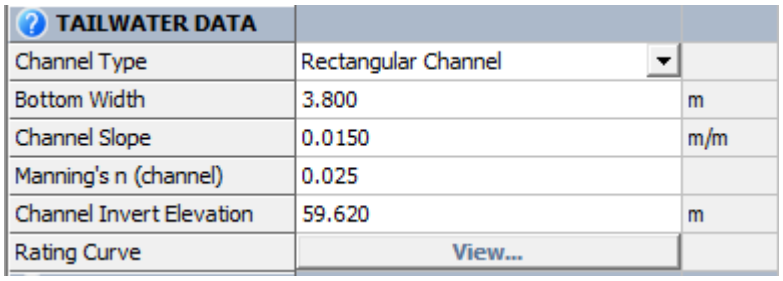
Mínimum Flow: Caudal mínimo, para casos de diseño se estará usando el caudal obtenido para un tiempo de retorno de 10 años.

Desing Flow: Caudal de diseño, se usará el caudal obtenido para un tiempo de retorno de 25 años.

Máximum Flow: Caudal máximo, se usará el caudal obtenido para un tiempo de retorno de 50 años.

- **Tailwater date**

Figura 61 Tailwater data en HY8



TAILWATER DATA		
Channel Type	Rectangular Channel	
Bottom Width	3.800	m
Channel Slope	0.0150	m/m
Manning's n (channel)	0.025	
Channel Invert Elevation	59.620	m
Rating Curve	View...	

Fuente: HY8

Channel Typer: El tipo de canal al final de la alcantarilla, normalmente en las construcciones de alcantarilla, de modifica y se mejora su sección una distancia considerable.

Bottom With: Ancho del canal de salida.

Channel Slope: Pendiente del canal de salida.

Mannin's n: Factor de rugosidad de Manning.

Channel invert elevation: Elevación del invert de salida.

- **Roadway date**

Figura 62. Roadway data en HY8

ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	2566.370	m
Crest Length	200.000	m
Crest Elevation	63.700	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	8.460	m

Fuente: HY8

Roadway Profile Shape: Tipo de perfil en el tramo de estudio.

First Roadway station: La estación donde inicia la obra de drenaje transversal.

Crest Length: Longitud del tramo de estudio, (Distancia entre estaciones de inicio y fin de la obra de drenaje)

Crest Elevation: Elevación de la rasante en tramo de estudio.

Roadway Surface: Tipo de carpeta de rodamiento.

Top width: Altura por encima de tubería a la rasante.

Figura 63. Culvert data en HY8

CULVERT DATA		
Name	1-TCR-48	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1200.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.012	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall (Ke=0.5)	
Inlet Depression?	No	

Fuente: HY8.

- **Culvert data**

Shape: Tipo de alcantarilla, puede ser circular, o una caja.

Material: Material de fabricación de la alcantarilla, normalmente se realizan de concreto.

Diameter: Diámetro interior de la alcantarilla.

Embedmetn Depth: Camilla de rocas o reducción de la sección de la alcantarilla en la parte inferior.

Mannin's n: Factor de rugosidad de manning.

Culvert Type: Hace referencia a como está diseñada la alcantarilla, si la entrada es recta o no, normalmente se usa la opción "Straight".

Inlet configuration: En configuración de entrada, se elige que tipo de entrada va tener la alcantarilla, puede ser con cabezal o recta.

Inlet depression: Cuando en la entrada de la alcantarilla existe un leve cambio de nivel en la transición.

Figura 64. Site data en HY8

SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	59.920	m
Outlet Station	20.000	m
Outlet Elevation	59.620	m
Number of Barrels	1	
Computed Culvert Slope	0.015000	m/m

Fuente: HY8

Inlet station: Hace referencia a la estación vista en perfil de la entrada de la alcantarilla.

Inlet Elevation: Es el valor del invert de entrada.

Outlet station: Hace referencia a la estación vista en perfil de la salida de la alcantarilla.

Outlet Elevation: Es la elevación del invert de salida.

Number of barrels: Cantidad de línea que va tener la estructura de drenaje.

- **Resultados de diseño de alcantarilla**

Se analizó hidráulicamente la sección más adecuada para la alcantarilla, por control de entrada y salida, así también se usó el programa HY8.

1. INFORMACIÓN PARA DISEÑO

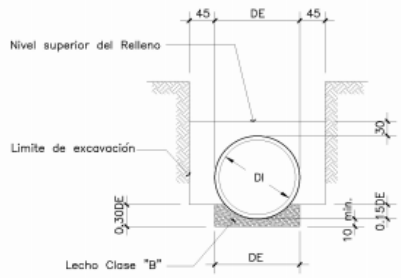
1.1 Inforrmación de flujo

Caudal Mínimo	$Q_{min} := 0.951 \frac{m^3}{s}$	$g := 1 \quad g = 9.807 \frac{m}{s^2}$
Caudal de diseño	$Q_{dis} := 1.115 \frac{m^3}{s}$	Diseño ejemplificado para ED-3
Caudal Máximo	$Q_{max} := 1.272 \frac{m^3}{s}$	

1.2. Información de la alcantarilla

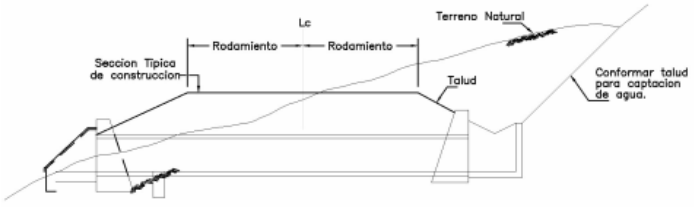
1.2.1 Sección tranversal

Sección de la alcantarilla :	1-TCR 42"
Diámetro de Tubo de concreto:	$\phi_{TCR} := \phi_{TCR} = 1.067$ m
Área hidráulica:	$A_{hi} = 0.894$ m^2
Cantidad de alcantarillas:	$C_{AL} = 1$



1.2.2 Carácteristicas

Longitud de alcantarilla:	$L_{al} := 16.25$ m
Invert entrada:	$Inv_i := 53.930$ m
Invert Salida:	$Inv_f := 53.69$ m
Longitud de transisción de entrada:	$LT_i := 1.2$ m
Longitud de transisción de salida:	$LT_f := 1.2$ m



1.2.2 Condiciones del canal de salida

Coeficiente de Manning:	$n_c := 0.025$
Base:	$B_c := 3.4\ m$
Talud de las paredes 1/Z	$Z := 0.1$
Pendiente	$S_c := 1.5\%$

1.2.3 Cálculos previos

- Pendiente de la alcantarilla

$$S_{al} := \frac{Inv_i - Inv_f}{L_{al}} = 1.48\% \qquad \text{if}\left(S_{al} < 0.5\%, \text{“No Cumple”}, \text{“Cumple”}\right) = \text{“Cumple”}$$

- Área hidráulica final

$$A_h := A_{hi} \cdot C_{AL} = 0.894\ m^2$$

2. CONTROLES DE FLUJO

2.1. Control de flujo de entrada

Para el control de flujo de entrada, se calculará la altura del remanente de agua en la entrada de la alcantarilla, para los casos donde sea sumergido y no sumergido

2.1.1 No Sumergida

- Ángulo crítico $\theta := 1.686$

$$\theta_c := \frac{2}{\phi_{TCR}^{\ 2}} \left(\frac{\phi_{TCR} \cdot Q_{dis}^{\ 2}}{g} \sin(\theta)\right)^{\frac{1}{3}} + \frac{1}{4}\sin(2\,\theta) + \frac{1}{2}(\theta)$$

$$\theta_c = 1.686$$

- Profundidad crítica

$$d_c := \frac{\phi_{TCR}}{2}\left(1 - \cos\left(\frac{\theta_c}{2}\right)\right) = 0.179\ m \qquad \text{if}\left(d_c > \phi_{TCR}, \text{“No Cumple”}, \text{“Cumple”}\right) = \text{“Cumple”}$$

- Velocidad crítica

$n := 0.012$ coeficiente de manning

$$Rh_c := \left(1 - \frac{\sin(\theta_c)}{\theta_c}\right) \cdot \frac{\phi_{TCR}}{4}$$ Radio Hidráulico crítico

$$v_c := \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{Rh_c}{m}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{S_{al}} \cdot \frac{m}{s} = 2.319 \ \frac{m}{s}$$

- Altura piezométrica en la profundidad crítica

$$H_c := d_c + \frac{v_c^{\,2}}{2\,g} = 0.453 \ m$$

- Control de entrada sumergida

$k_e := 0.0078$ $M := 2$ $C := 0.0379$ $Y := 0.69$ coeficiente para las ecuaciones de control de entrada, considerando alcantarilla circular con cabezal

$$HW_{ins} := H_c + k_e \cdot \phi_{TCR} \cdot \left(\frac{1.811\ (Q_{dis})}{A_h \cdot \left(\frac{\phi_{TCR}}{m}\right)^{0.5}}\right)^{M} - 0.5 \cdot S_{al} \cdot \phi_{TCR} = 0.485 \ m$$

2.1.3 Sumergida

$$HW_{is} := C \cdot \phi_{TCR} \cdot \left(\frac{1.811\ (Q_{dis})}{A_h \cdot \left(\frac{\phi_{TCR}}{m}\right)^{0.5}}\right)^{2} + Y \cdot \phi_{TCR} - 0.5 \cdot S_{al} \cdot \phi_{TCR} = 0.922 \ m$$

2.2. Control de flujo de salida

Para el control de flujo de entrada, se calculará la altura del remanente de agua en la entrada de la alcantarilla, para el caso donde el flujo de salida es sumergido

2.2.1 No Sumergida

- Radio hidráulico a tubo lleno

$$R_h := \left(1 - \frac{\sin(6.28)}{6.28}\right) \cdot \frac{\phi_{TCR}}{4} = 0.267 \text{ m}$$

- Velocidad del flujo

$$v := \frac{Q_{dis}}{A_h} = 1.247 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- Pérdida de energía

$$H_L := \left(1 + k_e + \frac{1.811 \cdot n^2 \frac{L_{al}}{m}}{\left(\frac{R_h}{m}\right)^{1.33}}\right) \cdot \frac{v^2}{2\,g} = 0.082 \text{ m}$$

- Tailwater

$$TW_{ns} := \frac{d_c + \phi_{TCR}}{2} = 0.623 \text{ m}$$

- Headwater

$$HW_{os} := TW_{ns} + H_L - S_{al} \cdot L_{al} = 0.465 \text{ m}$$

2.2.1 Sumergida

Para el caso de la condición sumergida, se obtendrá el valor de TW usando la ecuación de manning para una condución de flujo uniforme en el canal de salida,

$y_{ci} := 0.20545\ m$

$$Q_c := \frac{1}{n_c} \cdot (B_c + Z \cdot y_{ci}) \cdot y_{ci} \cdot \left(\frac{(B_c + Z \cdot y_{ci}) \cdot y_{ci}}{(B_c + 2 \cdot y_{ci} \cdot \sqrt{1 + Z^2}) \cdot m} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{S_c} \cdot \frac{m}{s} = 1.115\ \frac{m^3}{s}$$

- Tailwater

$TW_s := y_{ci} = 0.205\ m$

- Headwater

$HW_{ons} := TW_s + H_L - S_{al} \cdot L_{al} = 0.047\ m$

2.3 Diseño

$HW := \max(HW_{ins}, HW_{is}, HW_{os}, HW_{ons}) = 0.922\ m$

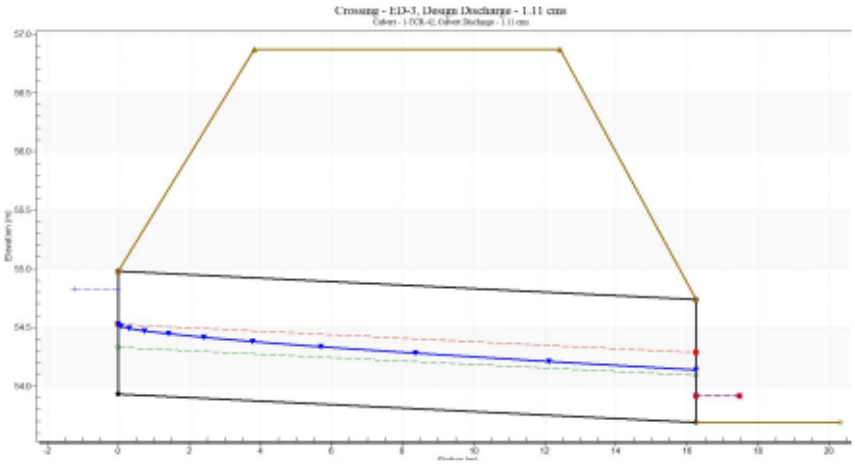
$$\frac{HW}{\phi_{TCR}} = 0.864$$

$$\text{if}\left(\frac{HW}{\phi_{TCR}} > 1.2, \text{“No Cumple”}, \text{“Cumple”}\right) = \text{“Cumple”}$$

$$\text{if}\left(v > 6\ \frac{m}{s}, \text{“No Cumple”}, \text{“Cumple”}\right) = \text{“Cumple”}$$

- Cota de Headwater

$Elv_{HW} := Inv_i + HW = 54.852\ m$

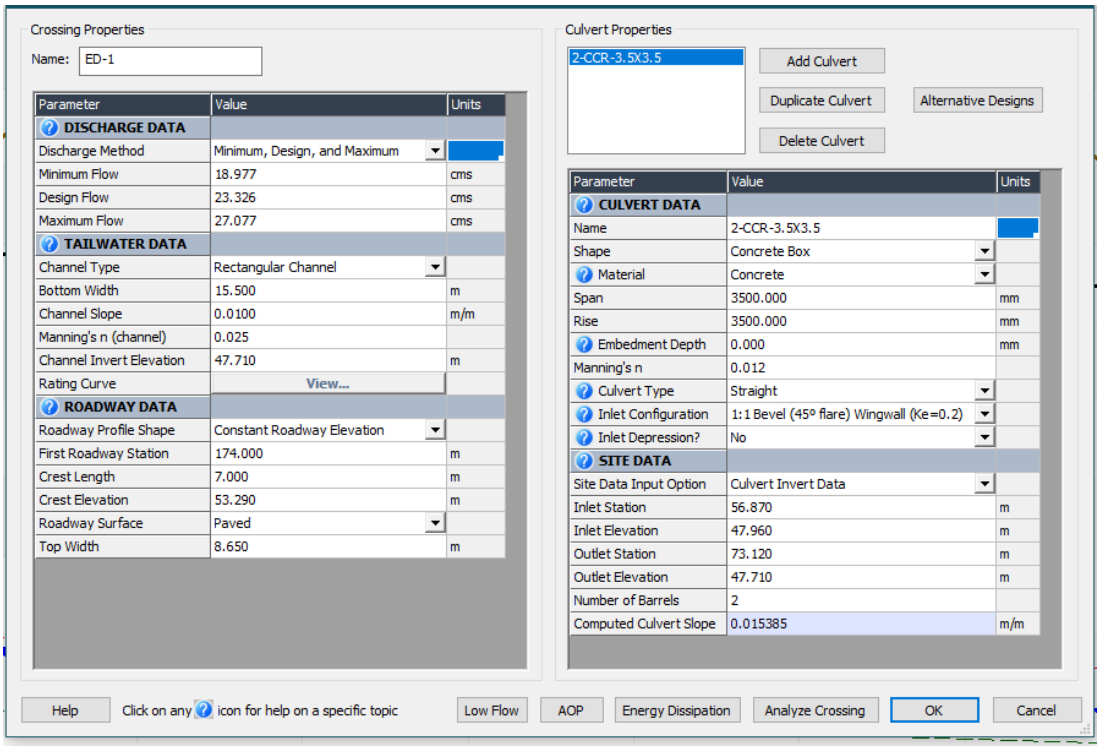


✓ Análisis con HY8

Del levantamiento topográfico, se toman los datos principales del cauce, así como los invert de entrada y de salida de la alcantarilla, dichos invert serán las elevaciones del cauce al inicio y fin de la obra de drenaje.

Partiendo de los datos de la estructura de drenaje 1 (ED-1) se ingresan al programa para su respectivo análisis.

Figura 65. Inserción de datos para estructura de drenaje 1 (ED-1)



Fuente: Elaboración propia, Modelo en HY8

Al correr el análisis el programa brinda los parámetros en condiciones de flujo, calcula automáticamente la relación HW/D y la velocidad del flujo.

Para este caso de estructura ED-2 la relación HW/D dio un valor de 0.49 considerando un caudal máximo de diseño y una velocidad de salida de 4.38 m/s, estando en el rango de los permitido en las estructuras de concreto, tal y como se observa en la *Figura 66*.

Figura 66. Tabla resumen de la estructura de drenaje 1 ED-1

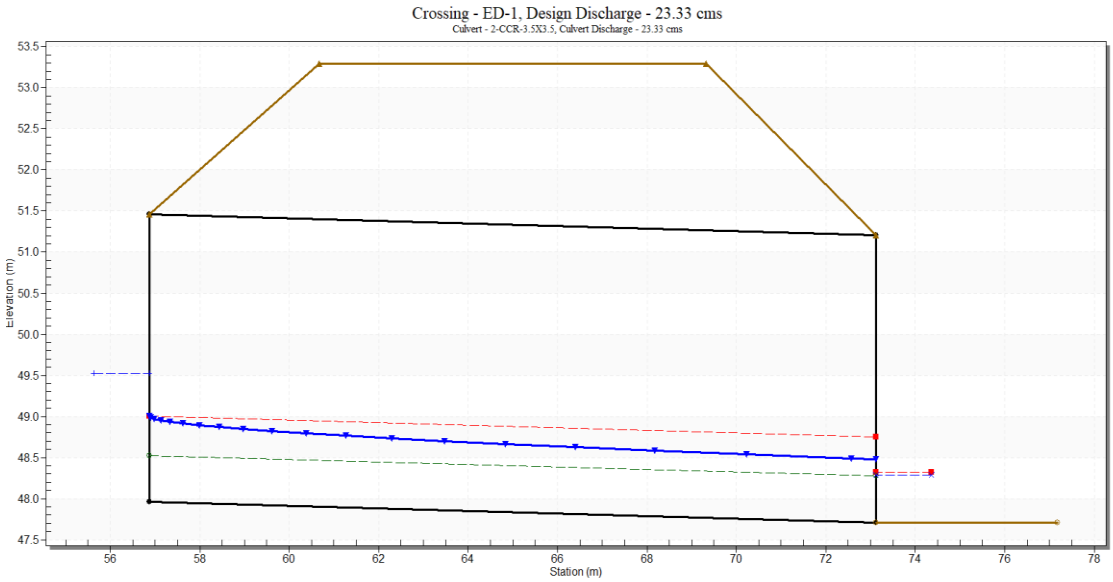
Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	HW / D	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
18.98	18.98	49.32	**1.36**	0.70	0.39	1-S2n	0.49	0.91	0.65	0.50	4.14	2.43
19.79	19.79	49.36	**1.40**	0.73	0.40	1-S2n	0.51	0.93	0.68	0.52	4.19	2.47
20.60	20.60	49.40	**1.44**	0.75	0.41	1-S2n	0.52	0.96	0.70	0.53	4.23	2.51
21.41	21.41	49.44	**1.48**	0.78	0.42	1-S2n	0.54	0.98	0.72	0.54	4.27	2.54
22.22	22.22	49.47	**1.51**	0.81	0.43	1-S2n	0.55	1.01	0.74	0.56	4.31	2.58
23.33	23.33	49.52	**1.56**	0.85	0.45	1-S2n	0.57	1.04	0.76	0.57	4.36	2.63
23.84	23.84	49.55	**1.59**	0.87	0.45	1-S2n	0.57	1.06	0.78	0.58	4.38	2.65
24.65	24.65	49.58	**1.62**	0.90	0.46	1-S2n	0.59	1.08	0.80	0.59	4.42	2.69
25.46	25.46	49.62	**1.66**	0.92	0.47	1-S2n	0.60	1.10	0.82	0.60	4.45	2.72
26.27	26.27	49.65	**1.69**	0.95	0.48	1-S2n	0.61	1.13	0.84	0.62	4.49	2.75
27.08	27.08	49.69	**1.73**	0.98	0.49	1-S2n	0.63	1.15	0.86	0.63	4.52	2.78

Fuente: Elaboración propia, Modelo HY8

En la *Figura 67* se puede apreciar la línea de gradiente hidráulico (Línea en azul) y gradiente de energía, (Línea en rojo) así como la altura de HW y TW (Headwater y Tailwater respectivamente).

Se logra apreciar también la pérdida de energía tanto en la entrada como en la salida de la alcantarilla, la parte superior representada en café, indica la rasante de la carretera propuesta, que será revisada desde el punto de vista de diseño geométrico en capítulos siguientes.

Figura 67. Gradiente hidráulico y de energía ED-1



Fuente: Elaboración propia, HY8

Tabla 18. Tabla resumen de diseño de ED-1

Reporte de análisis HY-8 - EDT- 1• TABLA DE ESTRUCTURA: 2-CCR-3.5X3.5m				96%	**Invert En=** 47.96 m		**Ras Hidr.=** 51.76 m		**Rasante=** 53.29 m	
H= 350.0 cm	3.50 m	**Qdesign=** 23.33 cms		**Qmax=** 27.08 cms	**Invert Sa=** 47.71 m		**pendiente=** 1.50%		**L =** 16.25 m	
Q (m^3/s)	**Q (m^3/s)**	**E (m)**	**HWi (m)**	**HWo (m)**	**T F**	**Y (m)**	**H/D<1.20**	**Y_c (m)**	**Y_{AL} (m)**	**Y_{cn} (m)**	**V (m/s)**	**Vcn (m/s)**
18.98	18.98	49.32	1.36	0.7	1-S2n	0.49	0.39	0.91	0.65	0.5	4.14	2.43
19.79	19.79	49.36	1.4	0.73	1-S2n	0.51	0.40	0.93	0.68	0.52	4.19	2.47
20.6	20.6	49.4	1.44	0.75	1-S2n	0.52	0.41	0.96	0.7	0.53	4.23	2.51
21.41	21.41	49.44	1.48	0.78	1-S2n	0.54	0.42	0.98	0.72	0.54	4.27	2.54
22.22	22.22	49.47	1.51	0.81	1-S2n	0.55	0.43	1.01	0.74	0.56	4.31	2.58
23.33	23.33	49.52	1.56	0.85	1-S2n	0.57	0.45	1.04	0.76	0.57	4.36	2.63
23.84	23.84	49.55	1.59	0.87	1-S2n	0.57	0.45	1.06	0.78	0.58	4.38	2.65
24.65	24.65	49.58	1.62	0.9	1-S2n	0.59	0.46	1.08	0.8	0.59	4.42	2.69
25.46	25.46	49.62	1.66	0.92	1-S2n	0.6	0.47	1.1	0.82	0.6	4.45	2.72
26.27	26.27	49.65	1.69	0.95	1-S2n	0.61	0.48	1.13	0.84	0.62	4.49	2.75
27.08	27.08	49.69	1.73	0.98	1-S2n	0.63	0.49	1.15	0.86	0.63	4.52	2.78

Fuente: Elaboración propia

*Q:*Caudal suministrado

*E:*Elevación de la carga de agua

HWi: Tirante por control de entrada

HWo: Tirante por control de salida

T F: Tipo de Flujo

Y: Tirante normal

H/D: Relación de tirante en la entrada sobre altura de alcantarilla

Yc: Tirante crítico

Y_{AL}*:* Tirante al final de la alcantarilla

Y_{CA}*:* Tirante en el canal de salida

V: Velocidad al final de la alcantarilla

Vcn: Velocidad en el canal de salida

Tabla 19. Ficha técnica de alcantarilla ED-1

EDT-01		
ESTACION		0+178.49m
ELEV RASANTE (msnm)		53.29 m
ESTRUCTURA		2-CCR-3.5X3.5m
ENTRADA	INVERT (msnm)	47.96 m
	ESTACION	0+056.87
CENTRO	ELEV(msnm)	47.84 m
	ESTACION	0+064.99m
SALIDA	INVERT (msnm)	47.71 m
	ESTACION	0+073.12m
PENDIENTE		1.50%
ESVIAJE		DER-ADEL-5°58'42"
LONGITUD DE ESVIAJADA		16.25 m
LONGITUD DE ESVIAJADA IZQUIERDA		8.12 m
LONGITUD DE ESVIAJE DERECHA		8.13 m
CAUDALES		
TR 10 AÑOS, m^3/s		18.98
TR 25 AÑOS, m^3/s		23.33
TR 50 AÑOS, m^3/s		27.08
COOR. ENTRADA	758,857.47 m	1,234,339.03 m
COOR. CENTRO	758,850.46 m	1,234,343.13 m
COOR. SALIDA	758,843.45 m	1,234,347.24 m

Fuente: Elaboración propia

La *Tabla 19,* muestra los datos resumidos de la estructura de drenaje, dicha tabla es útil a la hora del proceso de construcción de la obra de drenaje.

3.5.2. Drenaje longitudinal

Para poder diseñar adecuadamente la sección de la cuneta de la carreta, (que es la que define el drenaje longitudinal) de debe cumplir con una condición específica.

$$Q_{HD} > Q_H$$

Donde Q_{HD} es el caudal hidráulico y Q_H es el caudal hidrológico.

Esta inecuación nos indica que el caudal hidráulico, es decir el definido por la ecuación descrita en la *Ecuación 22*. debe ser mayor que el caudal hidrológico, que se calculó por el método racional, donde tienen los mismos parámetros de intensidades de lluvia del sector, con la diferencia que la infiltración es casi nula (es decir valores de escorrentía cercanos a 1) y que el área que se consideró es la delimitada por los taludes y el eje principal de la carretera.

De modo que, para el diseño, se calculó primeramente un caudal hidrológico a partir de los parámetros mencionados y del mismo se propuso una cuneta cuyas dimensiones puedan suplir dicho caudal utilizando la fórmula de Manning de flujo uniforme, que resuelve la siguiente ecuación:

$$Q_0 = \frac{1}{n} * A_h * R_n^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \qquad \textit{Ecuación 22}$$

Donde:

$Q =$ Caudal en la cuneta, en m^3/s.
R_h Radio hidráulico, para sección triangular
$S =$ Pendiente longitudinal
$n =$ Coeficiente de rugosidad de Manning.
$A_h =$ Área hidráulica, para sección triangular

Para el cálculo del coeficiente de Manning existen variabilidad de tablas una de ellas es la *Tabla B.2* en el Anexo B, extraída del documento de SIECA 2016, lo cual fue elaborado por Chow en el 2004.

- **Geometría de sección triangular**

La determinación del radio hidráulico de la cuneta, se tomará en cuenta la siguiente ecuación:

$$A_h = (z_a + z_b)h \qquad \textit{Ecuación 23}$$

$$R_h = \frac{(z_a + z_b)h}{2\left(\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2}\right)} \qquad \textit{Ecuación 24}$$

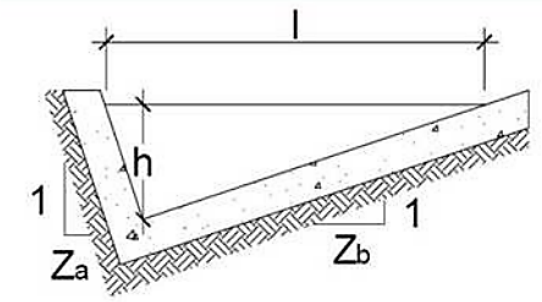
Donde:

Za: Relación del talud de la cuneta izquierda (Ver *Figura 68*)

Zb: Relación del talud de la cuneta derecha (Ver *Figura 68*)

h: Altura de la cuneta

Figura 68. Sección típica de cuneta



Fuente: SIECA 2016

- **Caudal hidrológico**

El cálculo del caudal hidrológico será la sumatoria de los caudales correspondientes a:

- Caudal de la ladera
- Caudal del talud
- Caudal de la calzada

Como se muestra en la *Figura 69*, definiéndolo con la siguiente fórmula:

$$Q_h = Q_L + Q_T + Q_C \qquad \textit{Ecuación 25}$$

Donde:

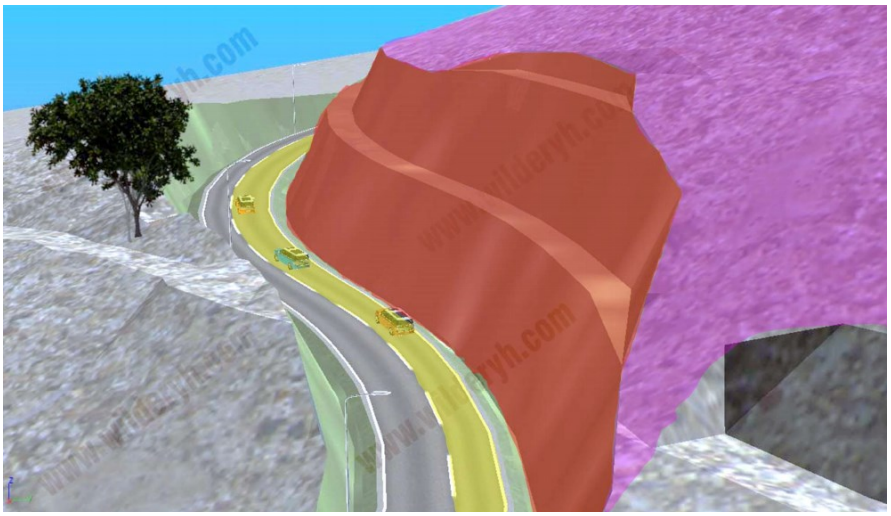
Q_L: Caudal de la ladera

Q_T: Caudal del talud

Q_C: Caudal de la calzada.

En la *Figura 69* se muestras 3 zonas de las cuales definen los 3 caudales de la fórmula anterior, la zona en magenta representa al área correspondiente a la ladera, lo rojo al talud y lo amarillo al área de la calzada.

Figura 69. Zonas de ladera, talud y calzada



Fuente: Elaboración propia

Para la obtención de dichos caudales se usará el método racional, con la diferencia en el cálculo del tiempo de concentración, ya que, para este caso la cuneta representa al río de una cuenca teniendo área de aportes sombreadas en la figura anterior. El tiempo de concentración estará definido por un valor de t_c que cumpla con la igualdad de la *Ecuación 26*.

$$t_c - 527\left(0.0000276 * \frac{a}{(t_c+d)^b} + C_r\right)\left(\frac{L_o}{S_o}\right)^{\frac{1}{3}}\left(\frac{1}{\left(\frac{a*k}{(t_c+d)^b}\right)^{\frac{2}{3}}}\right) = 0 \quad \textit{Ecuación 26}$$

Donde:

t_c: Tiempo de concentración (tc>5min)

a, b, d: Parámetros de ajuste de la estación meteorológica

C_r: Coeficiente de retardo superficial

k: Coeficiente de escurriemiento k.

L_o: Longitud del tramo.

S_o: Pendiente longitudinal.

Tabla 20. Coeficiente de escurrimiento K

SUPERFICIE	K
Solo casas residenciales	0.3
Apartamentos con espacios verdes	0.5
Áreas de edificios comerciales e industriales	0.9
Áreas boscosas, dependiento del suelo	0.05 a 0.20
Parques, terrenos agrícolas y pastizales	0.05 a 0.20
Asfalto o pavimento de concreto	0.85

Tabla 21. Coeficientes de retardo Cr

SUPERFICIE	Cr
Superficies lisas asfálticas	0.007
Pavimento de concreto	0.012
Pavimento de grava	0.017
Cesped muy tupido	0.046
Pastizales	0.060

Fuente SIECA 2016

- **Resultados del drenaje longitudinal**

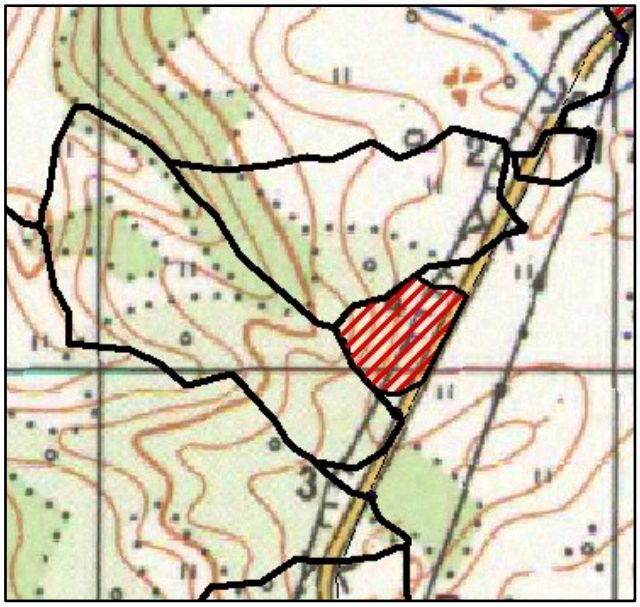
El diseño y la propuesta de la sección para el drenaje longitudinal, depende en primera instancia de haber definido la rasante de la carretera, aspectos que se desarrollarán en capítulos siguientes.

Teniendo la rasante, se pueden identificar las zonas de corte y de relleno, donde en las zonas de corte vendrán acompañadas con el diseño del drenaje longitudinal.

En la

Figura 70 se puede apreciar a manera de ejemplo la zona de las laderas que aportan drenaje al tramo de la estación 11+060 a la 11+345, obteniendo de esta manera el área de aporte para el caudal en dicha zona.

Figura 70. Área de ladera, tramo, 11+060 al 11+345

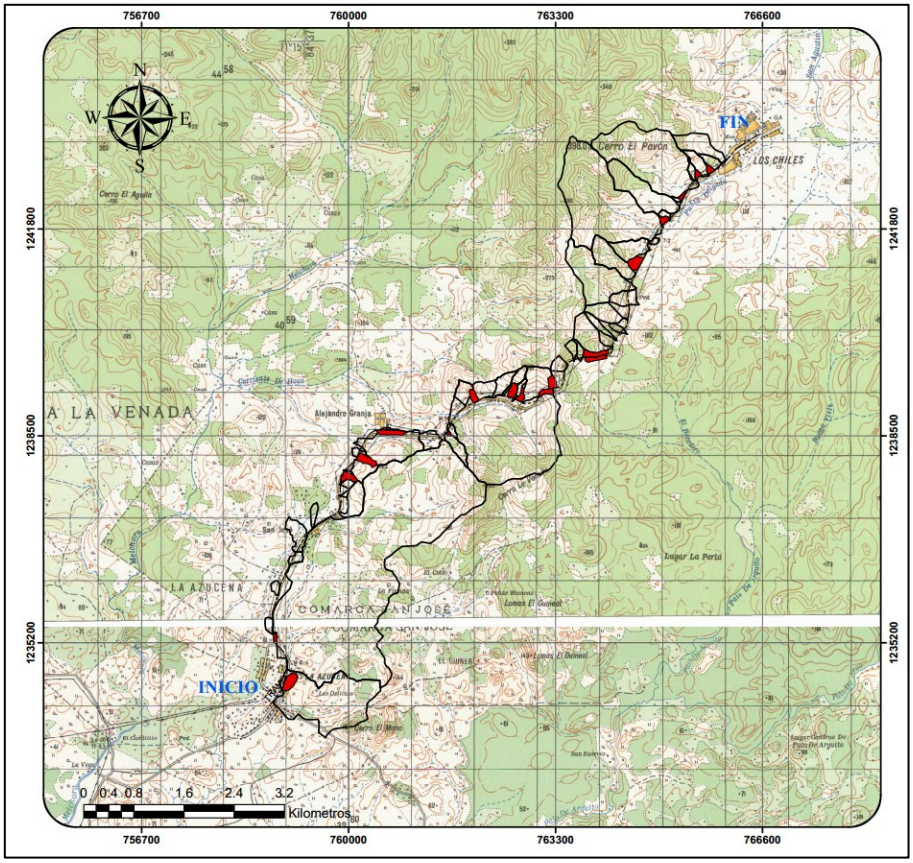


Fuente: Elaboración propia ArcGIS

En la *Figura 71* se aprecia las áreas consideras para la obtención del caudal hidrológico en la parte de ladera, de la cual se sumarán los caudales de taludes y caudales de calzadas.

La determinación del caudal es parecida a la del método racional, con la diferencia que la longitud del cauce principal de una cuenca, viene siendo la longitud del tramo que se está estudiando para el diseño de la cuneta, por lo tanto, el cálculo de tiempo de concentración, varía.

Figura 71. Área de laderas para drenaje longitudinal



Fuente: elaboración propia ArcGIS

Los parámetros de ajuste para el cálculo hidrológicos serán los mostrados en la tabla de *Anexo A. 10*. Para un tiempo de retorno de 10 año.

Tabla 22. Parámetros de ajuste de la estación San Carlos, para TR = 10 años

Kcc	ESTACION:	SAN CARLOS			
P70	Tr	r	A	d	B
1.14	10	-0.993	1531	9	0.718

Fuente: INETER

- **Tiempo de concentración**

Para la determinación del tiempo de concentración se usó la *Ecuación 26*, con método aproximado,

Para el tramo de 11+060 al 11+345 se obtuvieron de la siguiente manera:

Cr = 0.012 k = 0.85

Habiendo hecho varios tanteos el valor de $t_c = 6.953\ min$ hace válida la ecuación

$$a := 1531 \qquad L_o := 285 \qquad Cr := 0.012$$

$$b := 0.718 \qquad S_o := 0.022 \qquad k := 0.85$$

$$d := 9$$

$$R(tc) := tc - 527\left(0.0000276 \cdot \frac{a}{(tc+d)^{b}} + Cr\right) \cdot \left(\frac{L_o}{S_o}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\left(\frac{a \cdot k}{(tc+d)^{b}}\right)^{-\frac{2}{3}}\right)$$

$$R(6.953) = 0.0004$$

Con dicho tiempo de concentración se determina la intensidad de lluvia, con la *Ecuación 9.*

$$\mathrm{I} = 1.14\frac{1531}{(6.953+9)^{0.718}} = 238.912\ mm/hr$$

Teniendo la intensad se aplica la ecuación del método racional, usando coeficientes de escorrentía correspondientes, tanto a laderas como a calzada.

Tabla 23. Caudales hidrológicos primeros 1000 metros

Estación		A Ladera	A Talud	A Calzada	L	So	Tc calculado	Tc a usar	Intensidad mm/hr	C Ladera	C calzada	Q ladera (m^3/seg)	Q Talud (m^3/seg)	Q calzada (m^3/seg)
Inicio	Final	m^2	m^2	m^2	m	m/m	min	min	TR10			TR10	TR10	TR10
0+000	0+172		145.71	739.60	172	0.035	5.10	5.10	260.975	0.485	0.850	0.00	0.01	0.05
0+000	0+172	0.00	140.91	739.60	172	0.035	5.10	5.10	260.975	0.485	0.850	0.00	0.00	0.05
0+185	0+639	0.00	584.59	1952.20	454	-0.018	9.00	9.00	219.004	0.485	0.850	0.00	0.02	0.10
0+185	0+639	0.00	363.97	1952.20	454	-0.018	9.00	9.00	219.004	0.485	0.850	0.00	0.01	0.10
0+639	0+850	0.00	569.30	907.30	211	0.039	5.10	5.10	260.975	0.555	0.850	0.00	0.02	0.06
0+639	0+850	41703	860.71	907.30	211	0.039	5.10	5.10	260.975	0.555	0.850	1.68	0.03	0.06
1+080	1+120	0.00	24.31	172.00	40	-0.019	3.60	5.00	262.312	0.555	0.850	0.00	0.00	0.01

***T*abla 24. Caudales hidráulicos primeros 1000 metros**

Estación		L	P	n	Qh	Za	Zb	H	L	V	Q	CHEQUEO
Inicio	Final	m	%		m^3/s			m			m^3/s	
0+000	0+172	172.00	3.52%	0.017	**0.05**	1	2	0.5	1.5	3.776	**1.397**	OK
0+000	0+172	172.00	3.52%	0.017	**0.049**	1	2	0.5	1.5	3.776	**1.397**	OK
0+185	0+639	454.00	-1.85%	0.017	**0.118**	1	2	0.5	1.5	2.733	**1.011**	OK
0+185	0+639	454.00	-1.85%	0.017	**0.111**	1	2	0.5	1.5	2.733	**1.011**	OK
0+639	0+850	211.00	4.00%	0.017	**0.078**	1	2	0.5	1.5	4.021	**1.487**	OK
0+639	0+850	211.00	4.00%	0.017	**1.772**	1	2	0.6	1.8	4.54	**2.451**	OK
1+080	1+120	40.00	-2.00%	0.017	**0.01**	1	2	0.5	1.5	3.776	**1.397**	OK

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Resumen de drenaje longitudinal

Estación		A Ladera	A Talud	A Calzada	L	So	Tc calculado	Tc a usar	Intensidad mm/hr	C Ladera	C calzada	Q ladera (m^3/seg)	Q Talud (m^3/seg)	Q calz (m^3/seg)
Inicio	Final	m^2	m^2	m^2	m	m/m	min	min	TR10			TR10	TR10	TR10
0+000	0+172		145.71	739.60	172.000	0.035	5.10	5.10	260.975	0.485	0.850	0.00	0.01	0.05
0+000	0+172	0.00	140.91	739.60	172.000	0.035	5.10	5.10	260.975	0.485	0.850	0.00	0.00	0.05
0+185	0+639	0.00	584.59	1952.20	454.000	-0.018	9.00	9.00	219.004	0.485	0.850	0.00	0.02	0.10
0+185	0+639	0.00	363.97	1952.20	454	-0.018	9.00	9.00	219.004	0.485	0.850	0.00	0.01	0.10
0+639	0+850	0.00	569.30	907.30	211	0.039	5.10	5.10	260.975	0.555	0.850	0.00	0.02	0.06
0+639	0+850	41703.00	860.71	907.30	211	0.039	5.10	5.10	260.975	0.555	0.850	1.68	0.03	0.06
1+080	1+120	0.00	24.31	172.00	40	-0.019	3.60	5.00	262.312	0.555	0.850	0.00	0.00	0.01
1+080	1+120	0.00	24.31	172.00	40	-0.019	3.59	5.00	262.312	0.555	0.850	0.00	0.00	0.01
1+075	1+160	7747.62	46.75	365.50	85	-0.02	4.62	5.00	262.312	0.555	0.850	0.31	0.00	0.02
1+295	1+410	0.00	268.56	494.50	115	-0.017	5.47	5.47	256.141	0.540	0.850	0.00	0.01	0.03
1+300	1+410	0.00	59.35	473.00	110	-0.016	5.51	5.51	255.722	0.540	0.850	0.00	0.00	0.03
1+410	1+550	0.00	298.28	602.00	140	0.015	6.16	6.16	247.752	0.540	0.850	0.00	0.01	0.04
1+410	1+525	0.00	116.40	494.50	115	0.014	5.87	5.87	251.151	0.540	0.850	0.00	0.00	0.03
1+565	1+570	0.00	1.70	21.50	5	0.015	1.89	5.00	262.312	0.540	0.850	0.00	0.00	0.00
1+740	1+830	0.00	89.34	387.00	90	-0.016	5.12	5.12	260.776	0.555	0.850	0.00	0.00	0.02
1+735	1+840	0.00	142.62	451.50	105	-0.016	5.41	5.41	256.906	0.555	0.850	0.00	0.01	0.03
2+245	2+360	0.00	96.82	494.50	115	-0.006	8.06	8.06	227.622	0.555	0.850	0.00	0.00	0.03
2+235	2+345	0.00	97.06	473.00	110	-0.006	7.92	7.92	228.924	0.555	0.850	0.00	0.00	0.03
2+455	2+505	0.00	37.04	215.00	50	-0.007	5.58	5.58	254.777	0.555	0.850	0.00	0.00	0.01
2+440	2+480	0.00	14.22	172.00	40	-0.007	5.15	5.15	260.379	0.555	0.850	0.00	0.00	0.01
2+685	2+700	0.00	3.87	64.50	15	-0.013	2.91	5.00	262.312	0.480	0.850	0.00	0.00	0.00
3+100	3+235	0.00	194.06	580.50	135	-0.007	8.08	8.08	227.449	0.555	0.850	0.00	0.01	0.03
3+115	3+230	0.00	182.45	494.50	115	-0.007	7.60	7.60	232.094	0.555	0.850	0.00	0.01	0.03

Estación		A Ladera	A Talud	A Calzada	L	So	Tc calculado	Tc a usar	Intensidad mm/hr	C Ladera	C calzada	Q ladera (m^3/seg)	Q Talud (m^3/seg)	Q calzada (m^3/seg)
Inicio	Final	m^2	m^2	m^2	m	m/m	min	min	TR10			TR10	TR10	TR10
3+915	3+955	0.00	13.72	172.00	40	-0.013	4.12	5.00	262.312	0.500	0.850	0.00	0.00	0.01
3+915	4+040	0.00	88.24	537.50	125	-0.013	6.23	6.23	246.980	0.500	0.850	0.00	0.00	0.03
4+095	4+105	0.00	21.11	43.00	10	-0.014	2.46	5.00	262.312	0.600	0.850	0.00	0.00	0.00
4+185	4+400	26033.78	484.13	924.50	215	0.006	10.24	10.24	208.760	0.589	0.850	0.89	0.02	0.05
4+680	4+726	0.00	45.10	197.80	46	0.009	4.94	5.00	262.312	0.500	0.850	0.00	0.00	0.01
4+726	4+840	0.00	346.74	490.20	114	0.03	4.44	5.00	262.312	0.583	0.850	0.00	0.01	0.03
4+675	4+726	0.00	139.73	219.30	51	0.009	5.13	5.13	260.577	0.500	0.850	0.00	0.01	0.01
4+726	4+850	34660.31	592.17	533.20	124	0.029	4.63	5.00	262.312	0.583	0.850	1.47	0.03	0.03
4+950	5+240	0.00	259.76	1247.00	290	-0.038	5.72	5.72	253.060	0.540	0.850	0.00	0.01	0.07
4+950	5+250	0.00	378.81	1290.00	300	-0.038	5.79	5.79	252.174	0.540	0.850	0.00	0.01	0.08
5+355	5+545	32987.95	716.72	817.00	190	-0.025	5.71	5.71	253.171	0.583	0.850	1.35	0.03	0.05
5+360	5+540	0.00	699.12	774.00	180	-0.024	5.68	5.68	253.505	0.583	0.850	0.00	0.03	0.05
5+645	5+795	0.00	300.92	645.00	150	-0.053	3.99	5.00	262.312	0.583	0.850	0.00	0.01	0.04
5+795	5+920	0.00	267.62	537.50	125	0.05	3.82	5.00	262.312	0.583	0.850	0.00	0.01	0.03
5+660	5+795	0.00	303.99	580.50	135	-0.053	3.85	5.00	262.312	0.583	0.850	0.00	0.01	0.04
5+795	5+935	0.00	382.17	602.00	140	0.05	3.98	5.00	262.312	0.583	0.850	0.00	0.02	0.04
6+055	6+210	0.00	178.55	666.50	155	-0.058	3.91	5.00	262.312	0.500	0.850	0.00	0.01	0.04
6+361	6+426	0.00	267.10	279.50	65	-0.007	6.15	6.15	247.893	0.600	0.850	0.00	0.01	0.02
6+426	6+500	1705.66	227.57	318.20	74	0.037	3.53	5.00	262.312	0.592	0.850	0.07	0.01	0.02
6+361	6+426	1445.13	249.19	279.50	65	-0.007	6.15	6.15	247.893	0.600	0.850	0.06	0.01	0.02
6+426	6+515	0.00	192.81	382.70	89	0.03	4.06	5.00	262.312	0.592	0.850	0.00	0.01	0.02
6+695	6+715	0.00	24.66	86.00	20	-0.045	2.09	5.00	262.312	0.592	0.850	0.00	0.00	0.01
6+895	7+115	19246.66	925.46	946.00	220	-0.009	8.84	8.84	220.430	0.631	0.850	0.74	0.04	0.05

Estación		A Ladera	A Talud	A Calzada	L	So	Tc calculado	Tc a usar	Intensidad mm/he	C Ladera	C calzada	Q ladera (m^3/seg)	Q Talud (m^3/seg)	Q calzada (m^3/seg)
Inicio	Final	m^2	m^2	m^2	m	m/m	min	min	TR10			TR10	TR10	TR10
6+905	7+100	0.00	222.23	838.50	195	-0.009	8.44	8.44	224.012	0.592	0.850	0.00	0.01	0.04
7+265	7+350	0.00	135.64	365.50	85	-0.024	4.33	5.00	262.312	0.577	0.850	0.00	0.01	0.02
7+270	7+340	0.00	26.89	301.00	70	-0.024	4.04	5.00	262.312	0.592	0.850	0.00	0.00	0.02
7+445	7+495	23863.23	69.40	215.00	50	-0.024	3.58	5.00	262.312	0.562	0.850	0.98	0.00	0.01
7+430	7+485	0.00	43.95	236.50	55	-0.024	3.71	5.00	262.312	0.592	0.850	0.00	0.00	0.01
7+595	7+690	15321.12	254.27	408.50	95	-0.024	4.50	5.00	262.312	0.596	0.850	0.67	0.01	0.03
7+610	7+690	0.00	108.36	344.00	80	-0.024	4.24	5.00	262.312	0.592	0.850	0.00	0.00	0.02
8+040	8+155	0.00	259.65	494.50	115	-0.085	3.07	5.00	262.312	0.568	0.850	0.00	0.01	0.03
8+015	8+155	2923.02	1100.00	602.00	140	-0.085	3.29	5.00	262.312	0.592	0.850	0.13	0.05	0.04
8+305	8+520	15437.88	4232.80	924.50	215	-0.082	3.89	5.00	262.312	0.568	0.850	0.64	0.18	0.06
8+305	8+500	8940.64	3364.57	838.50	195	-0.084	3.72	5.00	262.312	0.592	0.850	0.39	0.15	0.05
8+615	8+775	0.00	300.91	688.00	160	0.05	4.17	5.00	262.312	0.670	0.850	0.00	0.01	0.04
9+030	9+130	4355.12	845.96	430.00	100	-0.005	8.19	8.19	226.365	0.670	0.850	0.18	0.04	0.02
9+025	9+130	3035.82	400.95	451.50	105	-0.005	8.34	8.34	224.930	0.670	0.850	0.13	0.02	0.02
9+130	9+342	17747.43	3447.35	911.60	212	0.07	4.09	5.00	262.312	0.565	0.850	0.73	0.14	0.06
9+130	9+342	12371.21	1878.50	911.60	212	0.07	4.09	5.00	262.312	0.565	0.850	0.51	0.08	0.06
9+342	9+431	6210.81	1206.42	382.70	89	0.016	5.09	5.09	261.055	0.565	0.850	0.25	0.05	0.02
9+342	9+431	4329.38	731.52	382.70	89	0.016	5.09	5.09	261.055	0.565	0.850	0.18	0.03	0.02
9+431	9+540	2542.66	493.90	468.70	109	0.079	3.10	5.00	262.312	0.565	0.850	0.10	0.02	0.03
9+431	9+675	1172.42	233.70	1049.20	244	0.039	5.32	5.32	258.103	0.565	0.850	0.05	0.01	0.06
9+575	9+675	0.00	267.35	430.00	100	0.092	2.85	5.00	262.312	0.565	0.850	0.00	0.01	0.03
9+810	9+865	0.00	91.49	236.50	55	-0.05	2.859	5.00	262.312	0.565	0.850	0.00	0.00	0.01
10+700	10+795	0.00	334.59	408.50	95	0.049	3.489	5.00	262.312	0.600	0.850	0.00	0.01	0.03
10+700	10+780	0.00	180.32	344.00	80	0.048	3.309	5.00	262.312	0.600	0.850	0.00	0.01	0.02
11+060	11+345	35656.38	989.26	1224.90	285	0.022	6.954	6.95	238.824	0.595	0.850	1.41	0.04	0.07

Estación		A Ladera	A Talud	A Calzada	L	So	Tc calculado	Tc a usar	Intensidad mm/hr	C Ladera	C calzada	Q ladera (m^3/seg)	Q Talud (m^3/seg)	Q calzada (m^3/seg)
Inicio	Final	m^2	m^2	m^2	m	m/m	min	min	TR10			TR10	TR10	TR10
11+080	11+340	0.00	359.63	1118.00	260	0.023	6.612	6.61	242.569	0.595	0.850	0.00	0.01	0.06
11+480	11+610	0.00	387.82	559.00	130	-0.005	9.051	9.05	218.560	0.595	0.850	0.00	0.01	0.03
11+490	11+595	0.00	175.17	451.50	105	-0.005	8.343	8.34	224.930	0.595	0.850	0.00	0.01	0.02
11+800	12+015	14047.15	889.55	924.50	215	-0.023	6.162	6.16	247.717	0.573	0.850	0.55	0.04	0.05
11+800	12+000	0.00	319.60	860.00	200	-0.022	6.099	6.10	248.458	0.573	0.850	0.00	0.01	0.05
12+050	12+075	0.00	201.59	107.50	25	0.005	4.902	5.00	262.312	0.579	0.850	0.00	0.01	0.01
12+075	12+280	0.00	0.00	881.50	205	0.043	4.818	5.00	262.312	0.579	0.850	0.00	0.00	0.05
12+180	12+280	0.00	24.28	430.00	100	0.07	3.132	5.00	262.312	0.579	0.850	0.00	0.00	0.03
12+340	12+370	0.00	8.30	129.00	30	0.008	4.419	5.00	262.312	0.580	0.850	0.00	0.00	0.01
12+390	12+600	3553.15	179.88	903.00	210	-0.03	5.541	5.54	255.267	0.580	0.850	0.15	0.01	0.05
12+390	12+600	0.00	109.53	903.00	210	-0.03	5.541	5.54	255.267	0.580	0.850	0.00	0.00	0.05
12+600	12+700	4202.63	212.76	430.00	100	0.058	3.348	5.00	262.312	0.598	0.850	0.18	0.01	0.03
12+600	12+730	0.00	377.75	559.00	130	0.063	3.57	5.00	262.312	0.598	0.850	0.00	0.02	0.03
12+830	12+850	8722.49	12.46	86.00	20	-0.033	2.32	5.00	262.312	0.598	0.850	0.38	0.00	0.01
13+050	13+173	11622.68	261.17	528.90	123	0.011	6.59	6.59	242.870	0.600	0.850	0.47	0.01	0.03
13+205	13+370	0.00	38.65	709.50	165	0.022	5.68	5.68	253.505	0.600	0.850	0.00	0.00	0.04
13+200	13+370	0.00	36.38	731.00	170	0.022	5.75	5.75	252.727	0.600	0.850	0.00	0.00	0.04

Estación		L	P	n	Qh	Za	Zb	H	L	V	Q	CHEQUEO
Inicio	Final	m	%		m^3/s			m			m^3/s	
0+000	0+172	172.00	3.52%	0.017	0.05	1	2	0.5	1.5	3.776	**1.397**	OK
0+000	0+172	172.00	3.52%	0.017	0.049	1	2	0.5	1.5	3.776	**1.397**	OK
0+185	0+639	454.00	-1.85%	0.017	0.118	1	2	0.5	1.5	2.733	**1.011**	OK
0+185	0+639	454.00	-1.85%	0.017	0.111	1	2	0.5	1.5	2.733	**1.011**	OK
0+639	0+850	211.00	4.00%	0.017	0.078	1	2	0.5	1.5	4.021	**1.487**	OK
0+639	0+850	211.00	4.00%	0.017	1.772	1	2	0.6	1.8	4.54	**2.451**	OK
1+080	1+120	40.00	-2.00%	0.017	0.01	1	2	0.5	1.5	3.776	**1.397**	OK
1+075.00	1+160.00	85.00	-2.00%	0.017	0.336	1	2	0.5	1.5	2.845	1.052	OK
1+295.00	1+410.00	115.00	-1.70%	0.017	0.039	1	2	0.5	1.5	2.626	0.971	OK
1+300.00	1+410.00	110.00	-1.69%	0.017	0.03	1	2	0.5	1.5	2.615	0.967	OK
1+410.00	1+550.00	140.00	1.51%	0.017	0.046	1	2	0.5	1.5	2.469	0.913	OK
1+410.00	1+525.00	115.00	1.47%	0.017	0.033	1	2	0.5	1.5	2.438	0.902	OK
1+565.00	1+570.00	5.00	1.60%	0.017	0.001	1	2	0.5	1.5	2.544	0.941	OK
1+740.00	1+830.00	90.00	-1.70%	0.017	0.026	1	2	0.5	1.5	2.622	0.970	OK
1+735.00	1+840.00	105.00	-1.70%	0.017	0.032	1	2	0.5	1.5	2.619	0.969	OK
2+245.00	2+360.00	115.00	-0.70%	0.017	0.029	1	2	0.5	1.5	1.677	0.620	OK
2+235.00	2+345.00	110.00	-0.70%	0.017	0.028	1	2	0.5	1.5	1.683	0.622	OK
2+455.00	2+505.00	50.00	-0.70%	0.017	0.013	1	2	0.5	1.5	1.683	0.622	OK
2+440.00	2+480.00	40.00	-0.70%	0.017	0.01	1	2	0.5	1.5	1.683	0.622	OK
2+685.00	2+700.00	15.00	-1.40%	0.017	0.003	1	2	0.5	1.5	2.38	0.880	OK
3+100.00	3+235.00	135.00	-0.78%	0.017	0.037	1	2	0.5	1.5	1.774	0.656	OK
3+115.00	3+230.00	115.00	-0.78%	0.017	0.033	1	2	0.5	1.5	1.779	0.658	OK
3+915.00	3+955.00	40.00	-1.35%	0.017	0.01	1	2	0.5	1.5	2.337	0.864	OK
3+915.00	4+040.00	125.00	-1.34%	0.017	0.034	1	2	0.5	1.5	2.332	0.862	OK
4+095.00	4+105.00	10.00	-1.40%	0.017	0.002	1	2	0.5	1.5	2.38	0.880	OK
4+185.00	4+400.00	215.00	0.67%	0.017	0.949	1	2	0.7	2.1	2.06	1.503	OK

Estación		L	P	n	Qh	Za	Zb	H	L	V	Q	CHEKEO
Inicio	Final	m	%		m^3/s			m			m^3/s	
4+680.00	4+726.00	46.00	0.93%	0.017	0.013	1	2	0.5	1.5	1.945	0.719	OK
4+726.00	4+840.00	114.00	3.00%	0.017	0.044	1	2	0.5	1.5	3.484	1.289	OK
4+675.00	4+726.00	51.00	0.90%	0.017	0.018	1	2	0.5	1.5	1.91	0.706	OK
4+726.00	4+850.00	124.00	2.94%	0.017	1.53	1	2	0.6	1.8	3.892	2.101	OK
4+950.00	5+240.00	290.00	-3.82%	0.017	0.083	1	2	0.5	1.5	3.934	1.455	OK
4+950.00	5+250.00	300.00	-3.83%	0.017	0.09	1	2	0.5	1.5	3.937	1.456	OK
5+355.00	5+545.00	190.00	-2.54%	0.017	1.429	1	2	0.6	1.8	3.618	1.953	OK
5+360.00	5+540.00	180.00	-2.47%	0.017	0.074	1	2	0.5	1.5	3.159	1.168	OK
5+645.00	5+795.00	150.00	-5.37%	0.017	0.051	1	2	0.5	1.5	4.66	1.724	OK
5+795.00	5+920.00	125.00	5.01%	0.017	0.044	1	2	0.5	1.5	4.501	1.665	OK
5+660.00	5+795.00	135.00	-5.30%	0.017	0.047	1	2	0.5	1.5	4.632	1.713	OK
5+795.00	5+935.00	140.00	5.08%	0.017	0.053	1	2	0.5	1.5	4.533	1.677	OK
6+055.00	6+210.00	155.00	-5.86%	0.017	0.047	1	2	0.5	1.5	4.869	1.801	OK
6+055.00	6+210.00	155.00	-5.86%	0.017	0.047	1	2	0.5	1.5	4.869	1.801	OK
6+361.00	6+426.00	65.00	-0.71%	0.017	0.027	1	2	0.5	1.5	1.692	0.626	OK
6+426.00	6+500.00	74.00	3.70%	0.017	0.101	1	2	0.5	1.5	3.871	1.432	OK
6+361.00	6+426.00	65.00	-0.71%	0.017	0.085	1	2	0.5	1.5	1.692	0.626	OK
6+426.00	6+515.00	89.00	3.08%	0.017	0.031	1	2	0.5	1.5	3.529	1.305	OK
6+695.00	6+715.00	20.00	-4.55%	0.017	0.006	1	2	0.5	1.5	4.291	1.587	OK
6+895.00	7+115.00	220.00	-0.98%	0.017	0.827	1	2	0.6	1.8	2.245	1.212	OK
6+905.00	7+100.00	195.00	-0.97%	0.017	0.052	1	2	0.5	1.5	1.985	0.734	OK
7+265.00	7+350.00	85.00	-2.44%	0.017	0.027	1	2	0.5	1.5	3.139	1.161	OK
7+270.00	7+340.00	70.00	-2.44%	0.017	0.019	1	2	0.5	1.5	3.144	1.163	OK
7+445.00	7+495.00	50.00	-2.42%	0.017	0.991	1	2	0.5	1.5	3.129	1.157	OK
7+430.00	7+485.00	55.00	-2.44%	0.017	0.015	1	2	0.5	1.5	3.14	1.161	OK
7+595.00	7+690.00	95.00	-2.44%	0.017	0.701	1	2	0.5	1.5	3.143	1.162	OK

Estación		L	P	n	Qh	Za	Zb	H	L	V	Q	CHEQUEO
Inicio	Final	m	%		m³/s			m			m³/s	
7+610.00	7+690.00	80.00	-2.44%	0.017	0.025	1	2	0.5	1.5	3.14	1.161	OK
8+040.00	8+155.00	115.00	-8.50%	0.017	0.04	1	2	0.5	1.5	5.866	2.170	OK
8+015.00	8+155.00	140.00	-8.57%	0.017	0.21	1	2	0.5	1.5	5.889	2.178	OK
8+155.00	8+305.00	150.00	-1.87%	0.017	0.36	1	2	0.5	1.5	2.753	1.018	OK
8+155.00	8+305.00	150.00	-1.87%	0.017	0.374	1	2	0.5	1.5	2.753	1.018	OK
8+305.00	8+520.00	215.00	-8.26%	0.017	0.871	1	2	0.5	1.5	5.78	2.138	OK
8+305.00	8+500.00	195.00	-8.49%	0.017	0.581	1	2	0.5	1.5	5.862	2.168	OK
8+615.00	8+775.00	160.00	5.02%	0.017	0.056	1	2	0.5	1.5	4.509	1.668	OK
7+610.00	7+690.00	80.00	-2.44%	0.017	0.025	1	2	0.5	1.5	3.14	1.161	OK
8+040.00	8+155.00	115.00	-8.50%	0.017	0.04	1	2	0.5	1.5	5.866	2.170	OK
8+015.00	8+155.00	140.00	-8.57%	0.017	0.21	1	2	0.5	1.5	5.889	2.178	OK
8+155.00	8+305.00	150.00	-1.87%	0.017	0.36	1	2	0.5	1.5	2.753	1.018	OK
8+155.00	8+305.00	150.00	-1.87%	0.017	0.374	1	2	0.5	1.5	2.753	1.018	OK
8+305.00	8+520.00	215.00	-8.26%	0.017	0.871	1	2	0.5	1.5	5.78	2.138	OK
8+305.00	8+500.00	195.00	-8.49%	0.017	0.581	1	2	0.5	1.5	5.862	2.168	OK
8+615.00	8+775.00	160.00	5.02%	0.017	0.056	1	2	0.5	1.5	4.509	1.668	OK
7+610.00	7+690.00	80.00	-2.44%	0.017	0.025	1	2	0.5	1.5	3.14	1.161	OK
8+040.00	8+155.00	115.00	-8.50%	0.017	0.04	1	2	0.5	1.5	5.866	2.170	OK
8+015.00	8+155.00	140.00	-8.57%	0.017	0.21	1	2	0.5	1.5	5.889	2.178	OK
8+155.00	8+305.00	150.00	-1.87%	0.017	0.36	1	2	0.5	1.5	2.753	1.018	OK
8+155.00	8+305.00	150.00	-1.87%	0.017	0.374	1	2	0.5	1.5	2.753	1.018	OK
8+305.00	8+520.00	215.00	-8.26%	0.017	0.871	1	2	0.5	1.5	5.78	2.138	OK
8+305.00	8+500.00	195.00	-8.49%	0.017	0.581	1	2	0.5	1.5	5.862	2.168	OK
8+615.00	8+775.00	160.00	5.02%	0.017	0.056	1	2	0.5	1.5	4.509	1.668	OK
7+610.00	7+690.00	80.00	-2.44%	0.017	0.025	1	2	0.5	1.5	3.14	1.161	OK
8+040.00	8+155.00	115.00	-8.50%	0.017	0.04	1	2	0.5	1.5	5.866	2.170	OK

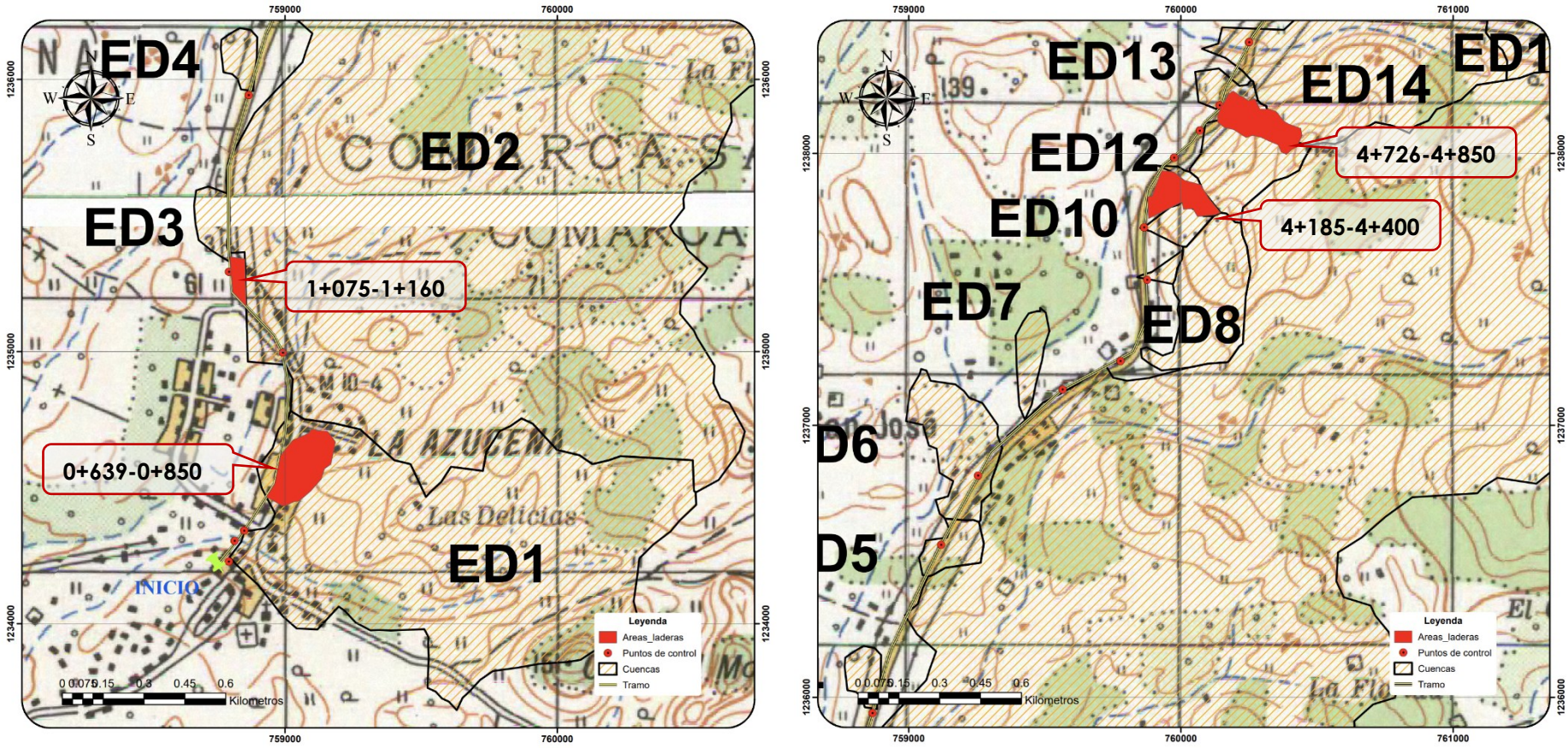
Estación		L	P	n	Qh	Za	Zb	H	L	V	Q	CHEQUEO
Inicio	Final	m	%		m^3/s			m			m^3/s	
9+030.00	9+130.00	100.00	-0.54%	0.017	0.24	1	2	0.5	1.5	1.478	0.546	OK
9+025.00	9+130.00	105.00	-0.51%	0.017	0.166	1	2	0.5	1.5	1.442	0.533	OK
9+130.00	9+342.00	212.00	7.00%	0.017	0.929	1	2	0.5	1.5	5.322	1.969	OK
9+130.00	9+342.00	212.00	7.00%	0.017	0.642	1	2	0.5	1.5	5.322	1.969	OK
9+342.00	9+431.00	89.00	1.65%	0.017	0.326	1	2	0.5	1.5	2.585	0.956	OK
9+342.00	9+431.00	89.00	1.65%	0.017	0.229	1	2	0.5	1.5	2.585	0.956	OK
9+431.00	9+540.00	109.00	7.93%	0.017	0.153	1	2	0.5	1.5	5.663	2.095	OK
9+431.00	9+675.00	244.00	3.92%	0.017	0.119	1	2	0.5	1.5	3.982	1.473	OK
9+575.00	9+675.00	100.00	9.27%	0.017	0.037	1	2	0.5	1.5	6.125	2.266	OK
9+810.00	9+865.00	55.00	-5.02%	0.017	0.017	1	2	0.5	1.5	4.506	1.667	OK
10+700.00	10+795.00	95.00	4.99%	0.017	0.039	1	2	0.5	1.5	4.493	1.662	OK
10+700.00	10+780.00	80.00	4.88%	0.017	0.028	1	2	0.5	1.5	4.441	1.643	OK
11+060.14	11+345.00	285.00	2.29%	0.017	1.515	1	2	0.6	1.8	3.438	1.856	OK
11+080.00	11+340.00	260.00	2.32%	0.017	0.078	1	2	0.5	1.5	3.061	1.132	OK
11+480.00	11+610.00	130.00	-0.51%	0.017	0.042	1	2	0.5	1.5	1.433	0.530	OK
11+490.00	11+595.00	105.00	-0.50%	0.017	0.029	1	2	0.5	1.5	1.429	0.528	OK
11+800.00	12+015.00	215.00	-2.32%	0.017	0.642	1	2	0.5	1.5	3.061	1.132	OK
11+800.00	12+000.00	200.00	-2.30%	0.017	0.062	1	2	0.5	1.5	3.047	1.127	OK
12+050.00	12+075.00	25.00	0.56%	0.017	0.014	1	2	0.5	1.5	1.505	0.556	OK
12+075.00	12+280.00	205.00	4.32%	0.017	0.054	1	2	0.5	1.5	4.179	1.546	OK
12+180.00	12+280.00	100.00	7.07%	0.017	0.027	1	2	0.5	1.5	5.349	1.979	OK
12+340.00	12+370.00	30.00	0.83%	0.017	0.007	1	2	0.5	1.5	1.836	0.679	OK
12+390.00	12+600.00	210.00	-3.09%	0.017	0.207	1	2	0.5	1.5	3.536	1.308	OK
12+390.00	12+600.00	210.00	-3.09%	0.017	0.058	1	2	0.5	1.5	3.536	1.308	OK
12+600.00	12+700.00	100.00	5.87%	0.017	0.217	1	2	0.5	1.5	4.874	1.803	OK
12+600.00	12+730.00	130.00	6.31%	0.017	0.05	1	2	0.5	1.5	5.052	1.869	OK

Estación		L	P	n	Qh	Za	Zb	H	L	V	Q	CHEQUEO
Inicio	Final	m	%		m^3/s			m			m^3/s	
12+830.00	12+850.00	20.00	-3.35%	0.017	0.384	1	2	0.5	1.5	3.682	1.362	OK
13+050.00	13+173.00	123.00	1.19%	0.017	0.51	1	2	0.5	1.5	2.191	0.810	OK
13+205.00	13+370.00	165.00	2.23%	0.017	0.043	1	2	0.5	1.5	3.004	1.111	OK
13+200.00	13+370.00	170.00	2.23%	0.017	0.044	1	2	0.5	1.5	3.003	1.111	OK

Fuente: Elaboración propia

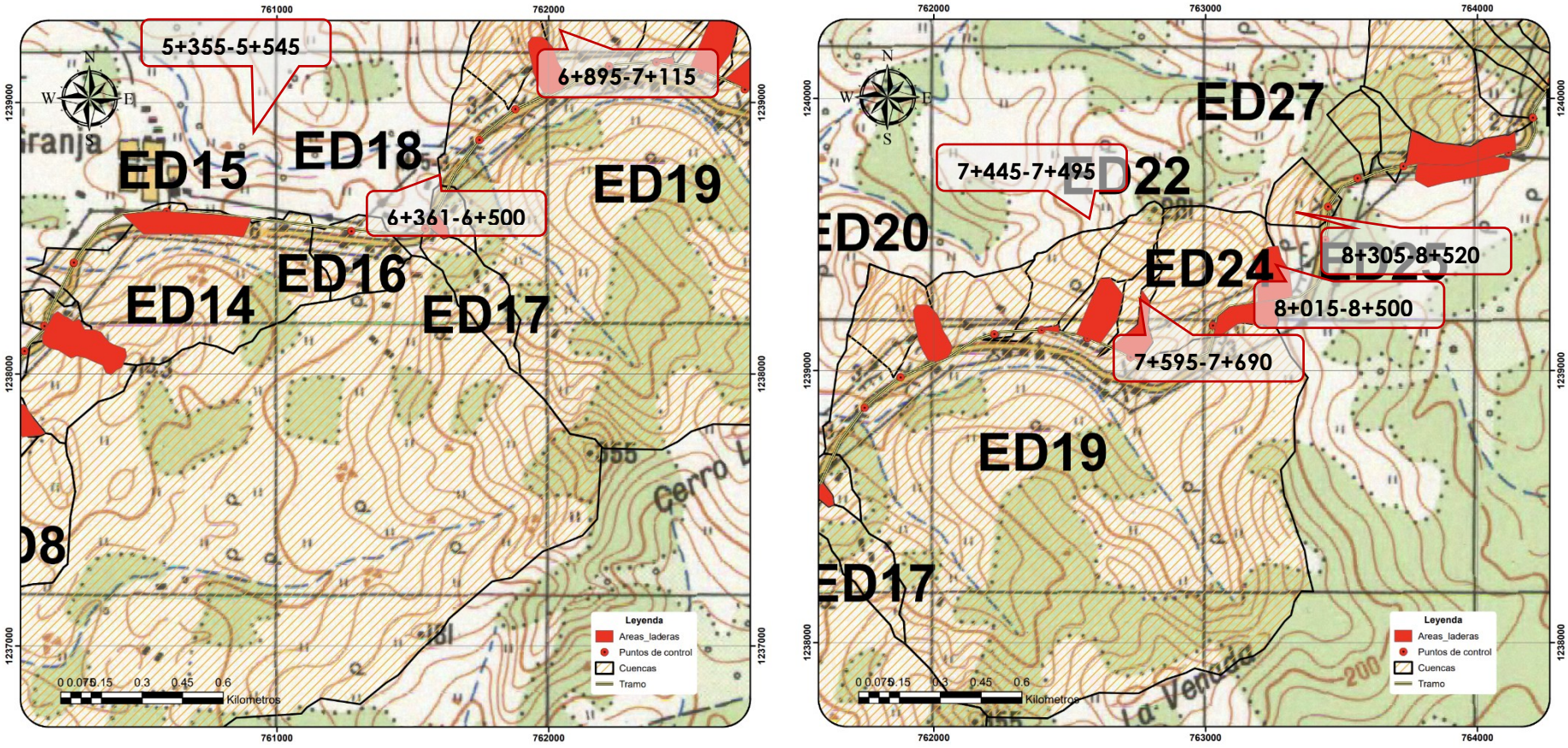
Se presentarán los mapas que delinean las áreas de laderas que contribuyen al drenaje del tramo vial. A través de esta representación cartográfica, se identifican las zonas consideradas para calcular el caudal hidrológico en las laderas. Los caudales derivados de las laderas se sumarán con los caudales provenientes de los taludes y las calzadas, permitiendo así una estimación integral del flujo hidrológico, así como anteriormente se describió.

Figura 72. Área de laderas por tramos



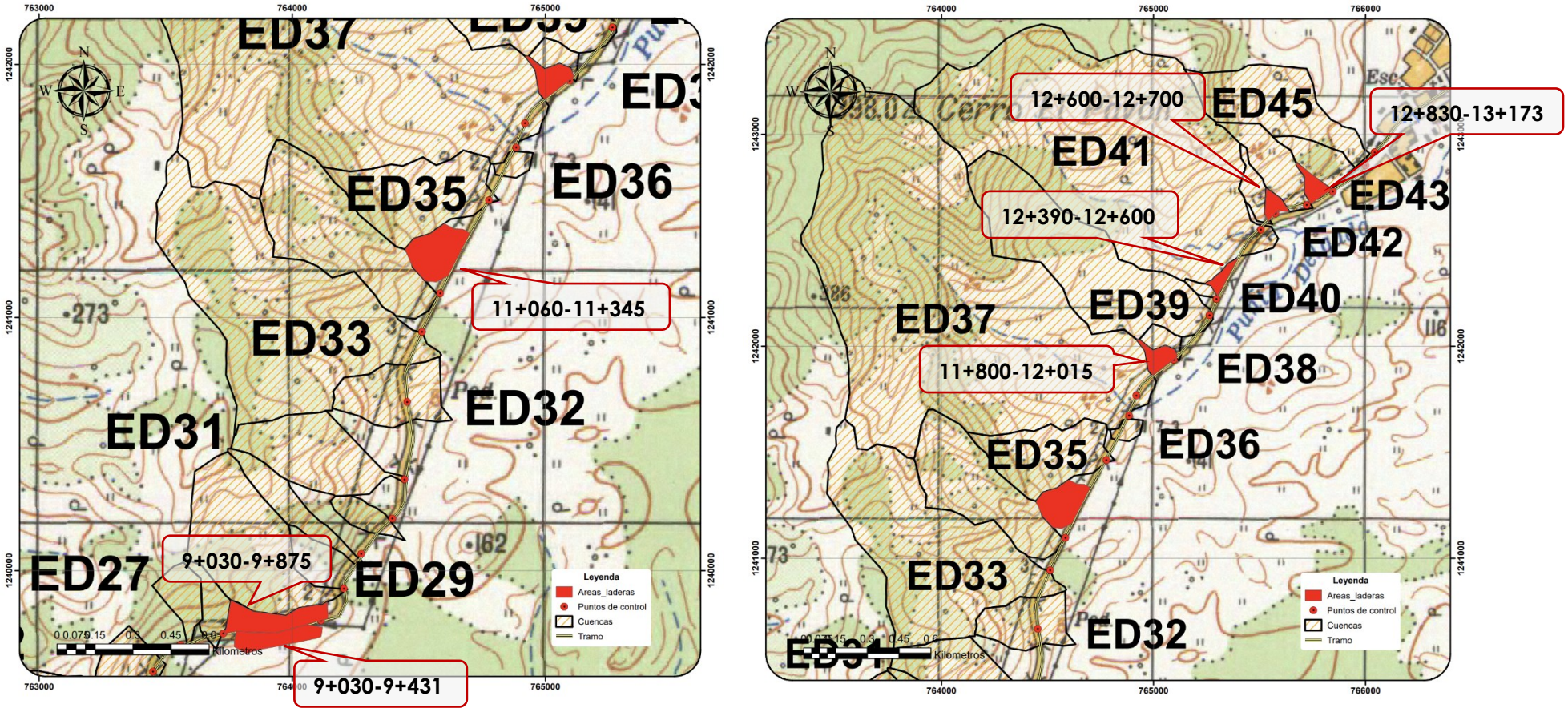
Fuente: Elaboración propia

Figura 67. Área de laderas por tramos



Fuente: Elaboración propia

Figura 67. Área de laderas por tramos



Fuente: Elaboración propia

3.6. Diseño geométrico

3.6.1. Estudio topográfico

Se llevó a cabo una visita de campo en el tramo de la vía donde se efectuó el diseño geométrico. El procedimiento que se utilizó para el levantamiento fue el método de perfil longitudinal y secciones transversales, considerando que es el más apropiado para proyectos de carreteras. Dicho levantamiento topográfico fue proporcionado por una empresa de consultaría ingenieriles.

Una vez procesados los datos del levantamiento proporcionado previamente, se procedió a la etapa de importación de estos datos en el software Civil3D. Esto posibilitó la creación de un modelo digital que representa la topografía del terreno, permitiendo la identificación y visualización de las curvas de nivel que caracterizan el tramo en estudio. Estas curvas de nivel son fundamentales para comprender el relieve de la vía existente, lo que a su vez fue de apoyo en la futura definición tanto del alineamiento vertical como del alineamiento horizontal.

3.6.2. Estudio de tránsito

Para estimar el volumen de tránsito esperado en la vía, se llevó a cabo un aforo vehicular tomando en cuenta ambos sentidos del tramo, se utilizó el formato de conteo vehicular establecido por el Anuario de Aforo de Tráfico 2020 del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), como se detalla en él *Anexo B. 9, Anexo B. 10 y Anexo B. 11*. Se realizó una estación de conteo sumaria en el sitio de estudio; es decir que se contó por tres días consecutivos durante 12 horas (6am – 6pm), los cuales se tomaron del día martes 1 de agosto al jueves 3 de agosto del 2023.

Los datos obtenidos del aforo vehicular, se procesan en una hoja de cálculo de Excel donde se define el Tránsito Promedio Diario, aplicando el factor día, factor semana y el factor de expansión que nos brinda el Anuario de Aforo de Tráfico 2020 (ver *Tabla 30*), se proyecta y se obtiene el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA). Este dato se utiliza en el diseño geométrico tanto para escoger el nivel de servicio, criterios de diseño y a su vez una determinar correcta distribución direccional.

Los factores de expansión para determinar el TPDA, serán los siguientes:

- **Factor Día**

$$Factor\ Día = 1 + \frac{Trafico\ Nocturno}{Trafico\ Diurno}$$ *Ecuación 27*

- **Factor Semana**

$$Factor\ Semana = \left(\frac{Tlab * 5 + Tfs * 2}{7 * Tlab}\right)$$ *Ecuación 28*

Donde:

$Tlab =$ Corresponde al tráfico levantado durante la semana lunes a viernes.

$Tfs =$ Corresponde al tráfico levantado durante el fin de semana sábado-Domingo.

- **Factor de Expansión**

Es el factor para expandir el tráfico diario semanal al tránsito promedio diario anual (TPDA) por tipo de vehículo, el que se obtiene de los conteos realizados en las estaciones de mayor cobertura.

$$Factor\ Expansión = \left(\frac{TPS\ 1er.conteo\ EMC + TPS\ 2do.conteo\ EMC + TPS\ 3er.conteo\ EMC}{3 * TPS\ Trabajado}\right)$$ *Ecuación 29*

- **Cálculo de TPDA**

$$TPDA = TPD \times Fd \times Fs \times Fe$$ *Ecuación 30*

Donde:

TPD = Tránsito Promedio Diario

Fd = Factor día

Fs = Factor semana

Fe = Factor expansión

Por otra parte, de acuerdo al aforo se consideró un vehículo de diseño más grande, que probablemente use la obra con mayor frecuencia. Este vehículo se usó para determinar el diseño de características críticas tales como radios en las intersecciones y radio de rampas de giro de acuerdo a la norma SIECA 2011.

- **Resultados del estudio de tránsito**

La estación de conteo se ubicó en la progresiva 0+125.84 como se muestra en la *Figura 73*, con una adecuada visibilidad en dirección de La Azucena – Los Chiles. Cabe señalar que la estación más cercana, es la Estación de conteo sumaria 2506, La Azucena – Los Chiles, identificada con el código NN -117 y forma parte de la Estación de Mayor Cobertura 1802 San Marcos - Masatepe. (Ver *Anexo A. 21*)

Figura 73. Ubicación de estación de conteo



Fuente: Elaboración propia, ArcGIS

Tabla 26.Coordenadas cartográficas del levantamiento

Comunidad	Est.	Coordenadas cartográficas (UTM84-Zona 16N)		
		Este (x)	Norte (y)	Elev. (z)
La Azucena	0+000	758746.550	1234199.600	59.700
Los Chiles	13+460	766043.070	1242916.260	85.070

Fuente: Elaboración propia

Utilizando los datos obtenidos durante el aforo realizado, se logró contabilizar el flujo vehicular en el tramo de estudio, clasificando los vehículos según su tipología. Los detalles de los aforos se especifican en el *Anexo B. 9*, *Anexo B. 10* y *Anexo B. 11*, y la tabla resumen del conteo general por de los 3 días de aforo, como se muestra en la *Tabla 27.*

Tabla 27. Aforo vehicular del tramo de carretera Azucena – Los Chiles

TRÁNSITO DIARIO

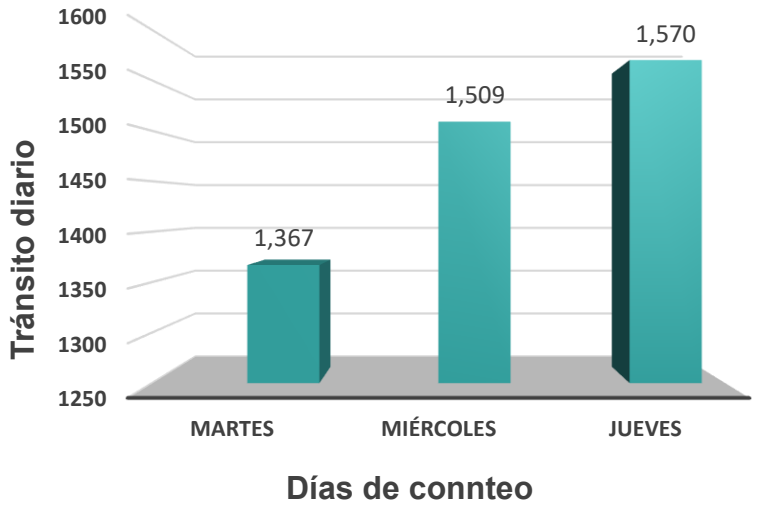
Tramo: Azucena - Los Chiles — Sentido: Azucena - Los Chiles
Ubicación: 0+000 — Los Chiles - Azucena

Fecha	Día	VEHÍCULOS DE PASAJEROS						VEHÍCULOS DE CARGA				OTROS VEHÍCULOS PESADOS			
		Motos	Autos	Jeep / SUV	Pick-Up	Microbús <15 pax	Grande	Camión Ligero	C2 > 4 ton	C3	T3-S2	Agrícolas	Construc.	Otros	Suma
1-ago-23	Martes	1071	44	24	107	5	30	17	48	1	0	1	0	19	1,367
2-ago-23	Miércoles	1240	48	26	92	3	23	17	48	1	0	0	2	9	1,509
3-ago-23	Jueves	1231	50	31	129	8	24	26	40	6	1	3	2	19	1,570
Total/Veh.		3542	142	81	328	16	77	60	136	8	1	4	4	47	4,446
Total		4,109						337							4,446
Veh./12hrs. %por tipo		79.67%	3.19%	1.82%	7.38%	0.36%	1.73%	1.35%	3.06%	0.18%	0.02%	0.09%	0.09%	1.06%	100.00%
		92.42%						7.58%							100%
		% Vehículos livianos						*%Vehículos pesados*							

Fuente: Elaboración propia

En la *Figura 74* presenta el comportamiento del flujo vehicular en los 3 días de conteo, reflejando el día de mayor circulación en el tramo, el día Viernes con 1,570 vehículos, siendo el día de mayor volumen vehicular presentado, seguido por el día Miércoles con 1,509 vehículos y por último el día Martes con 1,367 vehículos respectivamente.

***Figura 74*. Comportamiento vehicular por día**



Fuente: Elaboración propia

- **Determinación del tráfico promedio diario (TPD)**

El Tráfico Promedio Diario (TPD), se calculó mediante la obtención del promedio de los datos recopilados durante el aforo vehicular, considerando ambos sentidos de la vía. Dichos resultados se encuentran detallados en la *Tabla 28*, donde se muestra un valor promedio de 1,488 vehículos por día.

Tabla 28. Tráfico promedio diario (TPD)

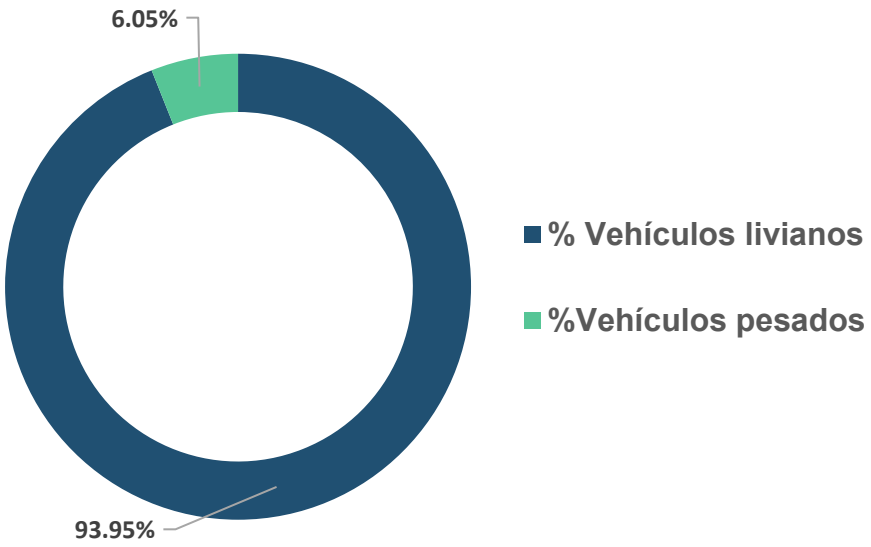
	VEHÍCULOS DE PASAJEROS						VEHÍCULOS DE CARGA				OTROS VEHÍCULOS PESADOS			
	Motos	Autos	Jeep / SUV	Pick-Up	Microbús <15 pax	Grande	Camión Ligero	C2 > 4 ton	C3	T3-S2	Agrícolas	Construc.	Otros	Suma
TPD	1181	48	27	110	6	26	20	46	3	1	2	2	16	1,488
Total	1,398						90							1,488
%	79.37%	3.23%	1.81%	7.39%	0.40%	1.75%	1.34%	3.09%	0.20%	0.07%	0.13%	0.13%	1.08%	100%
	93.95%						6.05%							100%
	% Vehículos livianos						*%Vehículos pesados*							

Fuente: Elaboración propia

- **Composición vehicular del TPD**

Tras el análisis de los datos obtenidos durante el aforo vehicular, se ha establecido el valor del Tráfico Promedio (TPD) en 1,488 vehículos por día. Esta cifra, clasificada según el tipo de vehículo, se divide de la siguiente manera: el 93.95% corresponde a vehículos livianos, mientras que el 6.05% restante corresponde a vehículos pesados. Este resultado se presenta visualmente en la *Figura 75.*

Figura 75. ***Porcentajes de la clasificación vehicular del TPD***



Fuente: Elaboración propia

- **Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)**

Conforme a lo establecido en el Anuario de Aforos de Tráfico (2020), se resalta la importancia de considerar distintos vectores, entre ellos el vector geográfico y el vector volumen, esto con el fin de designar la potencialidad con la cual se manifieste la afinidad que pueda existir entre una estación de conteo largo con una estación de conteo corto.

En la *Tabla 29*, se detalla la clasificación correspondiente al vector geográfico para el tramo específico bajo estudio, denominado La Azucena – Los Chiles. Este tramo se catalogó como un vector R4, indicando su ubicación en la región del atlántico sur, debido a que está situado dentro del departamento de Río San Juan.

Tabla 29. Vector Geográfico - R

N°.	Vector	Código	Nombre de Región	Departamentos
1	**R1**	**PS**	Pacífico Sur	Masaya, Granada, Carazo, Rivas
2	**R2**	**PN**	Pacífico Norte	León, Chinandega, Managua
3	**R3**	**CN**	Central Norte	Nueva Segovia, Madriz, Estelí, Jinotega, Matagalpa, Boaco, Chontales
4	**R4**	**AS**	Atlántico Sur	Región Autónoma del Caribe Sur (RACS), Río San Juan
5	**R5**	**AN**	Atlántico Norte	Región Autónoma del Caribe Norte (RACN)

Fuente: Anuario de aforos de tráfico 2020

El Anuario de aforos de tráfico 2020 del MTI, nos brinda factores que debemos de tener en cuenta para calcular el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA). Para este análisis, se considera la estación de mayor cobertura (EMC) más cercana la 1802 San Marcos – Masatepe siendo, junto con la Estación de Conteo Sumaria (ECS) 2506, La Azucena – Los Chiles, siendo esta seleccionada, por ser la estación geográficamente más cercana.

La *Tabla 30* muestra los factores que fueron implementados para realizar la expansión del TPD a TPDA, en el que se selecciona los valores correspondientes al conteo 2, ya que estos pertenecen al segundo cuatrimestre del año, de acuerdo a los registros del conteo realizado por el MTI, y cabe recalcar que el aforo vehicular en estudio, se realizó en la primera semana del mes de agosto, lo cual cumple con el periodo que lo rige.

Tabla 30. Factores de expansión a TPDA del segundo cuatrimestre (mayo - agosto)

Descripción	Motos	Autos	Jeep / SUV	Pick-Up	Microbús <15 pax	Minibús 15-30 pax	Bus	Camión Ligero	C2 > 4 ton	C3
Factor Día	1.37	1.33	1.19	1.24	1.28	1.25	1.36	1.20	1.26	1.20
Factor Semana	0.98	1.06	1.10	1.03	0.94	0.91	0.89	0.92	0.85	0.88
Factor Fin de Semana	1.05	0.87	0.81	0.93	1.19	1.33	1.43	1.30	1.78	1.51
Factor Expansión a TPDA	1.02	0.99	0.95	1.00	1.02	0.89	1.01	0.97	1.01	1.01

Descripción	C4	Cx - Rx≤ 4 ejes	Cx - Rx≥ 5 ejes	T2-S1	T2-S2	T3-S2	T3-S3	Agrícolas	Construc.	Otros
Factor Día	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.38	1.38	1.00	1.00	1.09
Factor Semana	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.84	0.84	1.00	1.00	0.85
Factor Fin de Semana	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.90	1.90	1.00	1.00	1.82
Factor Expansión a TPDA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.97	1.00	1.00	0.66

Fuente: Anuario de aforos de tráfico, MTI 2020

La *Tabla 31* demuestra el resultado obtenido de la expansión del TPD a TPDA utilizando los factores anteriormente mostrados y aplicando la *Ecuación 30*, dicha tabla refleja el resultado proyectado para cada tipo de vehículo, de igual manera muestra un valor general del TPDA que es de **1,987** vehículos por día.

Tabla 31. Tráfico Promedio Diario Anual (La Azucena - Los Chiles)

	VEHÍCULOS DE PASAJEROS						VEHÍCULOS DE CARGA				OTROS VEHÍCULOS			
	Motos	Autos	Jeep / SUV	Pick-Up	Microbús <15 pax	Grande	Camión Ligero	C2 > 4 ton	C3	T3-S2	Agrícolas	Construc.	Otros	Suma
TPD	1,181.00	48.00	27.00	110.00	6.00	26.00	20.00	46.00	3.00	1.00	2.00	2.00	16.00	1,488
Factor Dia	1.37	1.33	1.19	1.24	1.28	1.36	1.20	1.26	1.20	1.38	1.00	1.00	1.09	
Factor Semana	0.98	1.06	1.10	1.03	0.94	0.89	0.92	0.85	0.88	0.84	1.00	1.00	0.85	
Factor Expansión a TPDA	1.02	0.99	0.95	1.00	1.02	1.01	0.97	1.01	1.01	0.97	1.00	1.00	0.66	
TPDA	1,617	67	34	140	7	32	21	50	3	1	2	2	10	1,987
Total	1,866						121							1,987
%	81.40%	3.37%	1.69%	7.07%	0.37%	1.60%	1.08%	2.50%	0.16%	0.06%	0.10%	0.10%	0.49%	100%
	93.91%						6.09%							100%
	% Vehículos livianos						*%Vehículos pesados*							

Fuente: Elaboración propia

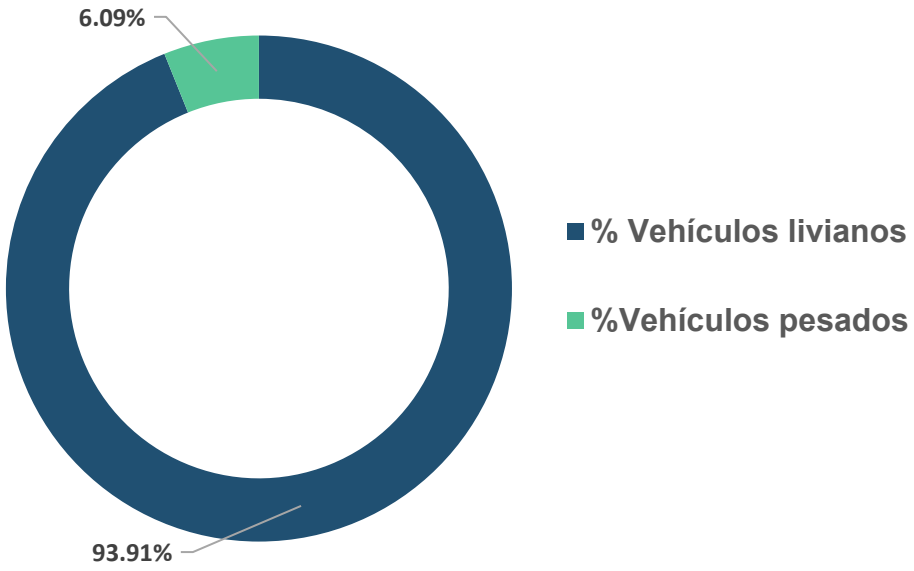
- **Composición vehicular del TPDA**

Con los resultados obtenidos del TPDA, se determina la composición vehicular de forma porcentual, donde se estima 1,866 vpd equivale al 93.91% de vehículos livianos y que 121 vpd equivale al 6.09% de vehículos pesados. Dando un total de 1,987 vpd correspondiente al 100% de la composición vehicular, a como se observa en la *Figura 76.*

Comparando los valores de porcentajes obtenidos con los valores de la estación de mayor cobertura según el *Anexo A. 34,* se obtuvieron los siguientes datos:

EST.	NOMBRE DEL TRAMO	TPDA	% de Livianos	% de Pesados
1802	San Marcos - Masatepe	9,392	91.1%	8.8%
	Azucena -Los Chiles	1,987	93.91%	6.09%

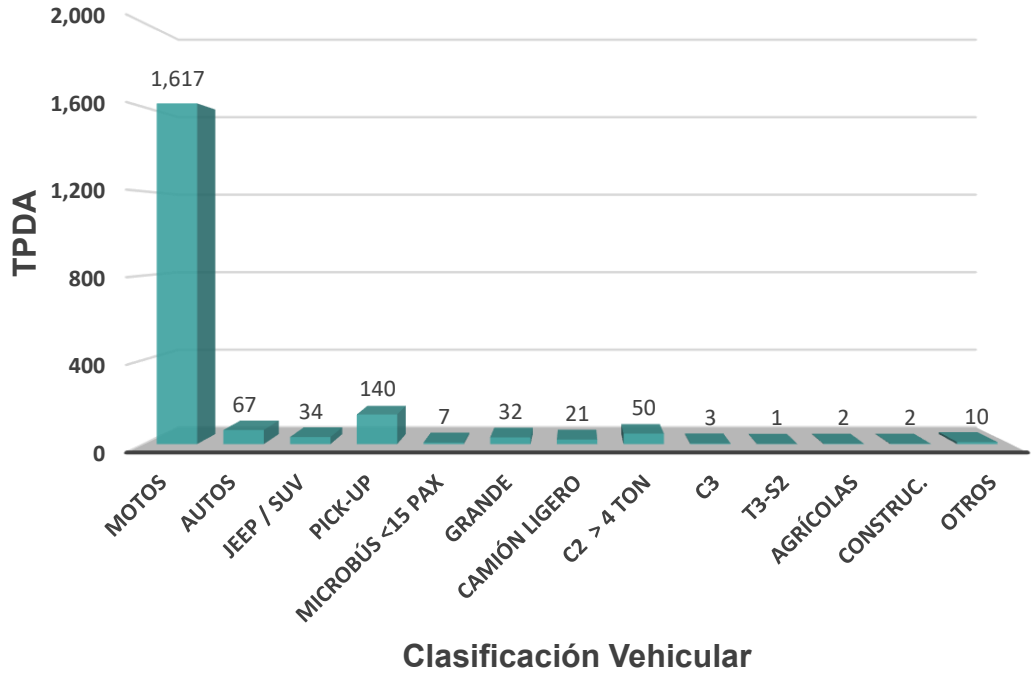
Figura 76. ***Porcentaje de la clasificación vehicular del TPDA***



Fuente: Elaboración propia

En la *Figura 76*, se muestra la mayor incidencia que representa la proyección del TPDA, son las motocicletas, con una cantidad de 1,617, seguido por las pick-up con 140 y los autos con 67.

Figura 77. *Composición vehicular TPDA*



Fuente: Elaboración propia

3.7. Diseño geométrico

El tramo La Azucena - Los Chiles se ubica en una zona alejada al casco urbano del municipio de San Carlos. Se ha observado que esta zona presenta una topografía variada, con secciones onduladas y áreas planas. Según los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE) en su censo poblacional, la comunidad de La Azucena y Los Chiles cuenta con una población total de 4,473 habitantes. De acuerdo con los criterios establecidos en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, publicado por la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA) en 2011, esta zona se clasifica como rural debido a que su población es inferior a los 5,000 habitantes.

3.7.1. Clasificación de la carretera

El Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) calculado, que es de 1,987 vehículos por día (vpd), nos permite clasificar la carretera según el *Anexo A. 23*, que nos proporciona el SIECA 2011 como una **Colectora Menor Rural**. Este parámetro fue fundamental para establecer varios aspectos del diseño del tramo, como la velocidad de diseño, el ancho de carril y otros criterios, que posteriormente será descrito.

3.7.2. Velocidad de diseño

Para la velocidad de diseño fue analizado en función de la topografía actual quedando definida de la siguiente manera:

Tabla 32. Velocidades de diseño para el tramo de estudio

Tramo	Estación	Longitud(m)	Tipo de terreno	Velocidad de diseño (km/h)
1	0+000 al 1+000	1000	Ondulado	40
2	1+000 al 4+900	3900	Plano	60
3	4+900 al 13+500	8600	Ondulado	40

Fuente: Elaboración propia

3.7.3. Vehículo de diseño

Según los resultados del aforo vehicular realizado, se determina que las motocicletas representan el tipo de vehículo más frecuente, seguidas por las camionetas tipo pick-up (ver *Anexo B. 9 al 11*). Aunque su presencia es mínima, se registró la circulación de un camión tipo T3-S2, equivalente al modelo **WB-15** de la AASHTO. Este tipo de camión será considerado como el vehículo de diseño, tal como lo recomienda la SIECA en el *Anexo A. 22*, donde se especifica como vehículo adecuado para una **Colectora Menor Rural**. Las dimensiones pertinentes de este vehículo se detallan en el *Anexo A. 33*.

3.7.4. Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal estará definido por 2 elementos principales, las tangentes, y las curvas, donde estas últimas serán revisadas por medio de las normativas del SIECA, para la verificación de radio mínimo y grado de curvatura mínimo.

Se debe definir también el tipo de terreno de la vía según *Tabla 33*.

Tabla 33. Clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales

Tipo de terreno	Rango de pendientes (%)
Llano o Plano	$P \leq 5$
Ondulado	$5 < P \leq 15$
Montañoso	$15 < P \leq 30$

Fuente: SIECA 2011

- **Tasa máxima de peralte**

Las tasas máximas de peralte utilizables en las carreteras están controladas por varios factores: condiciones climáticas (frecuencia y cantidad de nieve y hielo); condiciones del terreno (plano, ondulado o montañoso); tipo de zona (rural o urbana) y frecuencia de vehículos que viajan lento y cuya operación puede ser afectada por tasas altas de peralte.

El Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras en su edición de 2011 no ofrece una tasa específica para un tipo de terreno, sin embargo, en su edición del 2004 se muestra la *Tabla 34* que puede ser útil para la elección del peralte máximo.

Tabla 34. Tasa de sobrelevación máxima

Tasa de sobrelevación "e" en (%)	Tipo de Área
10	Rural Montañosa
8	Rural Plana
6	Suburbana
4	Urbana

Fuente: SIECA 2004

Al ser el tramo estudiado clasificada como colectora rural la tasa máxima elegida para de peralte, fue del **8%** la cual es la más recomendada para zonas rurales.

- **Coeficiente de fricción**

El coeficiente de fricción será tomado de la *Tabla 35* que depende principalmente de la velocidad de diseño.

Tabla 35. Valores máximos de fricción

Velocidad de diseño (Km/h)	Factor f de fricción máxima	Velocidad de diseño (Km/h)	Factor f de fricción máxima
20	0.35	**80**	0.14
30	0.28	**90**	0.13
40	0.23	**100**	0.12
50	0.19	**110**	0.11
60	0.17	**120**	0.09
70	0.15		

Fuente: SIECA 2011

Por lo tanto, para el caso de coeficiente f de fricción se eligieron los factores de 0.23 y 0.17 para velocidades de diseño de 40 y 60 respectivamente, según se muestra en la *Tabla 35*, valores máximos de fricción.

- **Radio mínimo**

El radio mínimo estará regido principalmente por la *Ecuación 31*

$$R_{min} = \frac{v^2}{127(0.01e_{max} + f_{max})} \qquad \textit{Ecuación 31}$$

Donde:

R_{min}: Radio mínimo permitido.

v: Velocidad de diseño.

e_{max}: Sobrelevación máxima en %.

f_{max}: Coeficiente de fricción máximo.

La tabla en *Anexo A. 24* muestra un resumen de los radios mínimos en función de la sobreelevación y la velocidad de diseño.

Nota: La velocidad de diseño puede variar a lo largo del tramo

- **Grado de curvatura**

El grado de curvatura es un parámetro que indica la agudeza de la curva, y al igual que el radio mínimo se sebe cumplir con los parámetros establecidos que se describen en la *Ecuación 32*.

$$G = \frac{1145.9156}{R} \qquad \textit{Ecuación 32}$$

Donde:

G: Grado de curvatura.

R: Radio de la curva

Al sustituir el R por Rmin se puede obtener el valor del grado de curvatura máximo

$$G_{max} = \frac{1145.9156}{R_{min}} \qquad \textit{Ecuación 33}$$

Donde:

G_{max}:Grado de curvatura máximo.

R_{min}: Radio de la curva mínimo

- **Longitud de transición**

La longitud de transición mínima debe determinaste con la *Ecuación 34.*

$$Ls_{min} = \frac{w \cdot n_1 \cdot e_d}{\Delta} \cdot b_w \qquad \textit{Ecuación 34}$$

Donde:

Ls_{min}:Longitud de transición mínima. Δ: Máxima pendiente relativa.

w: Ancho de carril n_1: Número de carriles a rotar

b_w: Factor de ajuste por n° de carriles rotados e_d: Peralte de diseño (%)

También se puede hacer uso de la tabla proporcionada por el manual centroamericano SIECA 2011 mostrada en Anexo A. 26

La longitud de transición se ocupa cuando el radio de la curva es pequeño y se necesita una longitud de desarrollo para pasar de una tangente a una curva, lo cual las convierte en una curva en espiral.

La normativa AASTHO ofrece una tabla de radios máximos a la que se puede hacer uso de las curvas espirales de transición, es decir que para radios menores a los que brinda la *Tabla 36* no es recomendable usar curvas simples.

Tabla 36. Radios máximos para usar en curvas espirales de transición.

Metric		U.S. Customary	
Design speed (km/h)	**Maximum radius (m)**	**Design speed (mph)**	**Maximum radius (ft)**
20	24	15	114
30	54	20	203
40	95	25	317
50	148	30	456
60	213	35	620
70	290	40	810
80	379	45	1025
90	480	50	1265
100	592	55	1531
110	716	60	1822
120	852	65	2138
130	1000	70	2479
		75	2846
		80	3238

Note: The effect of spiral curve transitions on lateral acceleration is likely to be negligible for larger radii.

Fuente: Tabla 3.20 Geometric Desing AASTHO 2011

La normativa SIECA en su edición 2011 agrega e indica que para radios mayores a 1500 metros las curvas simples no necesitan de longitudes de transición.

- **Sobreancho en curvas**

Los sobre anchos se diseñan siempre en las curvas horizontales de radios pequeños, combinadas con carriles angostos, para facilitar las maniobras de los vehículos eficientes.

$$W_c = N(U + C) + (N - 1)F_A + Z \qquad \textit{Ecuación 35}$$

Donde:

N: Número de carriles.

U: Ancho de la huella del vehículo de diseño (exterior a exterior de llantas) (m)

C: Claro lateral (m)

F_A: Ancho de saliente frontal en el carril interior (m)

Z: Ancho extra recomendable (m)

$$U = u + R - \sqrt{R^2 - \Sigma Li^2} \qquad \textit{Ecuación 36}$$

Donde:

u: Ancho de la huella del vehículo de diseño. (m)

R: Radio de la curva de giro. (m)

Li: Distancia entre ruedas del vehículo de diseño, entre ejes consecutivos (m)

$$F_A = \sqrt{\left(R^2 + A(2L + A)\right)} - R \qquad \textit{Ecuación 37}$$

Donde:

A: Ancho de la huella del vehículo de diseño. (m)

L: Radio de la curva de giro. (m)

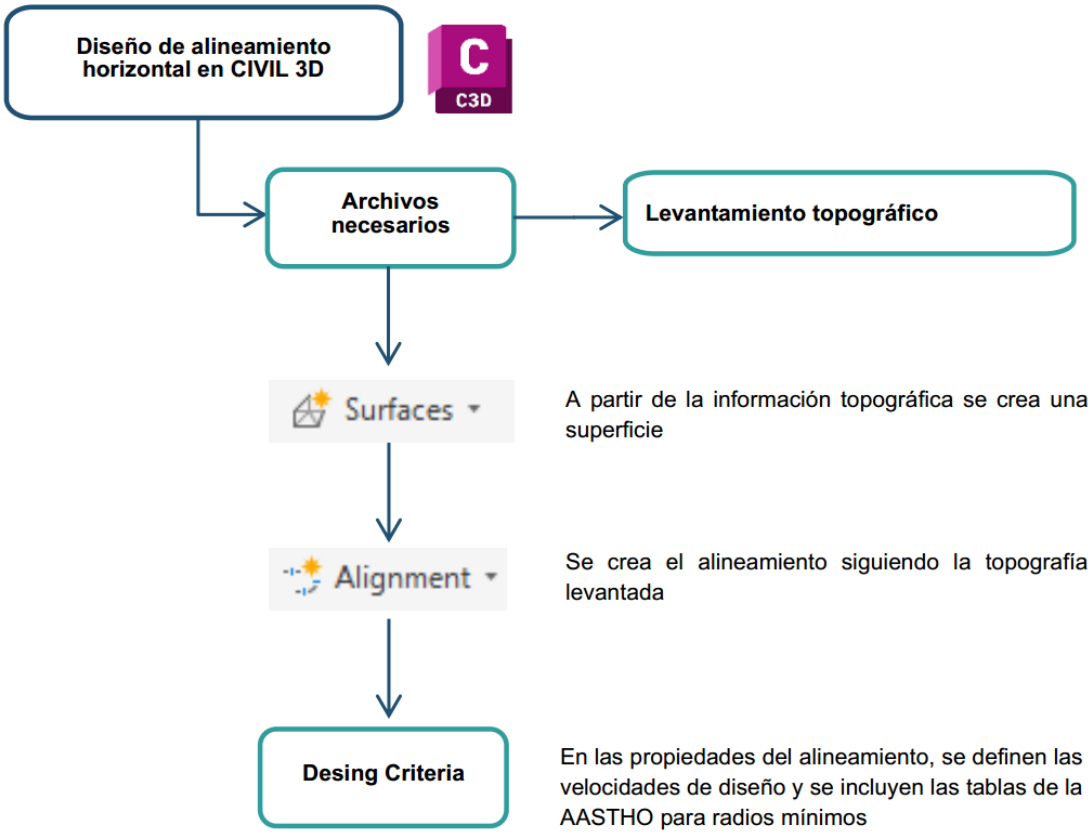
$$Z = 0.1(V/R\ ) \qquad \textit{Ecuación 38}$$

Donde:

V:Velocidad de diseño de la carretera. (m)

Se puede obtener también a partir de la tabla mostrada en Anexo A. 27

Figura 78. Metodología para diseño de alineamiento horizontal con CIVIL3D



Fuente: Elaboración Propia

- **Resultados del alineamiento Horizontal**

  - **Radio minimo**

Para la determinación del radio mínimo para cada tramo se usó la *Ecuación 31*.

✓ Tramo 1 y 3

$$R_{min1,3} = \frac{40^2}{127((0.08) + 0.23)} = 40.64\ m$$

✓ Tramo 2

$$R_{min2} = \frac{60^{\ 2}}{127((0.08) + 0.17)} = 113.38\ m$$

- **Grado de curvatura máximo**

Para la determinación del grado de curvatura para cada tramo se usó la *Ecuación 32*.

✓ Tramo 1 y 3

$$G_c = \frac{1145.9156}{40.64} = 28.228 = 28°11'27"$$

✓ Tramo 2

$$G_c = \frac{1145.9156}{113.386} = 10.118 = 10°6'24"$$

Tabla 37. Tabla resumen para diseño de alineamiento horizontal

Tramo	Inicia	Termina	Tipo de terreno	Vd (km/hr)	e máx	f	R min (m)	G curva
1	0+000	1+000	O	40	8	0.230	40.640	28°11´27”
2	1+000	4+900	P	60	8	0.170	113.386	10°6´24”
3	4+900	13+500	O	40	8	0.230	40.640	28°11´27”

Fuente: Elaboración propia

En la *Tabla 37* se muestran los resultados de radio mínimo y grado de curvatura máxima, con dichos valores se pueden proponer los radios correspondientes al alineamiento horizontal.

Los cálculos realizados para los elementos de las curvas horizontales propuestas están en la *Tabla 39*. De la misma manera, el diseño de las curvas horizontales donde se verificaron los radios mínimos, grado de curvatura máxima y sobreelevación máxima se pueden consultar en la *Tabla 40*.

- **Sobre ancho**

La determinación del sobre ancho fue realizada en función de la tabla mostrada en *Anexo A. 27*, por lo que los cálculos mostrados se pueden consultar en *Anexo B. 12.*

- **Longitudes de transición**

Las longitudes mínimas de transición se determinarán con la *Ecuación 34*, lo valores necesarios de peralte de diseño se tomarán de la *Tabla 40*. Se calculará a manera de ejemplo para la curva número 7, con velocidad de diseño de 60km/h.

$$Ls_{c-7} = \frac{3.2 * 2 * 7.93}{0.6} * 0.5 = 42.29m$$

Usando la tabla de longitudes de transición para una velocidad de diseño de 60km/h y un peralte de 7.8%, Ls es igual a 47m por lo tanto en valor mínimo a ocupar sería de 47, usar **50m**.

Tabla 38. Longitudes de transición en curvas espirales

Elem.#	EST PI	Vd	Máxima Pend.	Bw	ed %	Ls Min	LT usada	Veri
S1	1+092.58	60 km/h	0.60	0.5		43.61	50	OK
C7					7.929			
S2	1+193.38	60 km/h	0.60	0.5		43.61	50	OK
S3	2+918.42	60 km/h	0.60	0.5		35.72	45	OK
C10					6.495			
S4	2+997.77	60 km/h	0.60	0.5		35.72	45	OK
S5	3+502.39	60 km/h	0.60	0.5		42.39	80	OK
C12					7.708			
S6	3+621.10	60 km/h	0.60	0.5		26.95	30	OK
C13					4.900			
S7	3+774.47	60 km/h	0.60	0.5		26.95	46	OK
S8	9+559.74	40 km/h	0.70	0.5		22.08	36	OK
C33					4.683			
S9	9+701.74	40 km/h	0.70	0.5		22.08	31	OK
S10	9+732.74	40 km/h	0.70	0.5		21.99	31	OK
C34					4.664			
S11	9+788.09	40 km/h	0.70	0.5		21.99	40	OK

Fuente: Elaboración propia

En la *Tabla 38* se muestran los cálculos realizados para las longitudes de transición de en curvas espirales del tramo.

Tabla 39. Resumen de elementos de curvas horizontales

C#	PC	PT	R(m)	G (°)	Delta (°)	D(m)	T(m)	E(m)	CM(m)	M(m)
C-1	0+038.21	0+073.09	115	9.96°	17.380°	34.884	17.577	1.335	34.750	1.320
C-2	0+075.93	0+131.21	115	9.96°	27.543°	55.282	28.186	3.404	54.752	3.306
C-3	0+133.75	0+160.60	125	9.17°	12.308°	26.851	13.478	0.724	26.800	0.720
C-4	0+238.71	0+523.84	560	2.05°	29.174°	285.138	145.731	18.652	282.068	18.050
C-5	0+586.54	0+745.03	1300	0.88°	6.985°	158.485	79.341	2.419	158.386	2.414
C-6	0+776.55	0+987.74	260	4.41°	46.540°	211.191	111.812	23.023	205.432	21.150
C-7	1+142.58	1+193.38	125	9.17°	23.286°	50.803	25.757	2.626	50.454	2.572
C-8	1+596.27	1+683.89	300	3.82°	16.734°	87.621	44.125	3.228	87.310	3.193
C-9	2+087.44	2+385.31	1500	0.76°	11.378°	297.870	149.426	7.424	297.380	7.388
C-10	2+963.42	2+997.77	200	5.73°	9.842°	34.355	17.220	0.740	34.313	0.737
C-11	3+262.08	3+396.69	500	2.29°	15.425°	134.609	67.714	4.564	134.202	4.523
C-12	3+582.39	3+621.10	140	8.19°	15.841°	38.708	19.478	1.348	38.585	1.336
C-13	3+651.10	3+774.47	300	3.82°	23.562°	123.370	62.569	6.455	122.503	6.319
C-14	4+098.45	4+292.23	240	4.77°	46.263°	193.785	102.524	20.981	188.564	19.294
C-15	4+515.32	4+682.48	500	2.29°	19.155°	167.161	84.368	7.068	166.384	6.969
C-16	4+909.50	5+204.20	260	4.41°	64.944°	294.706	165.459	48.183	279.181	40.650
C-17	5+307.29	5+448.64	1030	1.11°	7.863°	141.343	70.783	2.429	141.232	2.424
C-18	6+001.60	6+080.00	1000	1.15°	4.492°	78.404	39.222	0.769	78.384	0.768
C-19	6+181.41	6+338.98	125	9.17°	72.227°	157.574	91.196	29.731	147.346	24.018
C-20	6+425.51	6+515.89	350	3.27°	14.796°	90.383	45.444	2.938	90.132	2.913
C-21	6+592.58	6+640.07	240	4.77°	11.338°	47.493	23.824	1.180	47.415	1.174
C-22	6+743.30	6+857.78	300	3.82°	21.864°	114.482	57.946	5.545	113.789	5.444
C-23	6+960.04	7+028.69	630	1.82°	6.244°	68.652	34.360	0.936	68.618	0.935
C-24	7+154.38	7+239.75	200	5.73°	24.456°	85.366	43.343	4.643	84.719	4.537
C-25	7+372.51	7+572.50	400	2.86°	28.646°	199.988	102.130	12.832	197.911	12.433
C-26	7+793.55	7+870.87	115	9.96°	38.521°	77.317	40.184	6.818	75.869	6.437
C-27	7+947.37	8+079.10	115	9.96°	65.630°	131.728	74.155	21.836	124.644	18.351
C-28	8+113.59	8+263.19	115	9.96°	74.536°	149.604	87.505	29.507	139.275	23.482
C-29	8+435.07	8+644.08	145	7.90°	82.587°	209.006	127.357	47.989	191.376	36.056
C-30	8+809.70	9+011.59	160	7.16°	72.296°	201.888	116.879	38.143	188.759	30.801
C-31	9+166.45	9+224.14	150	7.64°	22.038°	57.694	29.208	2.817	57.339	2.765
C-32	9+292.08	9+354.75	170	6.74°	21.124°	62.676	31.698	2.930	62.321	2.880
C-33	9+595.74	9+701.74	114	10.05°	53.275°	105.999	57.180	13.536	102.222	12.100
C-34	9+763.74	9+788.09	114.6	10.00°	12.170°	24.342	12.217	0.649	24.297	0.646
C-35	9+853.13	9+871.15	120	9.55°	8.605°	18.022	9.028	0.339	18.005	0.338
C-36	9+898.45	9+986.28	300	3.82°	16.776°	87.837	44.235	3.244	87.523	3.209

C#	PC	PT	R(m)	G (°)	Delta (°)	D(m)	T(m)	E(m)	CM(m)	M(m)
C-37	10+107.81	10+197.97	115	9.96°	44.919°	90.157	47.539	9.439	87.866	8.723
C-38	10+229.68	10+272.03	125	9.17°	19.413°	42.353	21.381	1.815	42.150	1.789
C-39	10+314.58	10+482.07	330	3.47°	29.081°	167.494	85.592	10.919	165.701	10.570
C-40	10+615.54	10+761.05	225	5.09°	37.055°	145.514	75.403	12.299	142.991	11.661
C-41	10+969.89	11+001.12	500	2.29°	3.578°	31.224	15.617	0.244	31.219	0.244
C-42	11+147.41	11+225.76	550	2.08°	8.162°	78.352	39.242	1.398	78.285	1.395
C-43	11+487.98	11+625.62	780	1.47°	10.111°	137.641	69.000	3.046	137.462	3.034
C-44	11+765.50	11+874.04	200	5.73°	31.095°	108.543	55.644	7.596	107.216	7.318
C-45	12+076.51	12+282.16	400	2.86°	29.456°	205.642	105.147	13.589	203.385	13.143
C-46	12+371.78	12+452.15	500	2.29°	9.210°	80.370	40.272	1.619	80.283	1.614
C-47	12+491.47	12+597.79	860	1.33°	7.084°	106.324	53.230	1.646	106.256	1.643
C-48	12+643.92	12+723.88	170	6.74°	26.948°	79.955	40.731	4.811	79.220	4.679
C-49	12+763.86	12+797.85	120	9.55°	16.226°	33.984	17.106	1.213	33.870	1.201
C-50	12+836.80	12+920.66	115	9.96°	41.782°	83.862	43.894	8.092	82.016	7.560
C-51	13+032.89	13+096.56	190	6.03°	19.198°	63.663	32.133	2.698	63.366	2.660
C-52	13+233.79	13+269.51	800	1.43°	2.558°	35.717	17.862	0.199	35.714	0.199
C-53	13+295.38	13+371.23	115	9.96°	37.792°	75.853	39.364	6.550	74.485	6.197
C-54	13+386.86	13+428.40	125	9.17°	19.040°	41.539	20.963	1.746	41.349	1.722

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Tabla de comprobación de curvas horizontales

C#	EST PI	Vd (km/h)	R min (m)	R Cal (m)	Ver	G max	G cal	Ver	e max	e Cal	Ver
C1	0+066.40	40	40.640	115	OK	28.228°	9.965°	OK	8%	4.65%	OK
C2	0+089.41	40	40.640	115	OK	28.228°	9.965°	OK	8%	4.65%	OK
C3	0+279.48	40	40.640	125	OK	28.228°	9.167°	OK	8%	4.35%	OK
C4	0+318.05	40	40.640	560	OK	28.228°	2.046°	OK	8%	1.12%	OK
C5	0+698.35	40	40.640	1300	OK	28.228°	0.881°	OK	8%	0.49%	OK
C6	0+802.31	40	40.640	260	OK	28.228°	4.407°	OK	8%	2.30%	OK
C7	1+186.70	60	113.386	125	OK	10.118°	9.167°	OK	8%	7.93%	OK
C8	1+745.70	60	113.386	300	OK	10.118°	3.820°	OK	8%	4.90%	OK
C9	2+104.66	60	113.386	1500	OK	10.118°	0.764°	OK	8%	1.16%	OK
C10	3+031.13	60	113.386	200	OK	10.118°	5.730°	OK	8%	6.50%	OK
C11	3+281.56	60	113.386	500	OK	10.118°	2.292°	OK	8%	3.21%	OK
C12	3+644.96	60	113.386	140	OK	10.118°	8.185°	OK	8%	7.71%	OK
C13	3+753.62	60	113.386	300	OK	10.118°	3.820°	OK	8%	4.90%	OK
C14	4+182.82	60	113.386	240	OK	10.118°	4.775°	OK	8%	5.77%	OK
C15	4+680.78	60	113.386	500	OK	10.118°	2.292°	OK	8%	3.21%	OK
C16	4+980.28	40	40.640	260	OK	28.228°	4.407°	OK	8%	2.30%	OK
C17	5+346.51	40	40.640	1030	OK	28.228°	1.113°	OK	8%	0.62%	OK
C18	6+092.80	40	40.640	1000	OK	28.228°	1.146°	OK	8%	0.64%	OK
C19	6+226.85	40	40.640	125	OK	28.228°	9.167°	OK	8%	4.35%	OK
C20	6+449.33	40	40.640	350	OK	28.228°	3.274°	OK	8%	1.75%	OK
C21	6+650.53	40	40.640	240	OK	28.228°	4.775°	OK	8%	2.48%	OK
C22	6+777.66	40	40.640	300	OK	28.228°	3.820°	OK	8%	2.02%	OK
C23	7+003.38	40	40.640	630	OK	28.228°	1.819°	OK	8%	1.00%	OK

C#	EST PI	Vd (km/h)	R min (m)	R Cal (m)	Ver	G max	G cal	Ver	e max	e Cal	Ver
C24	7+256.51	40	40.640	200	OK	28.228°	5.730°	OK	8%	2.92%	OK
C25	7+412.69	40	40.640	400	OK	28.228°	2.865°	OK	8%	1.54%	OK
C26	7+867.71	40	40.640	115	OK	28.228°	9.965°	OK	8%	4.65%	OK
C27	8+034.88	40	40.640	115	OK	28.228°	9.965°	OK	8%	4.65%	OK
C28	8+240.95	40	40.640	115	OK	28.228°	9.965°	OK	8%	4.65%	OK
C29	8+551.95	40	40.640	145	OK	28.228°	7.903°	OK	8%	3.85%	OK
C30	8+838.91	40	40.640	160	OK	28.228°	7.162°	OK	8%	3.54%	OK
C31	9+198.15	40	40.640	150	OK	28.228°	7.639°	OK	8%	3.74%	OK
C32	9+349.26	40	40.640	170	OK	28.228°	6.741°	OK	8%	3.36%	OK
C33	9+607.96	40	40.640	114	OK	28.228°	10.052°	OK	8%	4.68%	OK
C34	9+772.77	40	40.640	114.6	OK	28.228°	9.999°	OK	8%	4.66%	OK
C35	9+897.36	40	40.640	120	OK	28.228°	9.549°	OK	8%	4.50%	OK
C36	9+945.99	40	40.640	300	OK	28.228°	3.820°	OK	8%	2.02%	OK
C37	10+129.19	40	40.640	115	OK	28.228°	9.965°	OK	8%	4.65%	OK
C38	10+315.27	40	40.640	125	OK	28.228°	9.167°	OK	8%	4.35%	OK
C39	10+389.98	40	40.640	330	OK	28.228°	3.472°	OK	8%	1.85%	OK
C40	10+631.16	40	40.640	225	OK	28.228°	5.093°	OK	8%	2.63%	OK
C41	11+009.13	40	40.640	500	OK	28.228°	2.292°	OK	8%	1.25%	OK
C42	11+216.41	40	40.640	550	OK	28.228°	2.083°	OK	8%	1.14%	OK
C43	11+543.62	40	40.640	780	OK	28.228°	1.469°	OK	8%	0.81%	OK
C44	11+870.65	40	40.640	200	OK	28.228°	5.730°	OK	8%	2.92%	OK
C45	12+116.78	40	40.640	400	OK	28.228°	2.865°	OK	8%	1.54%	OK
C46	12+425.01	40	40.640	500	OK	28.228°	2.292°	OK	8%	1.25%	OK
C47	12+532.20	40	40.640	860	OK	28.228°	1.332°	OK	8%	0.74%	OK
C48	12+661.03	40	40.640	170	OK	28.228°	6.741°	OK	8%	3.36%	OK

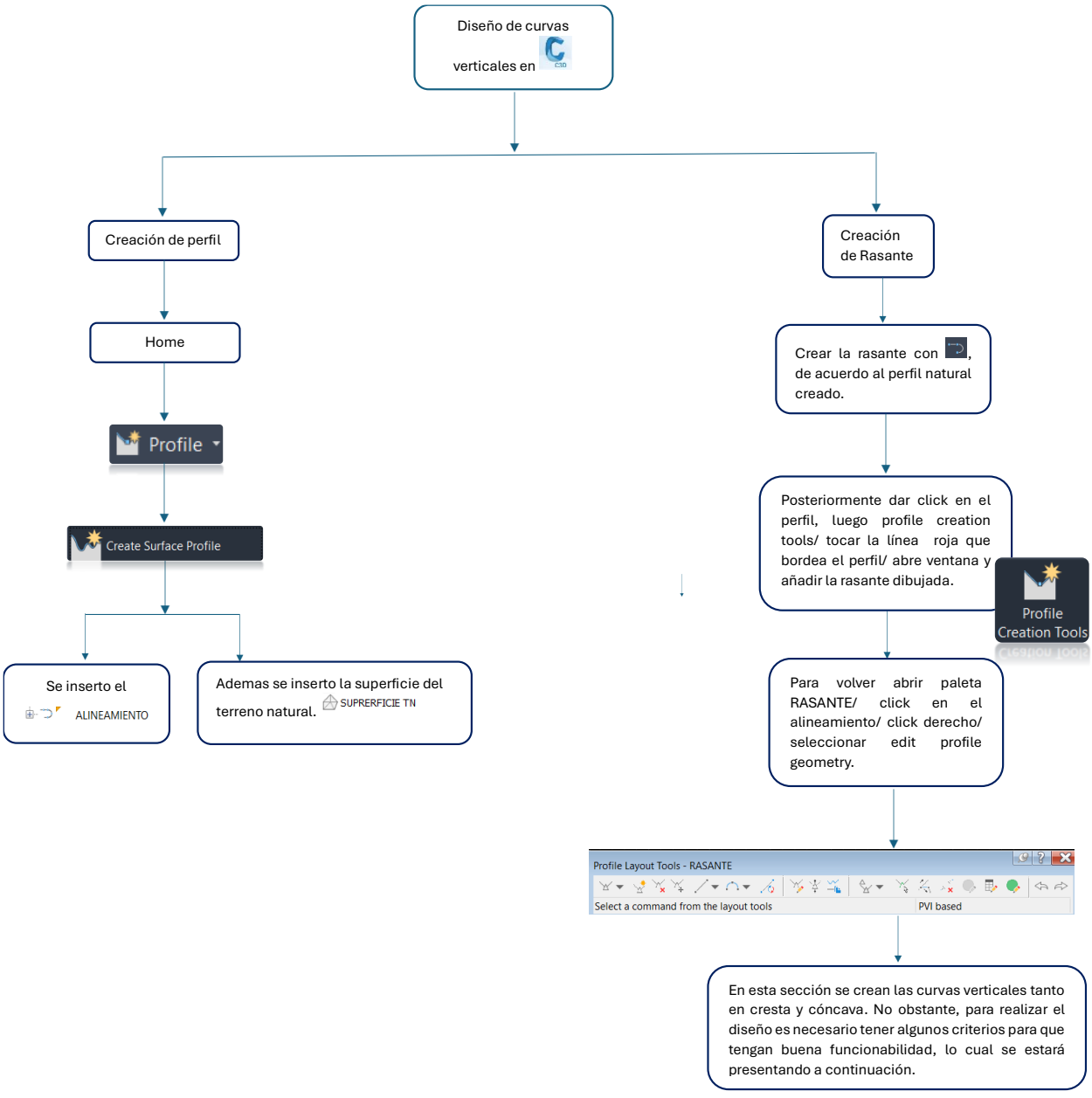
C#	EST PI	Vd (km/h)	R min (m)	R Cal (m)	Ver	G max	G cal	Ver	e max	e Cal	Ver
C49	12+807.75	40	40.640	120	OK	28.228°	9.549°	OK	8%	4.50%	OK
C50	12+868.93	40	40.640	115	OK	28.228°	9.965°	OK	8%	4.65%	OK
C51	13+050.75	40	40.640	190	OK	28.228°	6.031°	OK	8%	3.05%	OK
C52	13+273.15	40	40.640	800	OK	28.228°	1.432°	OK	8%	0.79%	OK
C53	13+316.34	40	40.640	115	OK	28.228°	9.965°	OK	8%	4.65%	OK
C54	13+386.86	40	40.640	125	OK	28.228°	9.167°	OK	8%	4.35%	OK

Fuente: Elaboración propia

3.7.5. Alineamiento vertical

Para realizar el alineamiento vertical se utilizó el programa de civil 3D tras obtener la planta perfil se trazó la rasante de diseño, para llegar a ello estos fueron los pasos a seguir para obtener dicho resultado.

Figura 79. Procedimiento de creaciones de curvas verticales en Civil 3D



Fuente: SIECA 2016.

- **Criterios para el diseño del alineamiento vertical**

Para el diseño del alineamiento vertical se tomó una serie de criterios que ayudó al desarrollo de la misma.

Paso 1: Se determinó el seccionamiento de la velocidad de diseño de acuerdo a los parámetros del alineamiento horizontal.

Paso 2: Se clasificó el terreno de acuerdo a las velocidades de diseño y así mismo se obtuvo las pendientes máximas como lo establece el SIECA 2011, expresado en el Anexo A. 28.

Paso 5: Se comenzó a insertar curvas cóncavas como convexa en donde fuese necesario, haciendo uso de la herramienta profile layout Tools explicada en la *Figura 79*, para ello se tomó en cuenta la altura a la que se encuentra la rasante con respecto al invert de entrada de cada una de las alcantarillas, en donde se tomó como referencia parámetros mínimos de altura brindados por el MTI reflejados en el *Anexo A. 17.*

Paso 6: Después de que se crearon las curvas necesarias en el camino se exportaron los datos a Excel para ser revisado, los parámetros que se tomaron en cuenta fueron los siguientes.

- **Curva vertical en cresta**

Primeramente, se analizó la longitud mínima de acuerdo a las ecuaciones que se detallaran a continuación, en donde se eligió la mayor de ellas y se comparó con la propuesta en el diseño de civil, lo cual esta tiene que ser mayor a la longitud mínima, es importante recalcar que no se priorizó la longitud de curva para que un vehículo pueda adelantar, pero si para que un vehículo que pueda parar, garantizando la seguridad en la carretera.

Por otra parte, estas ecuaciones se basan en criterios de distancia de visibilidad (S), por lo que se utilizaron las tablas que proporciona el SIECA 2011 para cada uno de las velocidades de diseño, lo cual se presentan en el *Anexo A. 29* y *Anexo A. 30*, a partir de ahí se creó una longitud base.

$$L = K * A \qquad \textit{Ecuación 39}$$

Donde:
A: Es la diferencia algebraica de pendientes expresado en %.
K: Taza de curvatura.

Longitud de curva vertical en cresta para una distancia de visibilidad de parada.

Cuando S es menor que L:

$$L = \frac{A * S^2}{658} \qquad \textit{Ecuación 40}$$

Cuando S es mayor que L:

$$L = 2S - \frac{658}{A} \qquad \textit{Ecuación 41}$$

Donde:
A: Es la diferencia algebraica de pendientes expresado en %.
S: distancia de visibilidad de parada expresada en metros.

Longitud de curva vertical en cresta para una distancia de visibilidad de adelantamiento.

Cuando S es menor que L:

$$L = \frac{A * S^2}{864} \qquad \textit{Ecuación 42}$$

Cuando S es mayor que L:

$$L = 2S - \frac{864}{A}$$ *Ecuación 43*

En segunda instancia se verifico que lo valores de K propuestos en el diseño sean mayores a los de los criterios establecidos por el SIECA ejemplificado anteriormente y para finalizar se verifico que la longitud máxima en una curva en acenso no sobrepase lo establecido *Anexo A. 32*.

- **Curva vertical en columpio**

De igual forma que en la curva en cresta se evalúo las longitudes mínimas a partir de la *Ecuación 39*, haciendo uso del *Anexo A. 31* para los valores de K, es impórtate recalcar que a como se explicó en la teoría, esta depende de la iluminación de los faros por lo que se tomaron dos criterios que se establece a continuación:

Primer criterio: Longitud de curva vertical en columpio para una distancia de visibilidad de parada.

Cuando S es menor que L:

$$L = \frac{A * S^2}{120 + 3.5 * S}$$ *Ecuación 44*

Cuando S es mayor que L:

$$L = 2S - \left(\frac{120 + 3.5 * S}{A}\right)$$ *Ecuación 45*

Donde:
A: Es la diferencia algebraica de pendientes expresado en %.
S: distancia de visibilidad de parada expresada en metros.

Segundo criterio: Comodidad, esto respecto a las propiedades físicas de un vehículo.

$$L = \frac{A * V^2}{395}$$ *Ecuación 46*

Donde:
V: Es la velocidad de diseño expresado Km/h

De igual forma que en las curvas en cresta, los valores de K propuestos en el diseño sean mayores a los de los criterios establecidos por el SIECA ejemplificado anteriormente y para finalizar se tomó un tercer criterio, esto respecto a una longitud máxima en función del drenaje, es importa aclarar que de acuerdo a los resultados que se obtuvieron de K, se toma como una longitud máxima debido a que los K de diseño son menores que K=51.

$$L = 30 * A$$ *Ecuación 47*

- **Resultados del alineamiento Vertical**

  - **Tasa máxima de peralte**

Tras a ver diseñado el alineamiento vertical siguiendo los pasos explicados en la *Figura 79*, se obtuvieron 26 curvas en cresta y 25 curvas en columpio, los resultados se reflejan en la Tabla 41

Por consiguiente, se revisó cada una de las curvas en donde se realizó un desarrollo de cálculos para cada una de las fórmulas explicada en la metodología

Tabla 41. Reporte de los elementos del diseño del alineamiento vertical, exportados desde Civil 3D

PIV	Est	Tipo de curva	Pendiente		A	(%)	Vd	K p Diseño	L diseño (M)
			Entrada	Salida					
PIV-1	0+185.98	COLUMPIO	-4.47%	4.45%	-8.92		40 km/h	20.18	**180.00**
PIV-2	0+373.99	CRESTA	4.45%	0.85%	3.60		40 km/h	16.69	**60.00**
PIV-3	0+670.08	CRESTA	0.85%	-4.78%	5.63		40 km/h	14.19	**80.00**
PIV-4	0+912.19	COLUMPIO	-4.78%	1.96%	-6.74		40 km/h	20.75	**140.00**
PIV-5	1+406.48	CRESTA	1.96%	-1.76%	3.72		60 km/h	16.12	**60.00**
PIV-6	1+677.49	COLUMPIO	-1.76%	1.70%	-3.46		60 km/h	23.13	**80.00**
PIV-7	1+908.55	CRESTA	1.70%	0.65%	1.05		60 km/h	18.94	**20.00**
PIV-8	2+584.76	COLUMPIO	0.65%	1.41%	-0.76		60 km/h	26.09	**20.00**
PIV-9	2+965.68	CRESTA	1.41%	-1.34%	2.75		60 km/h	14.54	**40.00**
PIV-10	3+079.09	COLUMPIO	-1.34%	0.78%	-2.12		60 km/h	18.85	**40.00**
PIV-11	3+307.04	COLUMPIO	0.78%	2.76%	-1.98		60 km/h	20.21	**40.00**
PIV-12	3+496.67	CRESTA	2.76%	0.52%	2.24		60 km/h	17.89	**40.00**
PIV-13	3+880.15	COLUMPIO	0.52%	1.35%	-0.83		60 km/h	24.33	**20.00**
PIV-14	4+162.73	CRESTA	1.35%	-0.67%	2.02		60 km/h	19.88	**40.00**
PIV-15	4+726.07	CRESTA	-0.67%	-3.16%	2.49		60 km/h	16.03	**40.00**
PIV-16	4+895.19	COLUMPIO	-3.16%	3.85%	-7.01		60 km/h	19.98	**140.00**
PIV-17	5+332.61	CRESTA	3.85%	1.94%	1.91		40 km/h	10.48	**20.00**
PIV-18	5+516.54	COLUMPIO	1.94%	5.95%	-4.01		40 km/h	14.95	**60.00**
PIV-19	5+795.05	CRESTA	5.95%	-5.93%	11.88		40 km/h	5.05	**60.00**
PIV-20	5+997.41	COLUMPIO	-5.93%	6.02%	-11.95		40 km/h	10.05	**120.00**
PIV-21	6+258.19	CRESTA	6.02%	-4.85%	10.87		40 km/h	5.52	**60.00**
PIV-22	6+332.61	COLUMPIO	-4.85%	0.86%	-5.71		40 km/h	14.01	**80.00**
PIV-23	6+448.47	CRESTA	0.86%	-5.75%	6.61		40 km/h	9.09	**60.00**
PIV-24	6+653.83	COLUMPIO	-5.75%	5.38%	-11.13		40 km/h	10.78	**120.00**
PIV-25	6+881.90	CRESTA	5.38%	0.98%	4.40		40 km/h	4.54	**20.00**
PIV-26	7+203.97	COLUMPIO	0.98%	2.44%	-1.46		40 km/h	13.64	**20.00**
PIV-27	7+737.29	COLUMPIO	2.44%	8.89%	-6.45		40 km/h	12.41	**80.00**
PIV-28	8+153.54	CRESTA	8.89%	1.15%	7.74		40 km/h	5.17	**40.00**
PIV-29	8+305.48	COLUMPIO	1.15%	8.93%	-7.78		40 km/h	10.28	**80.00**
PIV-30	8+533.01	CRESTA	8.93%	-5.03%	13.96		40 km/h	5.73	**80.00**
PIV-31	9+011.63	COLUMPIO	-5.03%	0.56%	-5.59		40 km/h	17.90	**100.00**
PIV-32	9+160.96	CRESTA	0.56%	-8.87%	9.43		40 km/h	6.36	**60.00**
PIV-33	9+335.81	COLUMPIO	-8.87%	-0.81%	-8.06		40 km/h	9.92	**80.00**
PIV-34	9+451.78	CRESTA	-0.81%	-9.43%	8.62		40 km/h	6.96	**60.00**
PIV-35	9+761.38	COLUMPIO	-9.43%	4.93%	-14.36		40 km/h	9.75	**140.00**
PIV-36	9+911.54	CRESTA	4.93%	-4.45%	9.38		40 km/h	6.40	**60.00**
PIV-37	10+089.09	COLUMPIO	-4.45%	5.34%	-9.79		40 km/h	10.22	**100.00**
PIV-38	10+719.54	CRESTA	5.34%	-6.24%	11.58		40 km/h	5.18	**60.00**
PIV-39	11+043.03	COLUMPIO	-6.24%	-0.62%	-5.62		40 km/h	10.68	**60.00**
PIV-40	11+266.39	CRESTA	-0.62%	-6.39%	5.77		40 km/h	6.94	**40.00**
PIV-41	11+454.98	COLUMPIO	-6.39%	3.00%	-9.39		40 km/h	10.65	**100.00**
PIV-42	11+580.39	CRESTA	3.00%	-7.01%	10.01		40 km/h	5.99	**60.00**
PIV-43	11+784.34	COLUMPIO	-7.01%	2.55%	-9.56		40 km/h	10.46	**100.00**
PIV-44	12+046.69	CRESTA	2.55%	-0.52%	3.07		40 km/h	6.51	**20.00**
PIV-45	12+165.20	CRESTA	-0.52%	-7.07%	6.55		40 km/h	6.11	**40.00**
PIV-46	12+341.89	COLUMPIO	-7.07%	3.32%	-10.39		40 km/h	9.62	**100.00**
PIV-47	12+615.47	CRESTA	3.32%	-8.03%	11.35		40 km/h	5.29	**60.00**
PIV-48	12+793.75	COLUMPIO	-8.03%	4.56%	-12.59		40 km/h	9.53	**120.00**
PIV-49	12+925.47	CRESTA	4.56%	-6.70%	11.26		40 km/h	5.33	**60.00**
PIV-50	13+031.48	COLUMPIO	-6.70%	-1.09%	-5.61		40 km/h	10.70	**60.00**
PIV-51	13+168.09	CRESTA	-1.09%	-2.08%	0.99		40 km/h	20.15	**20.00**

Fuente: Elaboración propia

- **Curva vertical en cresta**

En este apartado se utilizaron los datos de PIV-2.

Datos:

Estación=0+773.99

Vd= 40 Km/h

P1=4.45%

P2=0.85%

A=P1-P2= 3.60%

K_{min} de parada= 4, extraído del *Anexo A. 29*.

K_{min} de adelantamiento= 84, extraído del *Anexo A. 30*.

$K_{diseño}$= 16.69

S_{parada}=50 m, extraído del *Anexo A. 29*.

$S_{adelantamiento}$= 270 m, extraído del *Anexo A. 30*.

De acuerdo a esos datos se procedió a calcular las longitudes mínimas.

- ✓ Longitud de curvatura base

$$L_{parada} = 4 * 3.60 = 14.40\, m$$

$$L_{adelantamiento} = 84 * 3.60 = 302.4\, m$$

- ✓ Longitud de curva vertical en cresta para una distancia de visibilidad de parada

En este aparatado se ocupó la *Ecuación 41* debido a que $S > L_{parada}$.

$$L = 2 * 50\, m - \frac{658}{3.60} = 13.68\, m$$

- ✓ Longitud de curva vertical en cresta para una distancia de visibilidad de adelantamiento

En este aparatado se ocupó la *Ecuación 42* debido a que S<*L adelantamiento.*

$$L = \frac{A * 270^2}{864} = 300\ m$$

De acuerdo a las longitudes mínimas obtenidas se tomó la mayor entre L_{parada} y L_{base}, exceptuado la $L_{adelantamiento}$, por razones de seguridad explicadas en la metodología, siendo L_{base} = 14.40 m la mayor por lo que se comparan los siguientes criterios de acuerdo al diseño obtenido.

K

$$K_{parada}\ diseño > K_{parada}\ min$$

$$16.19 > 4;\ \therefore SI\ Cumple.$$

L

$$L\ diseño > L\ min$$

$$60\ m > 14.40\ m;\ \therefore SI\ Cumple.$$

Los demás resultados se expresan en el

- ♦ **Curva vertical en Columpio**

En este apartado se utilizaron los datos de PIV-1.

Datos:
Estación=0+185.98
Vd= 40 Km/h
A= -8.92%
K_{min} de parada= 9, extraído del *Anexo A. 29*.
$K_{diseño}$= 20.18

S_{parada}=50 m, extraído del *Anexo A. 29.*

De acuerdo a esos datos se procedió a calcular las longitudes mínimas.

- ✓ Longitud de curvatura base

$$L_{base} = 9 * |-8.92| = 80.28\, m$$

- ✓ Primer criterio: Longitud de curva vertical en Columpio para una distancia de visibilidad de parada

En este aparatado se ocupó la debido a que S<L_{parada}

$$L = \frac{|-8.92| * (50\, m)^2}{120 + 3.5 * 50\, m} = 66.93\, m$$

- ✓ Segundo criterio: Comodidad.

$$L = \frac{|-8.92| * (40 \frac{km}{h})^2}{395} = 36.13\, m$$

De acuerdo a las longitudes mínimas obtenidas se tomó la mayor entre L_{parada} y $L_{comodidad}$ y L_{base}, siendo L_{base} = 80.28 m la mayor, no obstante, se calcula un tercer criterio que establece la longitud máxima que debe de tener la curva vertical en columpio asid esta manera estableciendo un rango.

- ✓ Tercer criterio: Longitud máxima en función del drenaje.

En esta sección se ocupó la *Ecuación 47.*

$$L\, max = 30 * |-8.92| = 267.60\, m$$

por lo tanto, se comparan los siguientes criterios de acuerdo al diseño obtenido

K

$$K_{parada}\ diseño > K_{parada}\ min$$

$$20.18 > 9;\ \therefore SI\ Cumple.$$

L

$$L\ min < L\ diseño < L\ max$$

$$80.28\ m < 180\ m < 267.60\ m\ \therefore SI\ Cumple.$$

Los resultados se presentan la siguiente tabla:

Tabla 42. Tabla de resultados en el diseño del alineamiento Vertical

PIV	Est	Tipo de curva	Pendiente		A (%)	K parada minnimo	K adelantamineto minnimo	Vd	DVP	DVA	L min					L min (M)	L max Drenaje (M)	K p Diseño	Revision de K	L diseño (M)	Revision de L
			Entrada	Salida							L=K parada*A (m)	L=K adelantamiento*A (m)	Para DVP (M)	Para DVA (M)	Comodidad (M)						
PIV-1	0+185.98	COLUMPIO	-4.47%	4.45%	-8.92	9	NO APLICA	40 km/h	50	NO APLICA	80.28	NO APLICA	66.93	NO APLICA	36.132	80.280	267.600	20.18	OK	**180.00**	OK
PIV-2	0+373.99	CRESTA	4.45%	0.85%	3.60	4	84	40 km/h	50	270	14.40	302.40	13.68	300.000	NO APLICA	14.400	NO APLICA	16.69	OK	**60.00**	OK
PIV-3	0+670.08	CRESTA	0.85%	-4.78%	5.63	4	84	40 km/h	50	270	22.52	472.92	21.39	386.536	NO APLICA	22.520	NO APLICA	14.19	OK	**80.00**	OK
PIV-4	0+912.19	COLUMPIO	-4.78%	1.96%	-6.74	9	NO APLICA	40 km/h	50	NO APLICA	60.66	NO APLICA	56.23	NO APLICA	27.301	60.660	202.200	20.75	OK	**140.00**	OK
PIV-5	1+406.48	CRESTA	1.96%	-1.76%	3.72	11	195	60 km/h	85	410	40.92	725.40	40.85	587.742	NO APLICA	40.920	NO APLICA	16.12	OK	**60.00**	OK
PIV-6	1+677.49	COLUMPIO	-1.76%	1.70%	-3.46	18	NO APLICA	60 km/h	85	NO APLICA	62.28	NO APLICA	59.88	NO APLICA	31.534	62.280	103.800	23.13	OK	**80.00**	OK
PIV-7	1+908.55	CRESTA	1.70%	0.65%	1.05	11	195	60 km/h	85	410	11.55	204.75	11.53	204.288	NO APLICA	11.550	NO APLICA	18.94	OK	**20.00**	OK
PIV-8	2+584.76	COLUMPIO	0.65%	1.41%	-0.76	18	NO APLICA	60 km/h	85	NO APLICA	13.68	NO APLICA	13.15	NO APLICA	6.927	13.680	22.800	26.09	OK	**20.00**	OK
PIV-9	2+965.68	CRESTA	1.41%	-1.34%	2.75	11	195	60 km/h	85	410	30.25	536.25	30.20	505.818	NO APLICA	30.250	NO APLICA	14.54	OK	**40.00**	OK
PIV-10	3+079.09	COLUMPIO	-1.34%	0.78%	-2.12	18	NO APLICA	60 km/h	85	NO APLICA	38.16	NO APLICA	36.69	NO APLICA	19.322	38.160	63.600	18.85	OK	**40.00**	OK
PIV-11	3+307.04	COLUMPIO	0.78%	2.76%	-1.98	18	NO APLICA	60 km/h	85	NO APLICA	35.64	NO APLICA	34.26	NO APLICA	18.046	35.640	59.400	20.21	OK	**40.00**	OK
PIV-12	3+496.67	CRESTA	2.76%	0.52%	2.24	11	195	60 km/h	85	410	24.64	436.80	24.60	434.286	NO APLICA	24.640	NO APLICA	17.89	OK	**40.00**	OK
PIV-13	3+880.15	COLUMPIO	0.52%	1.35%	-0.83	18	NO APLICA	60 km/h	85	NO APLICA	14.94	NO APLICA	14.36	NO APLICA	7.565	14.940	24.900	24.33	OK	**20.00**	OK
PIV-14	4+162.73	CRESTA	1.35%	-0.67%	2.02	11	195	60 km/h	85	410	22.22	393.90	22.18	393.012	NO APLICA	22.220	NO APLICA	19.88	OK	**40.00**	OK
PIV-15	4+726.07	CRESTA	-0.67%	-3.16%	2.49	11	195	60 km/h	85	410	27.39	485.55	27.34	473.012	NO APLICA	27.390	NO APLICA	16.03	OK	**40.00**	OK
PIV-16	4+895.19	COLUMPIO	-3.16%	3.85%	-7.01	18	NO APLICA	60 km/h	85	NO APLICA	126.18	NO APLICA	110.44	NO APLICA	63.889	126.180	210.300	19.98	OK	**140.00**	OK
PIV-17	5+332.61	CRESTA	3.85%	1.94%	1.91	4	84	40 km/h	50	270	7.64	160.44	7.26	161.156	NO APLICA	7.640	NO APLICA	10.48	OK	**20.00**	OK
PIV-18	5+516.54	COLUMPIO	1.94%	5.95%	-4.01	9	NO APLICA	40 km/h	50	NO APLICA	36.09	NO APLICA	33.98	NO APLICA	16.243	36.090	120.300	14.95	OK	**60.00**	OK
PIV-19	5+795.05	CRESTA	5.95%	-5.93%	11.88	4	84	40 km/h	50	270	47.52	997.92	45.14	467.273	NO APLICA	47.520	NO APLICA	5.05	OK	**60.00**	OK
PIV-20	5+997.41	COLUMPIO	-5.93%	6.02%	-11.95	9	NO APLICA	40 km/h	50	NO APLICA	107.55	NO APLICA	75.31	NO APLICA	48.405	107.550	358.500	10.05	OK	**120.00**	OK
PIV-21	6+258.19	CRESTA	6.02%	-4.85%	10.87	4	84	40 km/h	50	270	43.48	913.08	41.30	460.515	NO APLICA	43.480	NO APLICA	5.52	OK	**60.00**	OK
PIV-22	6+332.61	COLUMPIO	-4.85%	0.86%	-5.71	9	NO APLICA	40 km/h	50	NO APLICA	51.39	NO APLICA	48.34	NO APLICA	23.129	51.390	171.300	14.01	OK	**80.00**	OK
PIV-23	6+448.47	CRESTA	0.86%	-5.75%	6.61	4	84	40 km/h	50	270	26.44	555.24	25.11	409.289	NO APLICA	26.440	NO APLICA	9.09	OK	**60.00**	OK
PIV-24	6+653.83	COLUMPIO	-5.75%	5.38%	-11.13	9	NO APLICA	40 km/h	50	NO APLICA	100.17	NO APLICA	73.50	NO APLICA	45.084	100.170	333.900	10.78	OK	**120.00**	OK
PIV-25	6+881.90	CRESTA	5.38%	0.98%	4.40	4	84	40 km/h	50	270	17.60	369.60	16.72	343.636	NO APLICA	17.600	NO APLICA	4.54	OK	**20.00**	OK
PIV-26	7+203.97	COLUMPIO	0.98%	2.44%	-1.46	9	NO APLICA	40 km/h	50	NO APLICA	13.14	NO APLICA	12.37	NO APLICA	5.914	13.140	43.800	13.64	OK	**20.00**	OK
PIV-27	7+737.29	COLUMPIO	2.44%	8.89%	-6.45	9	NO APLICA	40 km/h	50	NO APLICA	58.05	NO APLICA	54.26	NO APLICA	26.127	58.050	193.500	12.41	OK	**80.00**	OK
PIV-28	8+153.54	CRESTA	8.89%	1.15%	7.74	4	84	40 km/h	50	270	30.96	650.16	29.41	428.372	NO APLICA	30.960	NO APLICA	5.17	OK	**40.00**	OK
PIV-29	8+305.48	COLUMPIO	1.15%	8.93%	-7.78	9	NO APLICA	40 km/h	50	NO APLICA	70.02	NO APLICA	62.08	NO APLICA	31.514	70.020	233.400	10.28	OK	**80.00**	OK
PIV-30	8+533.01	CRESTA	8.93%	-5.03%	13.96	4	84	40 km/h	50	270	55.84	1172.64	52.87	478.109	NO APLICA	55.840	NO APLICA	5.73	OK	**80.00**	OK
PIV-31	9+011.63	COLUMPIO	-5.03%	0.56%	-5.59	9	NO APLICA	40 km/h	50	NO APLICA	50.31	NO APLICA	47.23	NO APLICA	22.643	50.310	167.700	17.90	OK	**100.00**	OK
PIV-32	9+160.96	CRESTA	0.56%	-8.87%	9.43	4	84	40 km/h	50	270	37.72	792.12	35.83	448.378	NO APLICA	37.720	NO APLICA	6.36	OK	**60.00**	OK
PIV-33	9+335.81	COLUMPIO	-8.87%	-0.81%	-8.06	9	NO APLICA	40 km/h	50	NO APLICA	72.54	NO APLICA	63.40	NO APLICA	32.648	72.540	241.800	9.92	OK	**80.00**	OK
PIV-34	9+451.78	CRESTA	-0.81%	-9.43%	8.62	4	84	40 km/h	50	270	34.48	724.08	32.75	439.768	NO APLICA	34.480	NO APLICA	6.96	OK	**60.00**	OK
PIV-35	9+761.38	COLUMPIO	-9.43%	4.93%	-14.36	9	NO APLICA	40 km/h	50	NO APLICA	129.24	NO APLICA	79.46	NO APLICA	58.167	129.240	430.800	9.75	OK	**140.00**	OK
PIV-36	9+911.54	CRESTA	4.93%	-4.45%	9.38	4	84	40 km/h	50	270	37.52	787.92	35.64	447.889	NO APLICA	37.520	NO APLICA	6.40	OK	**60.00**	OK
PIV-37	10+089.09	COLUMPIO	-4.45%	5.34%	-9.79	9	NO APLICA	40 km/h	50	NO APLICA	88.11	NO APLICA	69.87	NO APLICA	39.656	88.110	293.700	10.22	OK	**100.00**	OK
PIV-38	10+719.54	CRESTA	5.34%	-6.24%	11.58	4	84	40 km/h	50	270	46.32	972.72	44.00	465.389	NO APLICA	46.320	NO APLICA	5.18	OK	**60.00**	OK
PIV-39	11+043.03	COLUMPIO	-6.24%	-0.62%	-5.62	9	NO APLICA	40 km/h	50	NO APLICA	50.58	NO APLICA	47.51	NO APLICA	22.765	50.580	168.600	10.68	OK	**60.00**	OK
PIV-40	11+266.39	CRESTA	-0.62%	-6.39%	5.77	4	84	40 km/h	50	270	23.08	484.68	21.92	390.260	NO APLICA	23.080	NO APLICA	6.94	OK	**40.00**	OK
PIV-41	11+454.98	COLUMPIO	-6.39%	3.00%	-9.39	9	NO APLICA	40 km/h	50	NO APLICA	84.51	NO APLICA	68.58	NO APLICA	38.035	84.510	281.700	10.65	OK	**100.00**	OK
PIV-42	11+580.39	CRESTA	3.00%	-7.01%	10.01	4	84	40 km/h	50	270	40.04	840.84	38.03	453.686	NO APLICA	40.040	NO APLICA	5.99	OK	**60.00**	OK
PIV-43	11+784.34	COLUMPIO	-7.01%	2.55%	-9.56	9	NO APLICA	40 km/h	50	NO APLICA	86.04	NO APLICA	69.14	NO APLICA	38.724	86.040	286.800	10.46	OK	**100.00**	OK
PIV-44	12+046.69	CRESTA	2.55%	-0.52%	3.07	4	84	40 km/h	50	270	12.28	257.88	11.66	259.031	NO APLICA	12.280	NO APLICA	6.51	OK	**20.00**	OK
PIV-45	12+165.20	CRESTA	-0.52%	-7.07%	6.55	4	84	40 km/h	50	270	26.20	550.20	24.89	408.092	NO APLICA	26.200	NO APLICA	6.11	OK	**40.00**	OK
PIV-46	12+341.89	COLUMPIO	-7.07%	3.32%	-10.39	9	NO APLICA	40 km/h	50	NO APLICA	93.51	NO APLICA	71.61	NO APLICA	42.086	93.510	311.700	9.62	OK	**100.00**	OK
PIV-47	12+615.47	CRESTA	3.32%	-8.03%	11.35	4	84	40 km/h	50	270	45.40	953.40	43.12	463.877	NO APLICA	45.400	NO APLICA	5.29	OK	**60.00**	OK
PIV-48	12+793.75	COLUMPIO	-8.03%	4.56%	-12.59	9	NO APLICA	40 km/h	50	NO APLICA	113.31	NO APLICA	76.57	NO APLICA	50.997	113.310	377.700	9.53	OK	**120.00**	OK
PIV-49	12+925.47	CRESTA	4.56%	-6.70%	11.26	4	84	40 km/h	50	270	45.04	945.84	42.78	463.268	NO APLICA	45.040	NO APLICA	5.33	OK	**60.00**	OK
PIV-50	13+031.48	COLUMPIO	-6.70%	-1.09%	-5.61	9	NO APLICA	40 km/h	50	NO APLICA	50.49	NO APLICA	47.42	NO APLICA	22.724	50.490	168.300	10.70	OK	**60.00**	OK
PIV-51	13+168.09	CRESTA	-1.09%	-2.08%	0.99	4	84	40 km/h	50	270	3.96	83.16	3.76	83.531	NO APLICA	3.960	NO APLICA	20.15	OK	**20.00**	OK

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Conforme al análisis hidrológico realizado mediante el software ArcGIS, se determinó para cada una de las cuencas, que la mayoría tienen unas elevaciones medias bajas, pendientes fuertes que son moderadamente montañosa y tienen fuerte exposición a la erosión, así mismo al determinar el área, se clasificaron los drenajes, donde solo la cuenca ED-2 con un área de 6.13 km^2, se clasificó como un drenaje mayor con un río de orden 3, por otra parte Se determinaron dichos caudales, los cuales se calcularon por medio del método racional tomando en cuenta la cuenca ED-2, respaldada por los cálculos realizados por el método de Muskingum como lo expresa el MTI,

De acuerdo a los caudales calculados se diseñaron las alcantarillas con el programa HY-8 usando el método de control de salida, haciendo constatar que la condición HW/D<1.2 cumple satisfactoriamente para cada una de las alcantarillas diseñadas, así mismo, los resultados del diseño para el drenaje longitudinal cumplieron acorde a la condición establecida siendo el $Q_{diseño} > Q_{hidrológico}$, teniendo como resultado una cuneta triangular con una relación Za=1 y Zb=2.

En referencia al estudio de tránsito se realizó una estación de conteo sumaria efectuando factores de ajustes, teniendo como resultado un TPDA de 1,987 vehículos por día, predominando los vehículos livianos con un 93.91 %, permitiendo la carretera como colectora menor rural establecida en el SIECA 2011, pág.33.

De acuerdo al diseño geométrico de la vía utilizando el software Civil 3D 2023 y la normativa SIECA 2011, se determinó para el alineamiento horizontal; las velocidades de diseño regida para el tramo 1 (0+000 – 1+000) y 3 (4+900 – 13+500) de 40km/hr, mientras que para el tramo 2 (1+000 – 4+900) a 60 km/hr, asi también los radios mínimos para el tramo 1 y 3 es de 40.64m mientras que para el tramo 2 será de 113 m, donde, e diseñaron y revisaron un total de 54 curvas circulares donde todas cumplen con la seguridad y se adjuntan a las normativas correspondientes.

Respecto al diseño del alineamiento vertical, se obtuvieron 26 curvas en cresta y 25 curvas, cumpliendo con las condiciones establecidas por el SIECA 2011, siendo K

$_{diseño}$ > K_{parada} min y L $_{diseño}$> L $_{min}$ para curvas en cresta, para curvas en columpio L $_{min}$<L $_{diseño}$<L $_{max,}$ dando así comodidad y seguridad para el usuario que transite la carretera. Se encontró una pendiente máxima del 9.23% de la estación 9+475.42 a la 9+690.79, y una pendiente mínima del 0.52% de la estación 3+516.67 a la 3+870.15.

RECOMENDACIONES

De hacer realidad la construcción, se recomienda a las autoridades lo siguiente:

- Es recomendable que se realicen estudios de socavación en el sitio, para analizar las posibles fallas del suelo cercanas a las estructuras de drenaje, de igual forma se recomienda el uso de un material rocoso de un mayor diámetro para contraer este efecto y que a la vez este trabaje de una mejor manera y disminuya los riesgos producidos en la estructura.

- En casos de utilizar cajas prefabrica, o cajas coladas en sitio, recomendable la verificación de un buen estado y su cumplimiento de acuerdo a las fichas técnicas presentadas en el *ANEXO E*, para evitar de esta manera que la estructura sufra daños considerables en la carretera.

- Que el MTI, realice evaluaciones de las alcantarillas en un evento pluvial para asegurarse que las alcantarillas trabajen eficientemente, así mismo que ante estos eventos, se realice mantenimiento de los drenajes tanto como longitudinal y transversal.

- Para continuar la investigación, se recomienda realizar el diseño de la carpeta de rodamiento mediante la proyección del TPDA utilizando las tasas de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) y los datos del censo poblacional. Esto permitirá determinar con precisión el Número Equivalente de Ejes de Carga (ESAL) necesario para el diseño. Además, es fundamental desarrollar un plan de señalización que considere las características del terreno y las clasificaciones de velocidad correspondientes, garantizando así la seguridad y eficiencia del tránsito vehicular.

- Se recomienda utilizar arena natural o material cero para la cama de arena. Este material debe estar libre de impurezas y materia orgánica para garantizar su calidad. En el contexto específico de su aplicación, la cama de

arena se utilizará para eliminar los vacíos existentes entre las juntas de las alcantarillas. Esto proporcionará un mejor soporte estructural, previniendo el desplazamiento o fractura de las alcantarillas debido a la carga y vibración generadas por el tráfico vehicular.

BIBLIOGRAFIA

1 Salazar Figueroa, R. C., & Castillo Morales, C. A. (2016). *MANUAL DE CONSIDERACIONES TÉCNICAS HIDROLÓGICAS E HIDRAULICA. (SIECA, JICA, MOP).* EL SALVADOR: -.

2 Ávila López, K., & Vargas Moncada., M. (2015). *DISEÑO DE 1.5 KM DE PAVIMENTO ARTICULADO, POR EL MÉTODO AASHTO 93, DEL TRAMO DE CARRETERA LAS SABANAS – EL CIPIÁN, EN EL MUNICIPIO DE LAS SABANAS, DEPARTAMENTO DE MADRIZ.* Managua: Universidad Nacional de Ingeniería.

3 Chow, V. T. (1994). *HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS.* Colombia: McGRAW-HILL.

4 CIVIL, I. (12 de ABRIL de 2012). *INGENIERIA CIVIL*. Obtenido de https://ingenieracivil.blogspot.com/2012/04/drenaje-transversal-en-carreteras.html

5 Gámez Morales, W. R. (2010). *Texto básico de Hidrología.* Managua: UNA.

6 James Cárdena. (2023). *Ingeniería de tránsito. Fundamentos y aplicaciones.* México: Alfaomega S.A.

7 Lanza, D. N. (2021). Dr. Néstor Javier Lanza. *Análisis Hidrológico*, (pág. 15).

8 López Briseño, Telma; Romero Arrechavala, Jilma; Villalta Orozco, Marvin. (2021). *San Carlos: "Municipio Feliz".* Managua: Editorial Universitaria.

9 Morán, W. C. (2003). *Hidrología para estudiantes de ingeniería Civil.* Lima, Perú: CIP 4222.

10 MTI. (2020). *Anuario de aforo de tránsito.* Managua, Nicaragua.

11 Navarro, S. J. (2008). *Manual de Topografía - Planimetría.* Estelí.

12 Ray k. Linsley, M. A. (1977). *Hidrología para ingenieros.* México, Bogotá, Buenos aires, Guatemala, Lisboa, Madrid: ISB-968-451-245-7.

13 SIECA. (2011). *Manual Centroamericana de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras.* EL salvador, Nicaragua, Costa Rica, Honduras y Guatemala.

14 SIECA, J. (2016). *Manual de consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas.* El salvador.: Dacger.

ANEXOS

ANEXOS A: Tablas y recursos de referencia

Anexo A. 1. Clasificación según el área

Rangos de áreas (Km^2)	Clases de tamaño
Menos de 25	Muy Pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia Pequeña
500 a 2500	Intermedia Grande
2500 a 5000	Grande
Más de 5000	Muy Grande

Fuente: Nelame 2017

Anexo A. 2. Clasificación según la longitud del cauce

Rangos de longitud (km)	Clases de longitudes del cause
6.9 - 10.9	Corto
11 - 15	Mediano
15.1 - 19.1	Largo

Fuente: Nelame 2017

Anexo A. 3. Clasificación según su forma

Rangos de kf		Clases de forma.
0.01	**0.18**	Muy poca achatada
0.18	**0.36**	Ligeramente achatada
0.36	**0.54**	Moderadamente achatada

Fuente: Nelame 2017

Anexo A. 4. Rangos de clases de compacidad

Rangos de Kc	Clases de compacidad
1 - 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 - 1.5	De oval redonda a oval oblonga
1.5 - 1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

Fuente: Nelame 2017

Anexo A. 5. Rango de elevación media

Rangos de elevación en (msnm)		Clases de elevación
500	**2000**	Baja
2000	**2400**	Moderada
2400	**2700**	Alta

Fuente: Nelame 2017

Anexo A. 6. Clases de valores de pendiente del cauce principal

Rangos de pendiente		Clases
0.01	**0.05**	Suave
0.06	**0.11**	Moderada
0.12	**0.17**	Fuerte

Fuente: Nelame 2017

Anexo A. 7. Clase de valores de Masividad

Rangos de K_m		Clase de Masividad
0	**35**	Muy Montañosa
35	**70**	Montañosa
70	**105**	Moderadamente Montañosa

Fuente: NELAME 2017

Anexo A. 8. Clasificación según su orden

Rango de ordenes		Clases
1	**2**	Bajo
3	**4**	Medio
5	**6**	Alto

Fuente: MTI

Anexo A. 9. Clasificación de drenaje

Rangos de densidad	Clases
1 - 1.8	Baja
1.9 - 3.6	Moderada
3.7 - 5.6	Alta

Fuente: Nelame 2017

Anexo A. 10. Parámetros de ajuste de la estación San Carlos.

T: Años	r	A	d	b
1,5	-0,9997	2037,3	14	0,893
2	-0,9994	1886,7	13	0,848
5	-0,9966	1840,3	12	0,783
10	-0,9925	1530,5	9	0,718
15	-0,9946	2475,9	15	0,79
25	-0,9918	2066,5	12	0,74
50	-0,9906	2334,1	13	0,741
100	-0,9921	3909,7	20	0,814

Fuente: INETER

Anexo A. 11. Factor de Kcc para la estación de San Carlos

Estación	Tr	P50	P70	P90
San Carlos	2	1.05	1.10	1.18
Código:69090	5	1.07	1.11	1.18
Tipo: HMP	10	1.10	1.14	1.20
11° 08’ 30” Lat N	15	1.11	1.16	1.25
84° 45’ 58” Long W	25	1.12	1.19	1.33
Elev: 40 msnm	50	1.15	1.25	1.47
Período 1971-2003	100	1.20	1.33	1.62

Fuente: MTI

Anexo A. 12. Coeficientes de escorrentía

TIPOS DE CUENCA	EXTREMO	ALTO	NORMAL	BAJO
RELIEVE	0.28 - 0.35 Empinado, Terreno escarpado, terreno con pendientes promedios por encima del 30%	0.20 - 0.28 Montañoso, con pendientes promedios del 10 al 30%	0.14 - 0.20 Ondulado con pendientes promedio del 5 al 10%	0.08 - 0.14 Tierras relativamente planas, con pendientes promedio del 0 al 5%
INFILTRACIÓN DEL SUELO	0.12 - 0.16 Cubierta de suelo ineficiente, con cualquiera de las dos rocas o manto de suelo delgado de capacidad de infiltración despreciable	0.08 - 0.12 Lento por tomar agua, arcilla o tierra negra, suelos superficiales de baja capacidad de infiltración, imperfecta o pobremente drenados	0.06 - 0.08 Normal, suelos con textura de suelos ligeros a medianamente bien drenados, arenas arcillosas, limos y limos arcillosos	0.04 - 0.06 Altos, arenas profundas u otros suelos que guardan agua rápidamente, suelos muy ligeros bien drenados
COBERTURA VEGETAL	0.12 - 0.16 Cubierta de plantas ineficientes, desnudos o muy dispersa	0.08 - 0.12 De malo a regular cultivos limpios, o cubierta natural pobre, menos que el 20% del área de drenaje con buena cobertura	0.06 - 0.08 De regular a bueno, alrededor del 50% del área con tierras cubiertas de grama o bosques, no más del 50% con áreas en la producción de cosechas	0.04 - 0.06 Buena a excelente acerca del 90% del área de drenaje con buenos pastizales, bosques o alboreadas con cubiertas equivalentes
AALMACENAJE SUPERFICIAL	0.10 - 0.12 Depresiones superficiales despreciables pocas y planas; drenajes empinados y cortos sin pantanos	0.08 - 0.1 0 Bajo sistemas cortos de drenaje bien definidos, sin lagunas ni pantanos	0.06- 0.08 Normal, considerable depresiones superficiales, lagos y lagunas y pantanos	0.04 - 0.06 Alta, superficie de almacenaje alto, sistema de drenaje no bruscamente definido, grandes planicies de inundación o gran número de lagunas o pantanos

Fuente: SIECA 2016

Anexo A. 13. Curva número

DESCRIPCIÓN DEL USO DE LA TIERRA		GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO			
		A	B	C	D
Tierra cultivada	Sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
	Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales:	Condiciones pobres	68	79	86	89
	Condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos	Condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques:	Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierba	45	66	77	83
	cubierta buena	25	55	70	77
Óptimas Condiciones:	Cubierta de pasto en el 75% o mas	39	61	74	80
Condiciones aceptables	Cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales y negocio (85% impermeables)		89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)		81	88	91	93
1/8 acre o menos	65	77	85	90	92
1/4 ace	38	61	75	83	87
1/3 ace	30	57	72	81	86
1/2 ace	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
Parqueos pavimentados, techos, accesos, etc.5		98	98	98	98
	Pavimentados con cunetas y alcantarillas	98	98	98	98
	Grava	76	85	89	91
	Tierra	72	82	87	89

Fuente: SIECA 2016

Anexo A. 14. Periodos de diseño para drenajes.

Tipo de obra	T(años)
Alcantarillas	25
Cajas de cuencas menores	25
Cajas de cuencas mayores	50
Puentes	100

Fuente: MTI.

Anexo A. 15. Coeficientes para la ecuación de Diseño propuestos por Garber & Hoel en 2007

FORMA Y MATERIAL	DESCRIPCIÓN DEL BORDE DE LA ENTRADA	FORMA	NO SUMERGIDO		SUMERGIDO	
			K	M	C	Y
Circular	Pared con borde cuadrado	1	0.0098	2.0	0.0398	0.67
Concreto	Extremo ranurado con muro de cabezal	1	0.0078	2.0	0.292	0.74
	Saliente con extremo ranurado		0.0045	2.0	0.0317	0.69
Circular	Cabezal	1	0.0078	2.0	0.0379	0.69
CMP	Con junta chaflanada hasta dar la pendiente	1	0.0210	1.33	0.0463	0.75
	Saliente		0.0340	1.50	0.0553	0.54
Circular	Anillos biselado, biseles de 45°	1	0.0018	2.50	0.0300	0.74
	Anillos biselado, biseles de 33.7°		0.0018	2.50	0.0243	0.83
Rectangular	Muros con aleros abocinados con ángulos de 30° y 75°	1	0.026	1.0	0.0385	0.81
En cajón	Muros con aleros abocinados con ángulos de 90° y 15°	1	0.061	0.75	0.0400	0.80
	Muros con aleros abocinados a 0°		0.061	0.75	0.0423	0.82
Rectangular	Muros con aleros abocinados a 45° d=0.0430	2	0.510	0.667	0.0309	0.80
En cajón	Muros con aleros abocinados a 18° a 33.7° d=0.0830	2	0.486	0.667	0.0249	0.83
Rectangular	Muro cabezal a 90° con chaflanes a $^3/_4$"	2	0.515	0.667	0.0375	0.79
En cajón	Muro cabezal a 90° con biseles a 45°	2	0.495	0.667	0.0314	0.82
	Muro cabezal a 90° con biseles a 33.7°		0.486	0.667	0.0252	0.865
Rectangular	Chaflanes a $^3/_4$"; cabezal con esviaje a 45°	2	0.522	0.667	0.0402	0.73
En cajón	Chaflanes a $^3/_4$"; cabezal con esviaje a 30°		0.533	0.667	0.0425	0.705
	Chaflanes a $^3/_4$"; cabezal con esviaje a 15°		0.545	0.667	0.04505	0.68
	Biseles a 45°; cabezal con esviaje de 10° a 45°		0.498	0.667	0.0327	0.75
Rectangular	Muros con aleros abocinados 45° sin transición	2	0.497	0.667	0.0339	0.803
En cajón	Muros con aleros abocinados 18.4° sin transición	2	0.493	0.667	0.0361	0.806
Chaflanes a $^3/_4$"	Muros con aleros abocinados 18.4° sin transición		0.495	0.667	0.0386	0.71
	Cilindro con esviaje de 30°					
Rectangular	Muros con aleros abocinados a 45° con transición	2	0.497	0.667	0.0302	0.835

Fuente: SIECA 2016.

Anexo A. 16. Coeficiente de Manning, elaborado por Chow,2004

TIPO OE SUPERFICIE	"n"
Cuneta de hormigón con buen acabado	0.012
Revestimiento de asfalto con textura lisa	0.013
Revestimiento de asfalto con textura áspera	0.016
Revestimiento con lechada de cemento	
a) Acabado con frotachado	0.014
b) Acabado manual alisado	0.016
c) Acabado manual áspero	0.020
Revestimiento con adoquines	0.020
Cunetas con pequeñas pendientes longitudinales (hasta 2%) sujetas a la acumulación de sedimentos, los valores "n" indicados deben ser incrementados en + 0.002 a 0.005	n

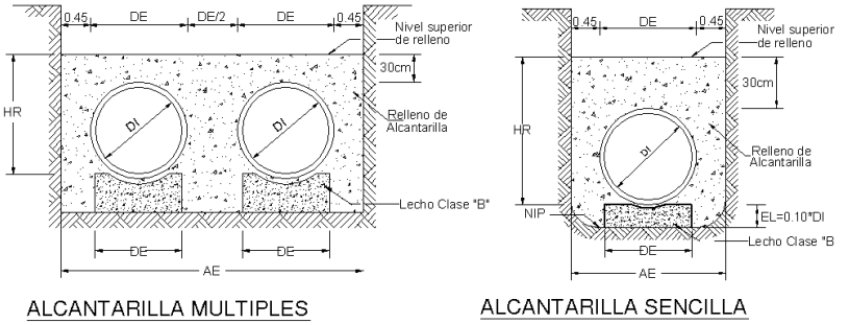
Fuente: SIECA 2016.

Anexo A. 17. Datos y elementos fundamentales para la proyección y cálculo de alcantarillas TCR.

TIPO	DIMENSIONES DEL TUBO				DATOS PARA MURO CABEZAL DE ALCANTARILLAS										FACTOR DE VOLUMENDE RELLENO EN M3/M		
TUBOS (PULG)	Dl (M)	e (M)	DE (M)	DIY (M)	H (M)	0.5H (M)	J (M)	E (M)	D (M)	HTG (M)	S1 (M)	S2 (M)	S3 (M)	HR (M)	S	D	T
24"	0.61	0.08	0.77	0.69	1.75	0.88	0.35	0.57	0.84	0.69	0.66	0.73	0.62	1.07	1.3	2.01	2.69
30"	76	0.09	0.94	0.85	1.91	0.96	0.61	0.83	1	0.85	0.7	0.8	0.66	1.24	1.6	2.53	3.47
36"	0.91	0.1		1.01	2.07	1.04	0.87	1.09	1.16	1.01	0.74	0.87	0.7	1.41	1.9	3.11	4.34
42"	1.07	0.1 1	1.29	1.18	2.24	1.12	1.15	1.37	1.33	1.18	0.78	0.94	0.74	1.59	2.2	3.76	5.36
48"	1. 22	0.13	1. 48	1. 35	2. 41	1. 21	1.41	1 .63	1 .50	1 .35	0.83	1 .02	0 .78	1 .78	2.5	4. 52	6 .52
54"	1.37	0.14	1.65	1.51	2.57	1.29	1.68	1.9	1.66		0.87	1.09	0.82	1.95	2.8	5.25	7.66
60"	1.52	0.15	1.82	1.67	273	1.37	1.94	2.16	1.82		0.91	1.17	0.86	2.12	3.2	6.03	8.5
72"	1.83	0.18	2.19	2.01	3.07	1.54	2.48	2.65	2.16		1	1.33	0.95	2.49	3.9	7.89	11.86

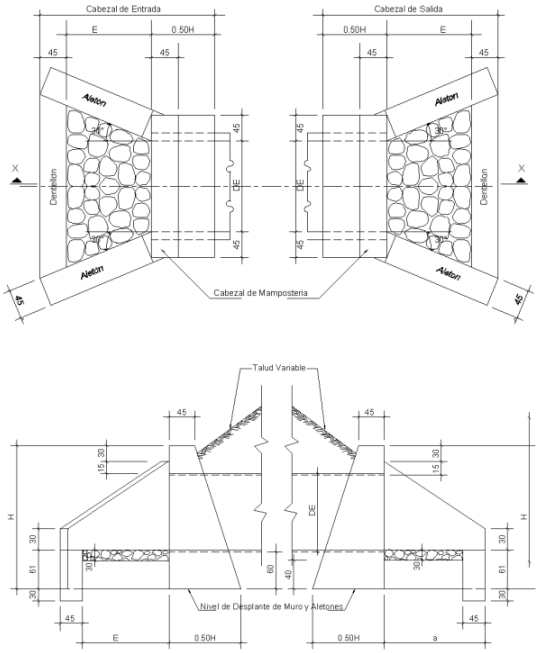
Fuente: MTI.

Anexo A. 18. Detalle de lechos de alcantarillas.



Fuente: MTI.

Anexo A. 19. Detalle de muros cabeceros de entrada y salida de alcantarillas circulares.



Fuente: MTI.

Anexo A. 20. Formato de conteo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
INGENIERIA DE TRANSITO
PRACTICA DE CAMPO

ESTACION

HOJA DE RESUMEN DE CONTEO VEHICULAR

Punto N° : FECHA SECUENCIAL CONTADOR DE TRAFICO

Sentido : COORDINADOR DE SITIO

Hora	VEHICULOS DE PASAJEROS							VEHICULOS DE CARGA										OTROS VEHICULOS PESADOS			Suma
	Vehiculos Livianos				Autobuses			Camiones				Camión Remolque Cx-Rx		Trailer Articulado Tx-Rx							
	Motos	Autos	Jeep / SUV	Pick-Up	Microbús <15 pax	Minibús 15-30 pax	Grande	Camión Ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	T2-S1	T2-S2	T3-S2	T3-S3	Agrícolas	Construc.	Otros	
6:00 - 7:00																					
7:00 - 8:00																					
8:00 - 9:00																					
9:00 - 10:00																					
10:00 - 11:00																					
11:00 - 12:00																					
12:00 - 1:00																					
1:00 - 2:00																					
2:00 - 3:00																					
3:00 - 4:00																					
4:00 - 5:00																					
5:00 - 6:00																					
SUMA TIPO VEHICULO																					

Fuente: Anuario de aforos de tráfico, MTI 2020.

Anexo A. 21. EMC San Marcos – Masatepe

ESTACIÓN DE MAYOR COBERTURA	NIC	N° ESTACIÓN	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
1802 San Marcos - Masatepe	NN-116	2503	ECS	Gancho de la Toña - El Crucero
	NN-116	2504	ECS	El Crucero - Palos Ralos
	NN-117	2506	ECS	La Azucena - Los Chiles
	NN-118	2509	ECS	La Azucena - La Esperanza
	NN-118	2510	ECS	La Esperanza - Boca de Sabalos
	NN-119	2511A	ECS	San Antonio - Marlon Zalaya
	NN-120	2512	ECS	Boca de Sabalos - Marlon Zelaya
	NN-120	2511	ECS	Marlon Zelaya - Buena Vista
	NN-123	728	ECS	Santo Tomás - El Jicarito
	NN-124	2303	ECD	Emp. San Pedro de Lóvago - San Pedro de Lóvago
	NN-124	2308	ECS	San Pedro de Lóvago - Bulgaria
	NN-125	2306	ECS	San Pedro de Lóvago - El Apante

Fuente: Anuario de aforos de tráfico, MTI 2020.

Anexo A. 22. Elementos de diseño geométricos de las carreteras regionales

No.	DESCRIPCION	AUTOPISTAS REGIONALES	TRONCALES		COLECTORAS	
			Suburbanas	Rurales	Suburbanas	Rurales
1	TPDA, vehículos promedio diario	>20,000	20,000-10,000	10,000-3,000	3,000-500	3,000-500
2	VHD, vehículos por hora	>2,000	2,000-1,000	1,500-450	300-50	450-75
3	Factor de Hora Pico, FHP	0.92	0.92	0.95-0.91	0.92	0.85
4	Vehículo de Diseño	WB-20	WB-20	WB-20	WB-15	WB15
5	Tipo de Terreno	P O M	P O M	P O M	P O M	P O M
6	Velocidad de Diseño o Directriz, km/hora	110 90 70	90 80 70	80 70 60	70 60 50	70 60 50
7	Número de Carriles	4 a 8	2 a 4	2 a 4	2	2
8	Ancho de Carril, metros	3.6	3.6	3.6	3.3-3.6	3.3
9	Ancho de Hombros/Espaldones, metros	Int: 1.0 - 1.5 Ext:1.8 - 2.5	Int: 1.0 - 1.5 Ext. 1.8 - 2.5	Int: 0.5 - 1.0 Ext: 1.2 - 1.8	Ext: 1.2 - 1.5	Ext: 1.2 - 1.5
10	Tipo de Superficie de Rodamiento	Pav.	Pav.	Pav.	Pav.	Pav.-Grava
11	Dist.de Visibilidad de Parada, metros	110-245	110-170	85-140	65-110	65-110
12	Dist. de Visib. Adelantamiento, metros	480-670	480-600	410-540	350-480	350-480
13	Radio Mín. de Curva, Peralte 6%, metros	195-560	195-335	135-250	90-195	90-195
14	Maximo Grado de Curva	5º53´ - 2º03´	5º53´ - 3º25´	8º29´ - 4º35´	12º44´-5º53´	12º44´-5º53´
15	Pendiente Longitudinal Max, porcentaje	6	8	8	10	10
16	Sobreelevación, porcentaje	10	10	10	10	10
17	Pendiente Transversal de Calzada, %	1.5 - 3	1.5-3	1.5-3	1.5-3	1.5-3
18	Pendiente de Hombros, porcentaje	2-5	2-5	2-5	2-5	2-5
19	Ancho de Puentes entre bordillos, metros	Variable	Variable	Variable	7.8-8.7	7.8-8.1
20	Carga de Diseño de Puentes (AASHTO)	HS 20-44+25%	HS20-44+25%	HS20-44+25%	HS20-44	HS20-44
21	Ancho de Derecho de vía, metros	80-90	40-50	40-50	20-30	20-30
22	Ancho de Mediana, metros	4-12	4-10	2-6	-	-
23	Nivel de Servicio, según el HCM	B-C	C-D	C-D	C-D	C-D
24	Tipo de Control de Acceso	Control Total	Control Parcial	Sin Control	Sin Control	Sin Control
25	CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	AR-TS	AR-TS-TR	TR-CR	TS-CS	TR-CR

Notas: Pav: Pavimento asfáltico o de cemento Portland

P: Plano O: Ondulado M: Montañoso

AR:Autopista Regional, TS: Troncal Suburbana, TR: Troncal Rural, CS: Colectora Suburbana, CR: Colectora Rural

Fuente: SIECA 2011

Anexo A. 23. Clasificación Funcional de la Carretera.

FUNCIÓN	CLASE DE CARRETERA	NOMENCLATURA	TPD	NÚMERO DE CARRILES
ARTERIAL PRINCIPAL	AUTOPISTA	AA	>20,000	6-8
	ARTERIAL RURAL	AR	10,000-20,000	4-6
	ARTERIAL URBANA	AU	10,000-20,000	4-6
ARTERIAL MENOR	ARTERIAL MENOR RURAL	AMR	3,000-10,000	2
	ARTERIAL MENOR URBANA	AMU	3,000-10,000	2
COLECTOR MAYOR	COLECTOR MAYOR RURAL	CMR	10,000-20,000	4-6
	COLECTOR MAYOR URBANA	CMU	10,000-20,000	4-6
COLECTOR MENOR	**COLECTOR MENOR RURAL**	**CR**	**500 – 3,000**	**2**
	COLECTOR MENOR URBANA	CU	500 – 3,000	2
LOCAL	LOCAL RURAL	LR	100-500	2
	LOCAL URBANO	LU	100-500	2
	RURAL	R	<100	1-6

Fuente: SIECA 2011.

Anexo A. 24. Radios mínimos para distintas velocidades de diseño usando valores límites de "e" y "f"

Velocidad de diseño (Km/h)	Factor f de fricción máxima	Rmin (m) emax 4%	Rmin (m) emax 6%	Rmin (m) emax 8%	Rmin (m) emax 10%
20	0.35	8	8	7	7
30	0.28	22	21	20	19
40	0.23	47	43	41	38
50	0.19	86	79	73	68
60	0.17	135	123	113	105
70	0.15	203	184	168	154
80	0.14	280	252	229	210
90	0.13	375	336	304	277
100	0.12	492	437	394	358
110	0.11	-	560	501	454
120	0.09	-	756	667	567

Fuente: Manual de diseño geométrico sieca 2011.

Anexo A. 25. Máximas pendientes relativas a la orilla del pavimento

Velocidad de Diseño KPH	Máxima Pendiente Relativa (%)	Talud Máximo Relativo Equivalente
20	0.80	1:125
30	0.75	1:133
40	0.70	1:143
50	0.65	1:154
60	0.60	1:167
70	0.55	1:182
80	0.47	1:200
90	0.44	1:213
100	0.41	1:227
110	0.38	1:244
120	0.35	1:263

Fuente: SIECA 2011

Anexo A. 26. Peralte Recomendado, longitud de transición y distancia de bombeo

e máximo = 8.0% **B.N. = 3.0%** **ANCHO DE CALZADA = 7.20 m**

RADIO	20 KPH		1:125	RADIO	30 KPH		1:133	RADIO	40 KPH		1:143	RADIO	50 KPH		1:150	RADIO	60 KPH		1:167
	e%	Ls	Db		e%	Ls	Db		e%	Ls	Db		e%	Ls	Db		e%	Ls	Db
187	B.N.			443	B.N.			784	B.N.			1090	B.N.			1490	B.N.		
136	2.0	11		322	2.0	17		571	2.0	22		791	2.0	28		1090	2.0	34	
122	2.2	11		288	2.2	17		512	2.2	22		711	2.2	28		976	2.2	34	
111	2.4	11		261	2.4	17		463	2.4	22		644	2.4	28		885	2.4	34	
101	2.6	12		237	2.6	17		421	2.6	22		587	2.6	28		808	2.6	34	
92	2.8	13		216	2.8	17		385	2.8	22		539	2.8	28		742	2.8	34	
84	3.0	14	14	199	3.0	17	17	354	3.0	22	22	496	3.0	28	28	684	3.0	34	34
77	3.2	15	14	183	3.2	17	16	326	3.2	22	21	458	3.2	28	26	633	3.2	34	32
73	3.4	15	13	168	3.4	17	15	302	3.4	22	19	425	3.4	28	25	588	3.4	34	30
66	3.6	16	13	155	3.6	17	14	279	3.6	22	18	395	3.6	28	23	548	3.6	34	28
61	3.8	17	13	141	3.8	18	14	259	3.8	22	17	368	3.8	28	22	512	3.8	34	27
56	4.0	18	14	133	4.0	18	14	241	4.0	22	17	344	4.0	28	21	479	4.0	34	26
52	4.2	19	14	123	4.2	19	14	224	4.2	22	16	321	4.2	28	20	449	4.2	34	24
47	4.4	20	14	112	4.4	21	14	208	4.4	22	15	301	4.4	28	19	421	4.4	34	23
42	4.6	21	14	104	4.6	22	14	192	4.6	24	16	281	4.6	28	18	395	4.6	34	22
37	4.8	22	14	95	4.8	23	14	178	4.8	24	15	263	4.8	28	18	371	4.8	34	21
34	5.0	22	13	85	5.0	24	14	163	5.0	26	16	246	5.0	28	17	349	5.0	34	20
30	5.2	23	13	77	5.2	25	14	148	5.2	27	16	229	5.2	29	17	328	5.2	34	20
27	5.4	24	13	69	5.4	26	14	136	5.4	28	16	213	5.4	30	17	307	5.4	34	19
24	5.6	24	13	63	5.6	27	14	125	5.6	29	16	198	5.6	31	17	288	5.6	34	18
22	5.8	23	12	58	5.8	28	14	115	5.8	30	16	185	5.8	32	17	270	5.8	35	18
20	6.0	22	11	54	5.9	28	14	106	6.0	31	16	172	6.0	33	17	253	6.0	36	18
19	6.2	21	10	53	6.0	29	15	98	6.2	32	15	161	6.2	34	16	238	6.2	37	18
17	6.4	20	9	49	6.2	30	15	95	6.2	32	15	151	6.4	35	16	224	6.4	39	18
16	6.6	20	9	45	6.4	31	15	91	6.4	33	15	148	6.5	36	17	213	6.6	40	18
15	6.8	19	8	42	6.6	31	14	84	6.6	34	15	141	6.6	37	17	210	6.6	40	18
14	7.0	18	8	38	6.8	30	13	78	6.8	35	15	132	6.8	38	17	198	6.8	41	18
12	7.2	17	7	36	7.0	29	12	72	7.0	36	15	123	7.0	39	17	185	7.0	42	18
11	7.4	16	6	33	7.2	28	12	66	7.2	37	15	115	7.2	40	17	174	7.2	43	18
10	7.6	15	6	30	7.4	27	11	62	7.4	38	15	107	7.4	41	17	162	7.4	45	18
9	7.8	15	6	28	7.6	26	10	57	7.6	39	15	99	7.6	42	17	150	7.6	46	18
8	8.0	15	6	25	7.8	24	9	52	7.8	40	15	90	7.8	43	17	137	7.8	47	18
7	8.0	13	5	20	8.0	22	8	41	8.0	41	15	73	8.0	44	17	113	8.0	48	18

Fuente: SIECA 2011

Anexo A. 27. Valores de diseño para sobreancho en curvas

Radio de Curva	Ancho de Calzada = 7.20 m						Ancho de Calzada = 6.60 m						Ancho de Calzada = 6.00 m					
	Velocidad de Diseño (KPH)						Velocidad de Diseño (KPH)						Velocidad de Diseño (KPH)					
	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100
3000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
2500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7
1500	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
1000	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8
900	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9
800	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9
700	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0
600	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0
500	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1
400	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
300	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4
250	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9		0.9	1.0	1.1	1.1	1.2		1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	
200	0.8	0.9	1.0	1.0			1.1	1.2	1.3	1.6			1.4	1.5	1.6	1.6		
150	1.1	1.2	1.3	1.3			1.4	1.5	1.6	1.6			1.7	1.8	1.9	1.9		
140	1.2	1.3					1.5	1.6					1.8	1.9				
130	1.3	1.4					1.6	1.7					1.9	2.0				
120	1.4	1.5					1.7	1.8					2.0	2.1				
110	1.5	1.6					1.8	1.9					2.1	2.2				
100	1.6	1.7					1.9	2.0					2.2	2.3				
90	1.8						2.1						2.4					
80	2.0						2.3						2.6					
70	2.3						2.6						2.9					

FUENTE: AASHTO, 2004. pp. 211

NOTAS: Los valores mostrados son para vehículo de diseño WB-15

Valores menores de 0.6 pueden ser despreciados

Para carretera de 3 carriles, multiplique los valores indicados por 1.5

Para carretera de 4 carriles, multiplique los valores indicados por 2

Fuente: Manual de diseño geométricos SIECA 2011

Anexo A. 28. Máxima pendiente (%) para la velocidad de diseño especificada, KPH

TIPO DE TERRENO	Máxima Pendiente (%) para la velocidad de Diseño Especificada, KPH.							
	30	40	50	60	70	80	90	100
Plano	7	7	7	7	7	6	6	5
Lomerío	10	10	9	8	8	7	7	6
Montañoso	12	11	10	10	10	9	9	8

Fuente: SIECA 2011.

Anexo A. 29. Control de diseño para curva vertical en cresta para distancia de visibilidad de parada

VELOCIDAD DE DISEÑO	VISIVILIDAD DE PARADA	K	
		Calculada	Para Diseño
20	20	0.6	1
30	35	1.9	2
40	50	3.8	4
50	65	6.4	7
60	85	11	11
70	105	16.8	17
80	130	25.7	26
90	160	38.9	39
100	185	52	52
110	220	73.6	74
120	250	95	95

Fuente: SIECA 2011.

Anexo A. 30. Control de diseño para curva vertical en cresta para distancia de visibilidad de adelantamiento.

VELOCIDAD DE DISEÑO	VISIVILIDAD DE ADELANTAMIENTO	K
		Para Diseño
20		
30	200	46
40	270	84
50	345	138
60	410	195
70	485	272
80	540	338
90	615	438
100	670	520
110	730	617
120	775	695

Fuente: SIECA 2011.

Anexo A. 31. Control de Diseño para Curva Vertical Cóncava o en Columpio para Distancia de Visibilidad de Parada

VELOCIDAD DE DISEÑO	VISIVILIDAD DE PARADA	K	
		Calculada	Para Diseño
20	20	2.1	3
30	35	5.1	6
40	50	8.5	9
50	65	12.2	13
60	85	17.3	18
70	105	22.6	23
80	130	29.4	30
90	160	37.6	38
100	185	44.6	45
110	220	54.4	55
120	250	62.8	63

Fuente: SIECA 2011.

Anexo A. 32. Longitud Crítica en Pendientes para ΔV < 25 KPH y ΔV < 40 KPH

PENOIENTE (P%)	LONGITUD CRÍTICA (m)	
	Δv < 25 KPH	Δv < 40 KPH
3	900	
4	600	
5	460	740
6	360	670
7	300	475
8	260	400
9	230	350

Fuente: SIECA 2011

Anexo A. 33. Dimensiones de los vehículos de diseño

Vehículo de Diseño	Símbolo	Altura	Ancho	Longitud	Voladizo Delantero	Voladizo Trasero	WB1	WB2
Vehículo Liviano	P	1.3	2.1	5.8	0.9	1.5	3.4	
Camión	SU	4.1	2.4	9.2	1.2	1.8	6.1	
Bus	BUS-14	3.7	2.6	12.2	1.8	2.6	7.3	
Bus Articulado	A-BUS	3.4	2.6	18.3	3.1	6.7	5.9	
Cabezal con Semirremolque	WB-15	4.1	2.6	16.8	0.6	4.5	10.8	
Cabezal con Semirremolque	WB-19	4.1	2.6	20.9	0.9	0.6	4.5	10.8
Cabezal con Semirremolque	WB-20	4.1	2.6	22.4	1.2	1.40-0.80	6.6	13.20-13.80

Fuente: SIECA 2011

Anexo A. 34. Porcentaje vehicular de estación de mayor cobertura

N°	EST.	NOMBRE DEL TRAMO	TPDA	Total Pesados	Σ Tx-Sx y Cx-Rx	% de Livianos	% de Pesados	% Tx-Sx y Cx-Rx Vehiculos de Carga
1	101B	Zona Franca - La Garita	24,523	5,291	956	78.3%	21.6%	18.1%
2	1205	Emp. Chichigalpa - Rotonda Chinandega	10,585	2,614	934	75.0%	24.7%	35.70%
3	200	Entrada al INCAE - El Crucero	9,403	1,183	283	87.3%	12.6%	23.90%
4	1802	San Marcos - Masatepe	9,392	830	69	91.1%	8.8%	8.30%
5	401	Masaya - Granada	8,882	1,074	69	87.8%	12.1%	6.40%
6	107	Sebaco - Emp. San Isidro	7,877	1,797	463	77.0%	22.8%	25.8%
7	300	Sebaco - Quebrada Honda	6,270	1,459	200	76.5%	23.3%	13.70%
8	2803	Nagarote - La Paz Centro	6,058	2,227	1,106	62.8%	36.8%	49.70%
9	2404	Chinandega - Corinto	5,471	1,754	1,110	67.7%	32.1%	63.30%
10	2400	Chinandega (Rotonda) - Rancheria	4,019	686	166	81.1%	17.1%	24.20%
11	700	Emp. San Francisco - Tecolostote	2,024	638	96	68.3%	31.5%	15.0%

Fuente: Anuario de aforos de tráfico, MTI 2020.

Anexos B: Tablas de resultados obtenidos

Anexo B. 1. Inventario de alcantarillas

Alcantarilla Existentes					
Descripción	E	N	Descripción	E	N
AL-1	758850.137	1234342.650	AL-26	763026.323	1239164.720
AL-2	758992.332	1234995.587	AL-27	763440.307	1239480.053
AL-3	758794.355	1235292.434	AL-28	763450.046	1239601.810
AL-4	758866.440	1235942.089	AL-29	763558.697	1239707.094
AL-5	759118.992	1236561.330	AL-30	763727.314	1239750.999
AL-6	759254.498	1236815.710	AL-31	764113.469	1239802.167
AL-7	759565.210	1237132.031	AL-32	764203.584	1239929.201
AL-8	759778.075	1237235.991	AL-33	764272.564	1240065.573
AL-9	759875.719	1237535.823	AL-34	764395.133	1240206.653
AL-10	759864.590	1237728.353	AL-35	764443.160	1240360.688
AL-11	759975.071	1237984.169	AL-36	764454.109	1240666.776
AL-12	760069.181	1238084.446	AL-37	764512.362	1240943.882
AL-13	760141.963	1238177.103	AL-38	764584.318	1241096.181
AL-14	760249.749	1238408.418	AL-39	764777.164	1241463.689
AL-15	760250.409	1238409.898	AL-40	764884.116	1241672.648
AL-16	760593.457	1238598.149	AL-41	764919.156	1241767.678
AL-17	761273.788	1238527.276	AL-42	765095.977	1241936.633
AL-18	761545.665	1238536.814	AL-43	765264.518	1242145.787
AL-19	761575.482	1238566.272	AL-44	765296.442	1242222.784
AL-20	761744.805	1238862.487	AL-45	765505.742	1242550.160
AL-21	761877.502	1238975.221	AL-46	765575.378	1242626.626
AL-22	762222.442	1239133.987	AL-47	765722.653	1242666.523
AL-23	762396.561	1239149.743	AL-49	766001.045	1242853.425
AL-24	762565.231	1239119.399	AL-48	765845.387	1242730.691
AL-25	762723.629	1239048.615			

Fuente: Elaboración propia

Anexo B. 2. Propiedades de áreas de las cuencas extraídas de ArcGIS.

ID	GRIDCODE	HydroID	Area (m2)	Perímetro (m)	Altura Min (m)	Altrua Max (m)	Altura promedio (m)	%p MIN	%Pmax	% p Prpmedio	Longituedes de drenaje (m)
ED 1	1	1	1083992	5268.4966	64	168	81.362	0	69.642	9.326	2019.063
ED 2	2	2	6134176.5	13631.4974	60	351	101.727	0	64.885	10.279	11576.293
ED 3	3	3	27393.36	705.7599	67	74	71.338	0	12.649	5.98	226.383
ED 4	4	4	23025.953	620.006	69	74	70.525	0	9.055	4.108	165.909
ED 5	5	5	32364.668	789.7092	73	79	76.089	0	12.166	4.43	150.187
ED 6	6	6	110810.68	1596.801	75	84	78.676	0	12.166	4.47	437.507
ED 7	7	7	30377.659	900.0685	76	100	86.235	1.414	18.439	9.09	270.391
ED 8	8	8	131061.17	1716.0188	83	137	106.577	0	29.833	12.507	566.793
ED 9	9	9	7886.1232	462.5987	89	105	97.771	3.162	13.416	9.827	96.63
ED 10	10	10	22116.747	649.464	93	127	110.541	5.099	29.155	17.084	208.75
ED 11	11	11	14931.192	653.0329	92	129	111.368	4.472	30.887	16.269	198.811
ED 12	12	12	108281.85	1380.8951	87	145	108.966	0	36.497	16.225	409.193
ED 13	13	13	23516.948	661.3444	82	100	89.664	0	18.439	8.497	161.246
ED 14	14	14	417684.17	2942.4738	82	146	105.434	0	52.345	11.441	1506.067
ED 15	15	15	5146.4239	314.3502	94	101	97.2	3.162	11.314	6.941	129.133
ED 16	16	16	79631.508	1153.8985	109	130	117.056	0	29.833	8.09	235.692
ED 17	17	17	76142.212	1453.1688	121	247	174.323	1.414	60.926	22.854	400.229
ED 18	18	18	21340.254	667.3449	120	160	128.184	1.414	41.761	12.958	131.971
ED 19	19	19	2549392.7	6477.3018	113	351	184.485	0	89.006	23.319	3272.678
ED 20	20	20	75902.711	1117.8336	116	209	159.459	1.414	70.456	35.904	485.53
ED 21	21	21	74368.796	1570.9407	125	222	160.261	0	38.601	17.229	635.295
ED 22	22	22	48782.201	1347.7573	135	277	208.407	5.831	53.907	27.731	465.803
ED 23	23	23	21588.024	1041.3541	133	231	178.479	8	36.056	23.038	336.343
ED 24	24	24	206262.73	1945.7776	139	271	203.722	0	53.009	23.701	1319.955
ED 25	25	25	46164.723	830.1749	177	268	219.875	3.162	61.66	37.939	251.163
ED 26	26	26	33333.393	844.2617	178	272	227.824	5.099	72.801	35.717	222.435
ED 27	27	27	26412.354	870.6543	177	254	206.144	0	35.468	20.313	303.346
ED 28	28	28	201176.28	2033.8035	135	326	231.04	3.162	66.708	25.431	857.357
ED 29	29	29	50314.009	1458.4363	134	325	245.545	2.828	49.497	26.048	379.748
ED 30	30	30	23537.607	728.5727	116	221	166.291	8.602	56.851	39.458	220.673
ED 31	31	31	126773.57	1679.3012	153	324	241.813	3.162	61.27	27.856	609.67
ED 32	32	32	87395.407	1296.4752	122	253	178.265	2.828	55.444	28.623	386.646
ED 33	33	33	528534.98	3765.7774	155	318	251.873	0	60.166	21.29	2010.032
ED 34	34	34	213099.83	2199.0176	146	295	235.585	0	64.031	26.015	701.26
ED 35	35	35	147020.57	1786.4563	129	283	177.638	0	53.235	24.545	622.888
ED 36	36	36	11175.126	436.8386	126	133	129.424	0	11.402	5.291	106.538
ED 37	37	37	1568518.9	6041.7548	124	403	249.647	0	83.235	27.065	2792.583
ED 38	38	38	16450.727	614.4723	126	147	135.876	2.828	18.439	10.698	159.85
ED 39	39	39	396176.03	3300.9152	117	354	184.231	0	92.358	22.714	1202.594
ED 40	40	40	6915.1928	403.1786	117	136	125.73	4	21.954	14.103	141.862
ED 41	41	41	1109541.5	4819.6978	108	402	221.967	0	96.54	26.601	2072.6
ED 42	42	42	25123.97	915.1905	110	173	131.317	1.414	28.636	18.054	232.822
ED 43	43	43	75892.85	1385.7391	102	234	145.95	3.162	55.57	20.792	421.922
ED 44	44	44	188268.44	2247.6301	99	284	166.436	0	81.154	25.432	144.852
ED 45	45	45	44733.33	968.6937	98	162	115.914	0	32.249	17.009	605.543

Fuente: Elaboración propia

Anexo B. 3. Propiedades de las longitudes de los cauces principales de las cuencas extraídas de ArcGIS.

ID	Longitud Cause (m)	Altura Min (m)	Altura Max (m)	Altura promedio (m)	%P min	%P max	%P promedio
ED 1	2114.662	64	122	78.54	0	27.166	7.694
ED 2	5271.526	61	328	102.736	0	64.885	9.666
ED 3	301.93	68	73	70.833	0	11.045	4.062
ED 4	228.033	69	74	69.905	0	8	3.629
ED 5	260.355	73	79	75.217	0	8	2.883
ED 6	587.132	76	84	78.745	0	11.314	5.275
ED 7	425.888	77	100	85.395	2	17.263	8.433
ED 8	713.885	83	137	101.26	0	25.612	9.869
ED 9	203.921	88	105	96.25	0	12.806	8.379
ED 10	311.783	87	127	108.567	2	23.195	12.825
ED 11	299.632	89	128	108.111	2	25.06	13.698
ED 12	464.277	87	145	106.909	2	34.234	12.631
ED 13	334.099	82	99	88.552	0	10	5.825
ED 14	1198.376	82	126	97.293	0	24.207	4.681
ED 15	147.855	93	101	96.214	3.162	10.77	6.216
ED 16	266.6	108	117	113.75	1.414	11.402	5.36
ED 17	709.619	120	244	173.625	4	43.29	19.183
ED 18	268.566	120	159	131.28	2	41.761	16.073
ED 19	2707.78	113	303	155.811	0	45.453	9.378
ED 20	489.277	116	205	148.217	0	44.944	20.241
ED 21	799.264	125	222	158.684	0	34.059	13.827
ED 22	627.297	134	274	190.746	5.099	47.539	23.732
ED 23	507.843	129	231	170.294	4.472	37.336	20.692
ED 24	839.797	139	264	185.214	3.162	40.05	16.252
ED 25	373.744	177	268	209.08	3.162	47.265	22.241
ED 26	320.711	172	254	209.909	7.616	43.012	22.312
ED 27	448.376	175	255	206.947	3.162	36.797	18.837
ED 28	994.975	131	321	218.041	4	35.777	19.456
ED 29	723.896	132	327	229.526	7.211	51.614	28.154
ED 30	342.31	112	221	158.314	6.325	56.851	32.942
ED 31	801.409	137	324	228.038	5.657	43.681	23.997
ED 32	588.909	120	254	176.678	6.325	54.129	24.366
ED 33	1682.995	155	316	241.373	0	38.626	12.788
ED 34	969.607	146	292	218.49	0	39.598	17.198
ED 35	759.987	128	284	184.129	1.414	49.477	21.517
ED 36	198.744	126	133	129.1	0	8.246	3.857
ED 37	2612.437	124	402	215.552	0	45.695	12.345
ED 38	279.81	124	148	133.917	1.414	13.342	8.497
ED 39	1526.561	117	355	179.152	0	58.189	17.242
ED 40	203.921	114	136	125.286	1.414	21.954	10.953
ED 41	2289.582	108	403	203.257	0	45.607	15.377
ED 42	466.421	109	175	132.829	1.414	28.071	15.69
ED 43	701.409	101	234	149.338	3.162	53.852	20.031
ED 44	420.97	99	165	123.279	0	32.249	18.718
ED 45	1055.33	99	285	156.515	0	44.181	16.017

Fuente: Elaboración propia

Anexo B. 4. Datos extraídos de ArcGIS para la construcción del coeficiente de escorrentía (Ts y Us).

ID CUENCA	TS	US
ED 1	0.087	0.118
ED 2	0.081	0.114
ED 3	0.12	0.12
ED 4	0.12	0.12
ED 5	0.12	0.12
ED 6	0.115	0.12
ED 7	0.08	0.12
ED 8	0.08	0.12
ED 9	0.08	0.12
ED 10	0.08	0.12
ED 11	0.08	0.109
ED 12	0.08	0.12
ED 13	0.08	0.12
ED 14	0.08	0.123
ED 15	0.08	0.16
ED 16	0.08	0.12
ED 17	0.08	0.12
ED 18	0.08	0.12
ED 19	0.08	0.112
ED 20	0.08	0.081
ED 21	0.08	0.097
ED 22	0.08	0.082
ED 23	0.08	0.116
ED 24	0.08	0.108
ED 25	0.08	0.12
ED 26	0.08	0.12
ED 27	0.08	0.12
ED 28	0.08	0.105
ED 29	0.08	0.116
ED 30	0.08	0.12
ED 31	0.08	0.12
ED 32	0.08	0.12
ED 33	0.08	0.12
ED 34	0.08	0.12
ED 35	0.08	0.115
ED 36	0.08	0.08
ED 37	0.08	0.113
ED 38	0.08	0.095
ED 39	0.08	0.119
ED 40	0.08	0.12
ED 41	0.08	0.118
ED 42	0.08	0.12
ED 43	0.08	0.12
ED 44	0.08	0.12
ED 45	0.08	0.12

Fuente: Elaboración propia

Anexo B. 5. Tabla de resultados de la cuenca ED-2 para Tr=25años, de HEC-HMS.

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)
R2	1.8599	14.3
R3	1.8599	14.4
R4	2.6933	18.8
R5	0.9543	8.2
R6	3.1811	21.4
R7	1.7913	13.1
W790	0.7809	8.3
W700	0.5609	5.4
W650	0.5181	5.5
J1	0.5181	5.5
R1	0.5181	4.4
J2	1.8599	16.7
W810	0.8334	9.4
W1140	0.8412	8.9
W1050	0.8370	8.9
W920	0.9543	9.9
J3	0.9543	9.9
J4	1.8599	14.3
J5	2.6933	21.4
J6	3.1811	22.0
J7	6.2220	41.0
J3-1	1.7913	15.4
W1120	0.4084	4.4
W1020	0.4878	4.6
R8	6.2220	41.2
S1	6.2220	41.2

Fuente: Elaboración propia

Anexo B. 6. Tabla de resultados de la cuenca ED-2 para Tr=50 años, de HEC-HMS.

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)
R2	1.8599	19.5
R3	1.8599	19.7
R4	2.6933	25.2
R5	0.9543	10.9
R6	3.1811	28.6
R7	1.7913	17.7
W790	0.7809	11.3
W700	0.5609	7.5
W650	0.5181	7.5
J1	0.5181	7.5
R1	0.5181	6.1
J2	1.8599	23.0
W810	0.8334	12.2
W1140	0.8412	11.6
W1050	0.8370	12.0
W920	0.9543	13.4
J3	0.9543	13.4
J4	1.8599	19.5
J5	2.6933	28.6
J6	3.1811	29.3
J7	6.2220	54.3
J3-1	1.7913	20.6
W1120	0.4084	5.9
W1020	0.4878	6.1
R8	6.2220	54.6
S1	6.2220	54.6

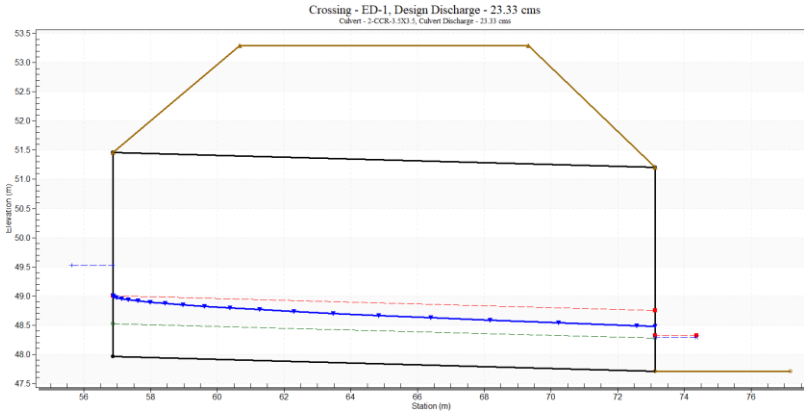
Fuente: Elaboración propia

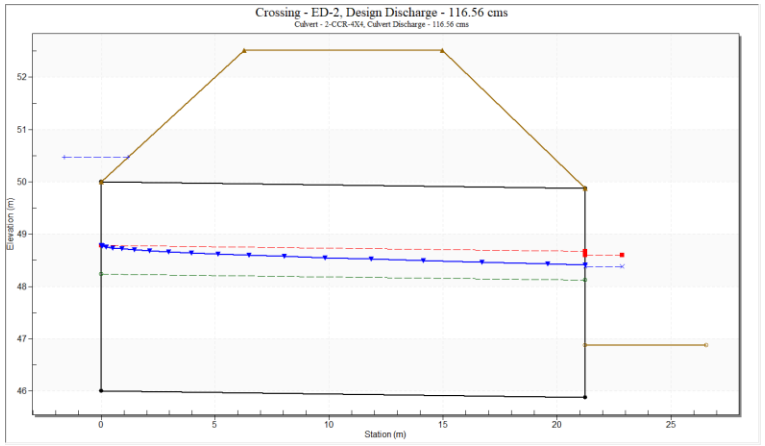
Anexo B. 7. Tabla de resultados de la cuenca ED-2 para Tr=100 años, de HEC-HMS.

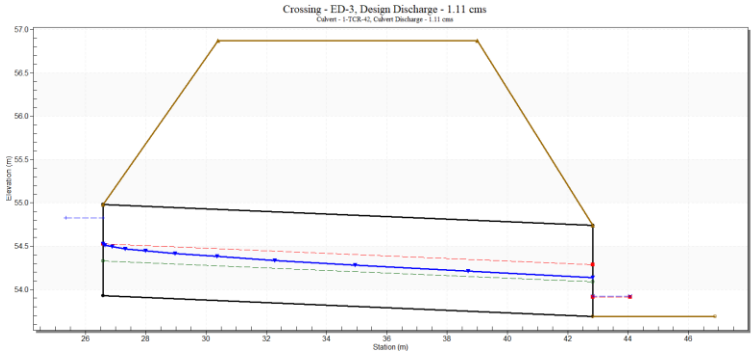
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)
R2	1.8599	25.6
R3	1.8599	25.7
R4	2.6933	32.4
R5	0.9543	14.1
R6	3.1811	36.6
R7	1.7913	22.9
W790	0.7809	14.9
W700	0.5609	9.8
W650	0.5181	9.9
J1	0.5181	9.9
R1	0.5181	8.0
J2	1.8599	30.3
W810	0.8334	15.5
W1140	0.8412	14.9
W1050	0.8370	15.7
W920	0.9543	17.4
J3	0.9543	17.4
J4	1.8599	25.6
J5	2.6933	36.8
J6	3.1811	37.4
J7	6.2220	68.9
J3-1	1.7913	26.7
W1120	0.4084	7.6
W1020	0.4878	7.8
R8	6.2220	69.2
S1	6.2220	69.2

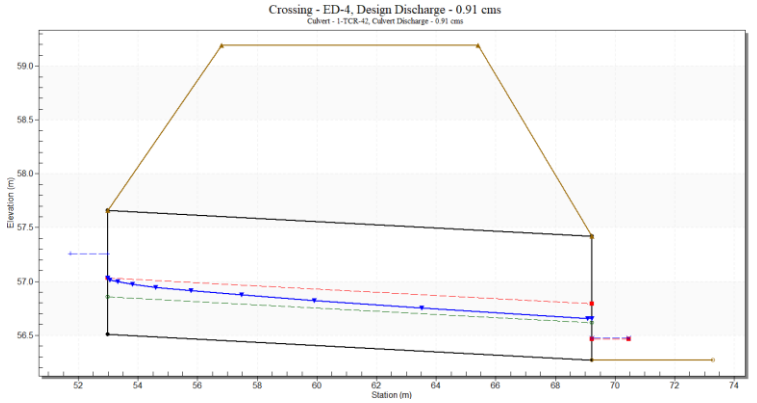
Fuente: Elaboración propia

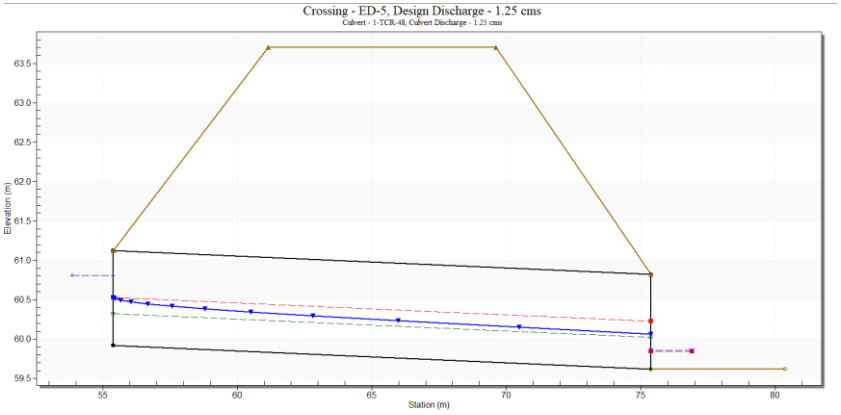
Anexo B. 8. Resultados en HY8

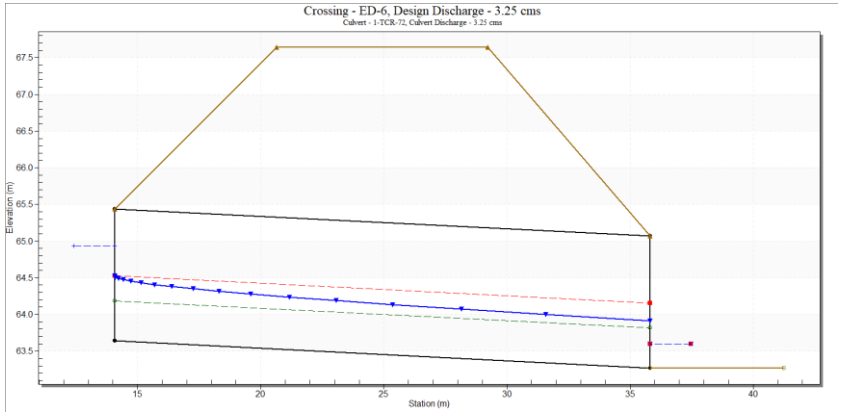


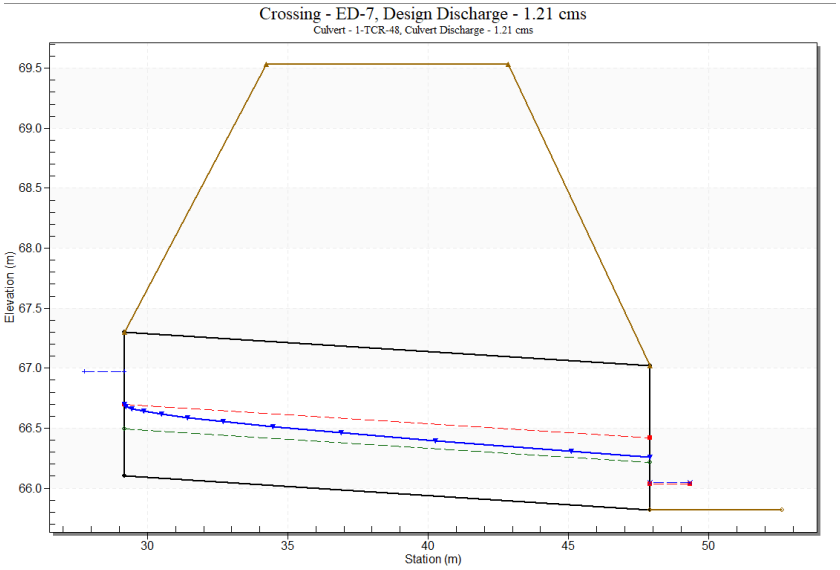


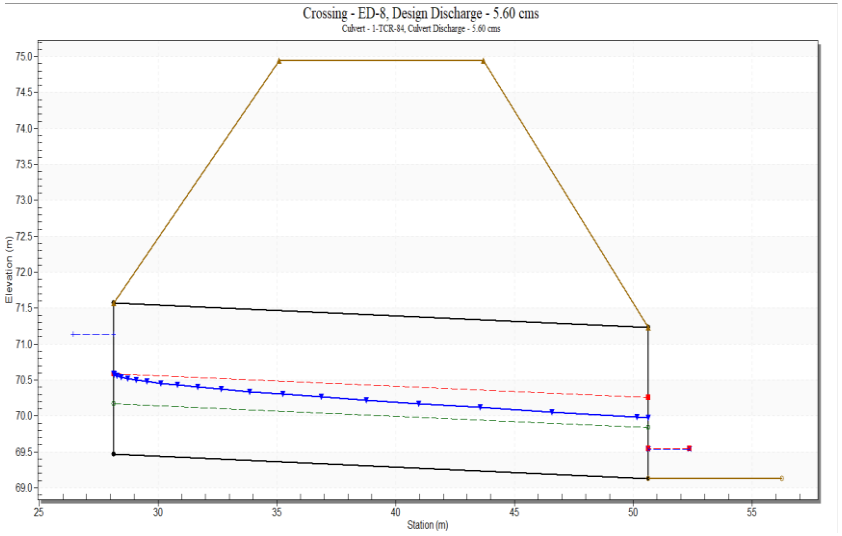


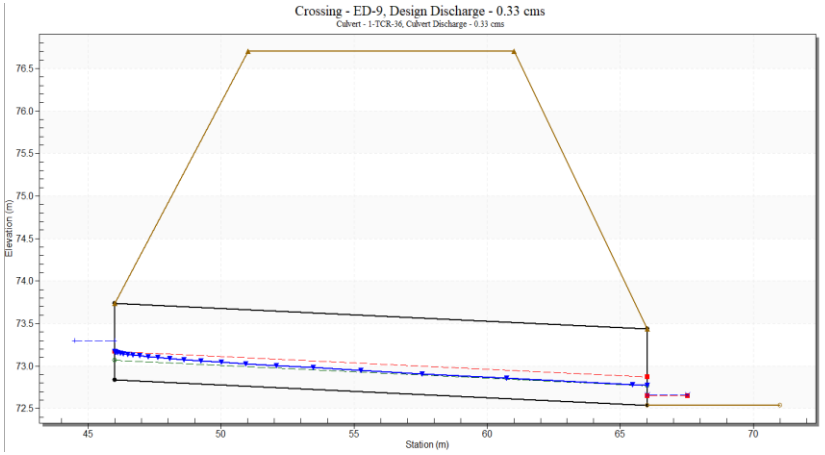


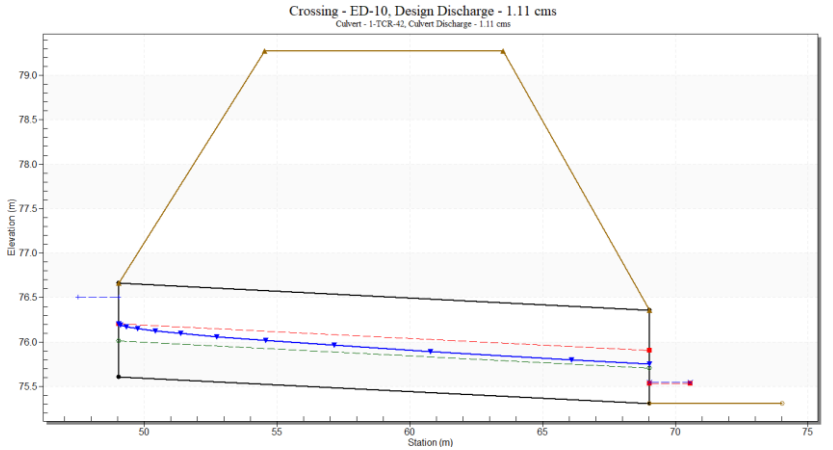

Crossing - ED-5, Design Discharge - 1.25 cms
Culvert - 1-TCR-48, Culvert Discharge - 1.25 cms
Elevation (m)
Station (m)

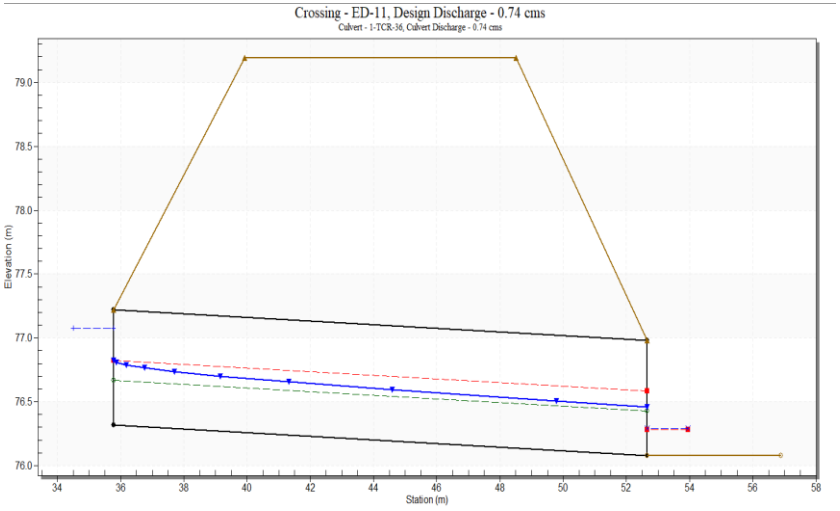

Crossing - ED-6, Design Discharge - 3.25 cms
Culvert - 1-TCR-72, Culvert Discharge - 3.25 cms
Elevation (m)
Station (m)

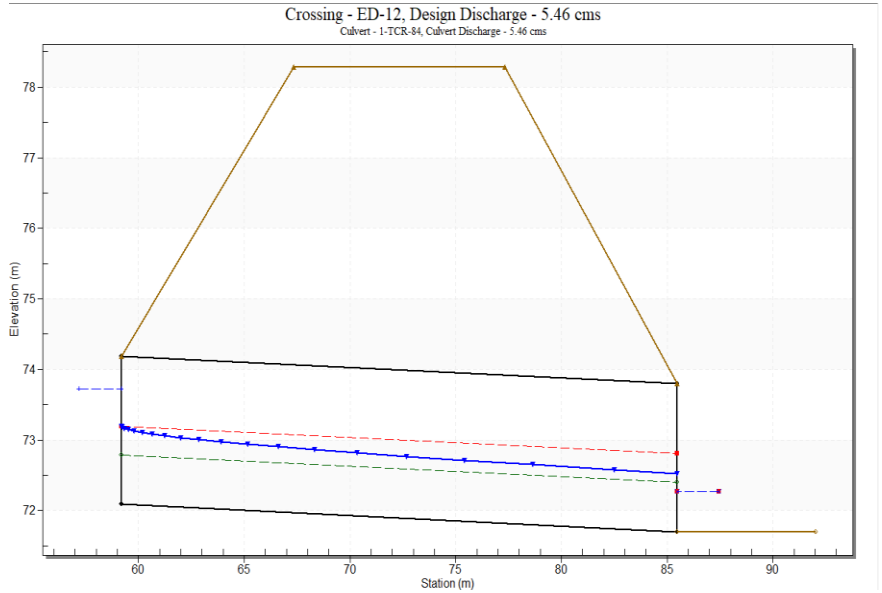

Crossing - ED-7, Design Discharge - 1.21 cms
Culvert - 1-TCR-48, Culvert Discharge - 1.21 cms
Elevation (m)
Station (m)


Crossing - ED-8, Design Discharge - 5.60 cms
Culvert - 1-TCR-84, Culvert Discharge - 5.60 cms
Elevation (m)
Station (m)


Crossing - ED-9, Design Discharge - 0.33 cms
Culvert - 1-TCR-36, Culvert Discharge - 0.33 cms
Elevation (m)
Station (m)

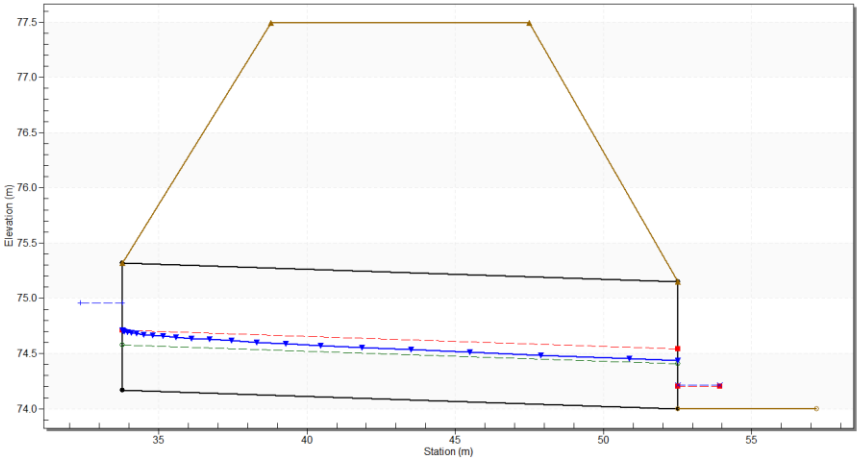

Crossing - ED-10, Design Discharge - 1.11 cms
Culvert - 1-TCR-42, Culvert Discharge - 1.11 cms
Elevation (m)
Station (m)


Crossing - ED-11, Design Discharge - 0.74 cms
Culvert - 1-TCR-36, Culvert Discharge - 0.74 cms
Elevation (m)
Station (m)


Crossing - ED-12, Design Discharge - 5.46 cms
Culvert - 1-TCR-84, Culvert Discharge - 5.46 cms
Elevation (m)
Station (m)

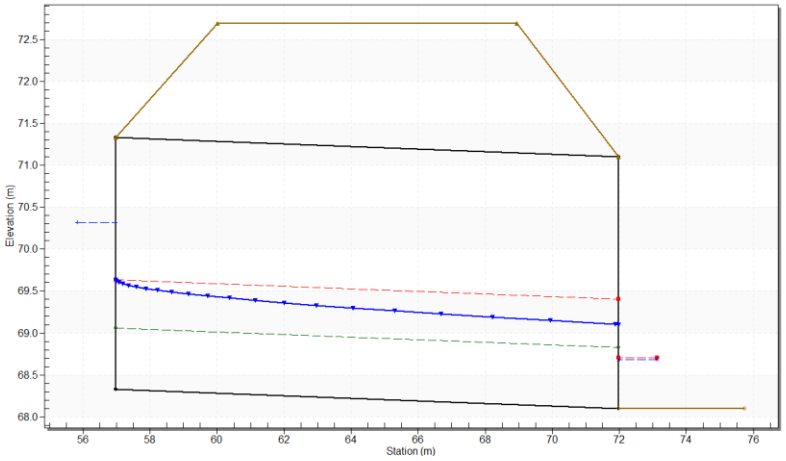
Crossing - ED-13, Design Discharge - 0.97 cms

Culvert - 1-TCR-42, Culvert Discharge - 0.97 cms



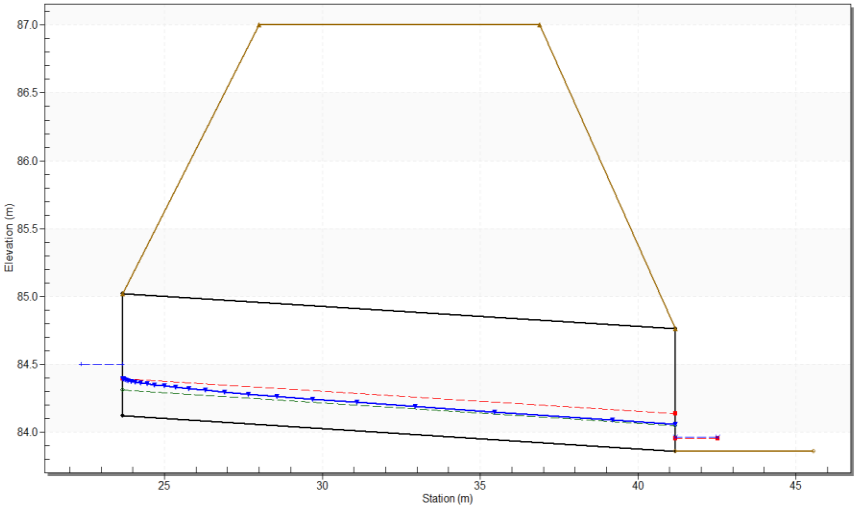
Crossing - ED-14, Design Discharge - 14.02 cms

Culvert - 1-CCR-3X3, Culvert Discharge - 14.02 cms



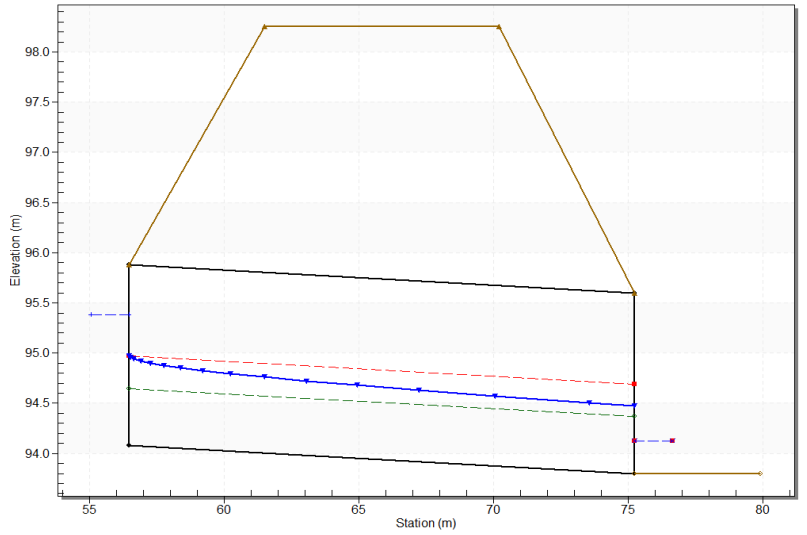
Crossing - ED-15 , Design Discharge - 0.23 cms

Culvert - 1-TCR-36, Culvert Discharge - 0.23 cms

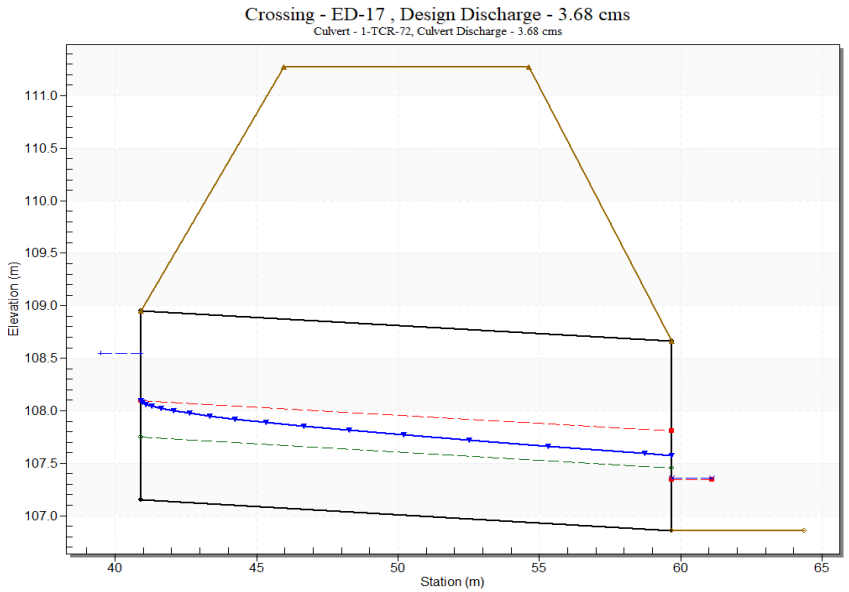


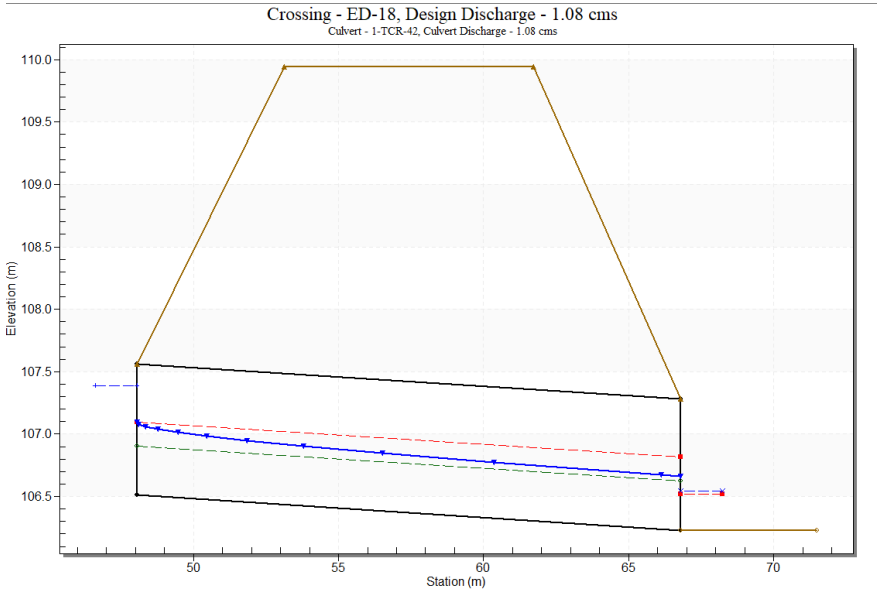
Crossing - ED-16, Design Discharge - 3.30 cms

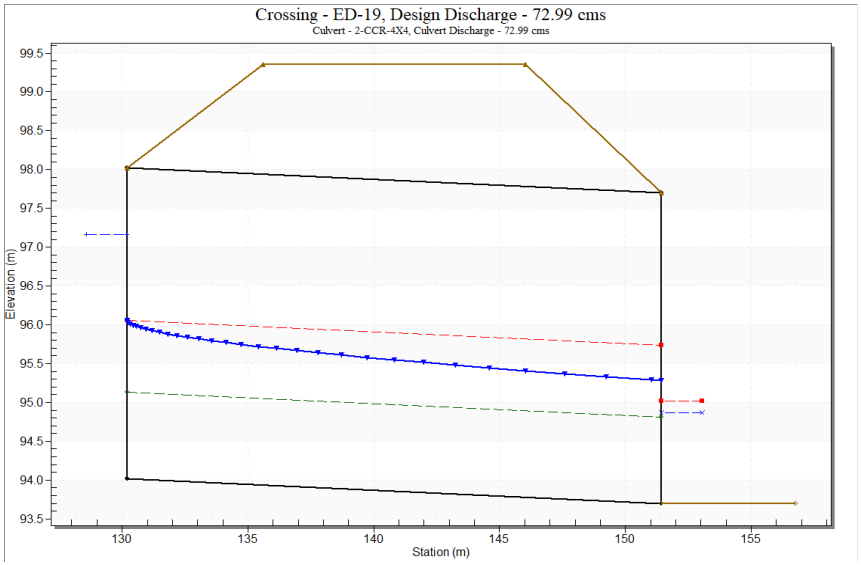
Culvert - 1-TCR-72, Culvert Discharge - 3.30 cms

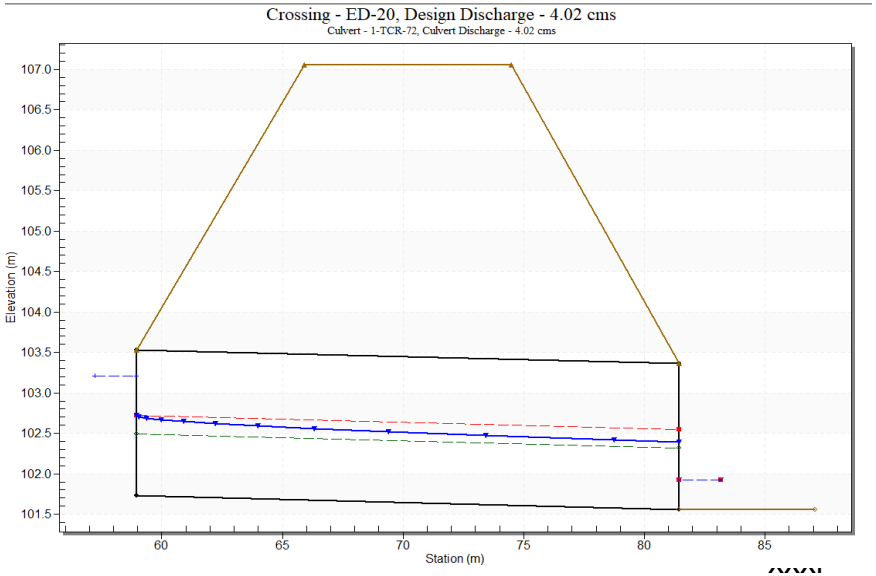


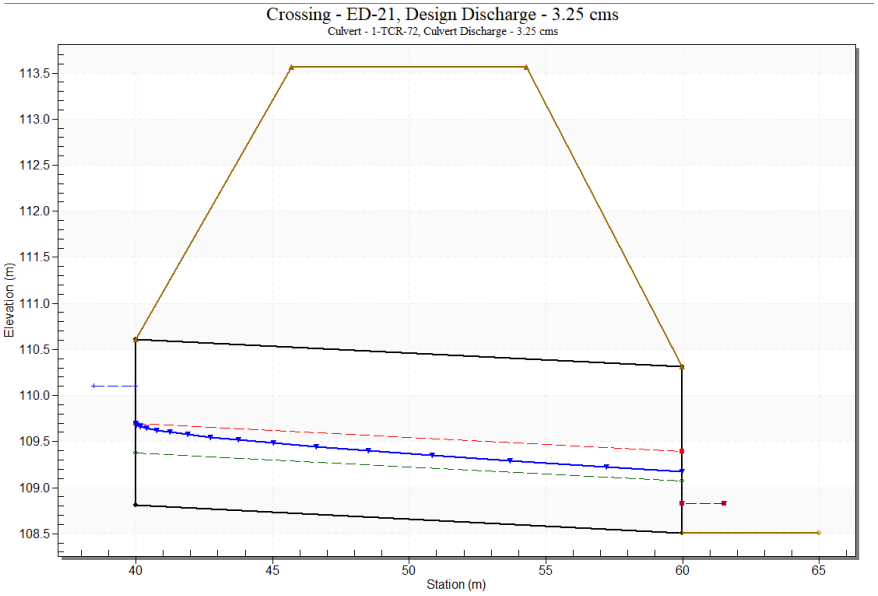
XXX

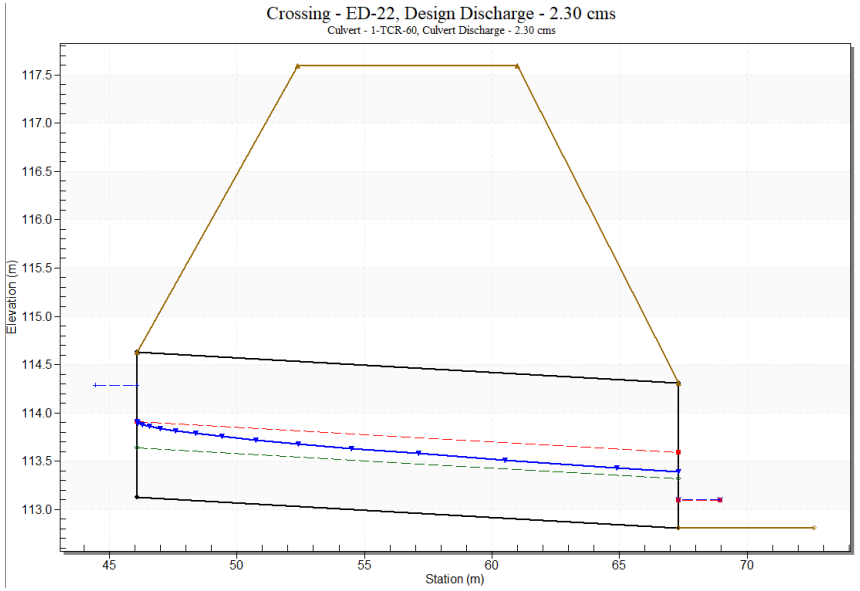

Crossing - ED-17 , Design Discharge - 3.68 cms
Culvert - 1-TCR-72, Culvert Discharge - 3.68 cms
Elevation (m)
Station (m)

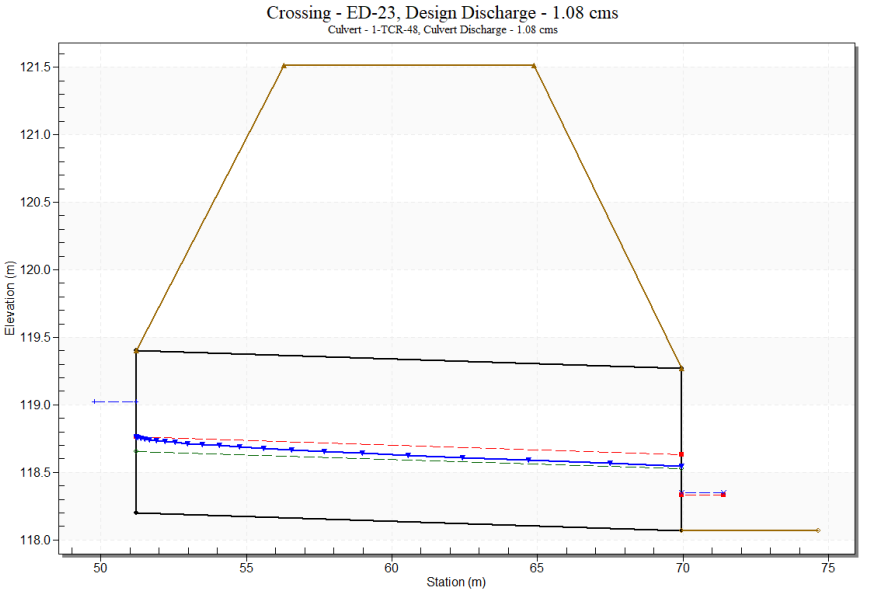

Crossing - ED-18, Design Discharge - 1.08 cms
Culvert - 1-TCR-42, Culvert Discharge - 1.08 cms
Elevation (m)
Station (m)

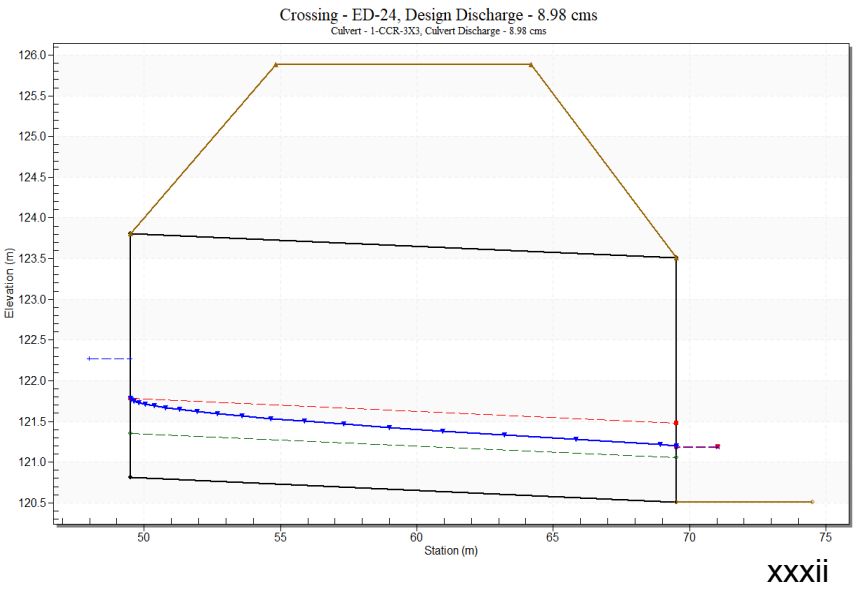

Crossing - ED-19, Design Discharge - 72.99 cms
Culvert - 2-CCR-4X4, Culvert Discharge - 72.99 cms
Elevation (m)
Station (m)

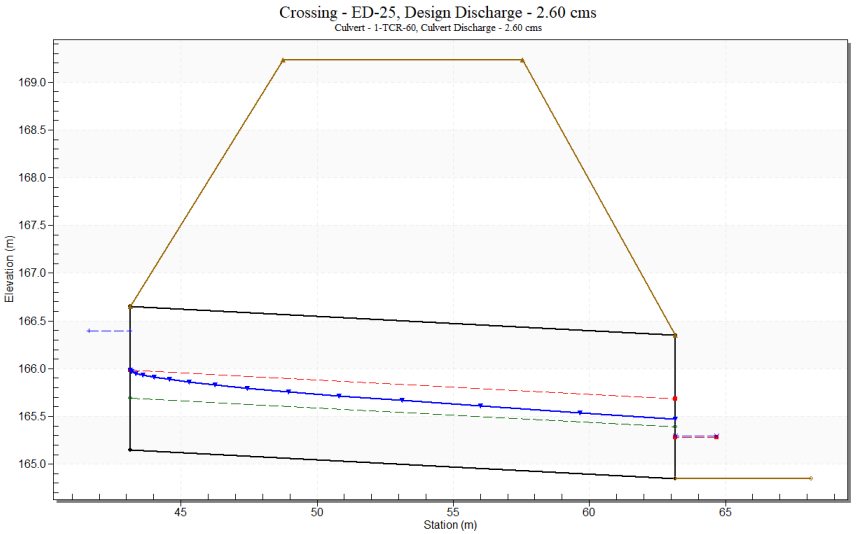

Crossing - ED-20, Design Discharge - 4.02 cms
Culvert - 1-TCR-72, Culvert Discharge - 4.02 cms
Elevation (m)
Station (m)

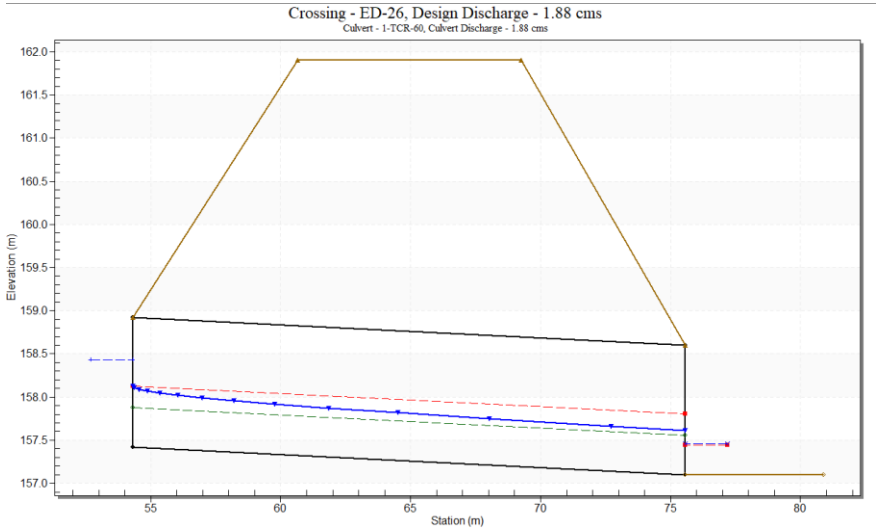

Crossing - ED-21, Design Discharge - 3.25 cms
Culvert - 1-TCR-72, Culvert Discharge - 3.25 cms
Elevation (m)
Station (m)

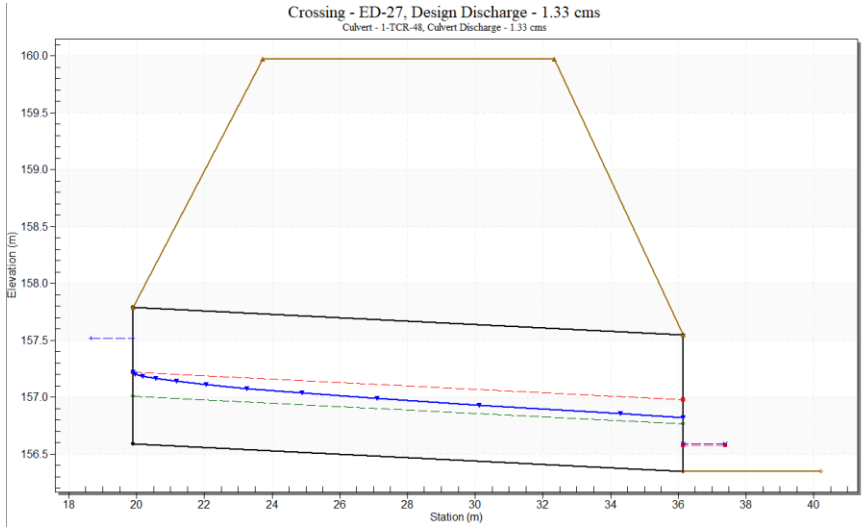

Crossing - ED-22, Design Discharge - 2.30 cms
Culvert - 1-TCR-60, Culvert Discharge - 2.30 cms
Elevation (m)
Station (m)

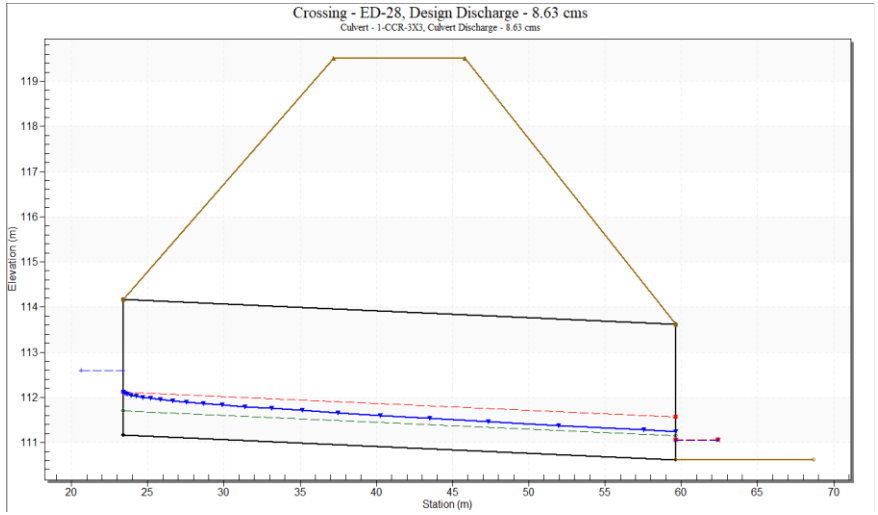

Crossing - ED-23, Design Discharge - 1.08 cms
Culvert - 1-TCR-48, Culvert Discharge - 1.08 cms
Elevation (m)
Station (m)

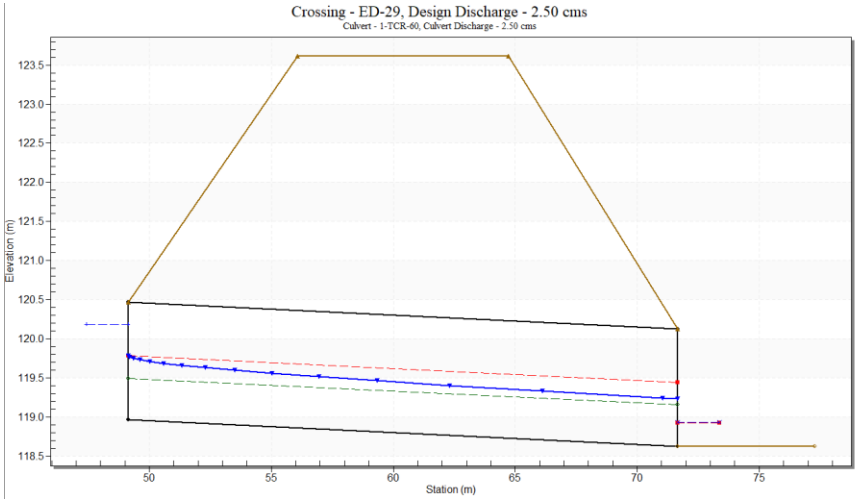

Crossing - ED-24, Design Discharge - 8.98 cms
Culvert - 1-CCR-3X3, Culvert Discharge - 8.98 cms
Elevation (m)
Station (m)

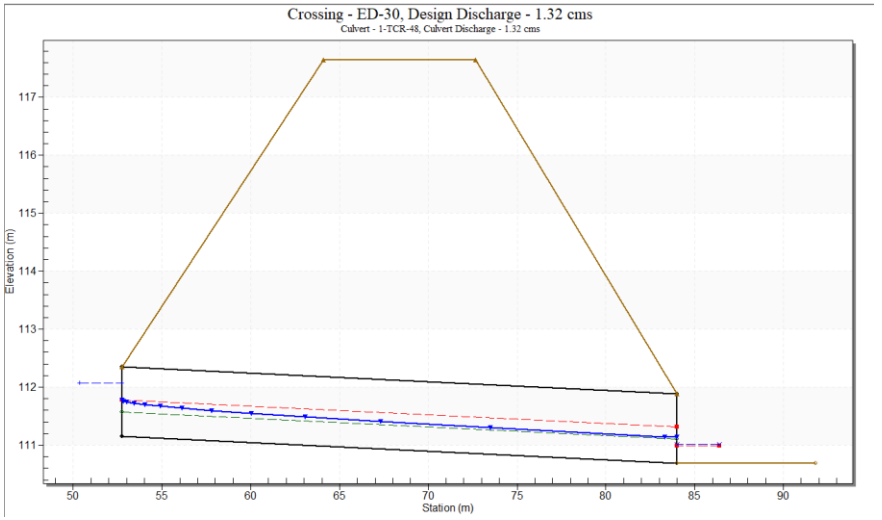

Crossing - ED-25, Design Discharge - 2.60 cms
Culvert - 1-TCR-60, Culvert Discharge - 2.60 cms
Elevation (m)
Station (m)

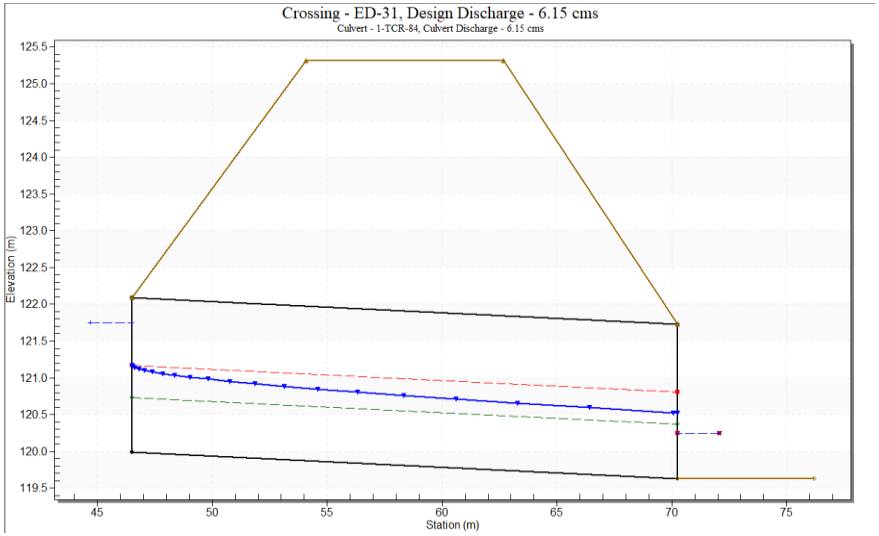

Crossing - ED-26, Design Discharge - 1.88 cms
Culvert - 1-TCR-60, Culvert Discharge - 1.88 cms
Elevation (m)
Station (m)

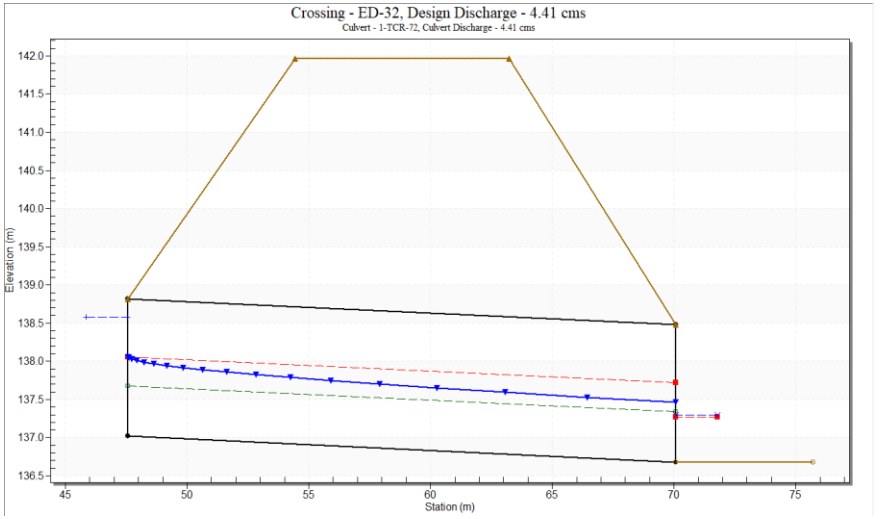

Crossing - ED-27, Design Discharge - 1.33 cms
Culvert - 1-TCR-48, Culvert Discharge - 1.33 cms
Elevation (m)
Station (m)

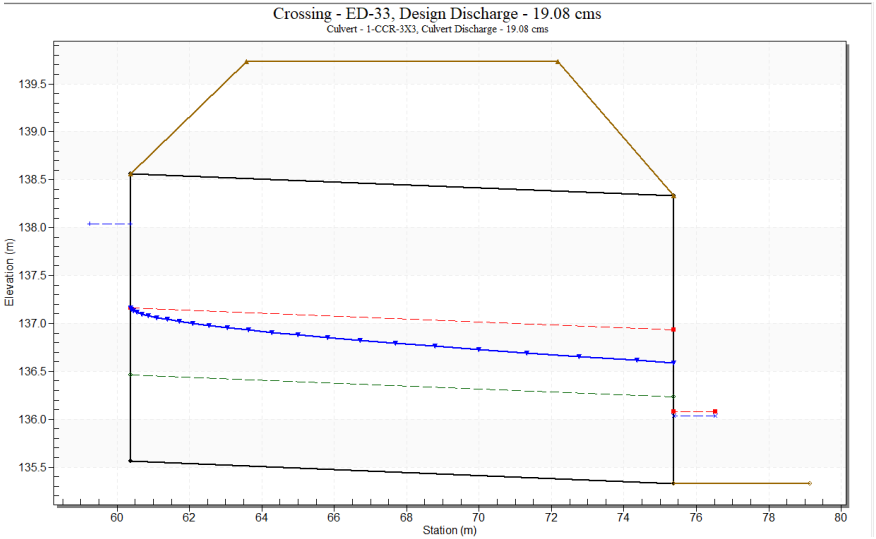

Crossing - ED-28, Design Discharge - 8.63 cms
Culvert - 1-CCR-3X3, Culvert Discharge - 8.63 cms
Elevation (m)
Station (m)

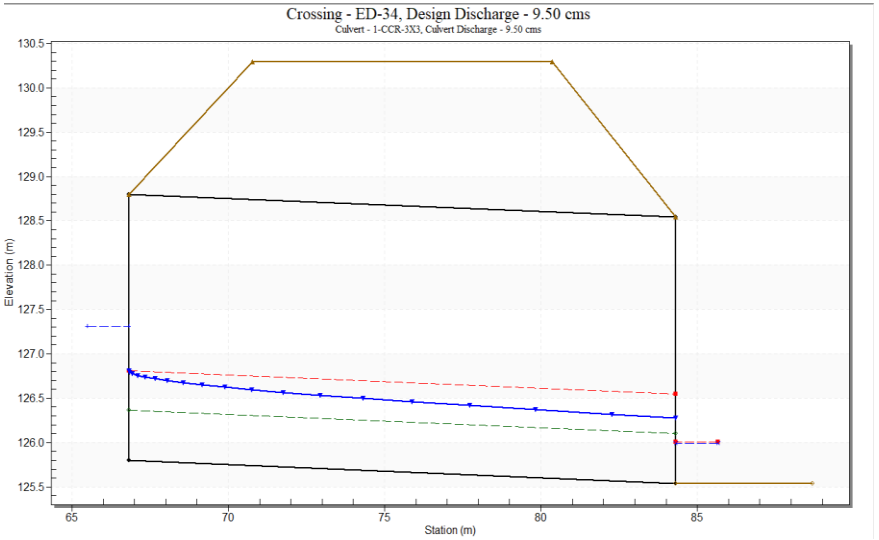

Crossing - ED-29, Design Discharge - 2.50 cms
Culvert - 1-TCR-60, Culvert Discharge - 2.50 cms
Elevation (m)
Station (m)

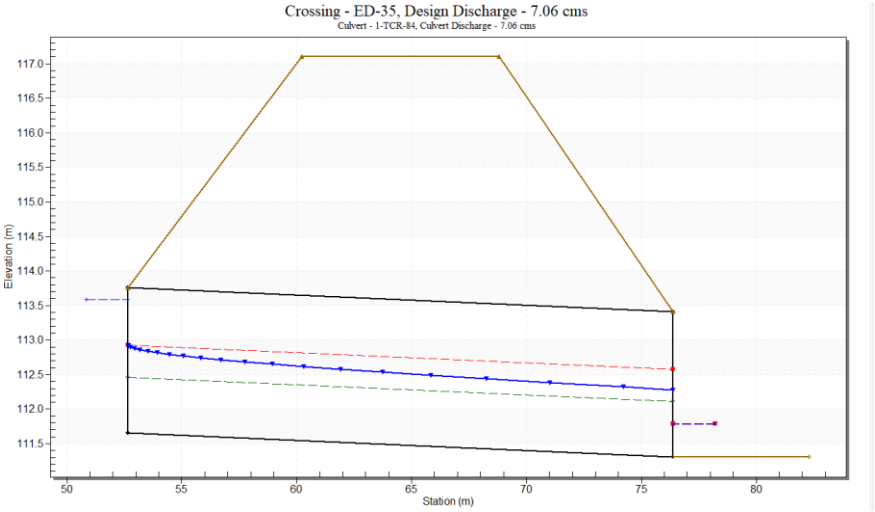

Crossing - ED-30, Design Discharge - 1.32 cms
Culvert - 1-TCR-48, Culvert Discharge - 1.32 cms
Elevation (m)
Station (m)

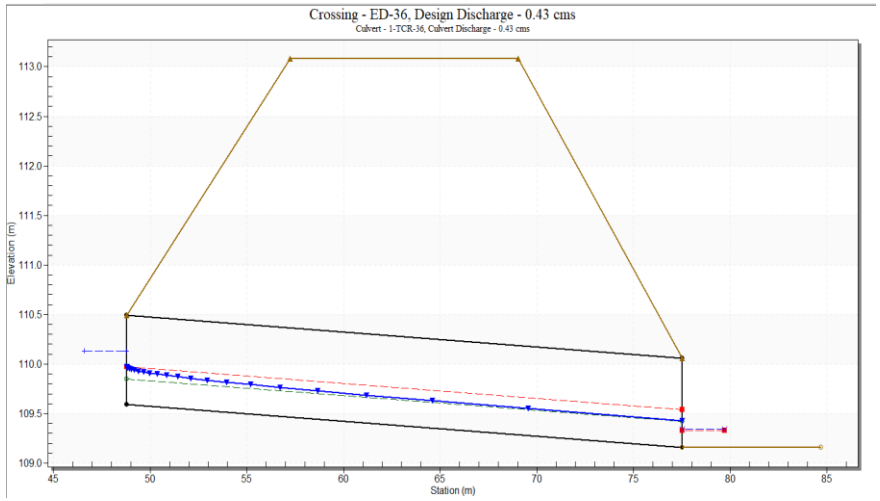

Crossing - ED-31, Design Discharge - 6.15 cms
Culvert - 1-TCR-84, Culvert Discharge - 6.15 cms
Elevation (m)
Station (m)

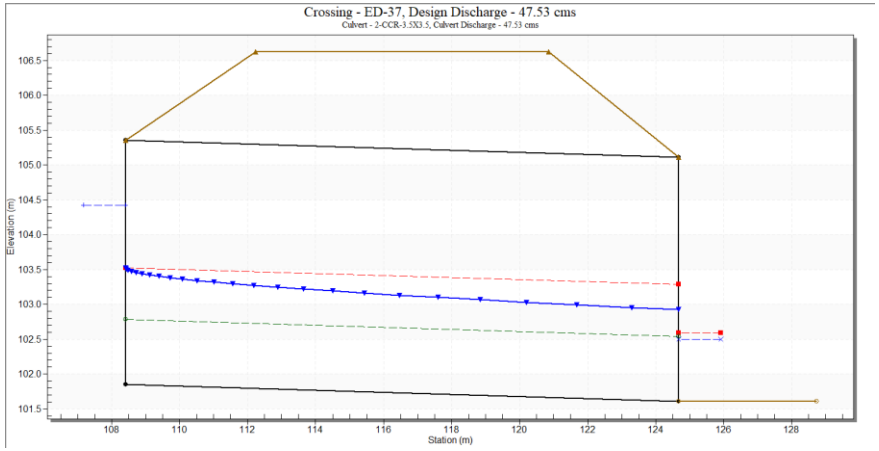

Crossing - ED-32, Design Discharge - 4.41 cms
Culvert - 1-TCR-72, Culvert Discharge - 4.41 cms
Elevation (m)
Station (m)

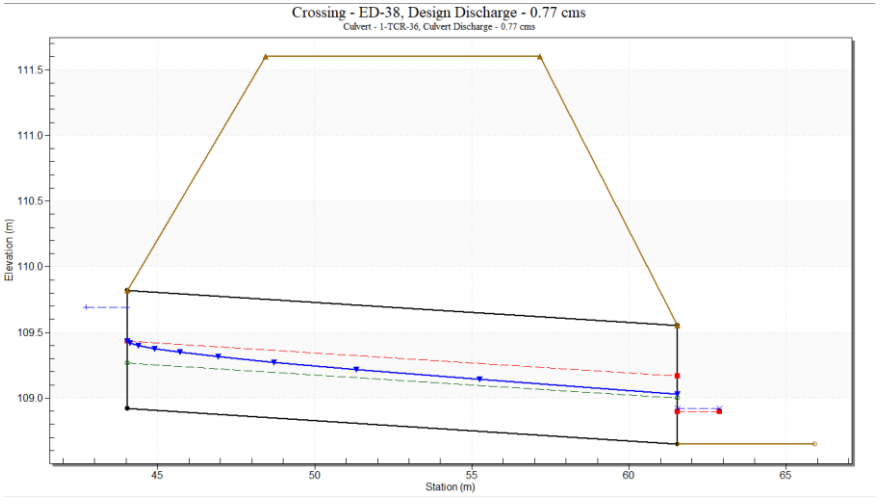

Crossing - ED-33, Design Discharge - 19.08 cms
Culvert - 1-CCR-3X3, Culvert Discharge - 19.08 cms
Elevation (m)
Station (m)

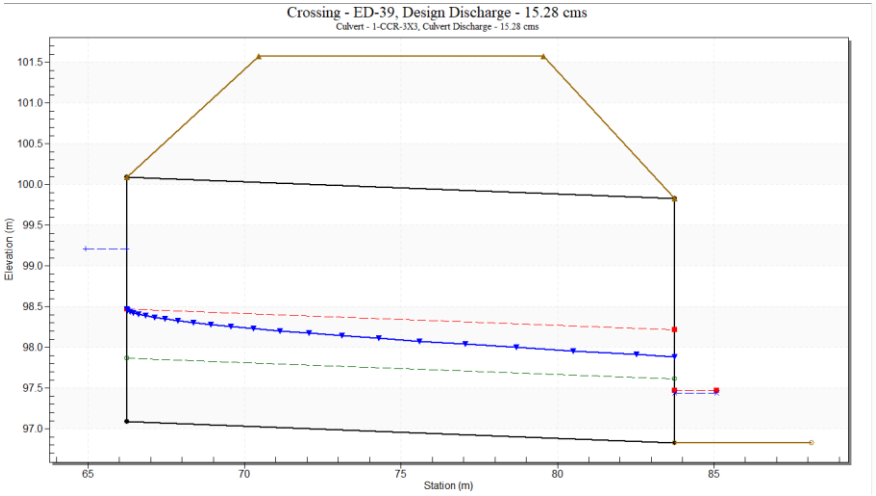

Crossing - ED-34, Design Discharge - 9.50 cms
Culvert - 1-CCR-3X3, Culvert Discharge - 9.50 cms
Elevation (m)
Station (m)

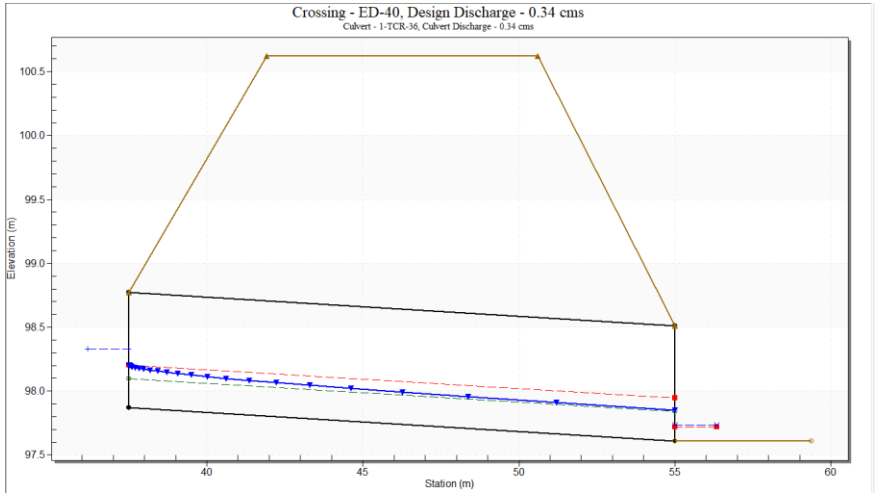

Crossing - ED-35, Design Discharge - 7.06 cms
Culvert - 1-TCR-84, Culvert Discharge - 7.06 cms
Elevation (m)
Station (m)

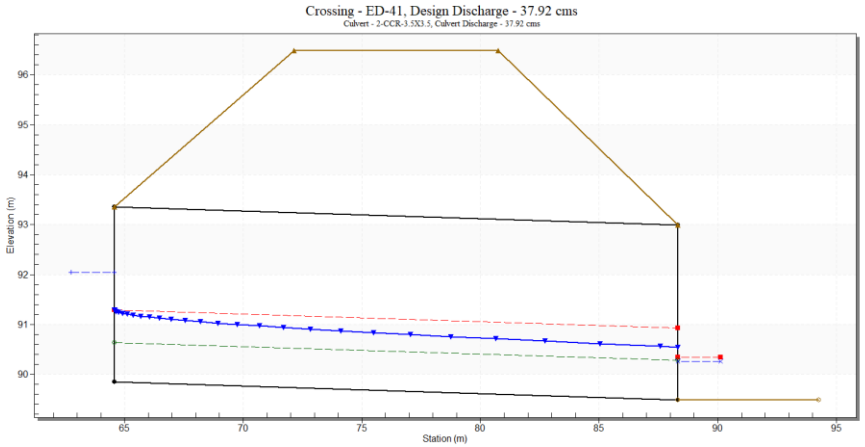

Crossing - ED-36, Design Discharge - 0.43 cms
Culvert - 1-TCR-36, Culvert Discharge - 0.43 cms
Elevation (m)
Station (m)

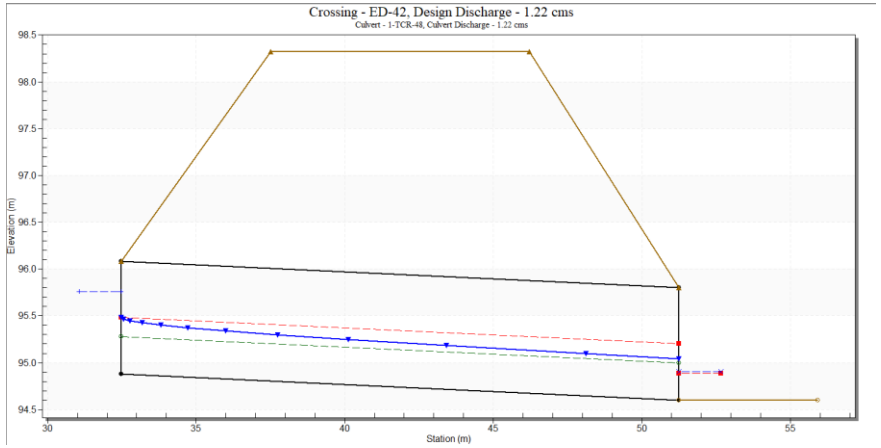

Crossing - ED-37, Design Discharge - 47.53 cms
Culvert - 2-CCR-3.5X3.5, Culvert Discharge - 47.53 cms
Elevation (m)
Station (m)

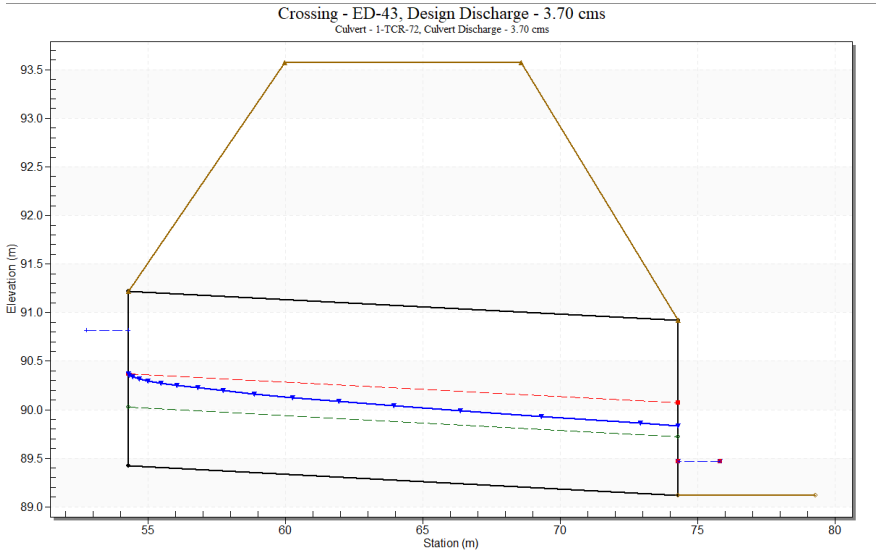

Crossing - ED-38, Design Discharge - 0.77 cms
Culvert - 1-TCR-36, Culvert Discharge - 0.77 cms
Elevation (m)
Station (m)

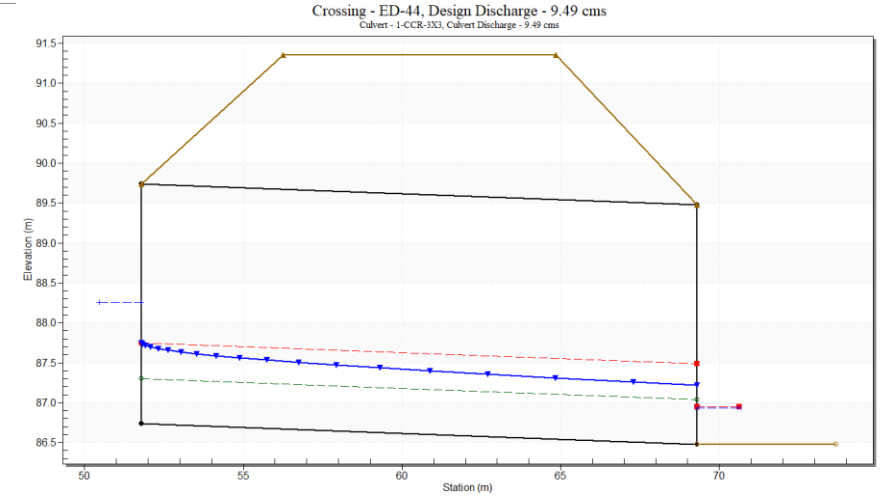

Crossing - ED-39, Design Discharge - 15.28 cms
Culvert - 1-CCR-3X3, Culvert Discharge - 15.28 cms
Elevation (m)
Station (m)


Crossing - ED-40, Design Discharge - 0.34 cms
Culvert - 1-TCR-36, Culvert Discharge - 0.34 cms
Elevation (m)
Station (m)


Crossing - ED-41, Design Discharge - 37.92 cms
Culvert - 2-CCR-3.5X3.5, Culvert Discharge - 37.92 cms
Elevation (m)
Station (m)


Crossing - ED-42, Design Discharge - 1.22 cms
Culvert - 1-TCR-48, Culvert Discharge - 1.22 cms
Elevation (m)
Station (m)


Crossing - ED-43, Design Discharge - 3.70 cms
Culvert - 1-TCR-72, Culvert Discharge - 3.70 cms
Elevation (m)
Station (m)


Crossing - ED-44, Design Discharge - 9.49 cms
Culvert - 1-CCR-3X3, Culvert Discharge - 9.49 cms
Elevation (m)
Station (m)

Anexo B. 9. Aforo vehicular del día martes 01 de agosto Fuente: Elaboración propia

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
INGENIERIA DE TRANSITO
PRACTICA DE CAMPO

ESTACION: 01

HOJA DE RESUMEN DE CONTEO VEHICULAR

Sentido : AMBOS FECHA 01 08 SECUENCIAL 01

Hora	VEHICULOS DE PASAJEROS							VEHICULOS DE CARGA										OTROS VEHICULOS PESADOS			Suma
	Vehiculos Livianos				Autobuses			Camiones				Camión Remolque Cx-Rx		Trailer Articulado Tx-Sx							
	Motos	Autos	Jeep / SUV	Pick-Up	Microbús <15 pax	Minibús 15-30 pax	Grande	Camión Ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	T2-S1	T2-S2	T3-S2	T3-S3	Agrícolas	Construc.	Otros	
6:00 - 7:00	73	3	3	8	-	-	2	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	98
7:00 - 8:00	110	7	1	15	-	-	2	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	139
8:00 - 9:00	75	5	-	11	-	-	3	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	99
9:00 - 10:00	53	3	2	4	-	-	2	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	71
10:00 - 11:00	63	5	1	3	1	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	76
11:00 - 12:00	86	4	-	10	2	-	3	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	110
12:00 - 1:00	102	1	1	7	1	-	6	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	126
1:00 - 2:00	84	5	3	14	-	-	1	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	114
2:00 - 3:00	79	1	-	9	1	-	2	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	100
3:00 - 4:00	112	2	4	7	-	-	4	2	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	138
4:00 - 5:00	99	4	7	10	-	-	3	6	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	137
5:00 - 6:00	135	4	2	9	-	-	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	159
SUMA TIPO VEHICULO	1071	44	24	107	5	0	30	17	48	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	19	1367

Fuente: Elaboración propia

Anexo B. 10. Aforo vehicular del día miércoles 02 de agosto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
INGENIERIA DE TRANSITO
PRACTICA DE CAMPO

ESTACION: 0 1

HOJA DE RESUMEN DE CONTEO VEHICULAR

Sentido : AMBOS FECHA 0 2 0 8 SECUENCIAL 0 2

Hora	VEHICULOS DE PASAJEROS							VEHICULOS DE CARGA										OTROS VEHICULOS PESADOS			Suma
	Vehiculos Livianos				Autobuses			Camiones				Camión Remolque Cx-Rx		Trailer Articulado Tx-Sx							
	Motos	Autos	Jeep / SUV	Pick-Up	Microbús <15 pax	Minibús 15-30 pax	Grande	Camión Ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	T2-S1	T2-S2	T3-S2	T3-S3	Agrícolas	Construc.	Otros	
6:00 - 7:00	85	4	3	3	-	-	1	1	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	105
7:00 - 8:00	119	2	1	9	-	-	3	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	136
8:00 - 9:00	100	2	1	7	-	-	2	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	119
9:00 - 10:00	94	3	1	9	1	-	2	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	114
10:00 - 11:00	95	3	-	10	1	-	-	1	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	117
11:00 - 12:00	114	1	7	6	1	-	2	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	137
12:00 - 1:00	97	6	3	5	-	-	3	3	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	123
1:00 - 2:00	99	3	5	11	-	-	1	1	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	128
2:00 - 3:00	114	9	-	6	-	-	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	133
3:00 - 4:00	87	6	-	6	-	-	4	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	108
4:00 - 5:00	102	5	2	6	-	-	4	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	125
5:00 - 6:00	134	4	3	14	-	-	-	5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	164
SUMA TIPO VEHICULO	1240	48	26	92	3	0	23	17	48	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	1509

Fuente: Elaboración propia

Anexo B. 11. Aforo vehicular del día jueves 03 de agosto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
INGENIERIA DE TRANSITO
PRACTICA DE CAMPO

ESTACION: 01

HOJA DE RESUMEN DE CONTEO VEHICULAR

Sentido : AMBOS FECHA 03/08 SECUENCIAL 03

Hora	VEHICULOS DE PASAJEROS							VEHICULOS DE CARGA										OTROS VEHICULOS PESADOS			Suma
	Vehiculos Livianos				Autobuses			Camiones				Camión Remolque Cx-Rx		Trailer Articulado Tx-Sx							
	Motos	Autos	Jeep / SUV	Pick-Up	Microbús <15 pax	Minibús 15-30 pax	Grande	Camión Ligero	C2 > 4 ton	C3	C4	≤ 4 ejes	≥ 5 ejes	T2-S1	T2-S2	T3-S2	T3-S3	Agrícolas	Construc.	Otros	
6:00 - 7:00	87	2	2	10	-	-	1	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	108
7:00 - 8:00	120	3	4	8	1	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	142
8:00 - 9:00	122	3	2	15	-	-	2	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	151
9:00 - 10:00	79	6	4	11	1	-	1	6	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	113
10:00 - 11:00	65	3	1	12	1	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	90
11:00 - 12:00	81	3	-	9	1	-	4	1	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	103
12:00 - 1:00	111	4	3	9	-	-	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	4	143
1:00 - 2:00	119	2	3	10	1	-	2	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	140
2:00 - 3:00	109	9	3	12	1	-	1	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	143
3:00 - 4:00	108	9	4	12	1	-	4	4	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	147
4:00 - 5:00	108	3	3	12	1	-	3	4	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	144
5:00 - 6:00	122	3	2	9	-	-	1	1	7	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	146
SUMA TIPO VEHICULO	1231	50	31	129	8	0	24	26	40	6	0	0	0	0	0	1	0	3	2	19	1570

Fuente: Elaboración propia

xl

Anexo B. 12. Cálculo de sobreancho (Sa) para curvas circulares

C#	Est. PI	VD	R Cal	e Cal	Sa
C1	0+066.40	40 km/h	115	4.65%	1.65
C2	0+089.41	40 km/h	115	4.65%	1.65
C3	0+279.48	40 km/h	125	4.35%	1.6
C4	0+318.05	40 km/h	560	1.12%	-
C5	0+698.35	40 km/h	1300	0.49%	-
C6	0+802.31	40 km/h	260	2.30%	0.8
C7	1+186.70	60 km/h	125	7.93%	1.75
C8	1+745.70	60 km/h	300	4.90%	0.9
C9	2+104.66	60 km/h	1500	1.16%	-
C10	3+031.13	60 km/h	200	6.50%	1.2
C11	3+281.56	60 km/h	500	3.21%	0.6
C12	3+644.96	60 km/h	140	7.71%	1.6
C13	3+753.62	60 km/h	300	4.90%	0.9
C14	4+182.82	60 km/h	240	5.77%	1
C15	4+680.78	60 km/h	500	3.21%	0.6
C16	4+980.28	40 km/h	260	2.30%	0.75
C17	5+346.51	40 km/h	1030	0.62%	-
C18	6+092.80	40 km/h	1000	0.64%	-
C19	6+226.85	40 km/h	125	4.35%	1.55
C20	6+449.33	40 km/h	350	1.75%	0.6
C21	6+650.53	40 km/h	240	2.48%	0.8
C22	6+777.66	40 km/h	300	2.02%	0.7
C23	7+003.38	40 km/h	630	1.00%	-
C24	7+256.51	40 km/h	200	2.92%	1
C25	7+412.69	40 km/h	400	1.54%	0.5
C26	7+867.71	40 km/h	115	4.65%	1.65
C27	8+034.88	40 km/h	115	4.65%	1.65
C28	8+240.95	40 km/h	115	4.65%	1.65
C29	8+551.95	40 km/h	145	3.85%	1.35
C30	8+838.91	40 km/h	160	3.54%	1.2
C31	9+198.15	40 km/h	150	3.74%	1.3
C32	9+349.26	40 km/h	170	3.36%	1.1
C33	9+607.96	40 km/h	114	4.68%	1.65
C34	9+772.77	40 km/h	114.6	4.66%	1.65
C35	9+897.36	40 km/h	120	4.50%	1.6
C36	9+945.99	40 km/h	300	2.02%	0.7
C37	10+129.19	40 km/h	115	4.65%	1.65
C38	10+315.27	40 km/h	125	4.35%	1.55

C39	10+389.98	40 km/h	330	1.85%	0.6
C40	10+631.16	40 km/h	225	2.63%	1
C#	**Est. PI**	**VD**	**R Cal**	**e Cal**	**Sa**
C41	11+009.13	40 km/h	500	1.25%	-
C42	11+216.41	40 km/h	550	1.14%	-
C43	11+543.62	40 km/h	780	0.81%	-
C44	11+870.65	40 km/h	200	2.92%	1
C45	12+116.78	40 km/h	400	1.54%	-
C46	12+425.01	40 km/h	500	1.25%	-
C47	12+532.20	40 km/h	860	0.74%	-
C48	12+661.03	40 km/h	170	3.36%	1.1
C49	12+807.75	40 km/h	120	4.50%	1.6
C50	12+868.93	40 km/h	115	4.65%	1.65
C51	13+050.75	40 km/h	190	3.05%	1
C52	13+273.15	40 km/h	800	0.79%	-
C53	13+316.34	40 km/h	115	4.65%	1.65
C54	13+386.86	40 km/h	125	4.35%	1.6

Fuente: Elaboración propia

ANEXO C. Visita técnica



Estructura de drenaje existente ED-3



Estructura de drenaje existente ED-2



Inicio del tramo Est. 0+000



Fin del tramo Est. 13+460



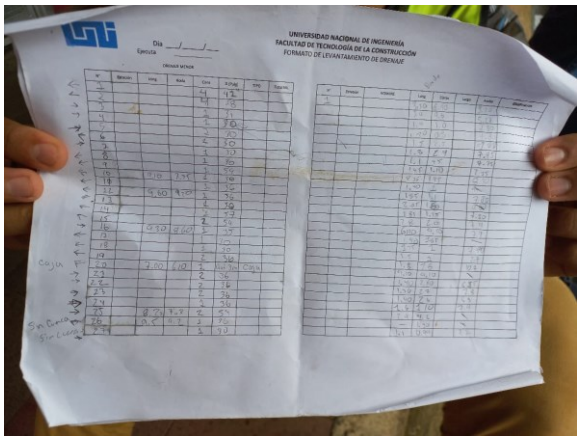
Hospital Primario Est. 13+100



BM1 Est. 2+100



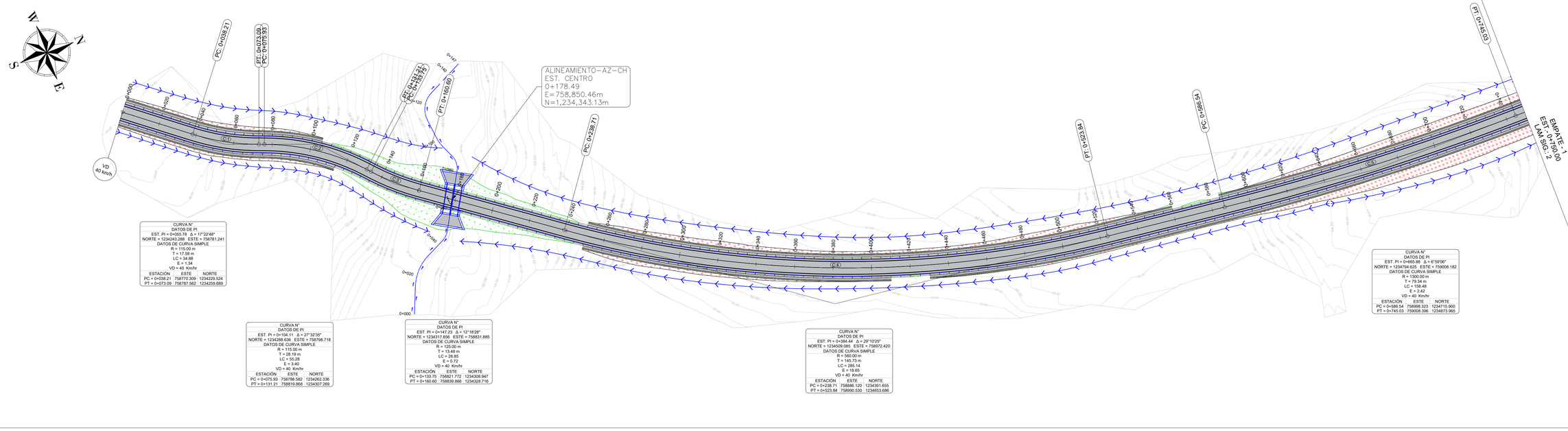
Est. 9+500

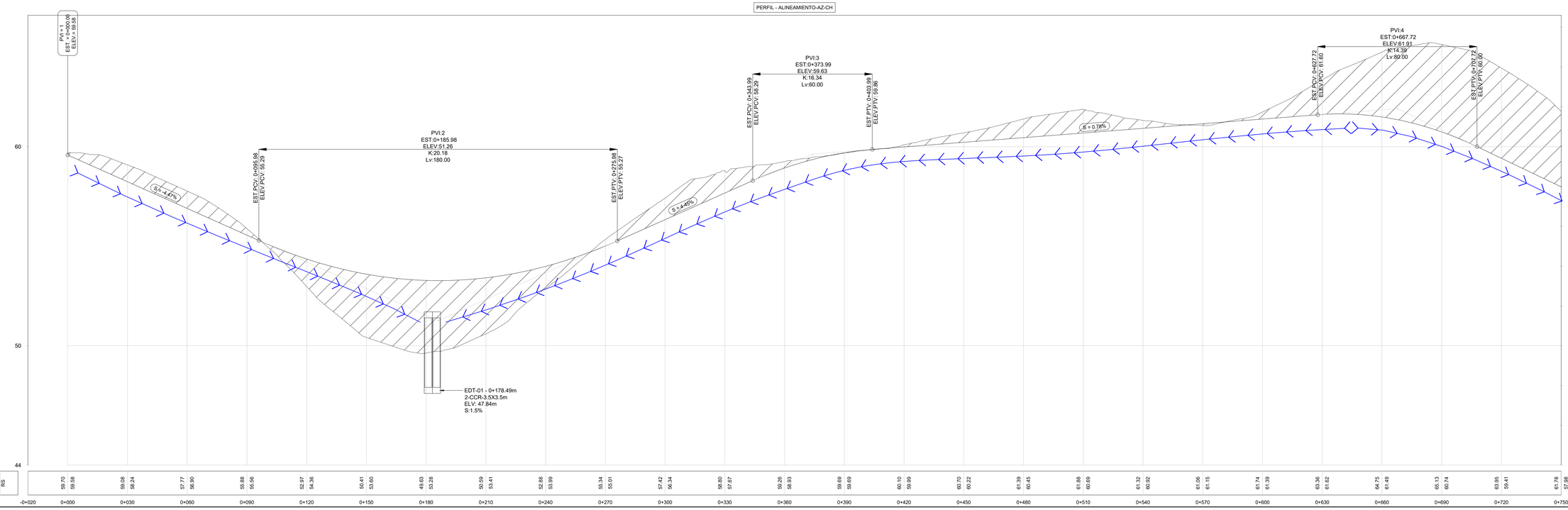


Formato de inventario de alcantarillas

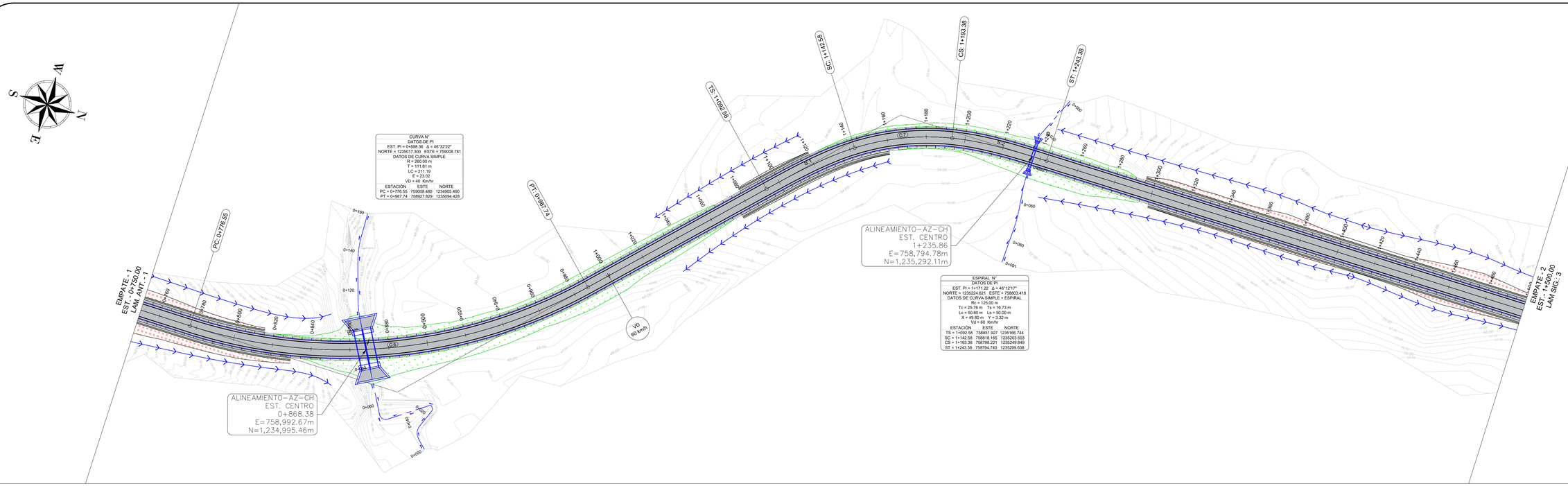
ANEXO D: Mapas temáticos

ANEXO E: Planos del diseño geométrico

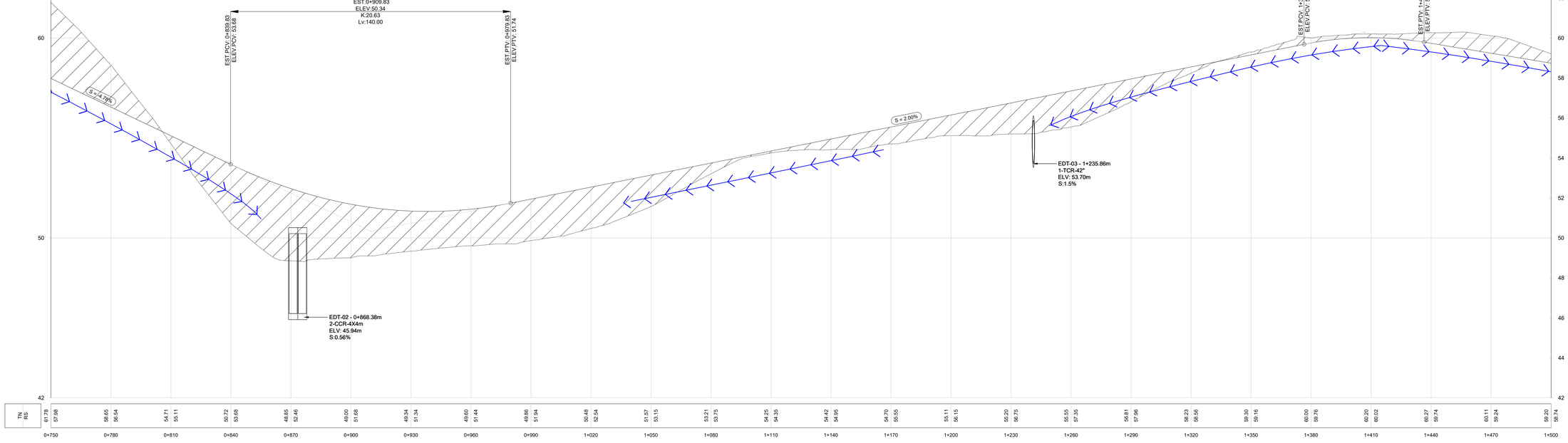




UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	CONTENIDO:	ELABORAN:	ESCALA: 1:1000	HOJA:
TÍTULO DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.	CONJUNTO DE PLANTA PERFIL, TRAMO 0+000.00 AL 0+750.00	Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN REVISA: Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA	FECHA: 6 - AGOSTO - 2024 LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA	PP - AZCH - 01 PP - AZCH - 18

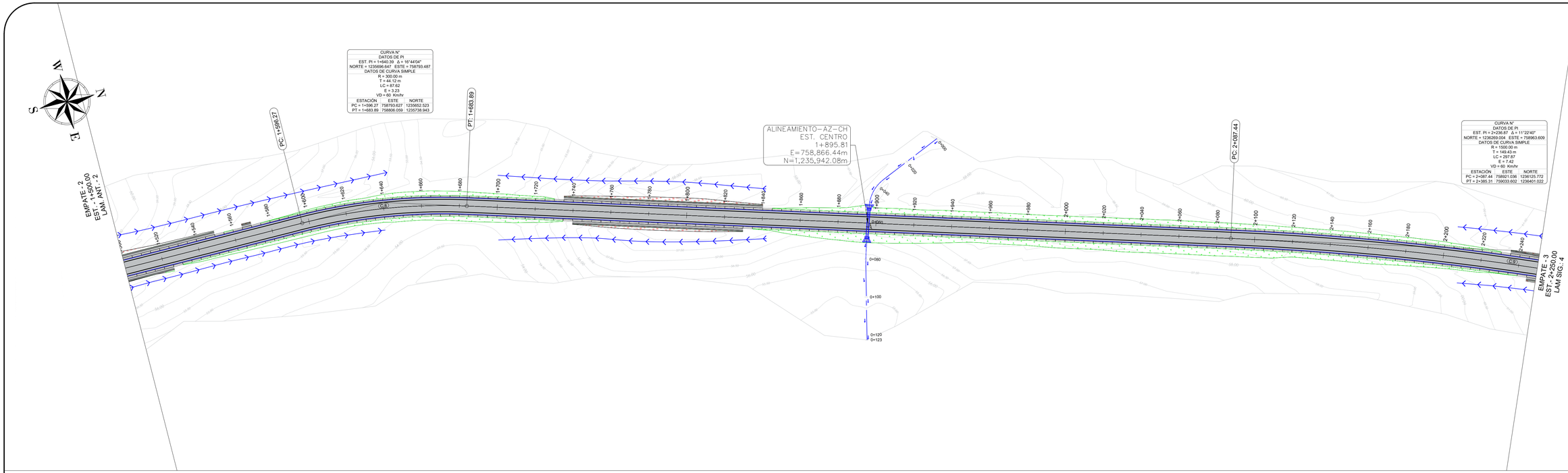


PERFIL - ALINEAMIENTO-AZ-CH



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	
TÍTULO DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.	CONTENIDO: CONJUNTO DE PLANTA PERFIL, TRAMO 0+750.00 AL 1+500.00
ELABORAN: Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR; Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO; Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN	ESCALA: 1:1000
REVISA: Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA	FECHA: 6 - AGOSTO - 2024
	LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA
HOJA: PP - AZCH - 02 / PP - AZCH - 18	

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMERICA CENTRAL



PERFIL - ALINEAMIENTO-AZ-CH

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE PLANTA PERFIL, TRAMO 1+500.00 AL 2+250.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:1000

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

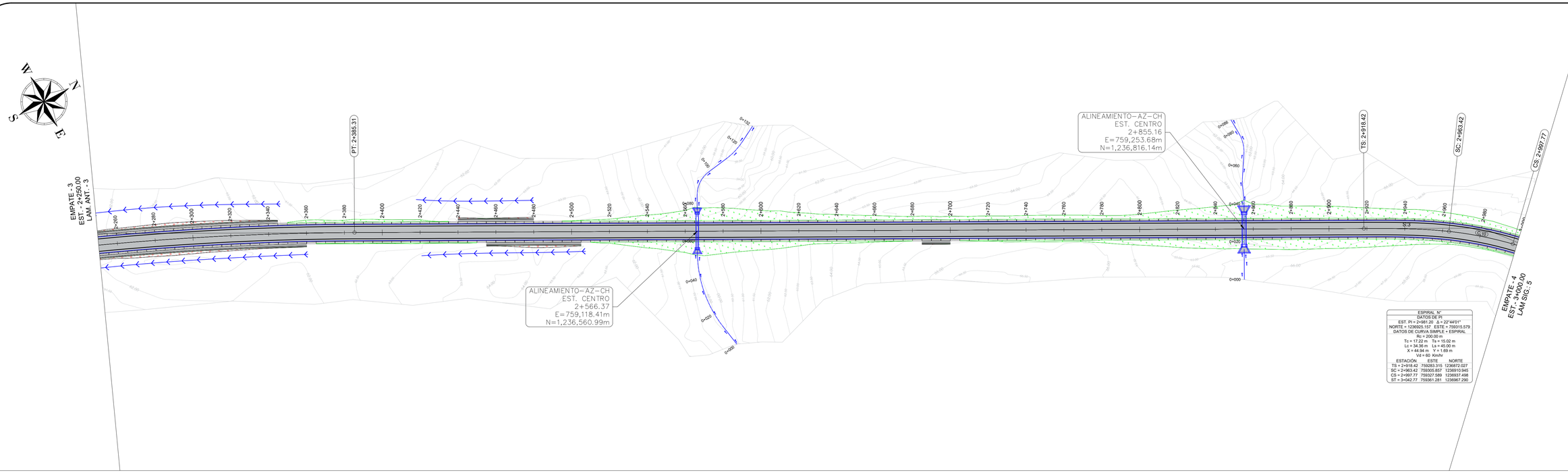
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

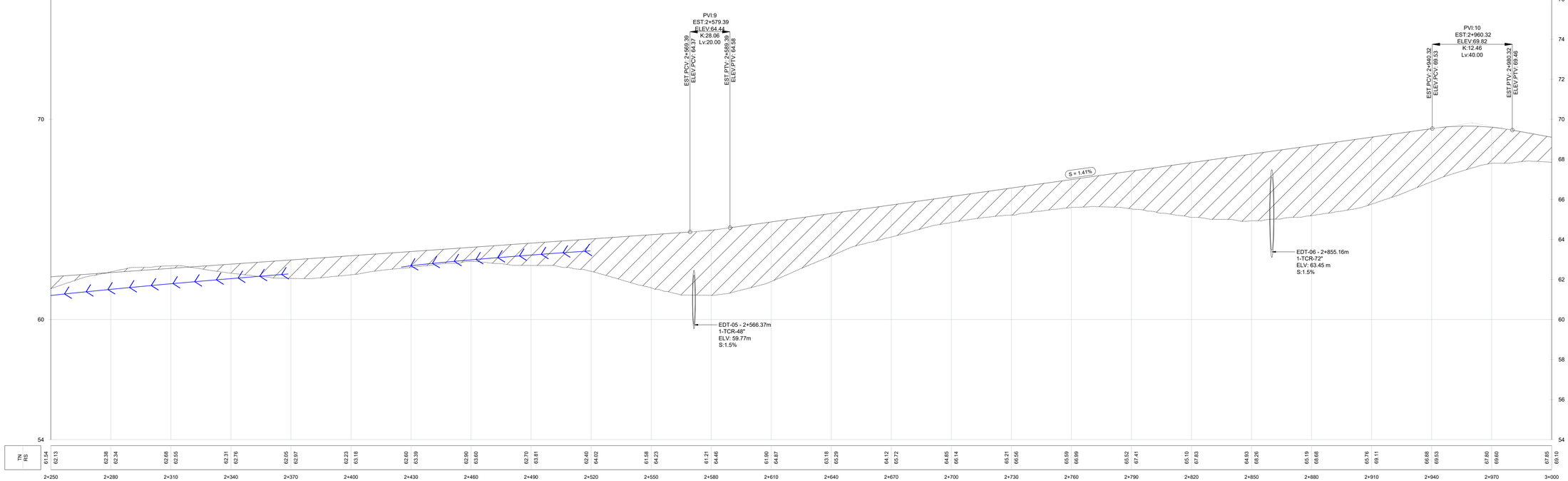
PP - AZCH - 03

PP - AZCH - 18

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PERFIL - ALINEAMIENTO-AZ-CH



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE PLANTA PERFIL, TRAMO 2+250.00 AL 3+000.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:1000

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

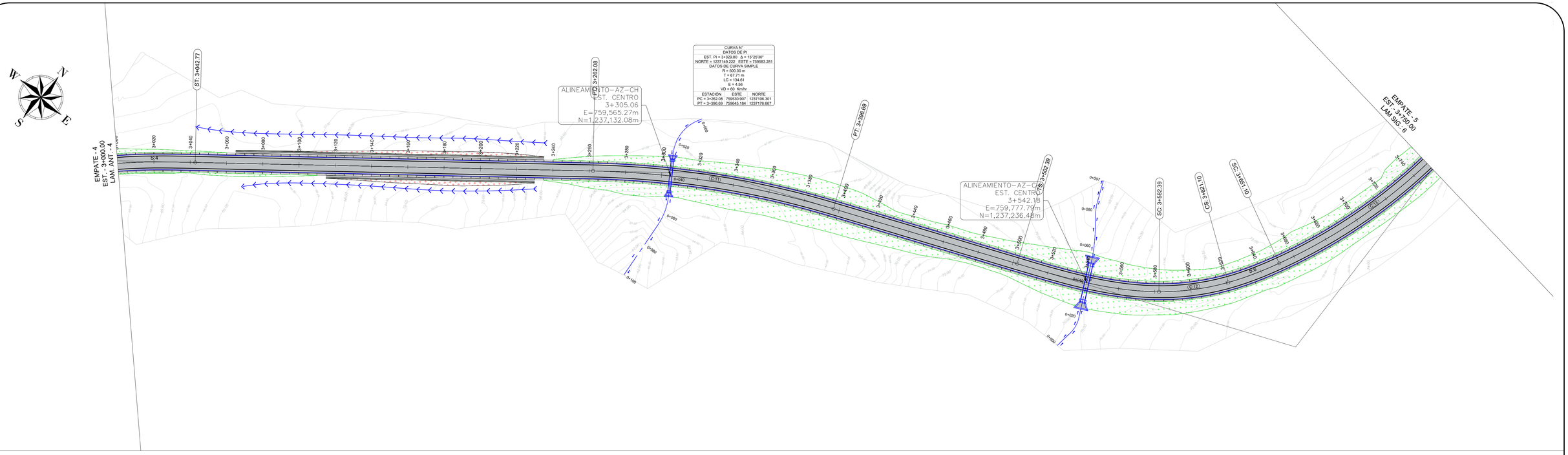
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

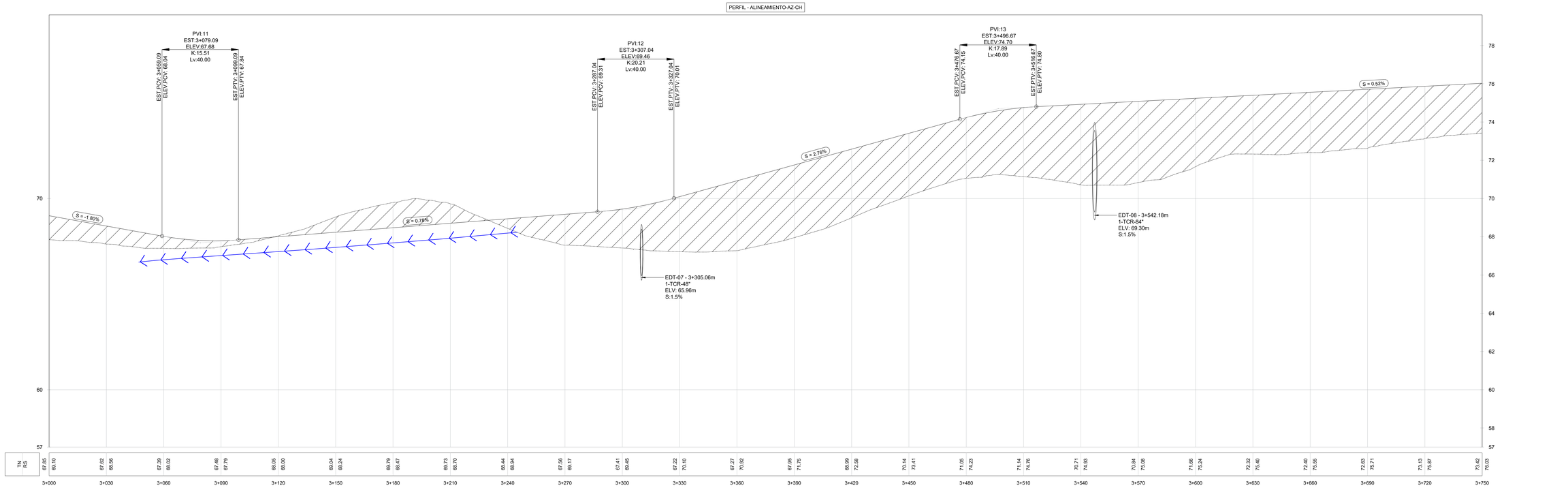
PP - AZCH - 04

PP - AZCH - 18

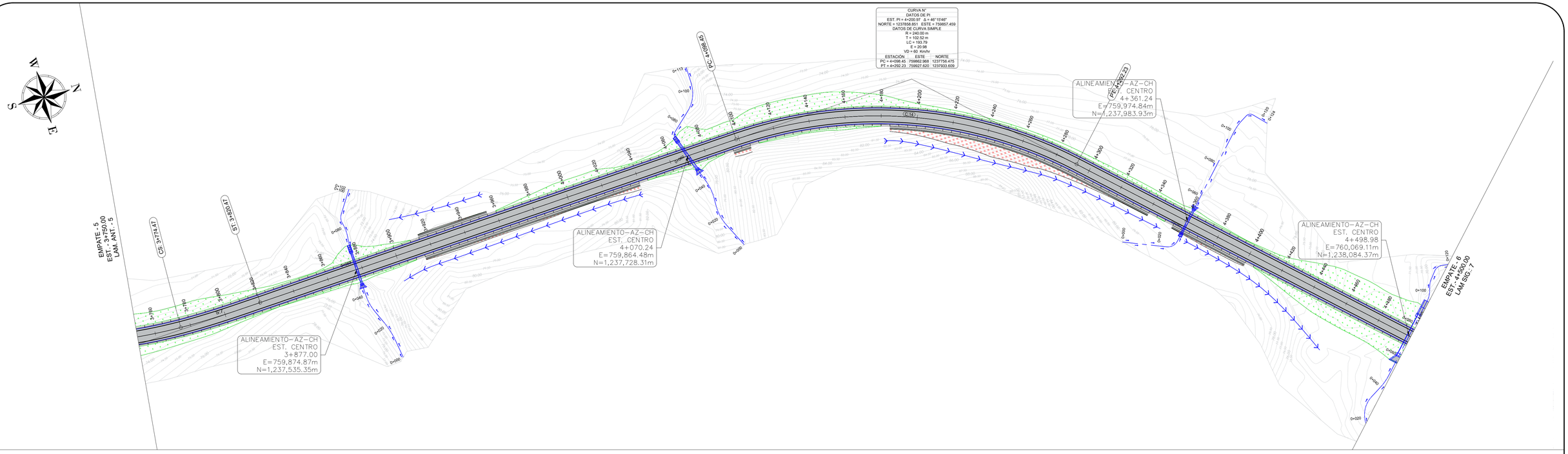
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



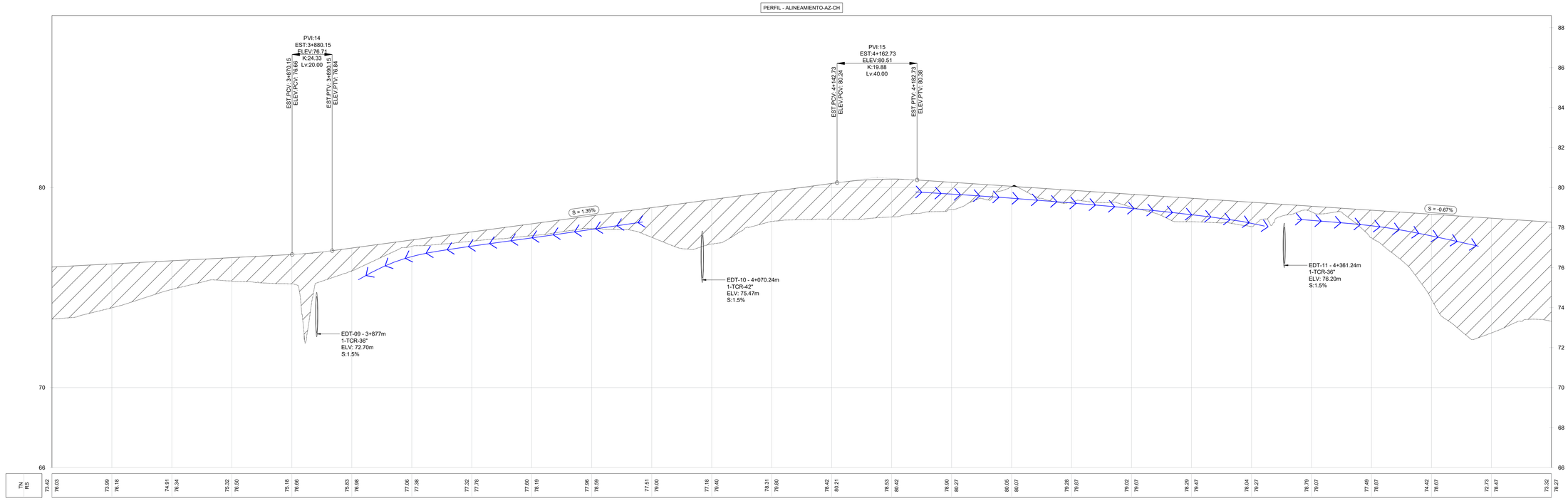
PERFIL - ALINEAMIENTO-AZ-CH



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA TÍTULO DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.	CONTENIDO: CONJUNTO DE PLANTA PERFIL, TRAMO 3+000.00 AL 3+750.00	ELABORAN: Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN REVISA: Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA	ESCALA: 1:1000 FECHA: 6 - AGOSTO - 2024 LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA	HOJA: PP - AZCH - 05 PP - AZCH - 18

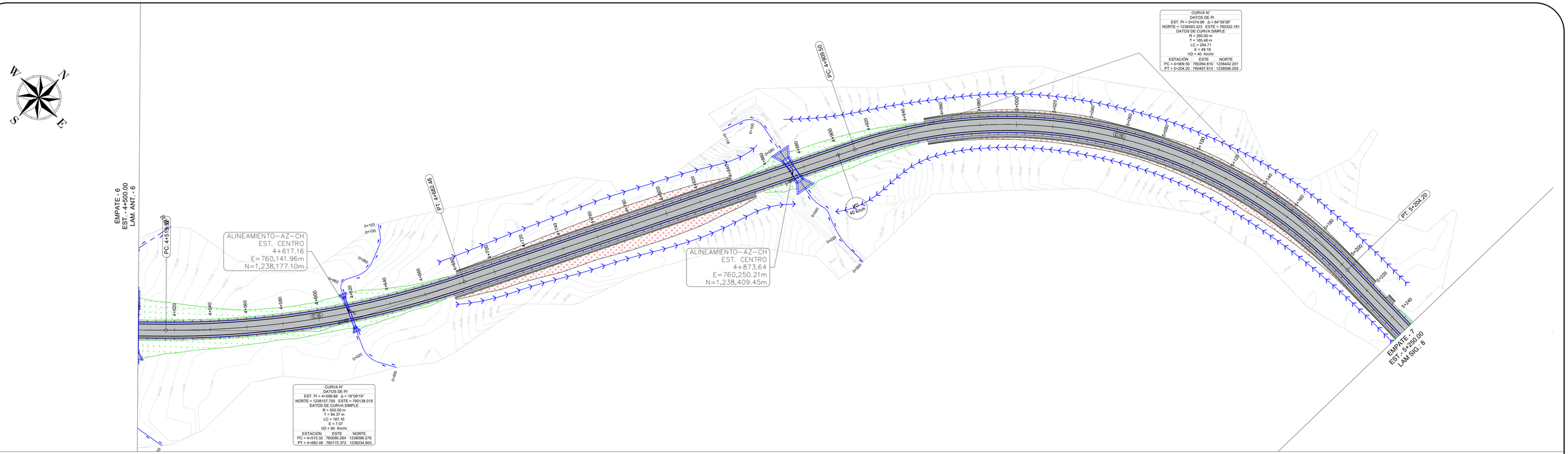


PERFIL - ALINEAMIENTO-AZ-CH

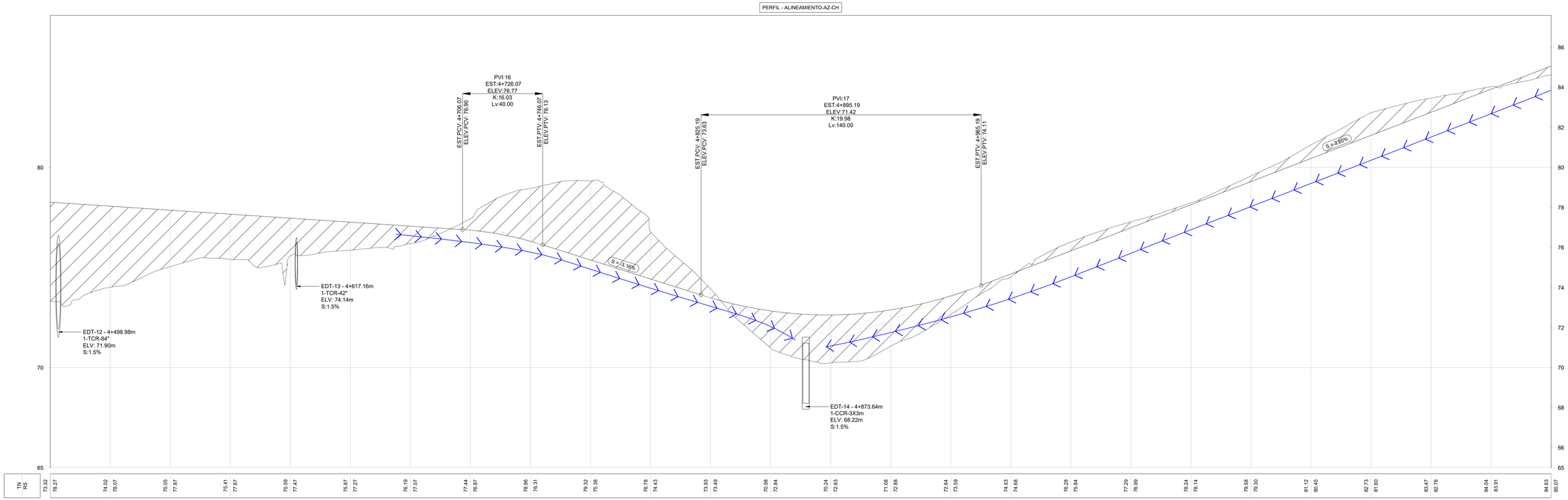


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	
TÍTULO DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.	
CONTENIDO: CONJUNTO DE PLANTA PERFIL, TRAMO 3+750.00 AL 4+500.00	
ELABORAN: Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR; Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO; Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN	
REVISA: Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA	
ESCALA: 1:1000	
FECHA: 6 - AGOSTO - 2024	
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA	
HOJA: PP - AZCH - 06 / PP - AZCH - 18	

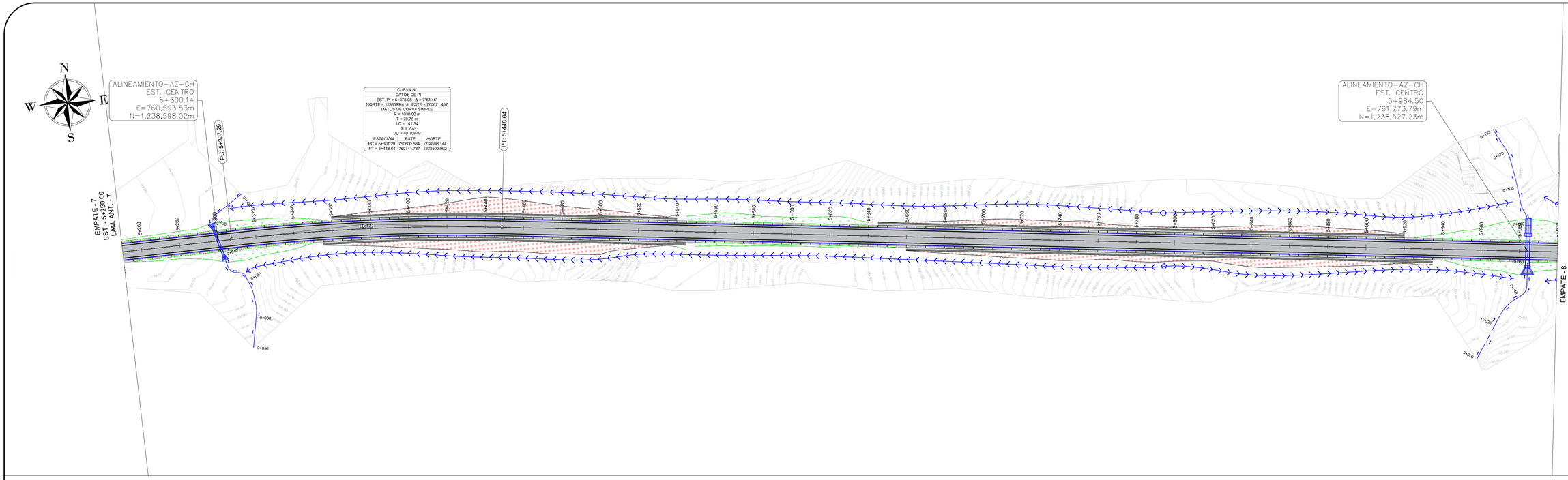
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL

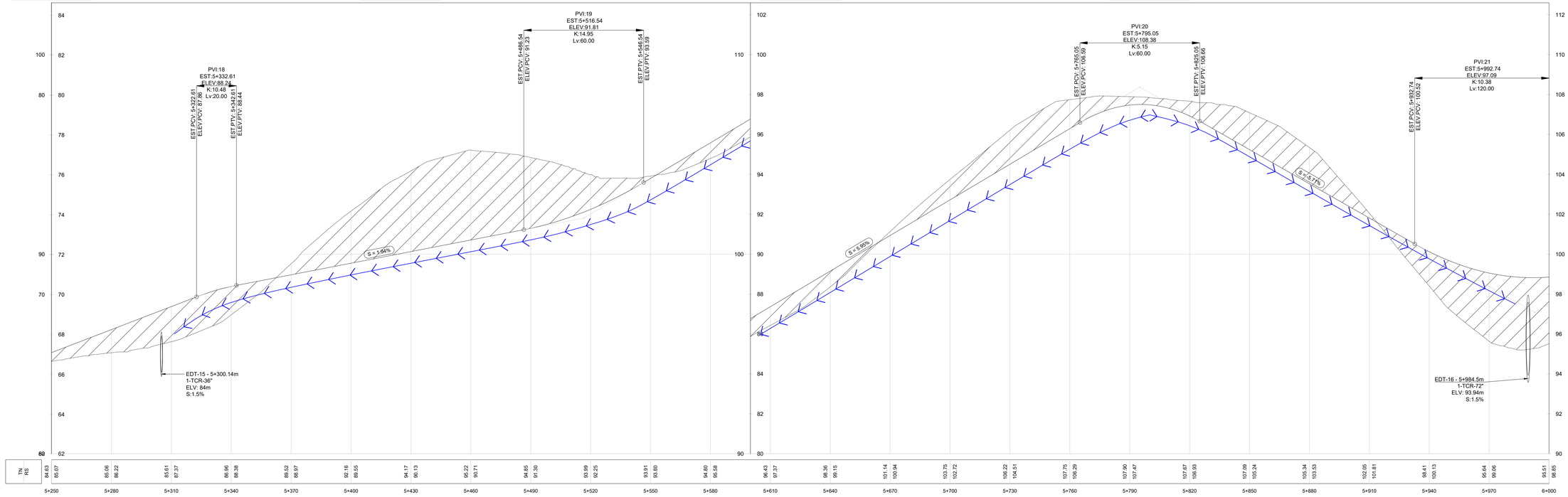


PERFIL - ALINEAMIENTO-AZ-CH



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	
TÍTULO DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.	CONTENIDO: CONJUNTO DE PLANTA PERFIL, TRAMO 4+500.00 AL 5+250.00
ELABORAN: Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR; Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO; Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN	ESCALA: 1:1000
REVISA: Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA	FECHA: 6 - AGOSTO - 2024
	LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA
	HOJA: PP - AZCH - 07 / PP - AZCH - 18





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	CONTENIDO:
TÍTULO DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.	CONJUNTO DE PLANTA PERFIL, TRAMO 5+250.00 AL 6+000.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

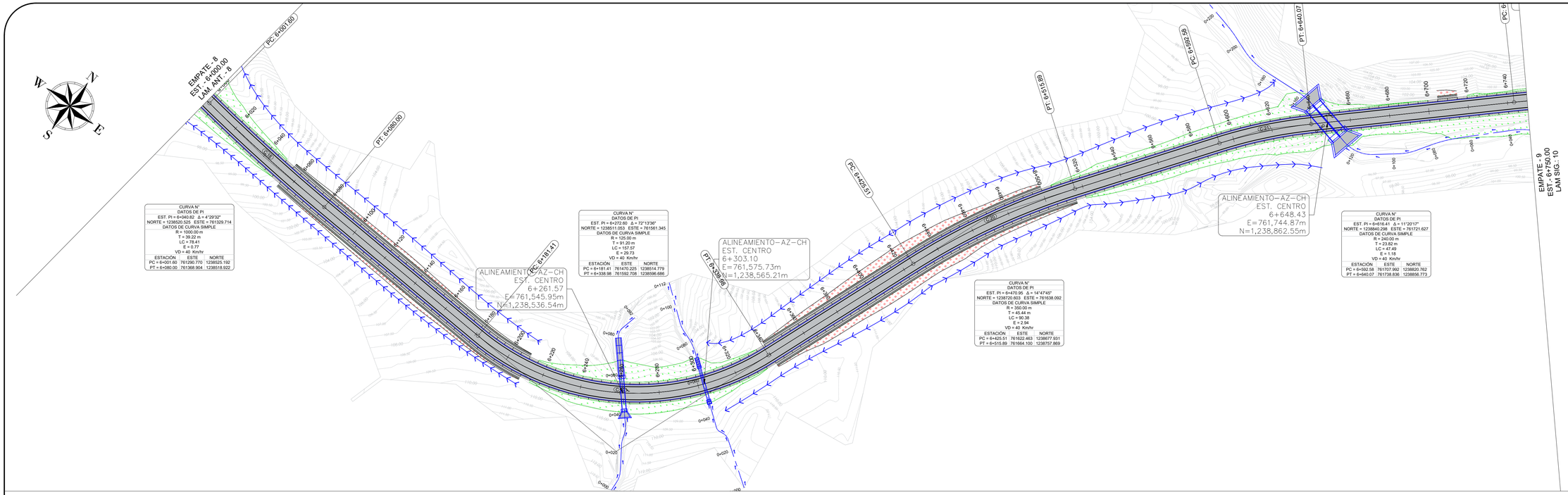
ESCALA: 1:1000

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

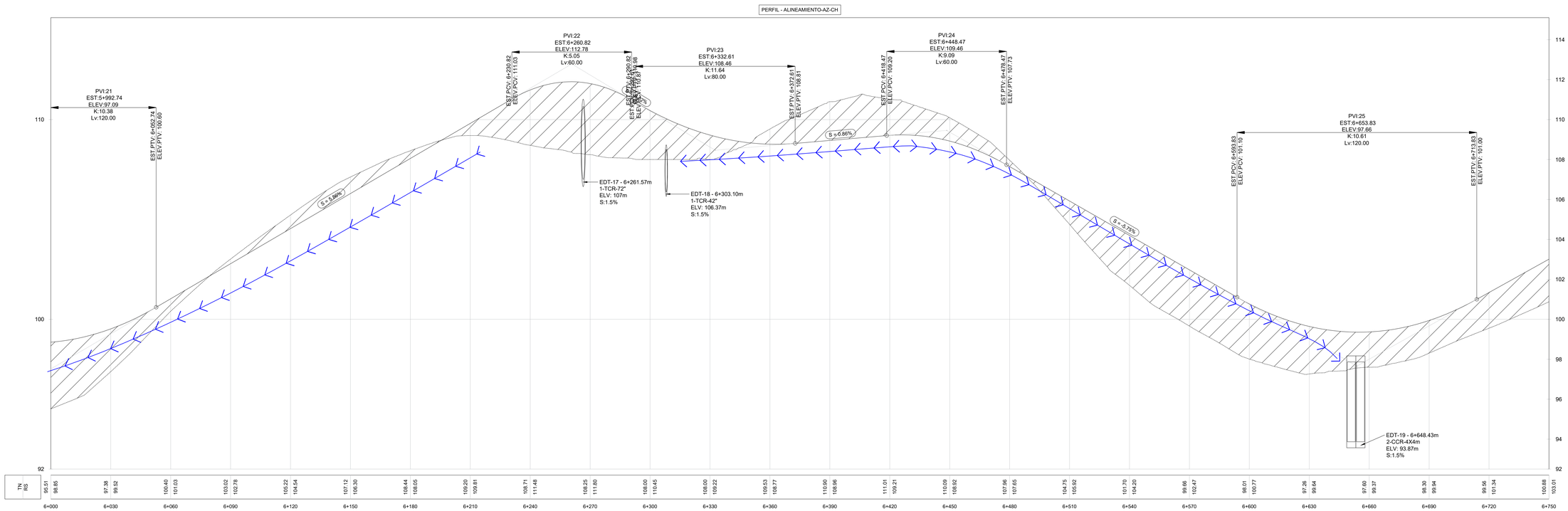
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA: PP - AZCH - 08 / PP - AZCH - 18

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PERFIL - ALINEAMIENTO-AZ-CH



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE PLANTA PERFIL, TRAMO 6+000.00 AL 6+750.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:1000

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

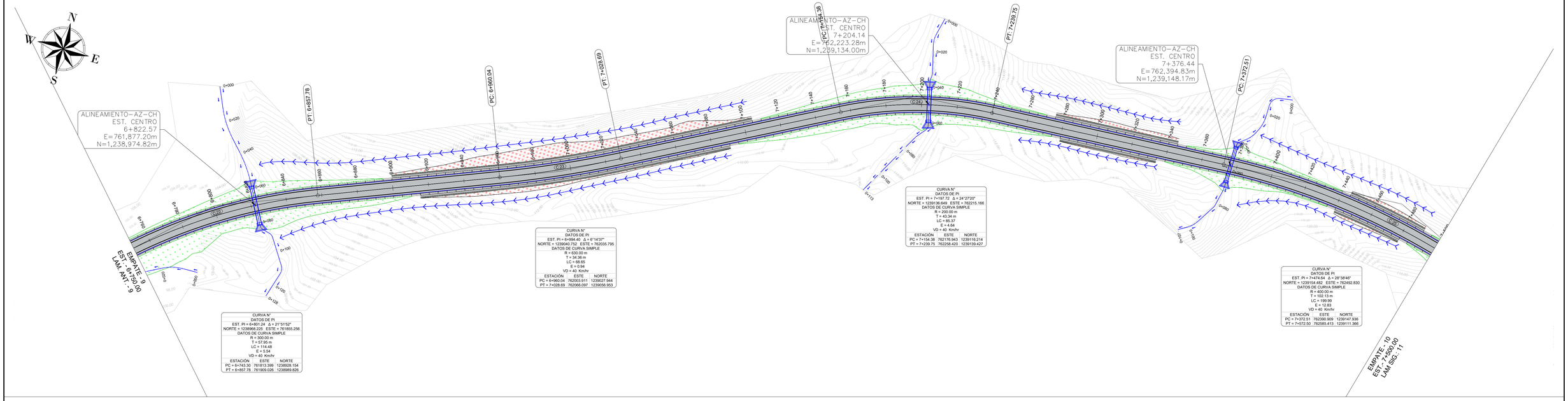
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

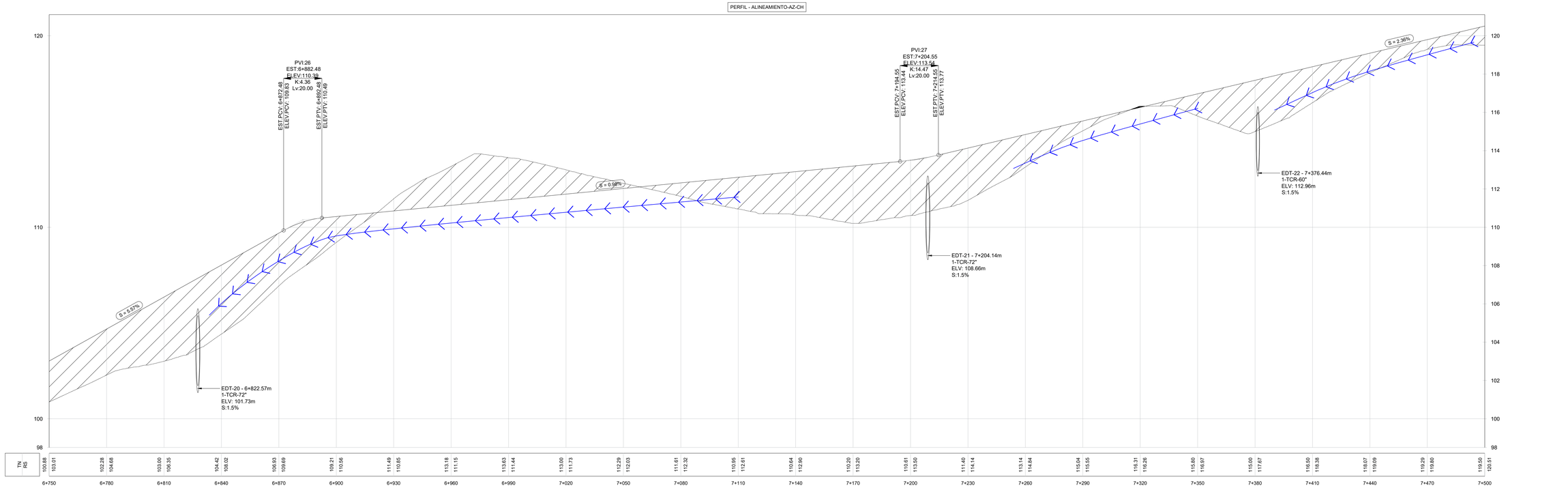
PP - AZCH - 09

PP - AZCH - 18

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL

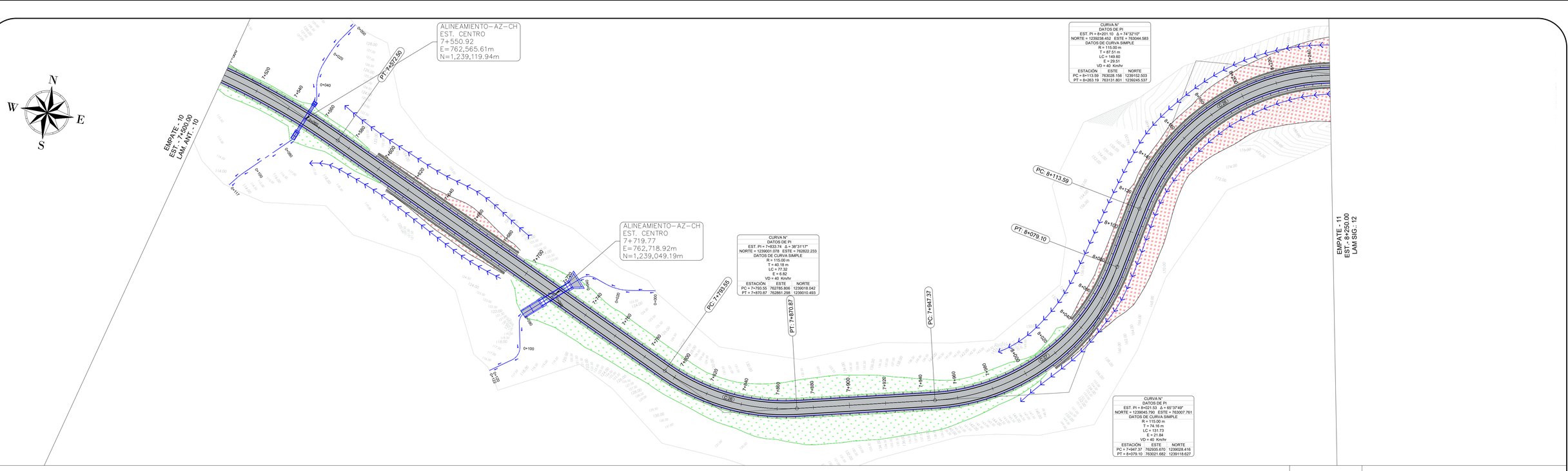


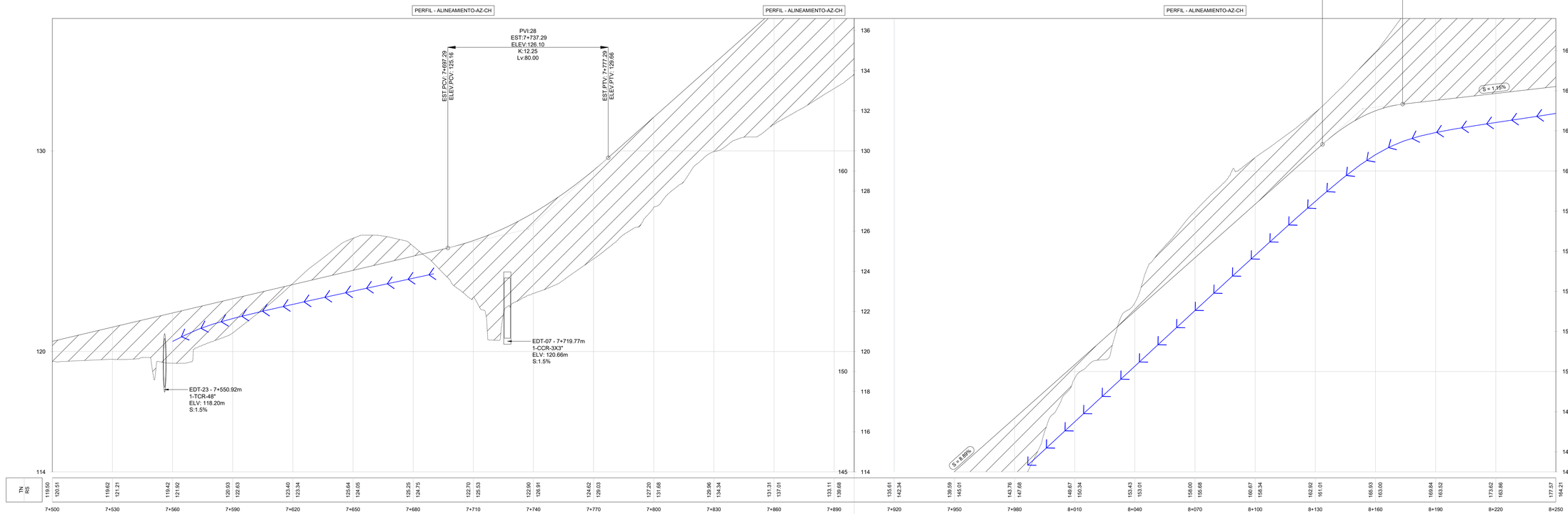
PERFIL - ALINEAMIENTO-AZ-CH



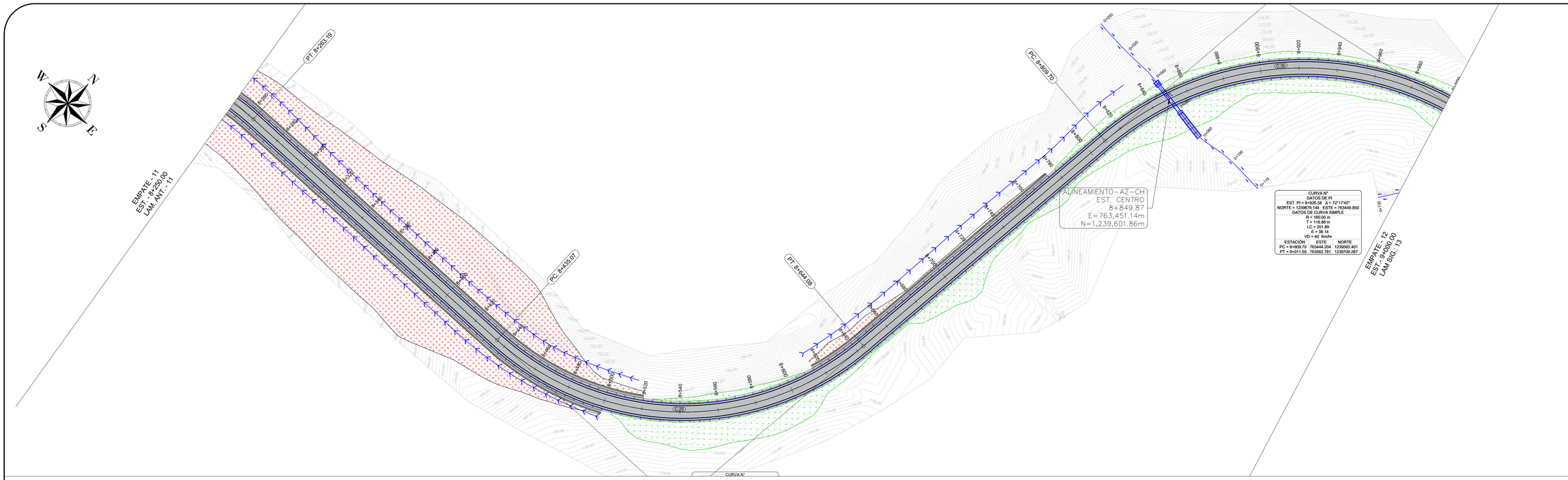
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	
TÍTULO DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.	
CONTENIDO:	CONJUNTO DE PLANTA PERFIL, TRAMO 6+750.00 AL 7+500.00
ELABORAN:	Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN
REVISA:	Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA
ESCALA:	1:1000
FECHA:	6 - AGOSTO - 2024
LUGAR:	MANAGUA, NICARAGUA
HOJA:	PP - AZCH - 10 / PP - AZCH - 18

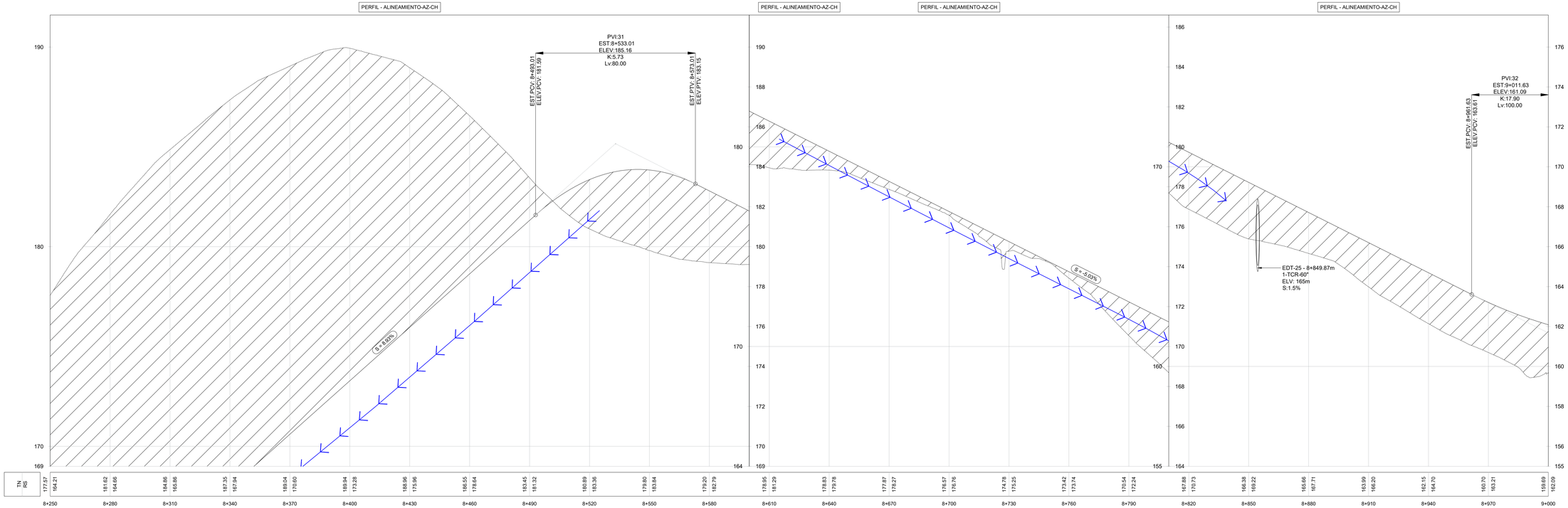
REPÚBLICA DE NICARAGUA
AMERICA CENTRAL





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	CONTENIDO:	ELABORAN:	ESCALA: 1:1000	HOJA:
TÍTULO DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.	CONJUNTO DE PLANTA PERFIL, TRAMO 7+500.00 AL 8+250.00	Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN REVISA: Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA	FECHA: 6 - AGOSTO - 2024 LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA	PP - AZCH - 11 / PP - AZCH - 18





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE PLANTA PERFIL, TRAMO 8+250.00 AL 9+000.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:1000

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

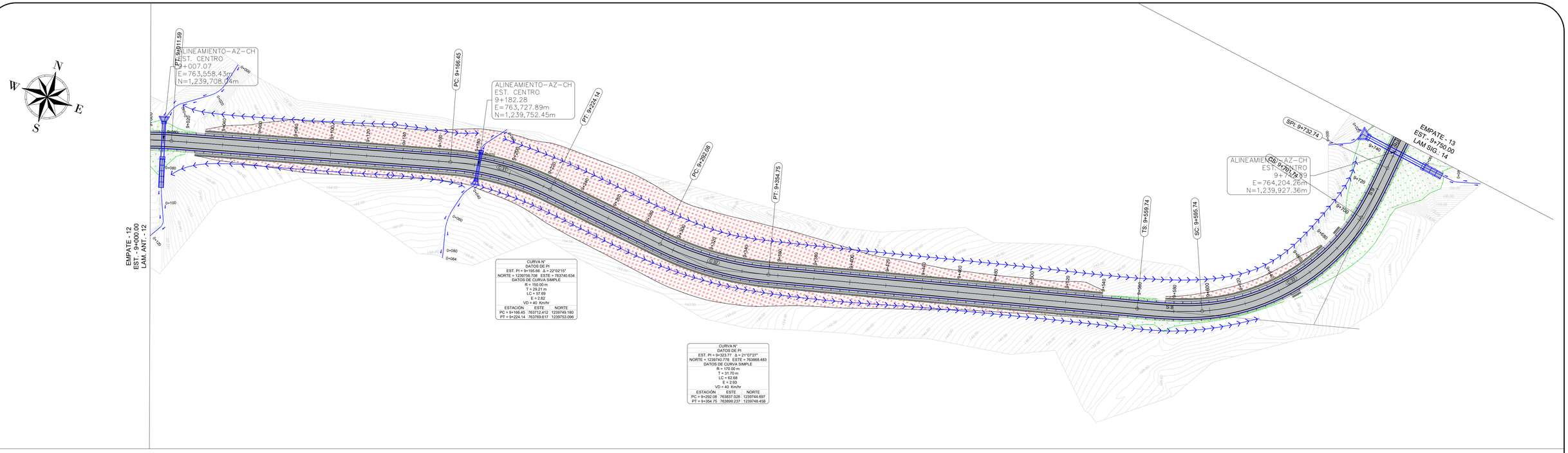
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

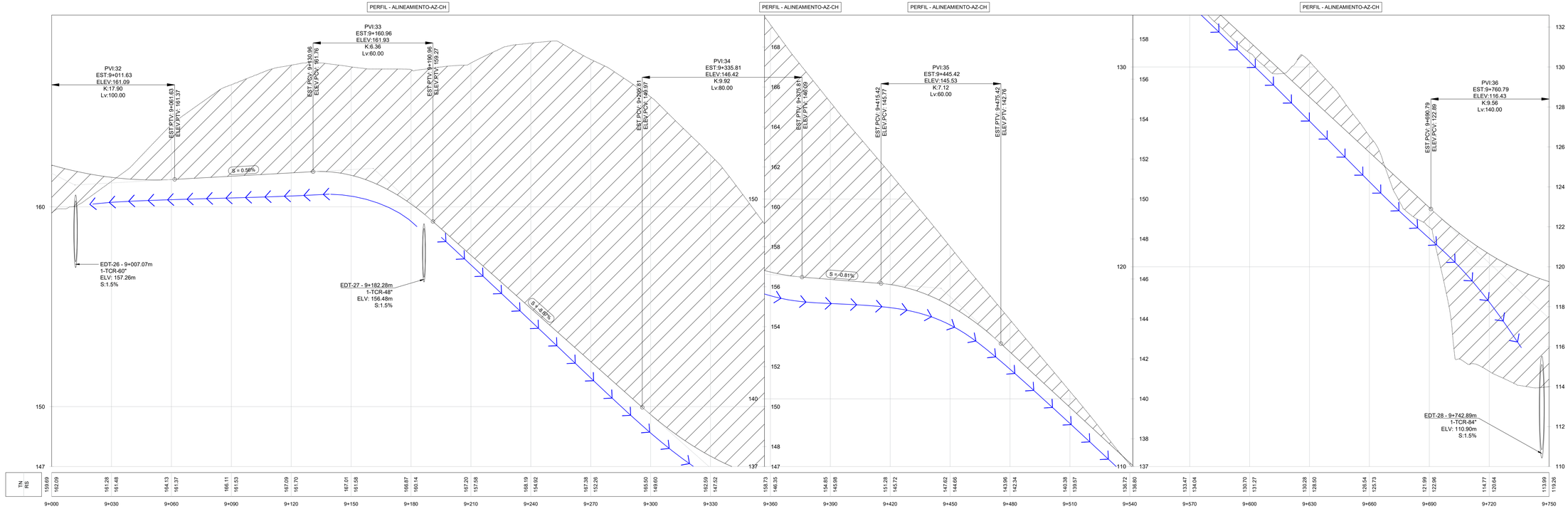
HOJA:

PP - AZCH - 12

PP - AZCH - 18

REPÚBLICA DE NICARAGUA
AMÉRICA CENTRAL





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	CONTENIDO:
TÍTULO DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.	CONJUNTO DE PLANTA PERFIL, TRAMO 9+000.00 AL 9+750.00

ELABORAN:
Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:
Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

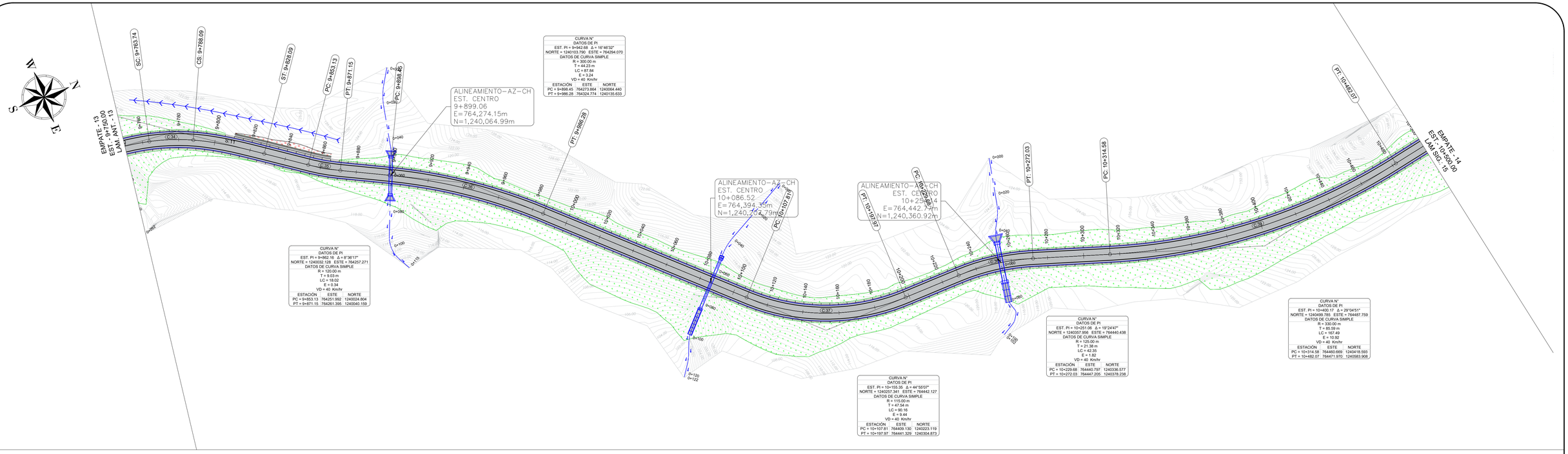
ESCALA: 1:1000

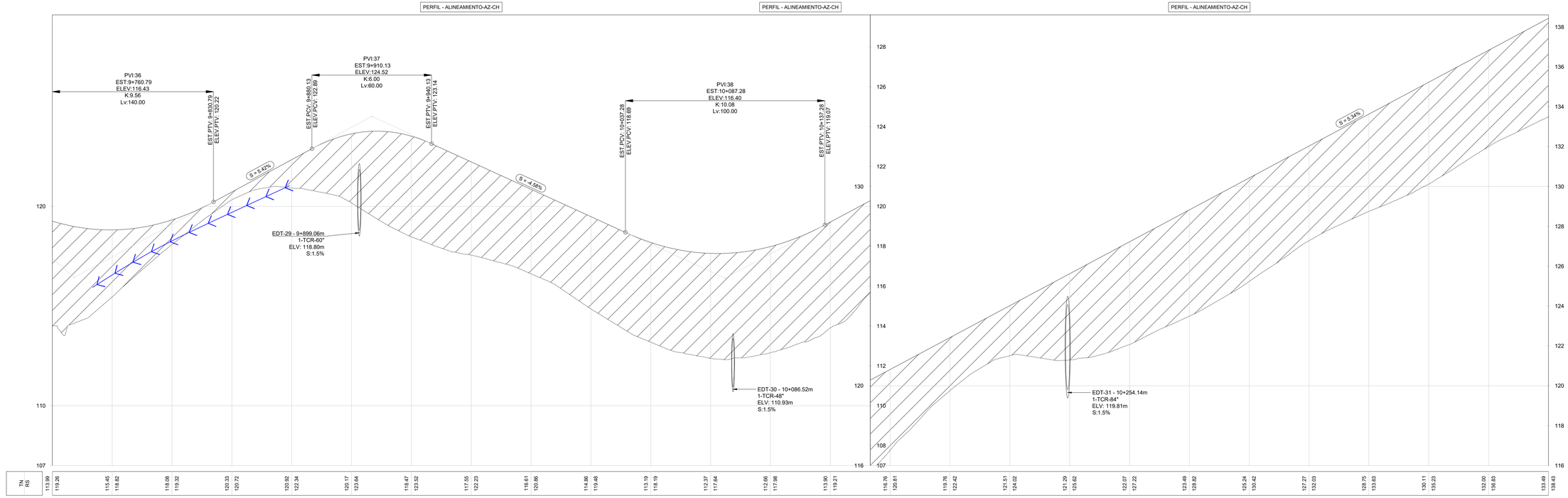
FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:
PP - AZCH - 13
PP - AZCH - 18

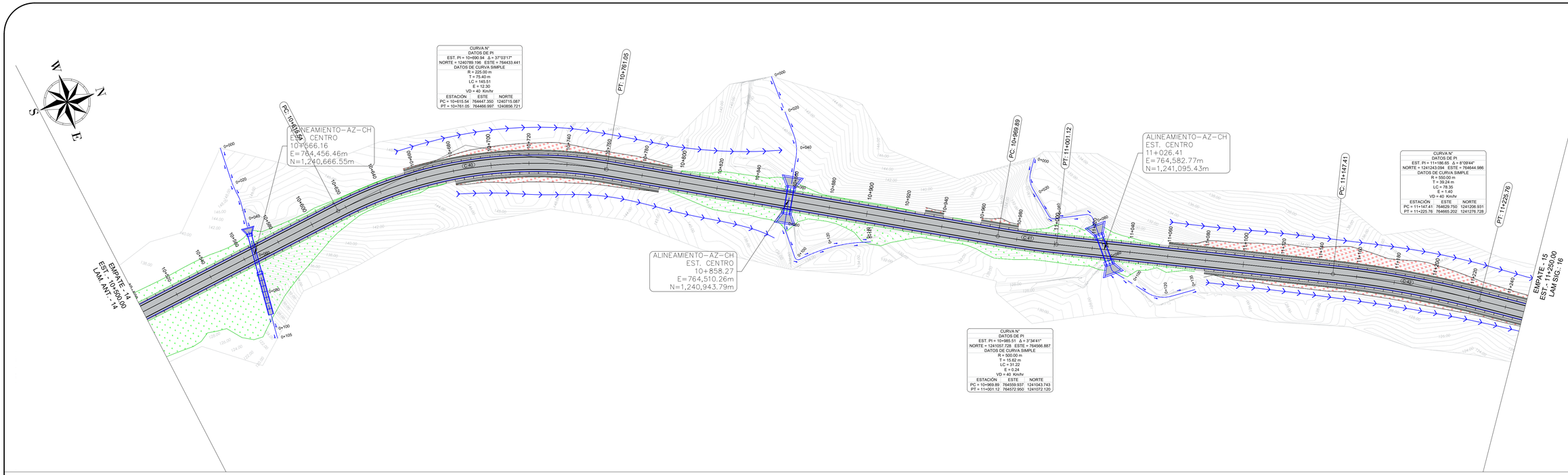
REPÚBLICA DE NICARAGUA
AMÉRICA CENTRAL

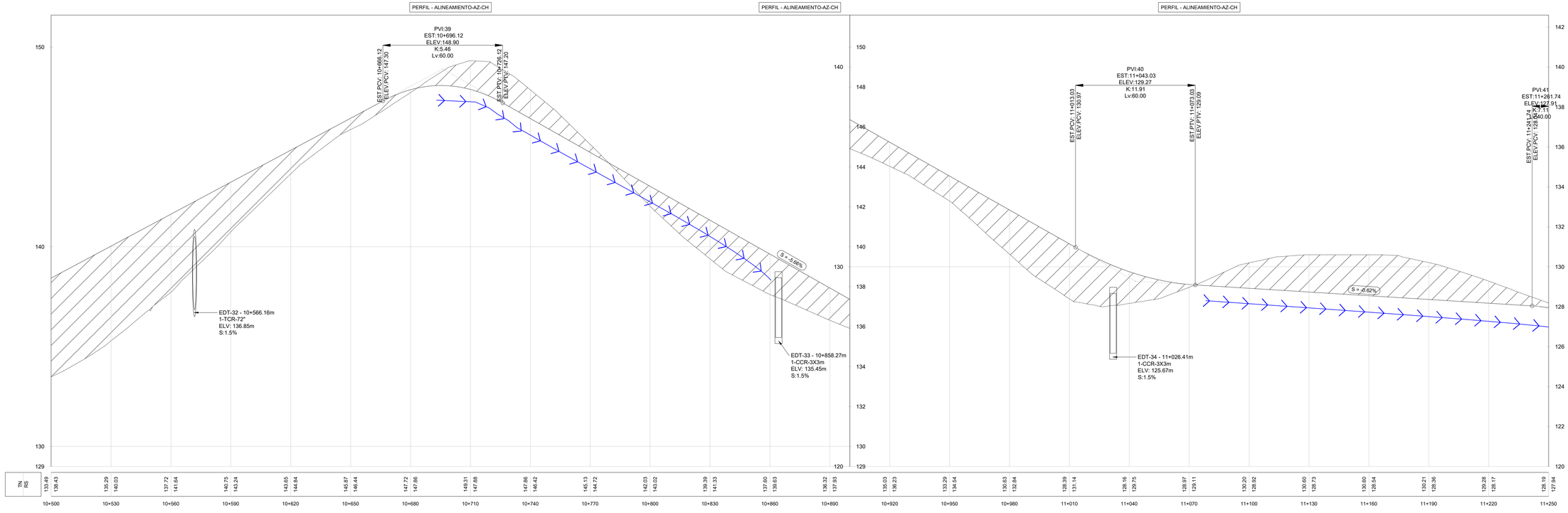




UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	
TÍTULO DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.	
CONTENIDO: CONJUNTO DE PLANTA PERFIL, TRAMO 9+750.00 AL 10+500.00	
ELABORAN: Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN	
REVISA: Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA	
ESCALA: 1:1000	
FECHA: 6 - AGOSTO - 2024	
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA	
HOJA: PP - AZCH - 14 / PP - AZCH - 18	

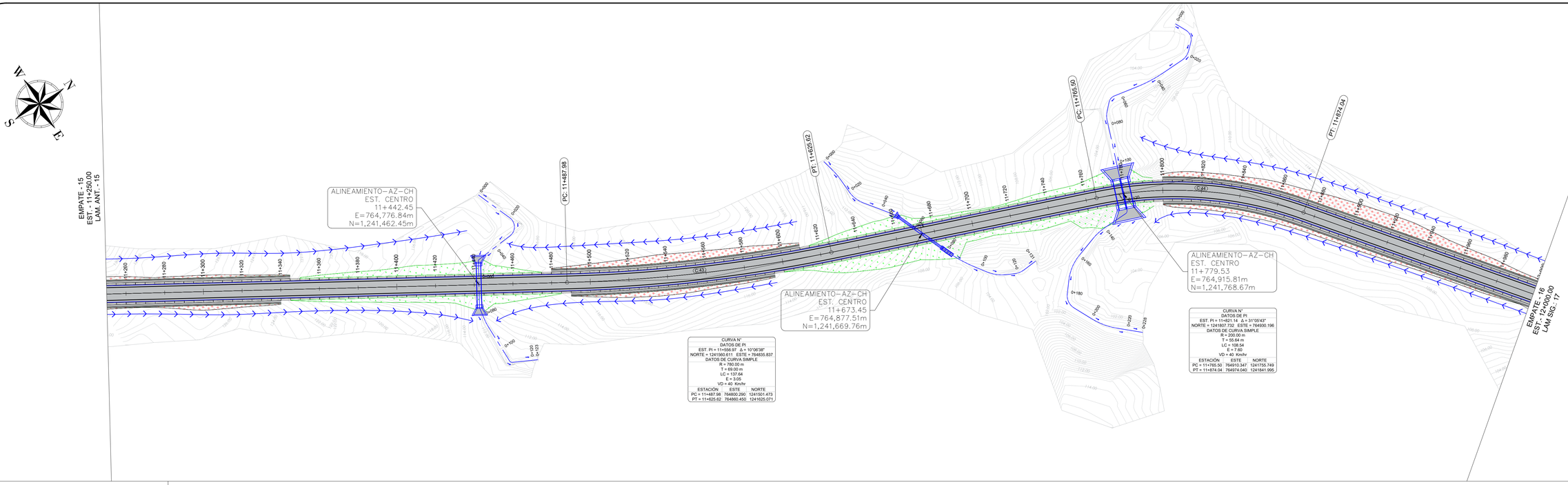
REPÚBLICA DE NICARAGUA
AMÉRICA CENTRAL

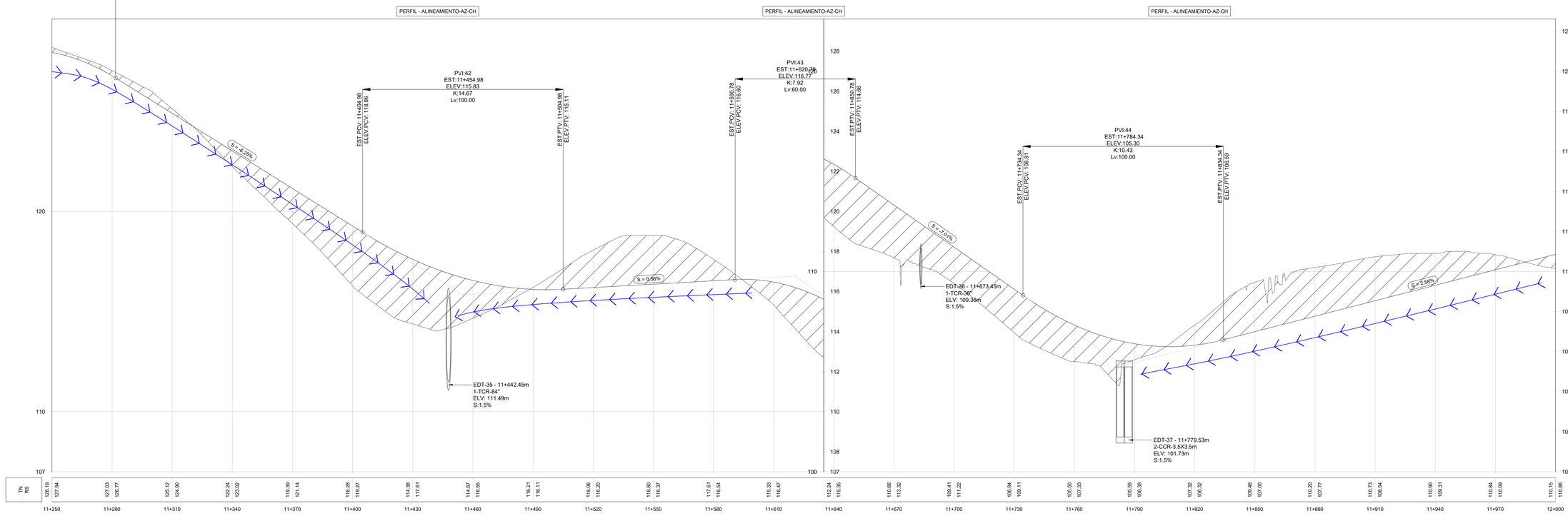




UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	
TÍTULO DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.	CONTENIDO: CONJUNTO DE PLANTA PERFIL, TRAMO 10+500.00 AL 11+250.00
ELABORAN: Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR; Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO; Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN	ESCALA: 1:1000
REVISA: Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA	FECHA: 6 - AGOSTO - 2024
	LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA
	HOJA: PP - AZCH - 15 / PP - AZCH - 18

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE PLANTA PERFIL, TRAMO 11+250.00 AL 12+000.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:1000

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

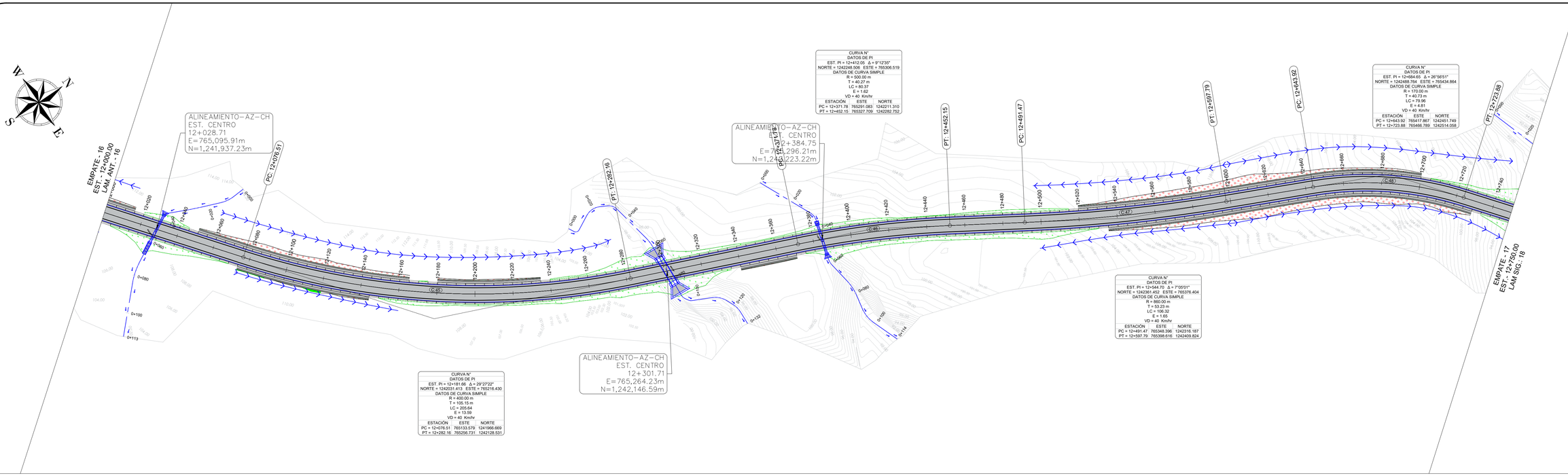
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

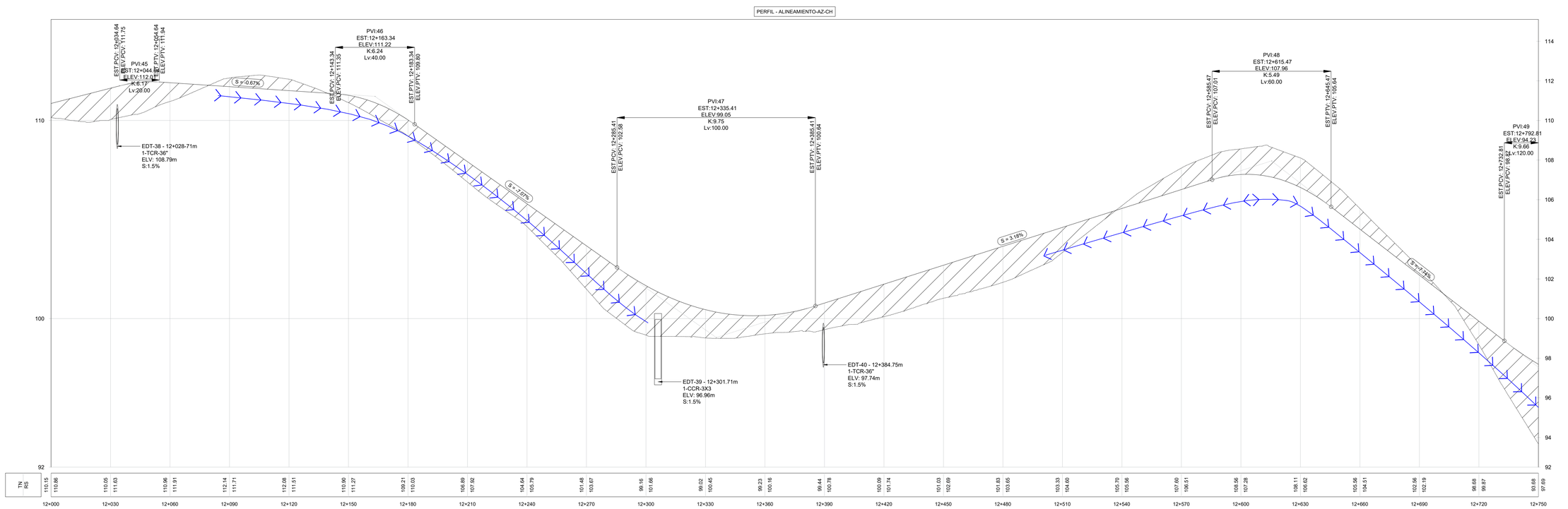
PP - AZCH - 16

PP - AZCH - 18

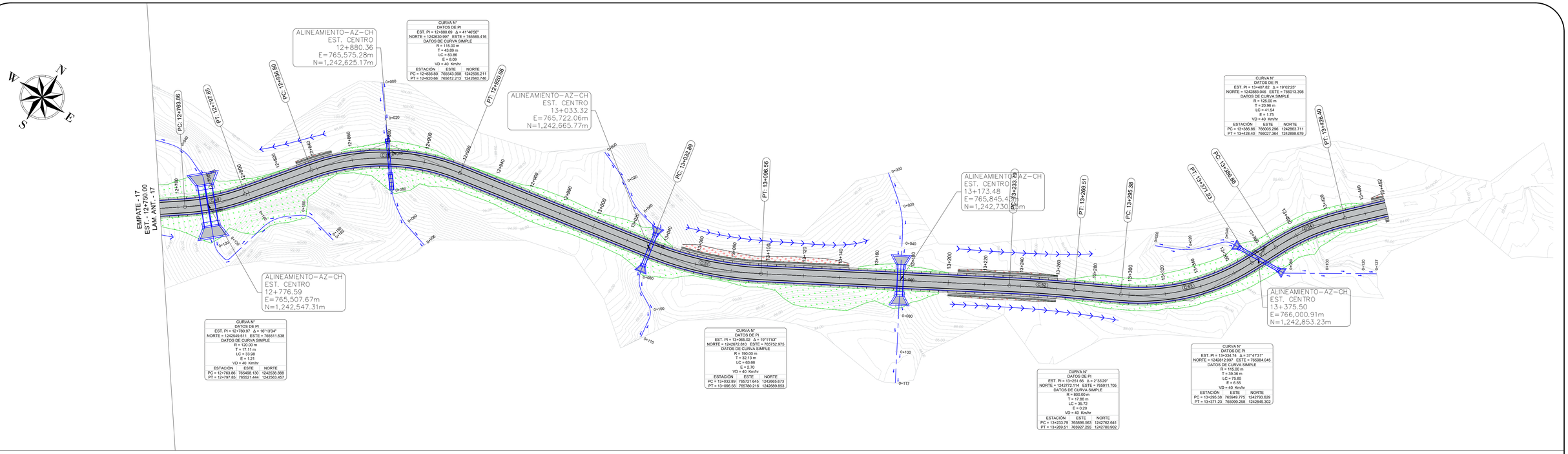
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL

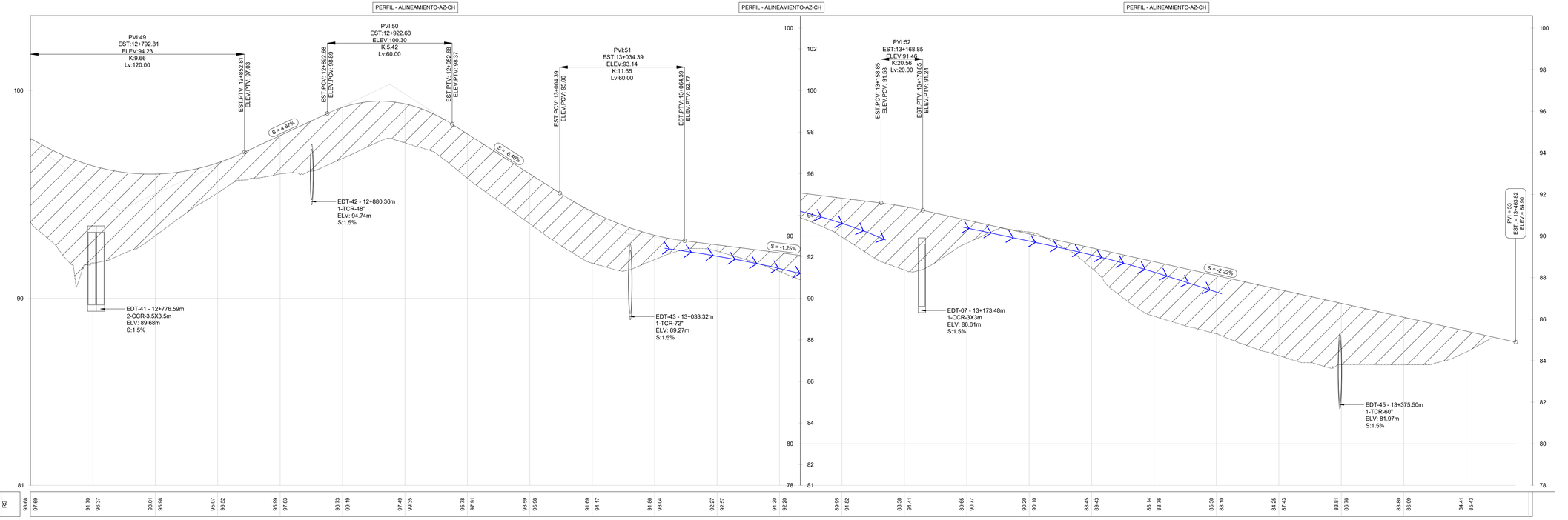


PERFIL - ALINEAMIENTO-AZ-CH



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	
TÍTULO DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.	CONTENIDO: CONJUNTO DE PLANTA PERFIL, TRAMO 12+000.00 AL 12+750.00
ELABORAN: Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN REVISA: Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA	ESCALA: 1:1000 FECHA: 6 - AGOSTO - 2024 LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA
HOJA: PP - AZCH - 17 / PP - AZCH - 18	REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE PLANTA PERFIL, TRAMO 12+750.00 AL 13+463.82

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:1000

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

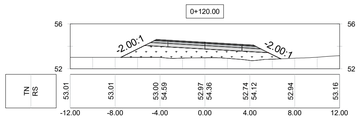
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

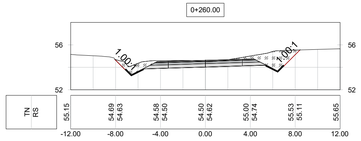
HOJA:

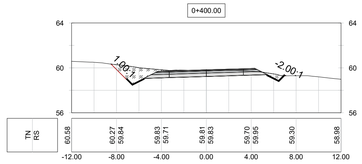
PP - AZCH - 18

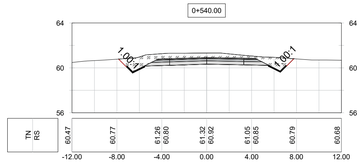
PP - AZCH - 18

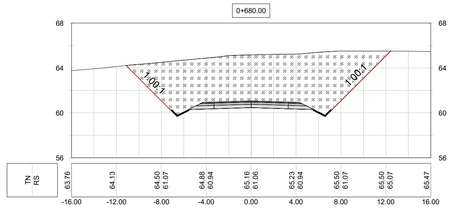
REPUBLICA DE NICARAGUA
AMERICA CENTRAL

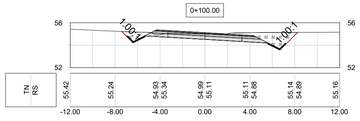


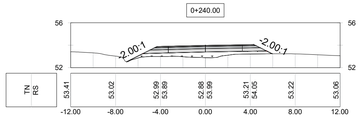


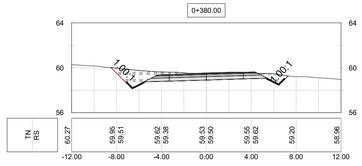


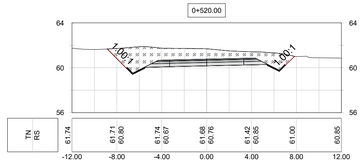


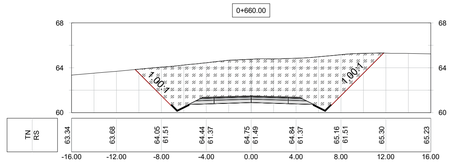


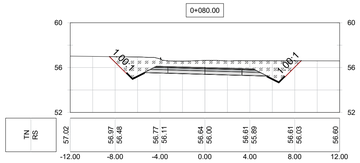


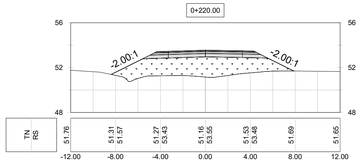


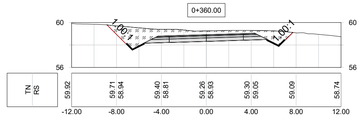


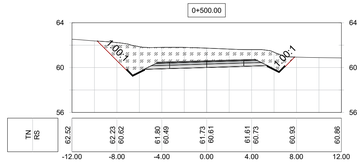


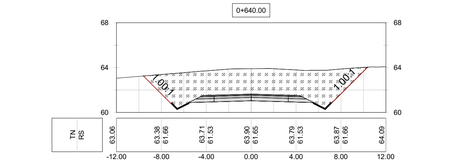


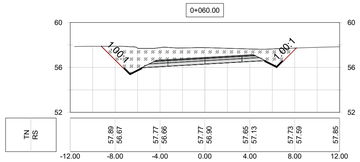


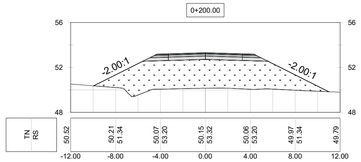


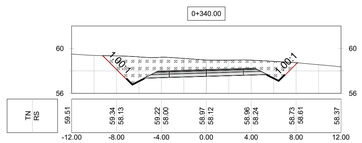


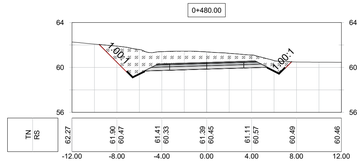


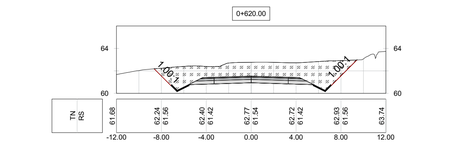


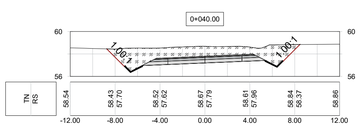


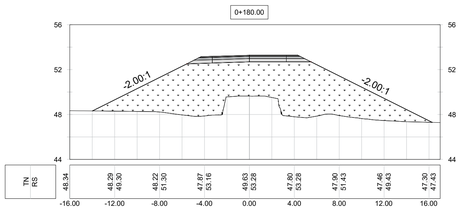


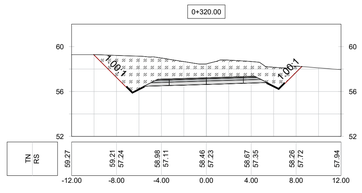


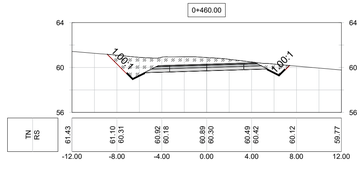


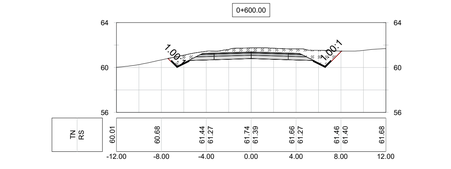


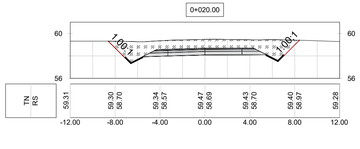


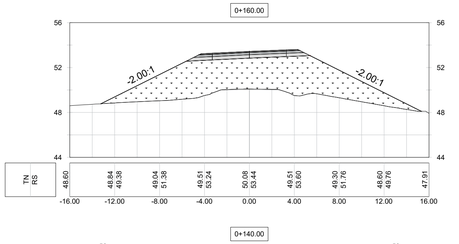


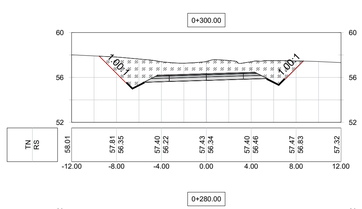


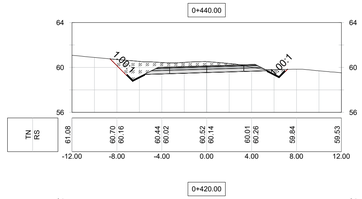


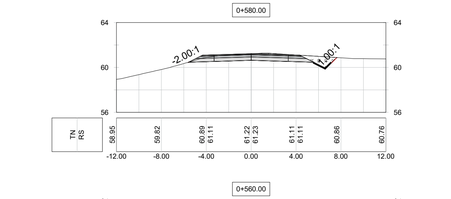


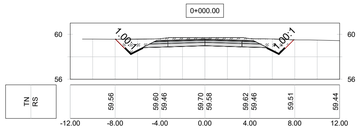


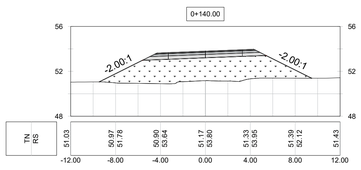


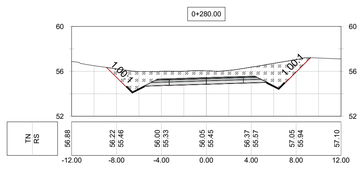


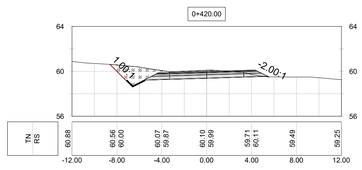


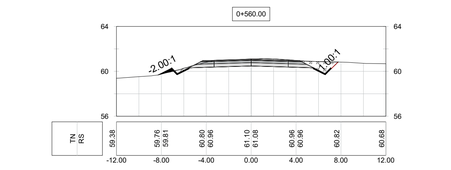












UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 0+000.00 AL 0+680.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

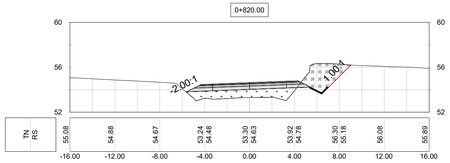
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

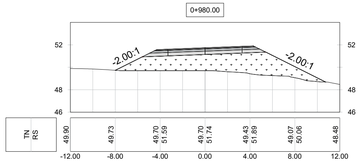
HOJA:

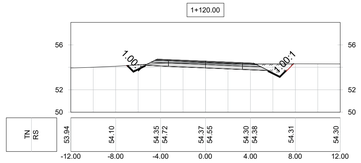
ST - AZCH - 01

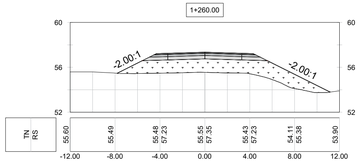
ST - AZCH - 24

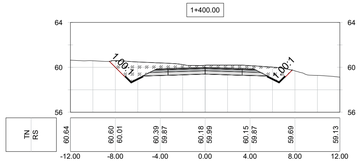
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL

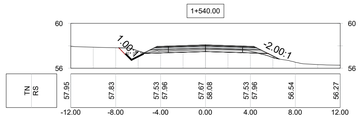


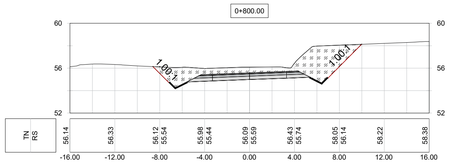


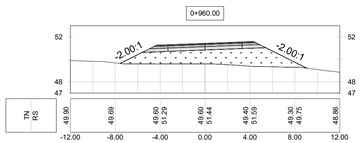


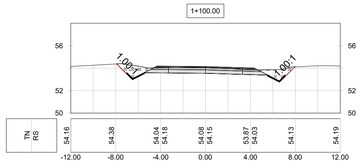


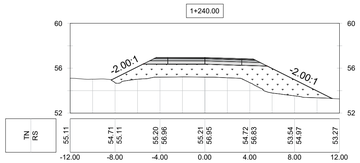


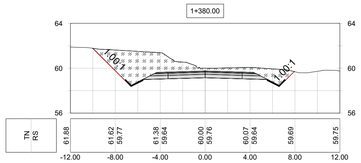


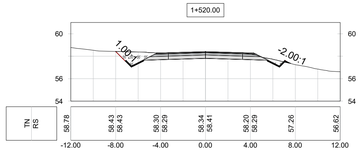


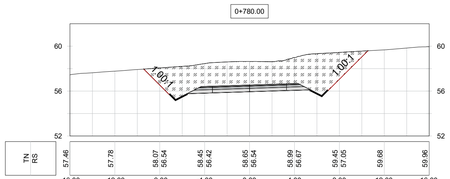


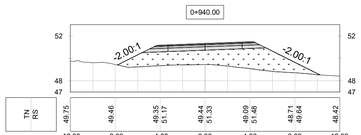


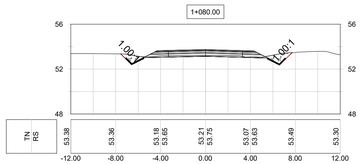


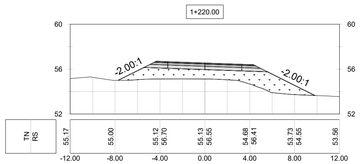


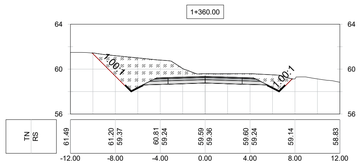


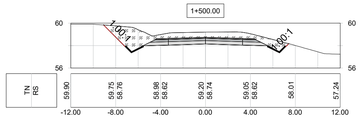


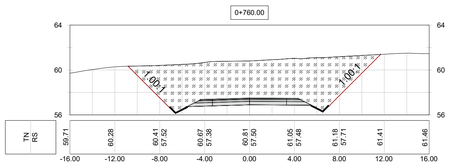


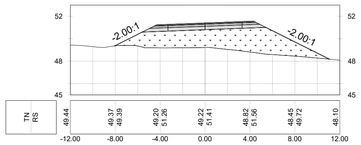


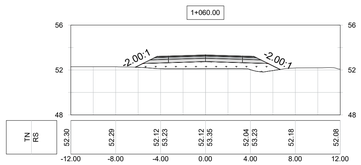


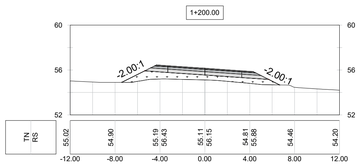


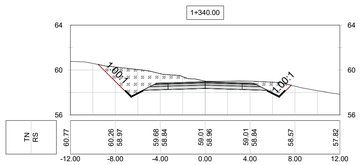


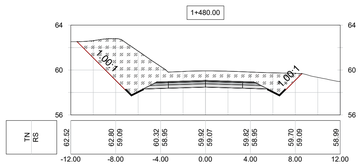


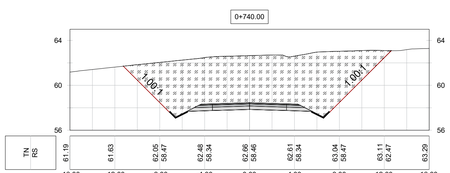


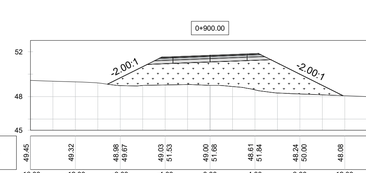


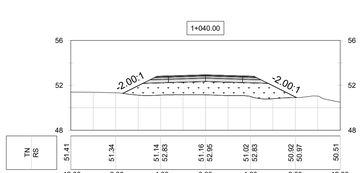


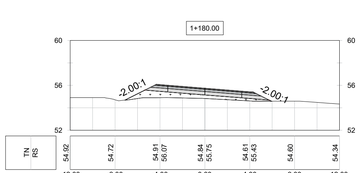


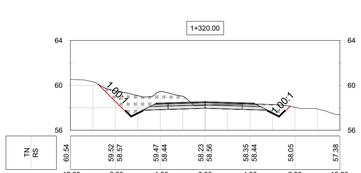


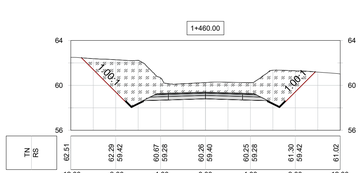


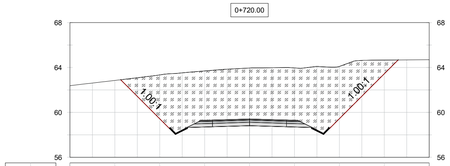


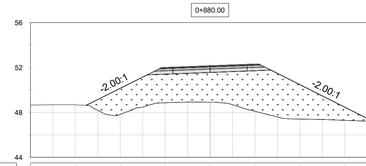


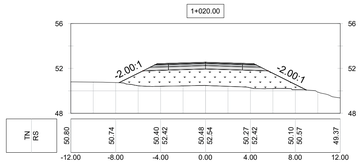


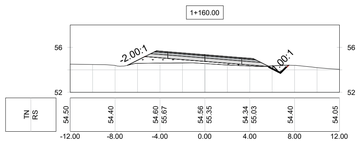


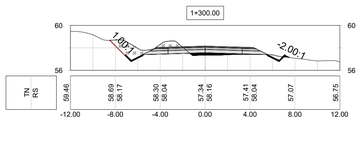


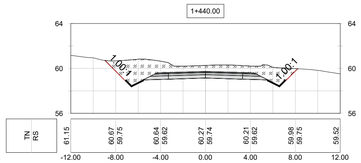


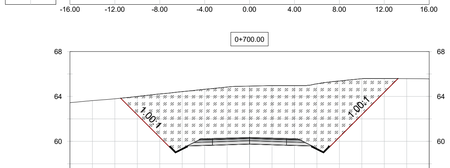


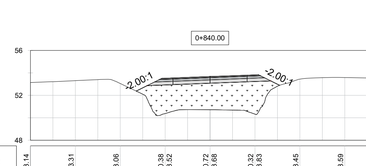


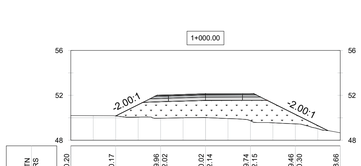


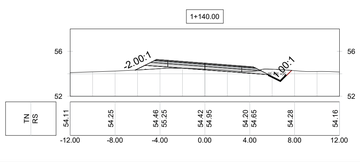












UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 0+700.00 AL 1+540.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

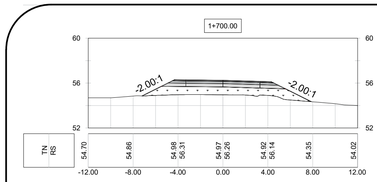
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

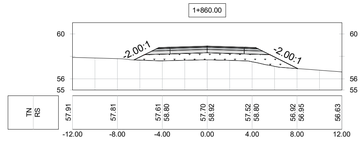
HOJA:

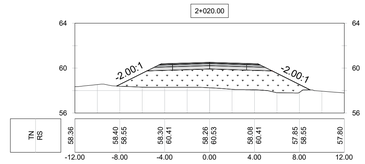
ST - AZCH - 02

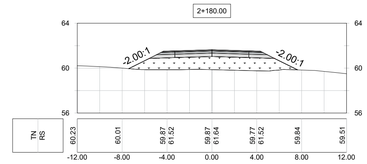
ST - AZCH - 24

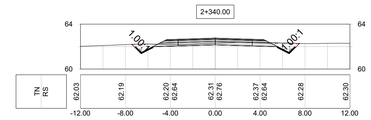
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL

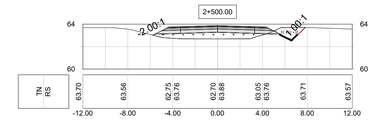


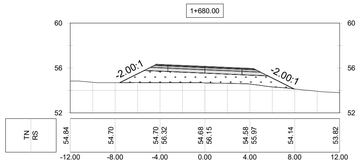


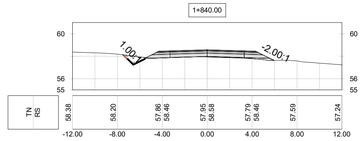


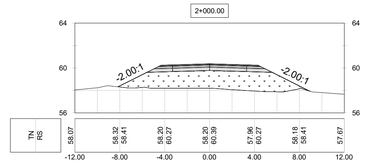


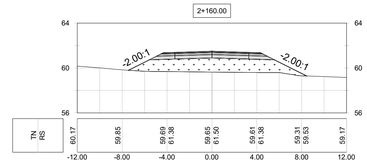


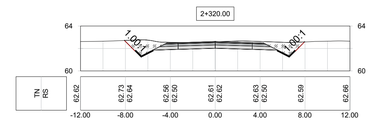


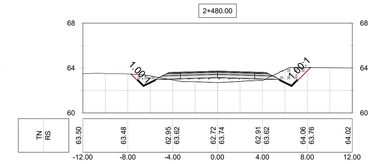


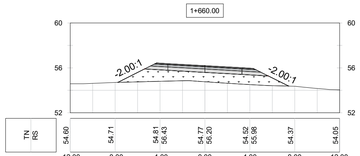


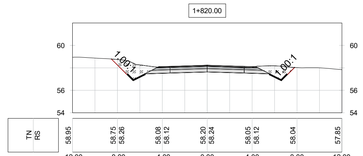


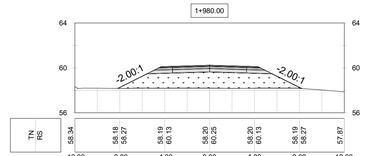


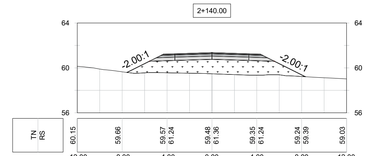


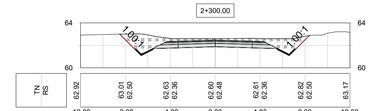


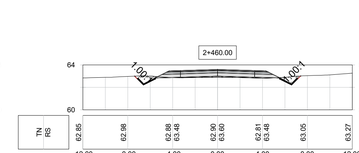


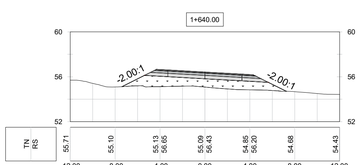


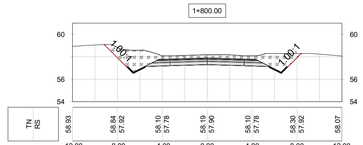


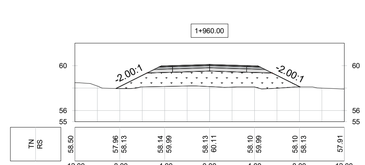


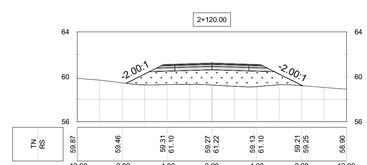


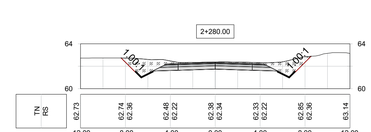


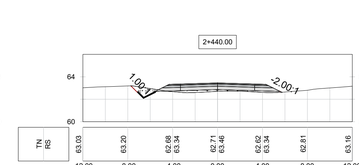


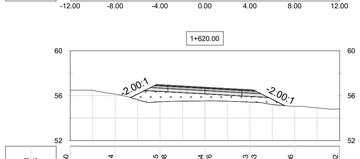


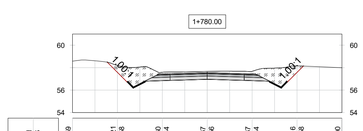


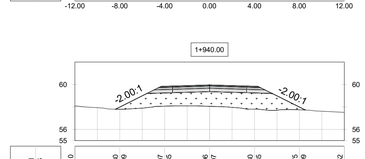


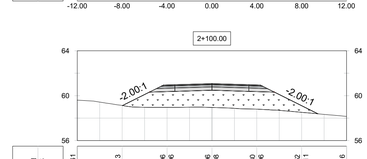


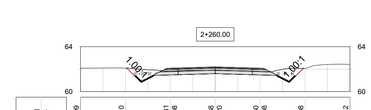


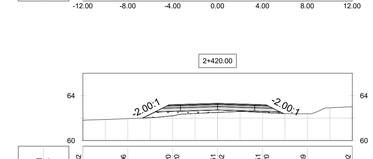


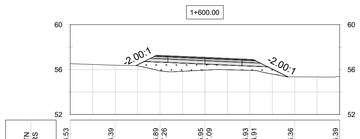


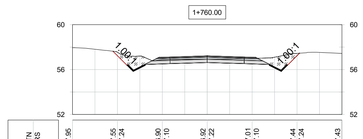


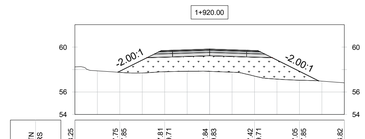


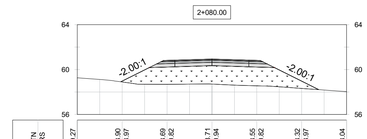


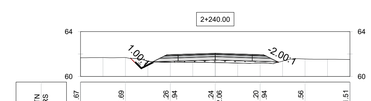


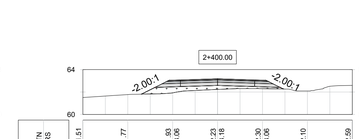


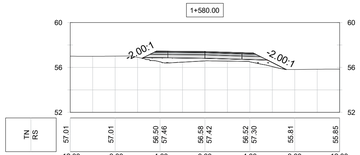


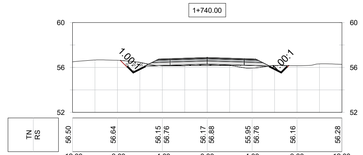


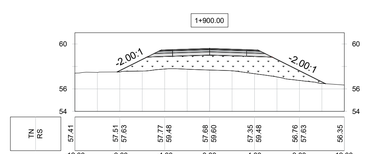


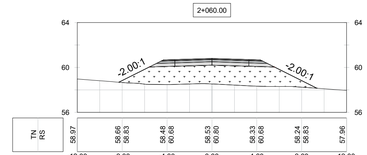












UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 1+560.00 AL 2+500.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

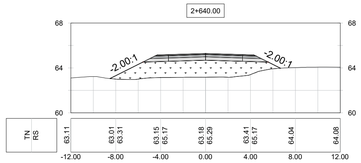
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

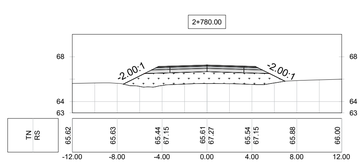
HOJA:

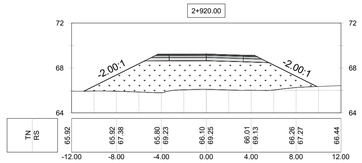
ST - AZCH - 03

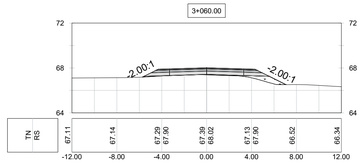
ST - AZCH - 24

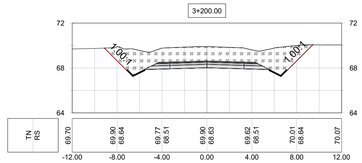
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL

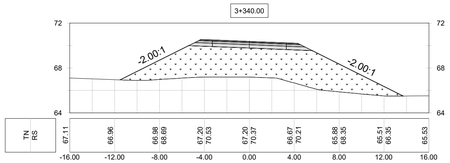


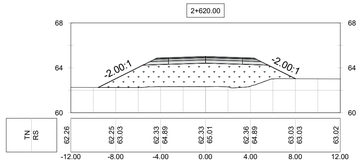


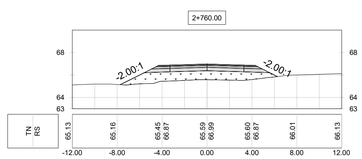


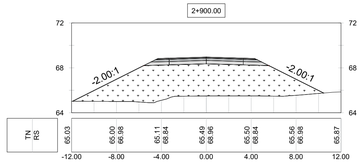


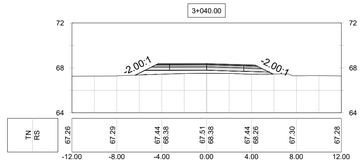


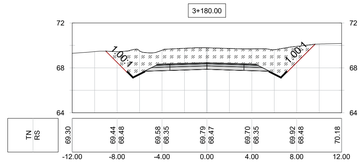


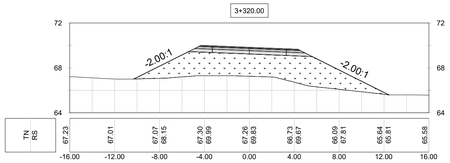


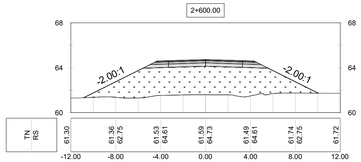


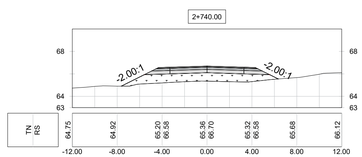


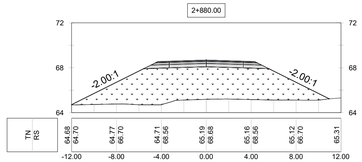


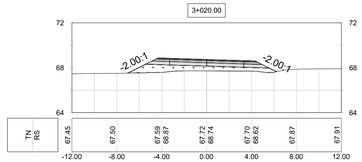


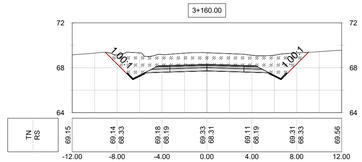


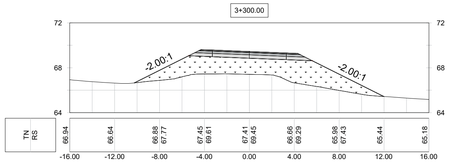


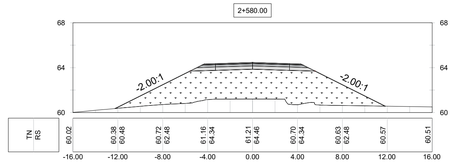


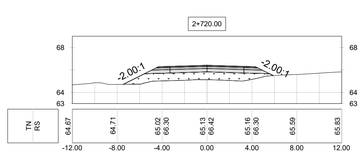


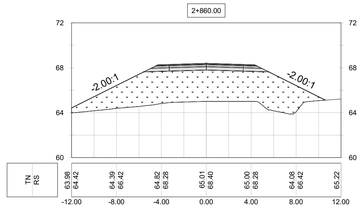


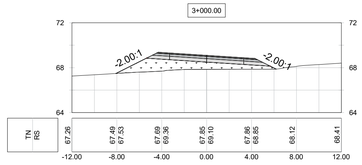


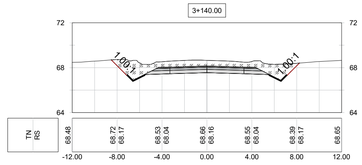


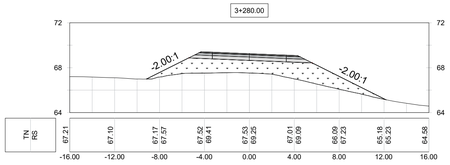


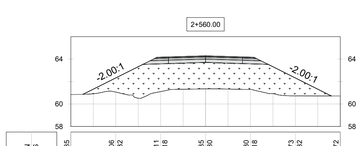


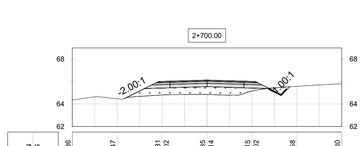


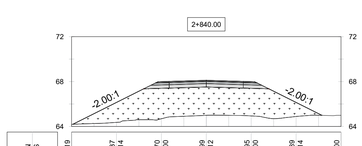


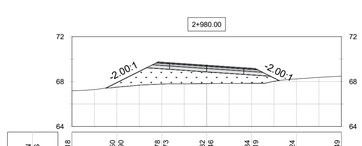


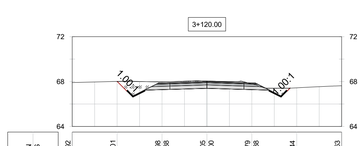


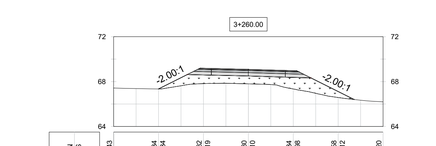


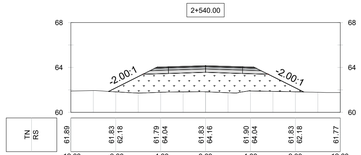


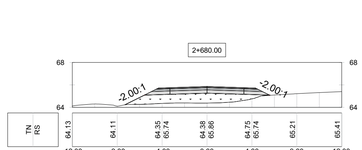


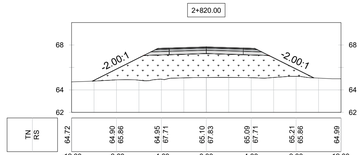


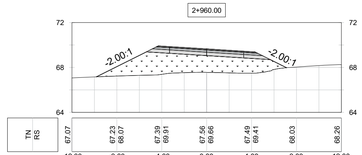


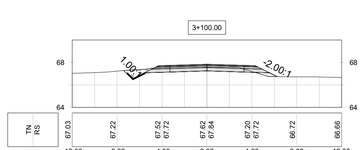


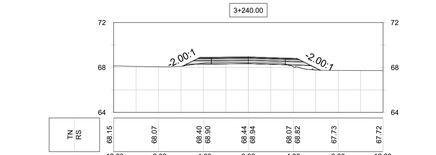


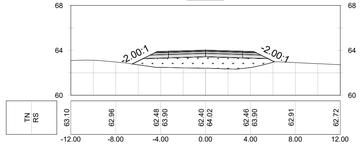


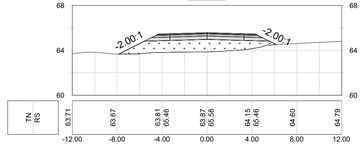


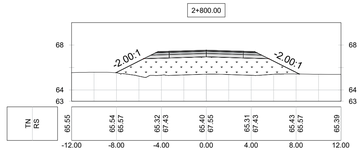


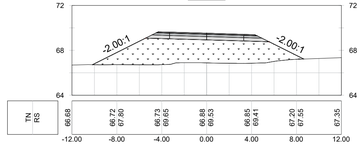












UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 2+520.00 AL 3+340.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

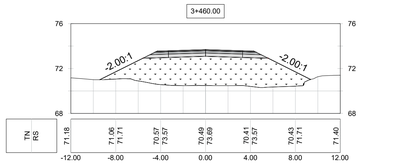
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

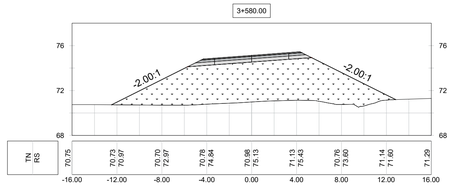
HOJA:

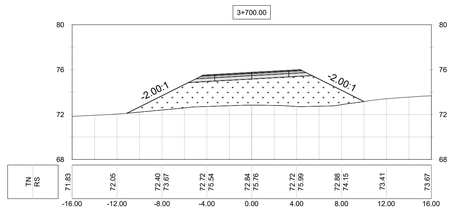
ST - AZCH - 04

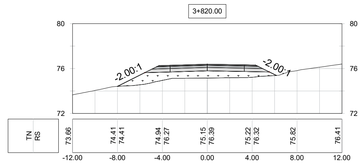
ST - AZCH - 24

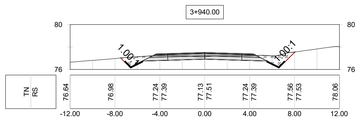
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL

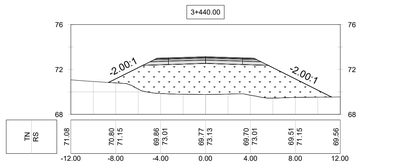


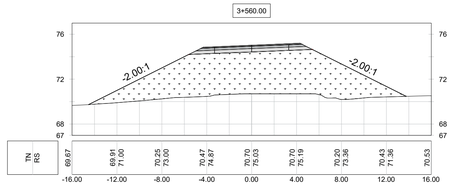


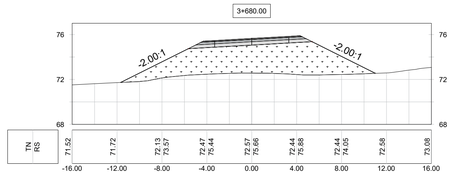


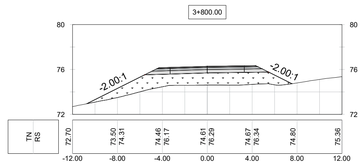


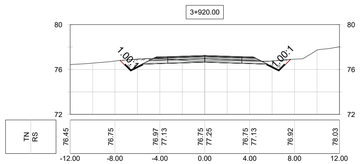


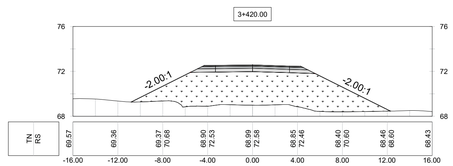


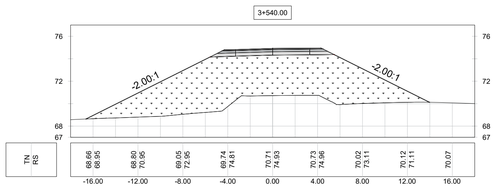


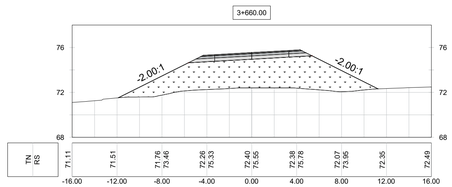


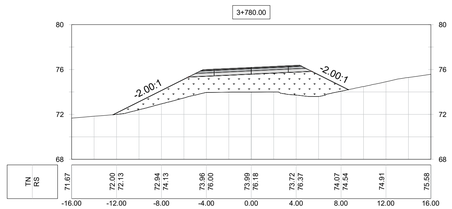


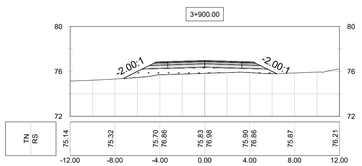


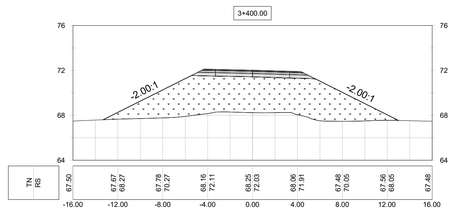


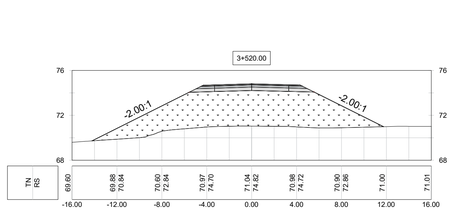


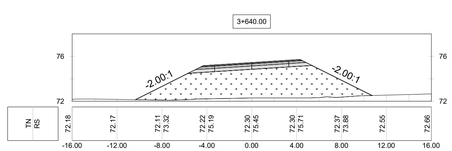


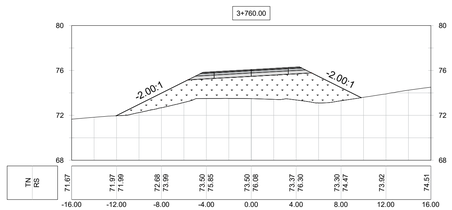


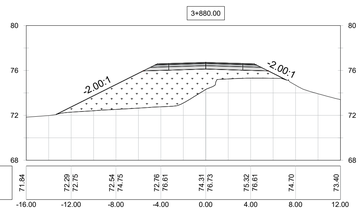


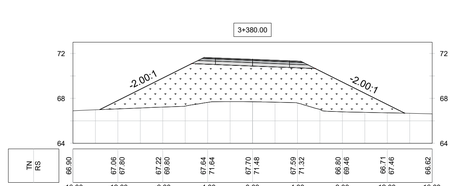


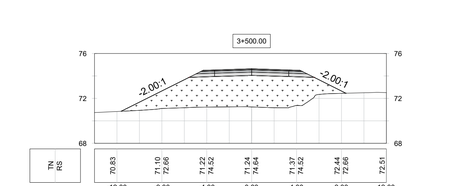


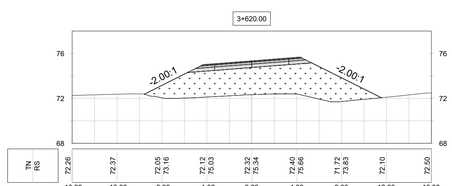


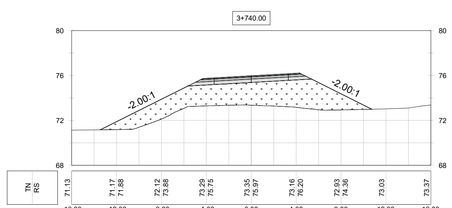


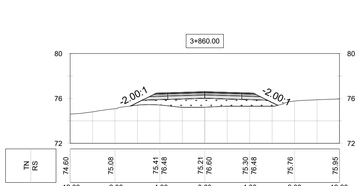


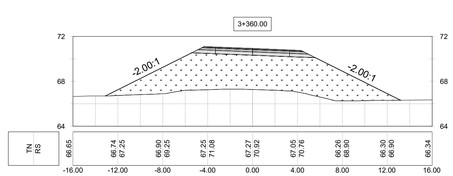


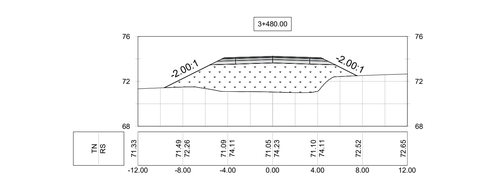


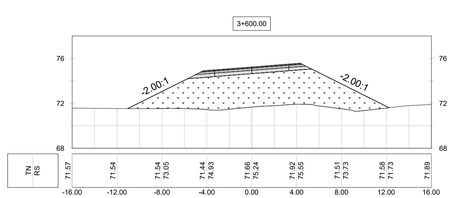


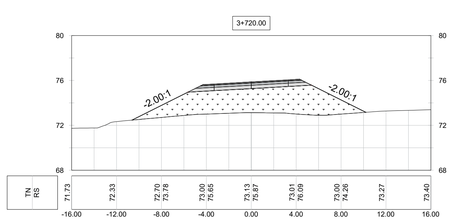


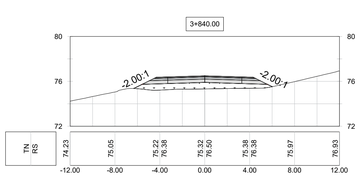












UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 3+360.00 AL 3+940.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

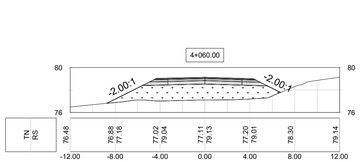
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

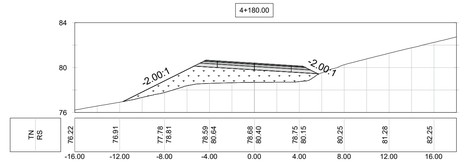
HOJA:

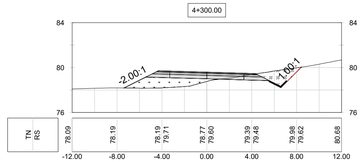
ST - AZCH - 05

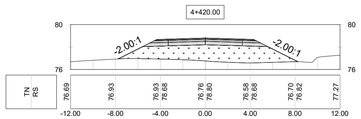
ST - AZCH - 24

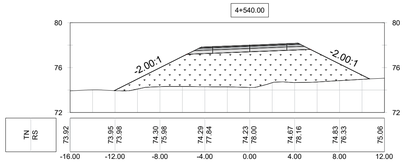
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL

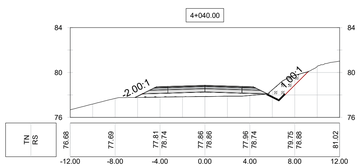


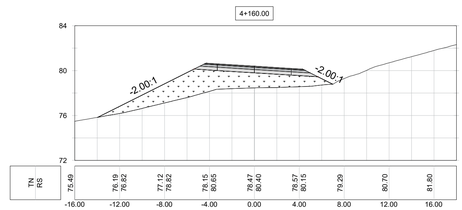


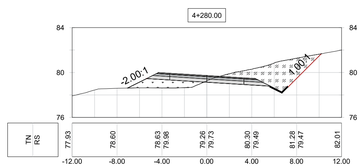


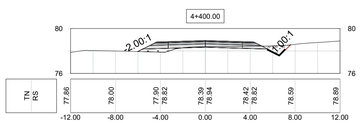


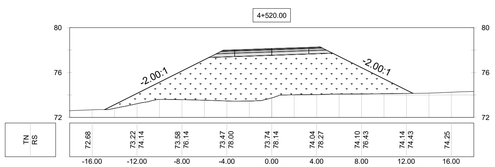


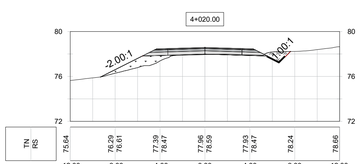


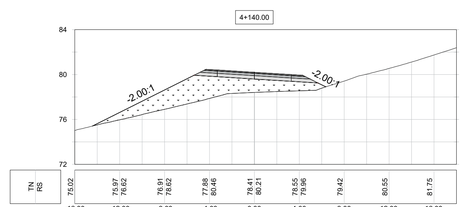


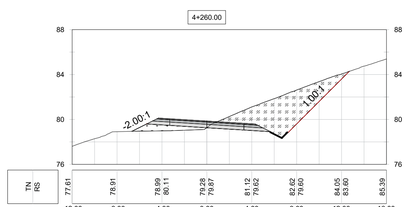


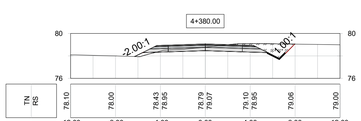


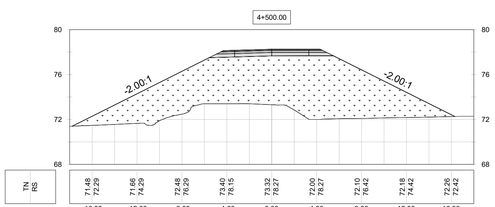


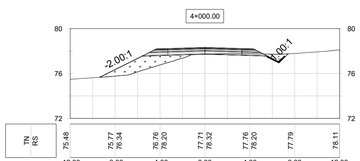


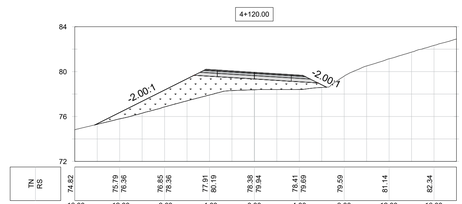


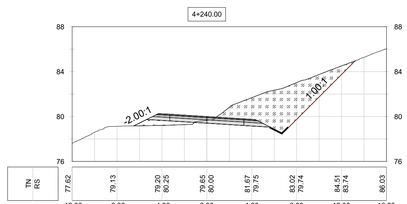


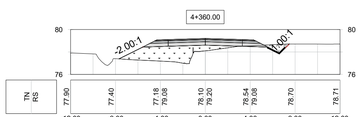


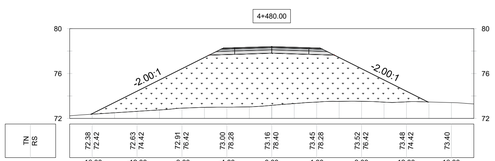


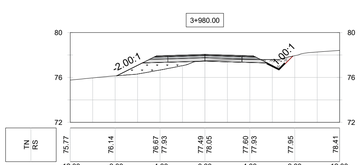


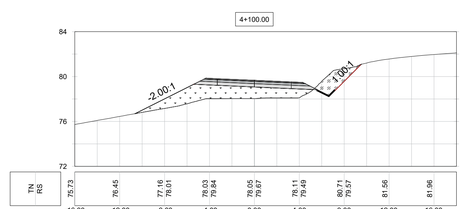


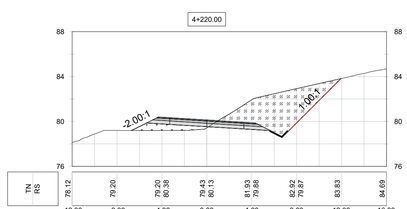


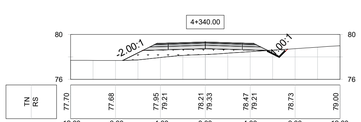


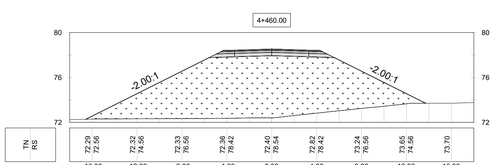


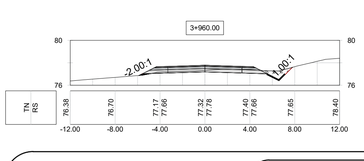


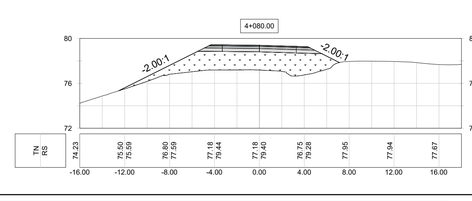


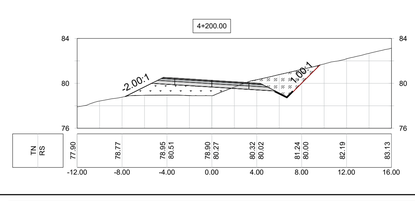


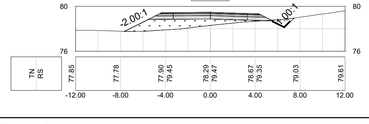


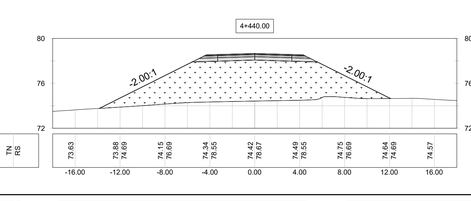












UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 3+960.00 AL 4+540.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

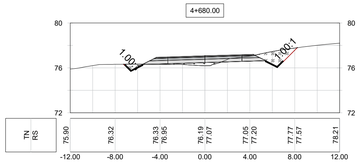
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

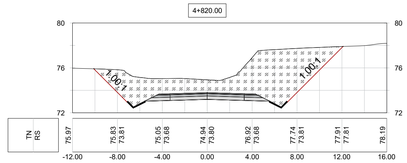
HOJA:

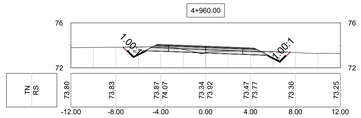
ST - AZCH - 06

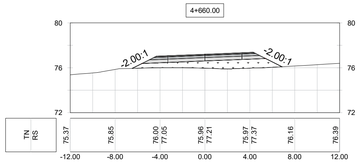
ST - AZCH - 24

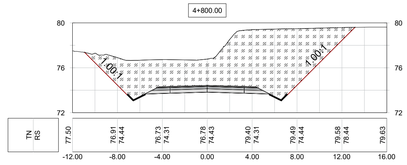
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL

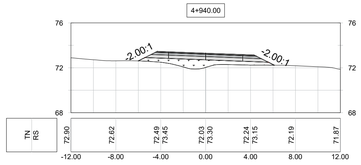


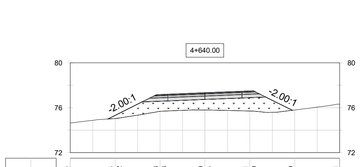


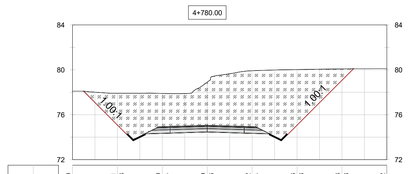


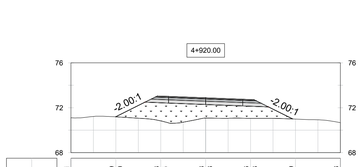


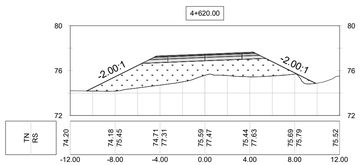


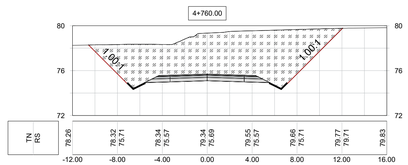


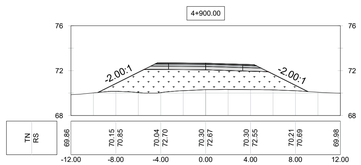


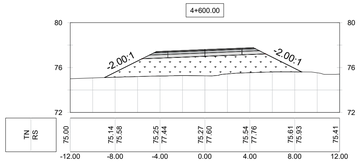


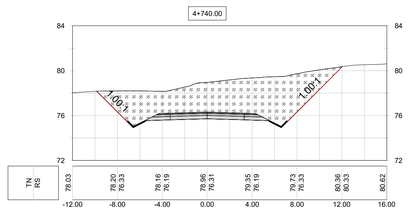


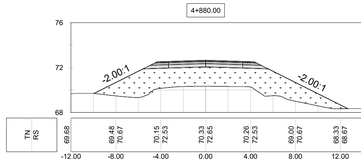


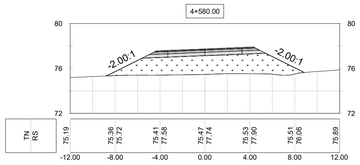


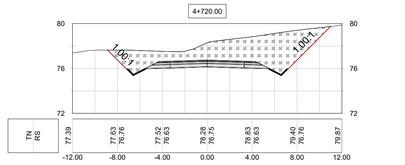


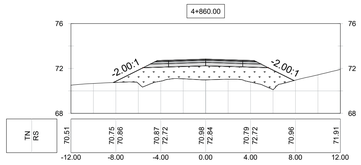


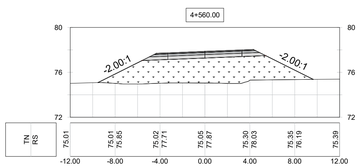


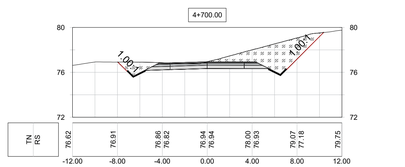


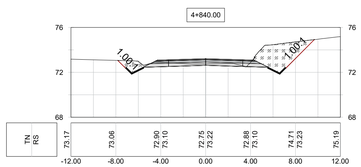


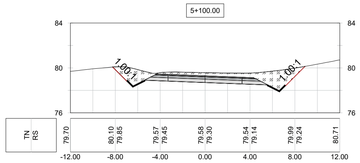


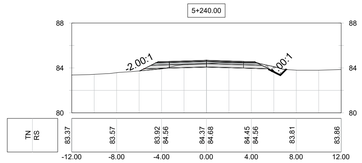


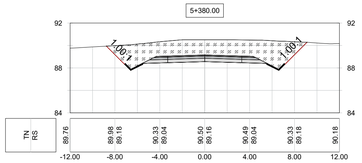


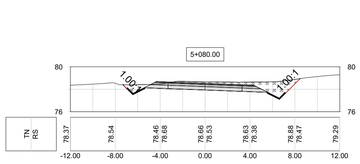


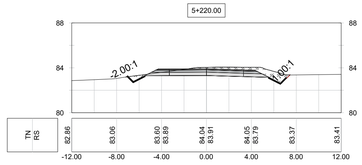


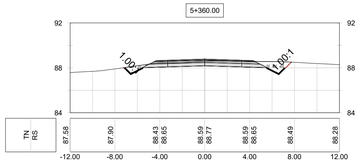


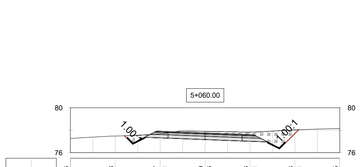


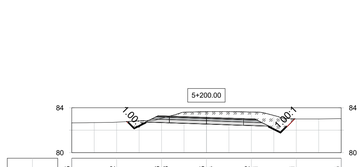


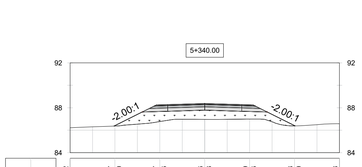


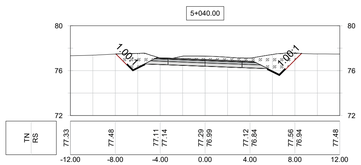


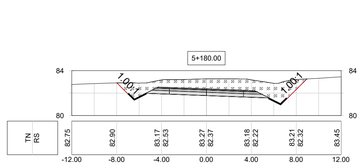


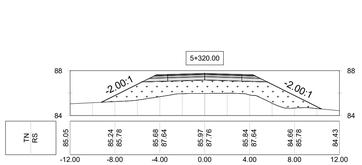


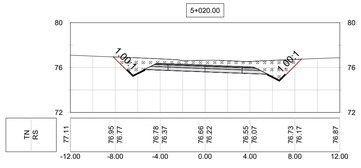


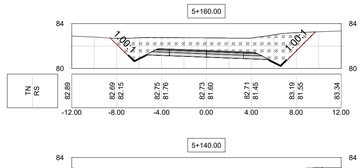


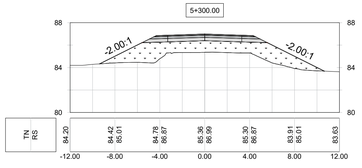


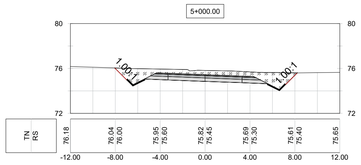


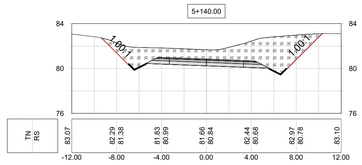


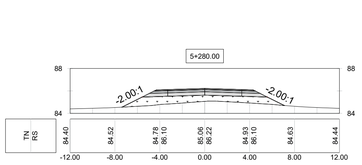


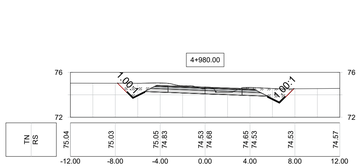












UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 4+560.00 AL 5+380.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

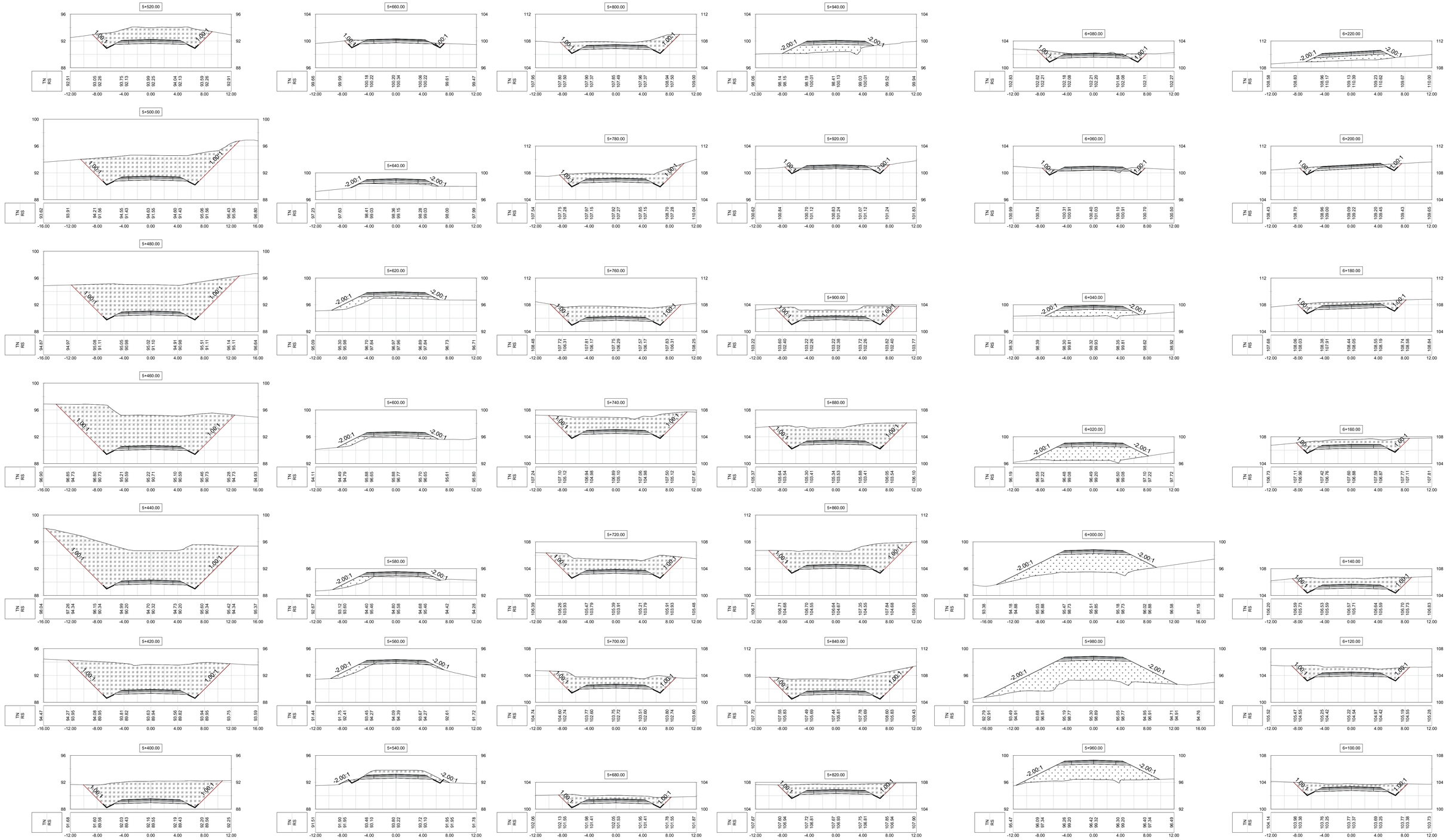
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

ST - AZCH - 07

ST - AZCH - 24

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 5+400.00 AL 6+220.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

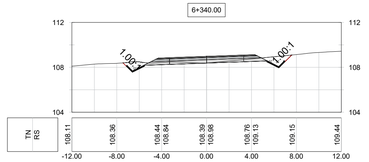
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

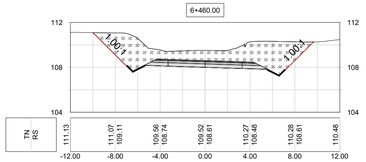
HOJA:

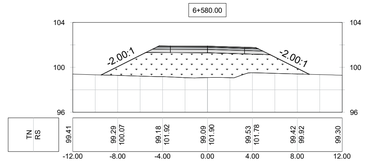
ST - AZCH - 08

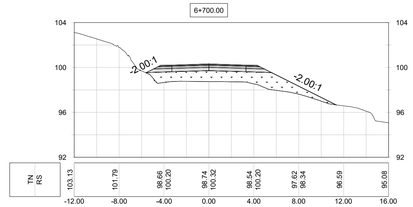
ST - AZCH - 24

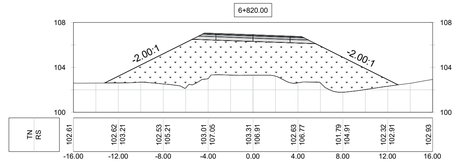
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL

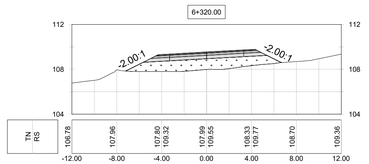


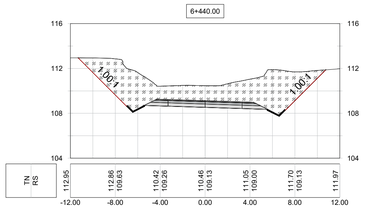


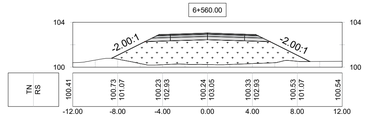


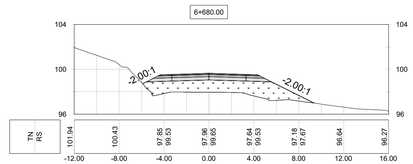


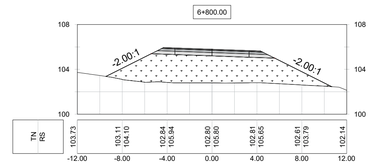


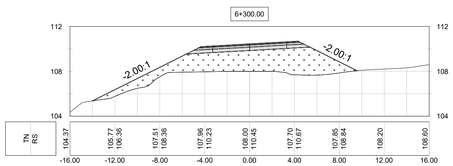


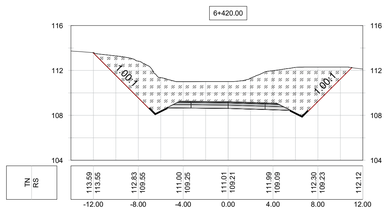


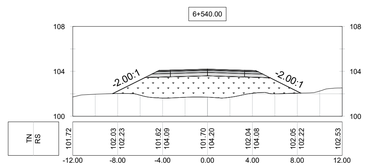


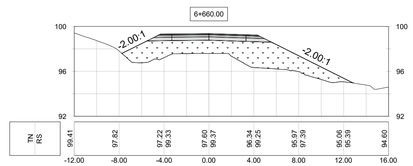


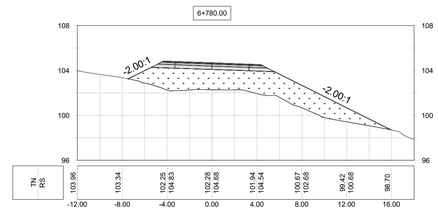


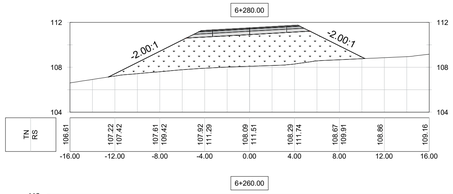


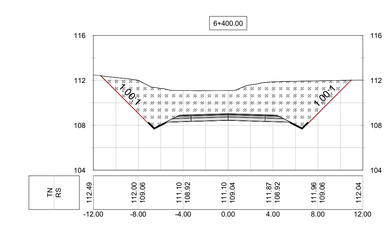


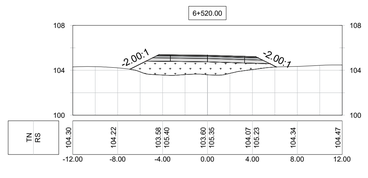


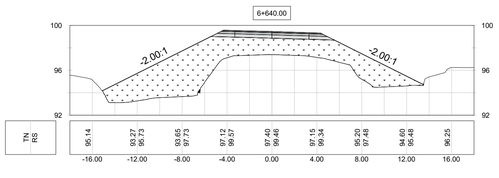


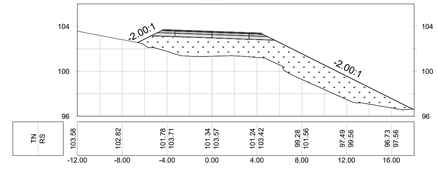


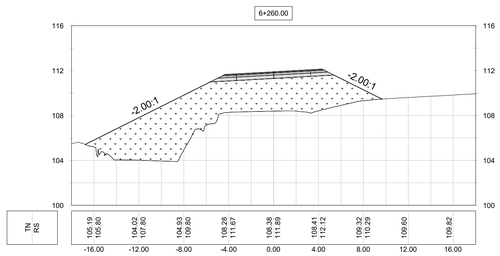


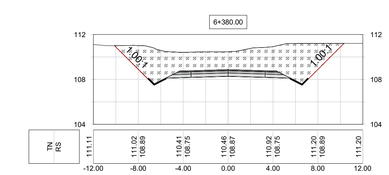


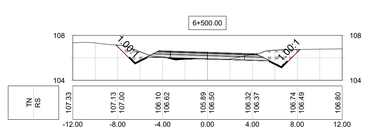


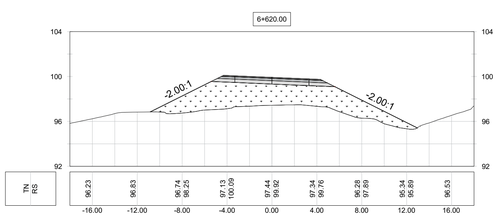


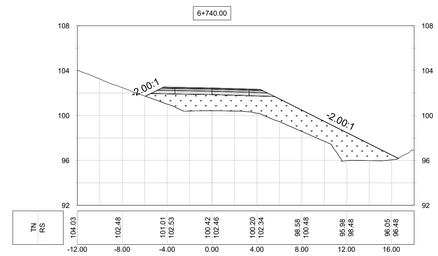


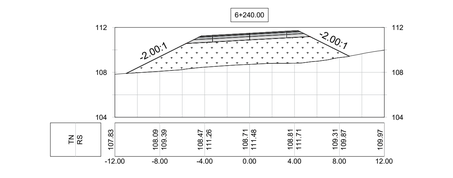


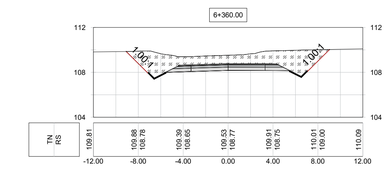


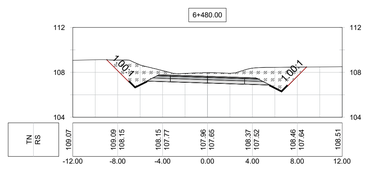


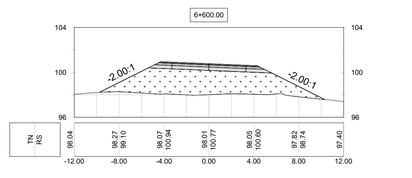


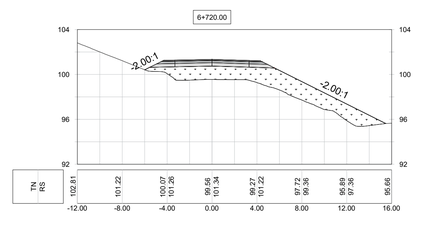












UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 6+240.00 AL 6+820.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

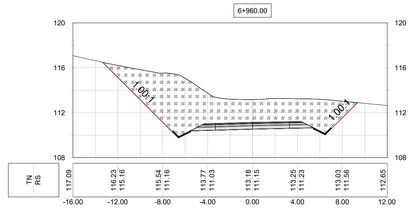
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

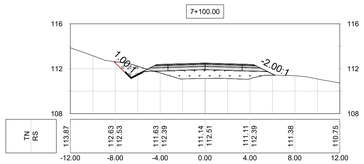
HOJA:

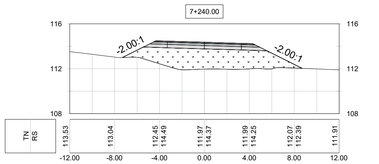
ST - AZCH - 09

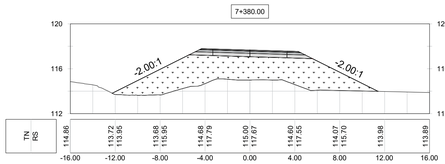
ST - AZCH - 24

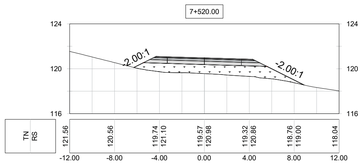
REPÚBLICA DE NICARAGUA
AMERICA CENTRAL

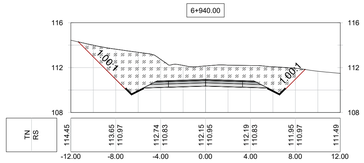


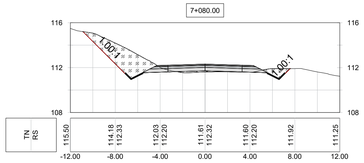


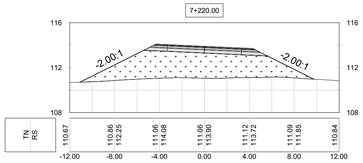


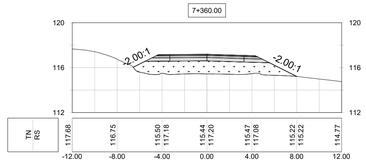


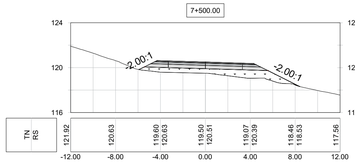


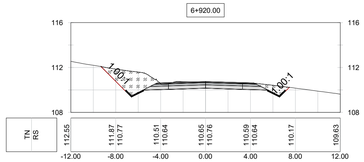


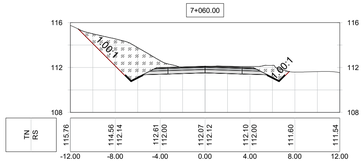


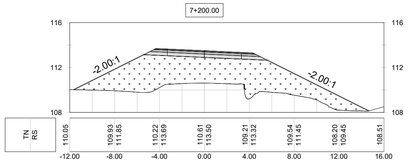


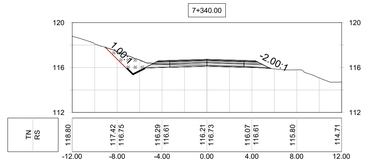


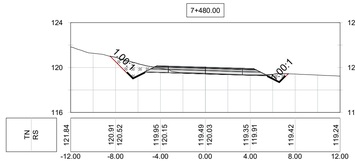


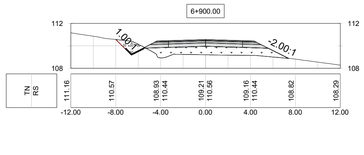


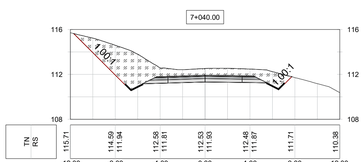


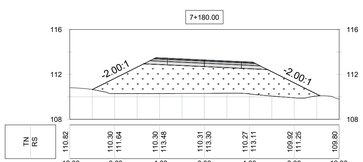


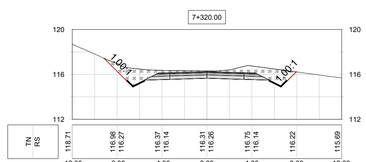


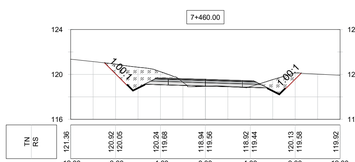


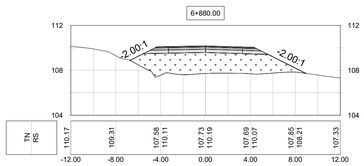


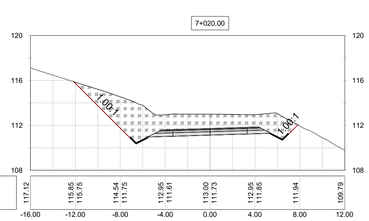


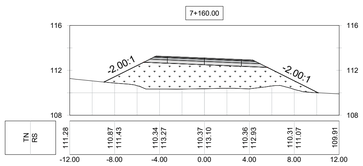


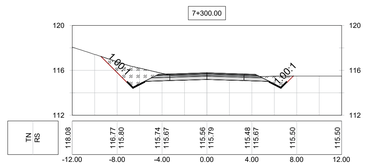


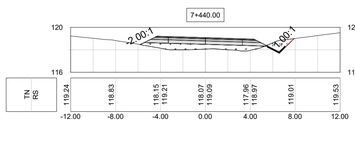


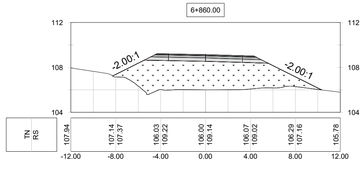


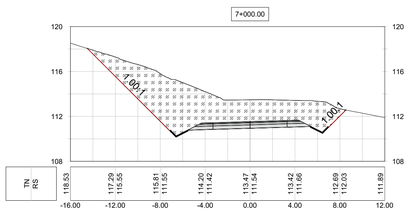


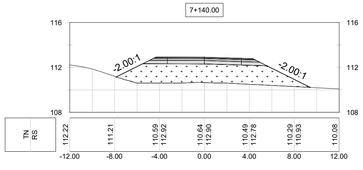


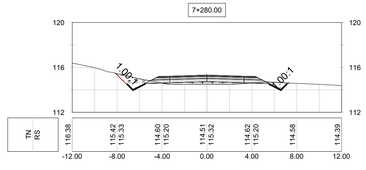


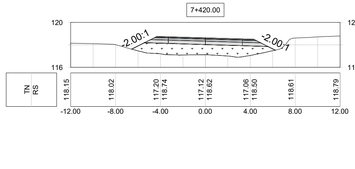


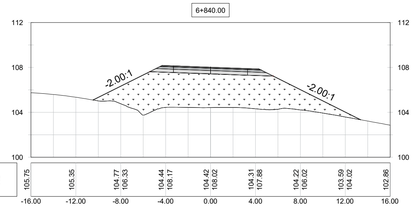


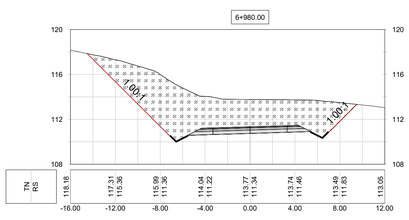


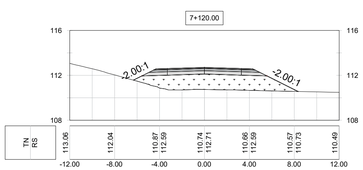


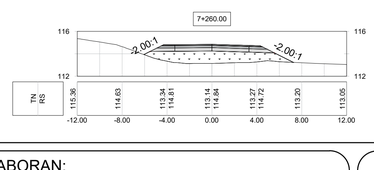


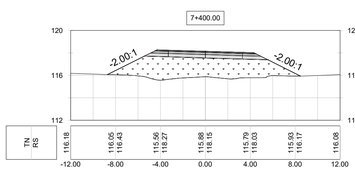












UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 6+840.00 AL 7+520.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

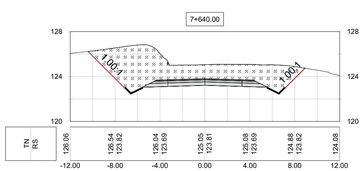
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

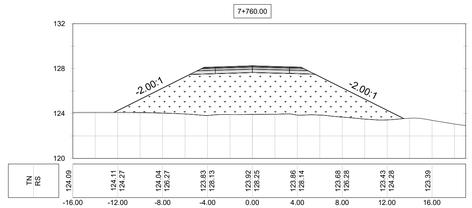
HOJA:

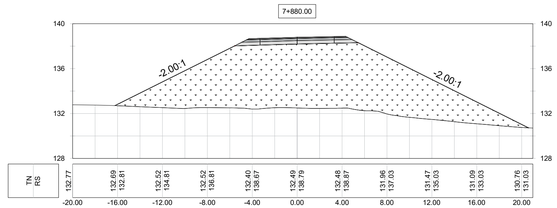
ST - AZCH - 10

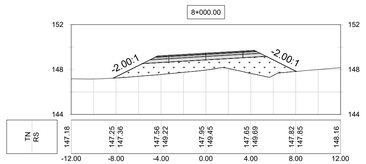
ST - AZCH - 24

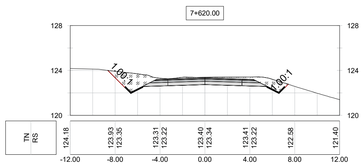
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL

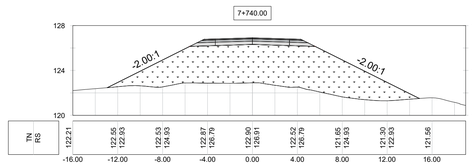


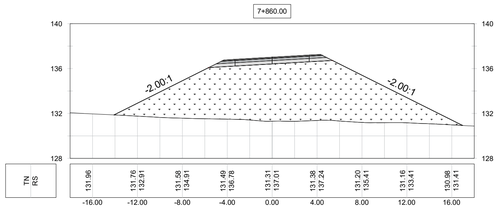


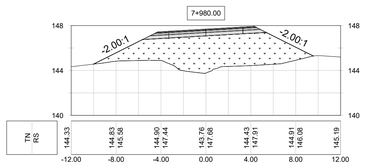


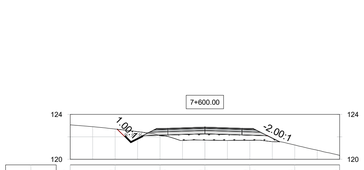


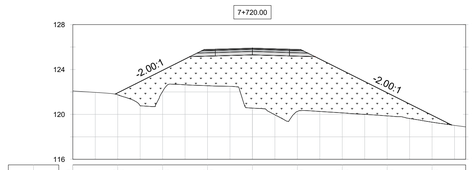


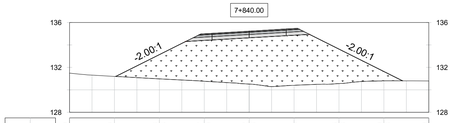


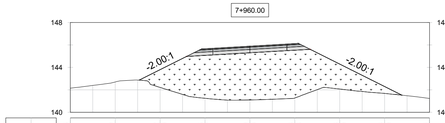


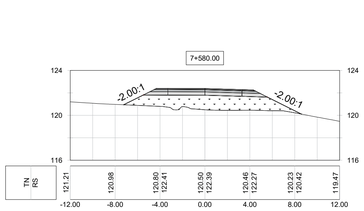


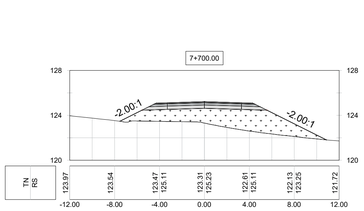


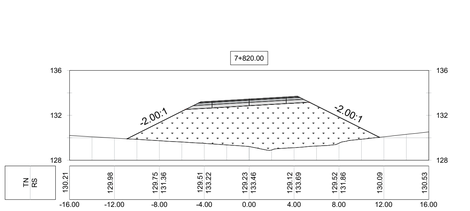


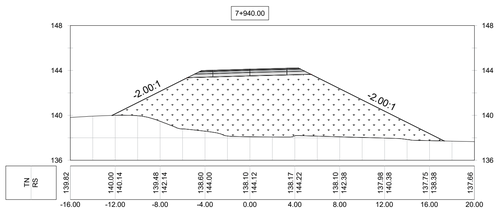


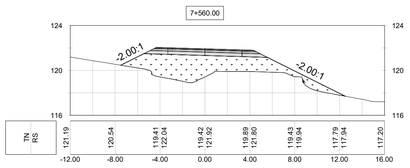


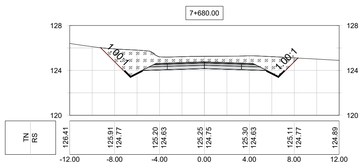


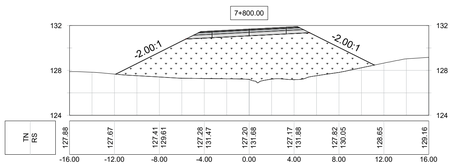


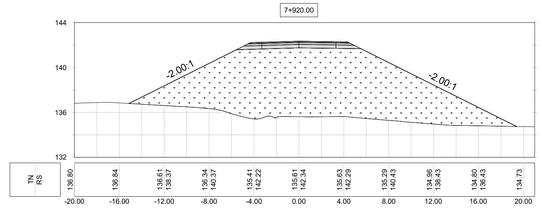


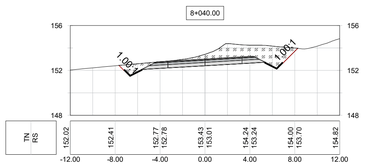


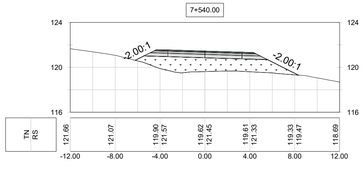


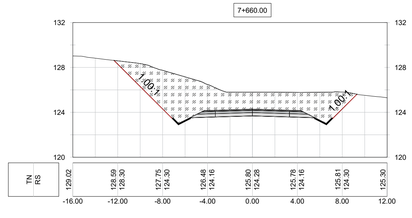


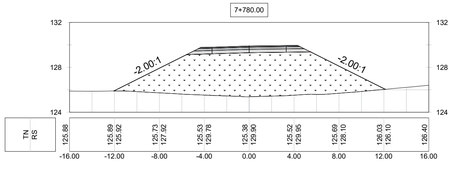


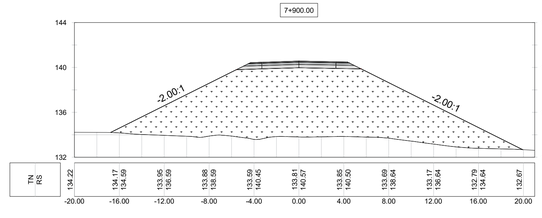


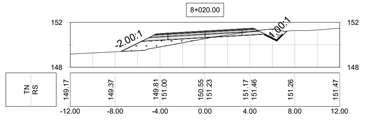












UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 7+540.00 AL 8+040.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

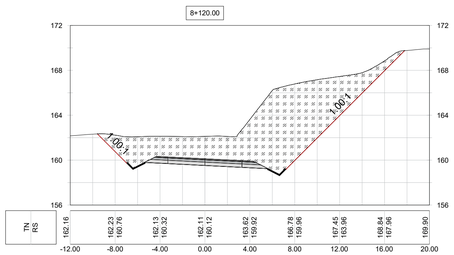
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

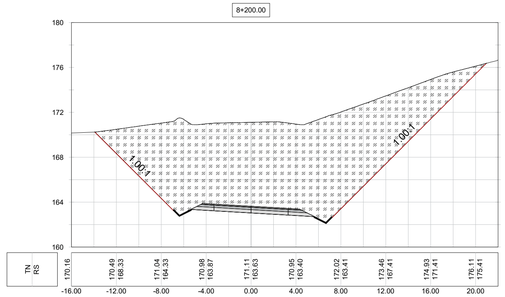
HOJA:

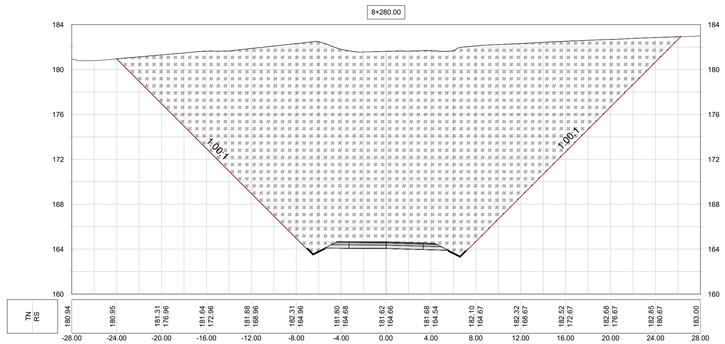
ST - AZCH - 11

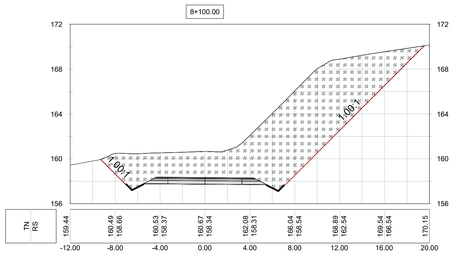
ST - AZCH - 24

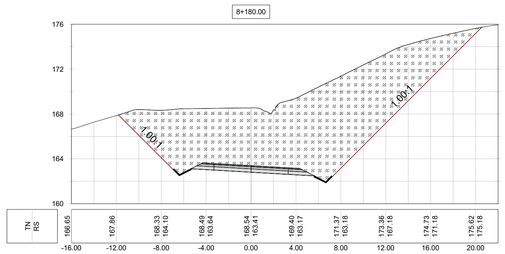
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL

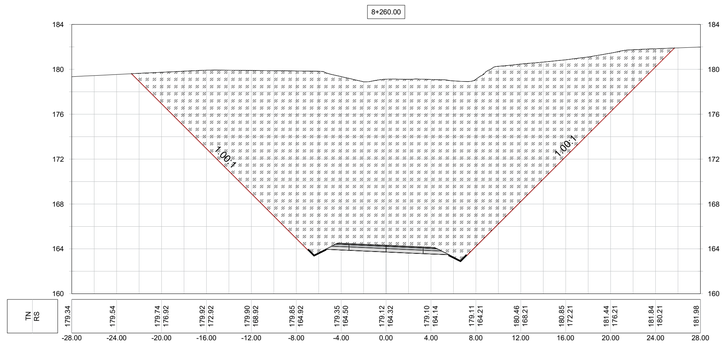


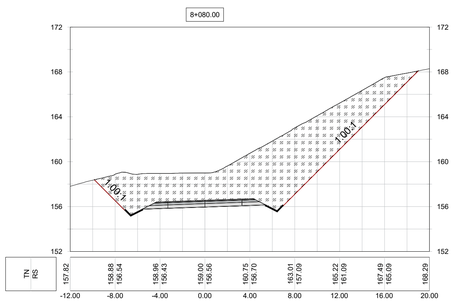


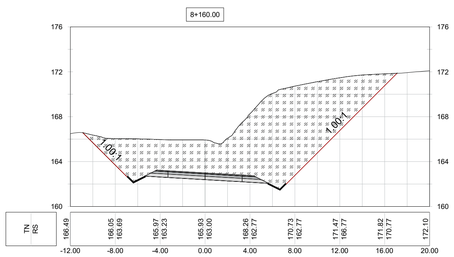


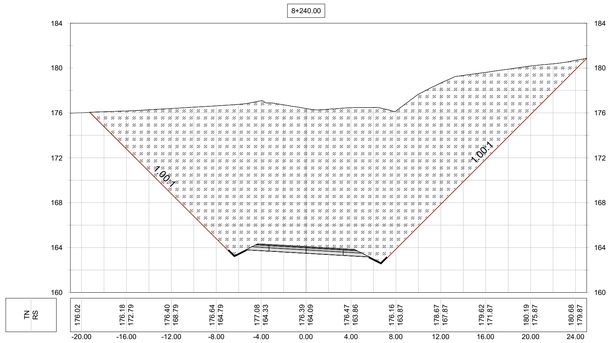


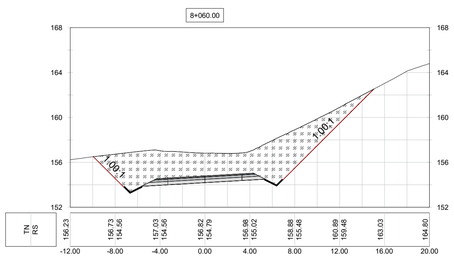


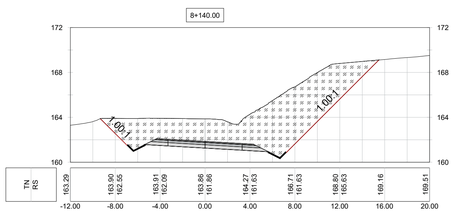


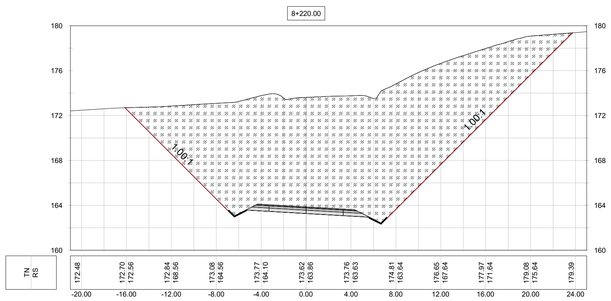












UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 8+060.00 AL 8+280.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

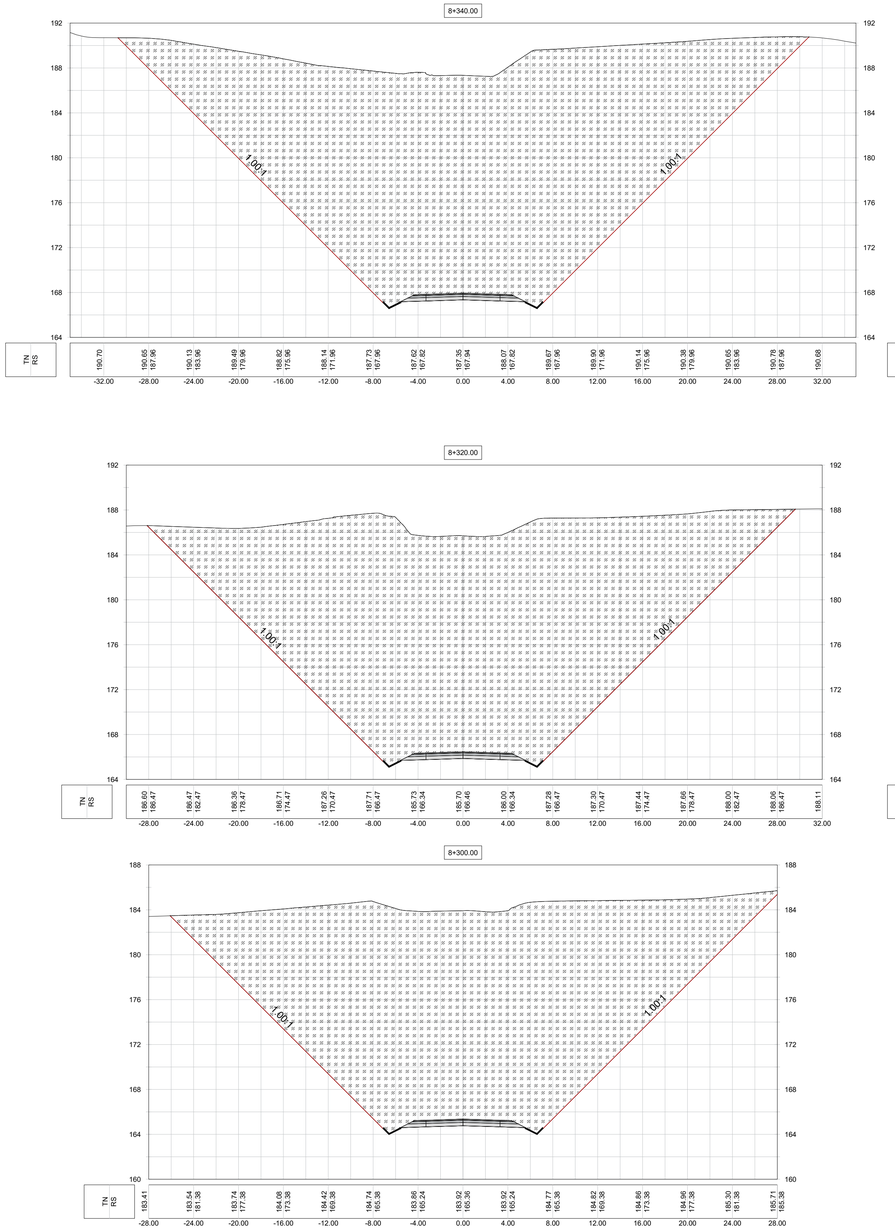
ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

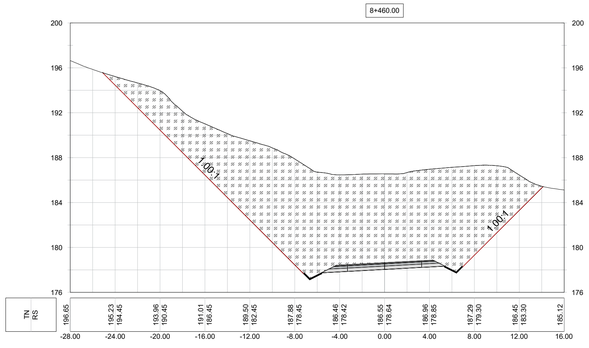
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

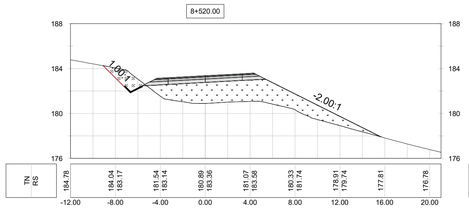
HOJA: ST - AZCH - 12 / ST - AZCH - 24

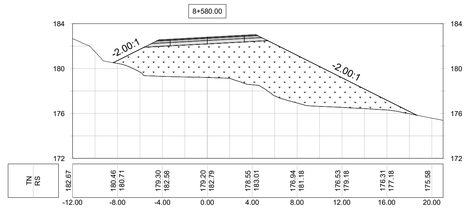
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL

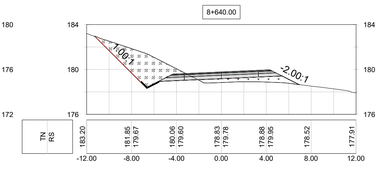


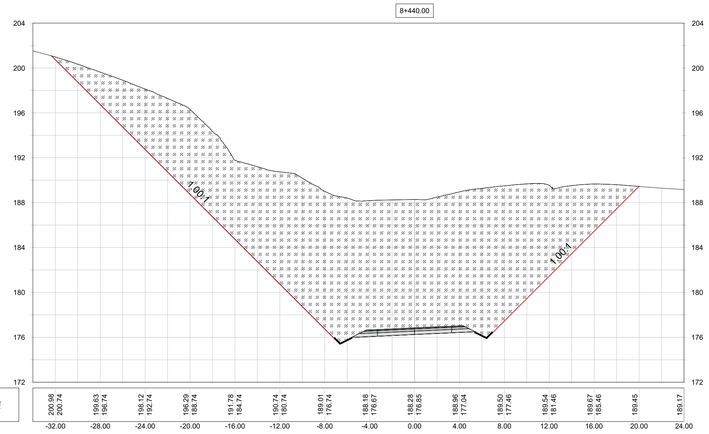
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	CONTENIDO:	ELABORAN:	ESCALA: 1:250	HOJA:
TÍTULO DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.	CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 8+300.00 AL 8+400.00	Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN REVISA: Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA	FECHA: 6 - AGOSTO - 2024 LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA	ST - AZCH - 13 / ST - AZCH - 24

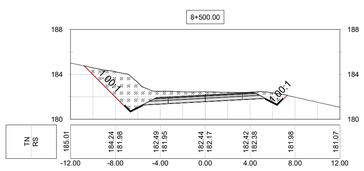


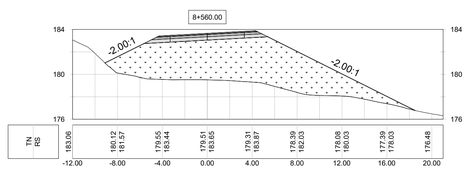


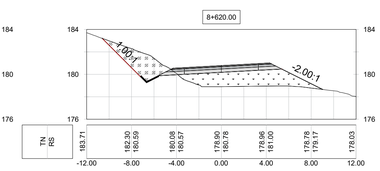


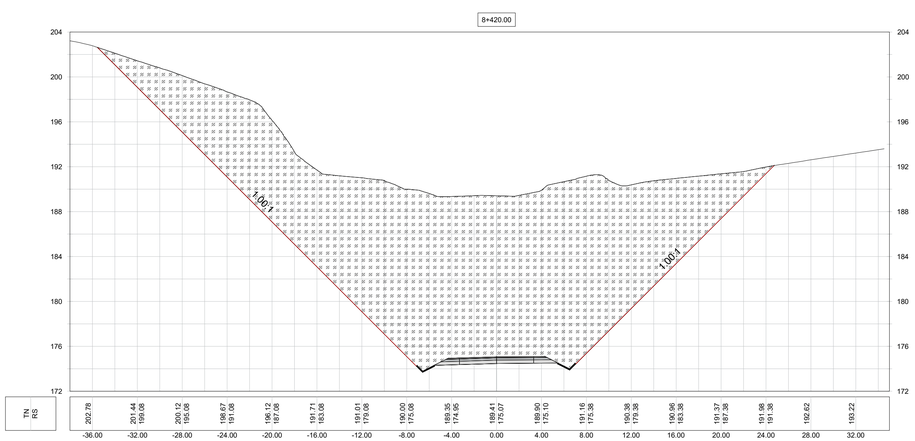


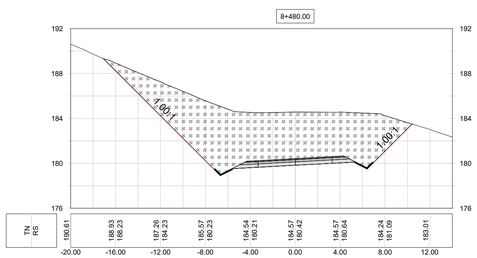


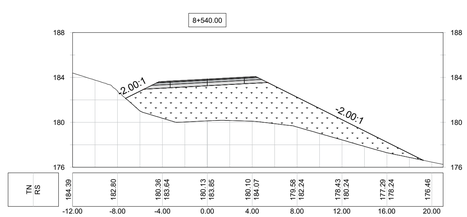


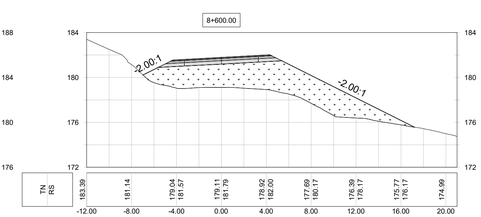












UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 8+420.00 AL 8+640.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

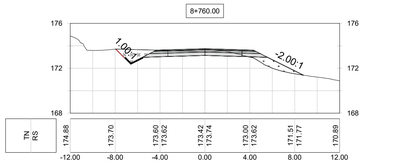
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

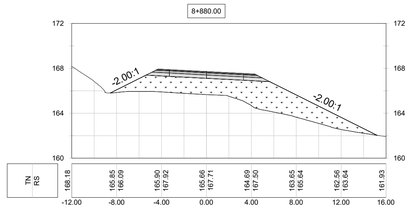
HOJA:

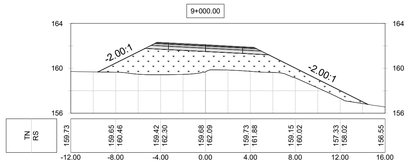
ST - AZCH - 14

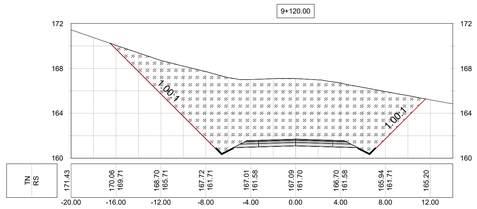
ST - AZCH - 24

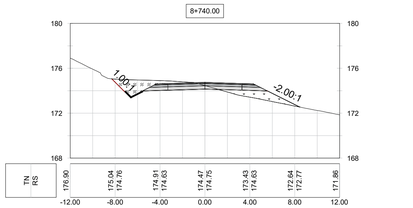
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL

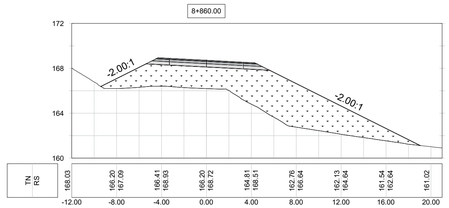


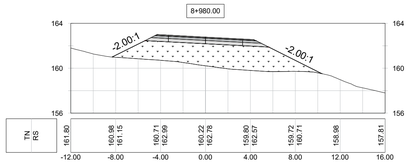


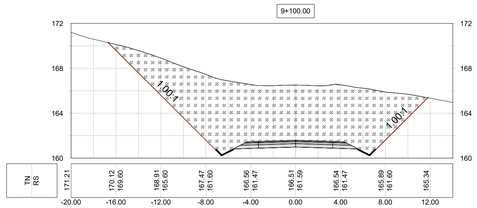


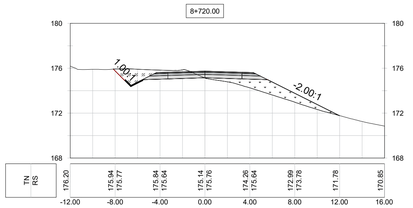


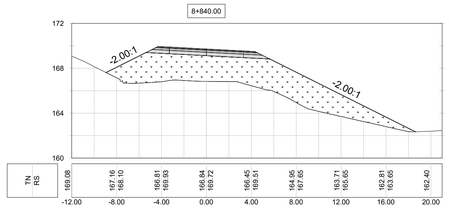


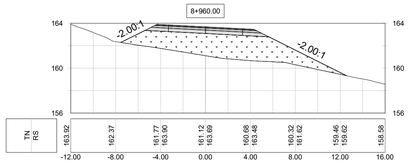


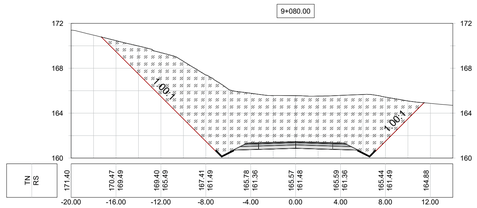


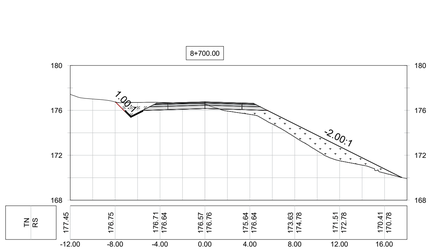


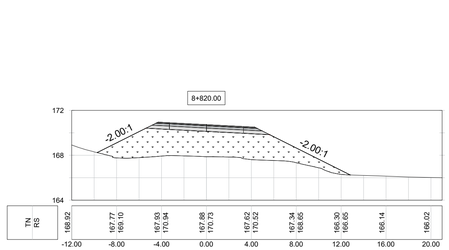


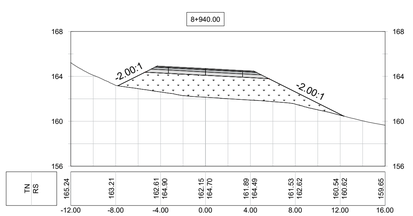


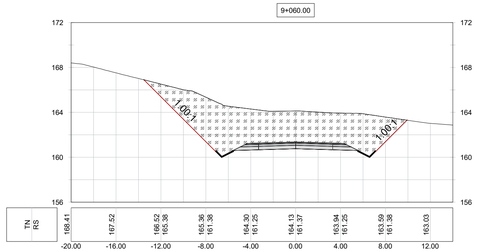


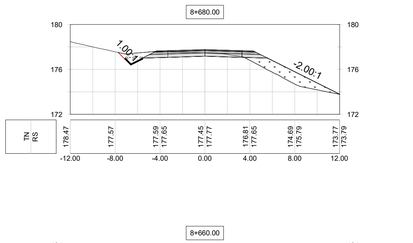


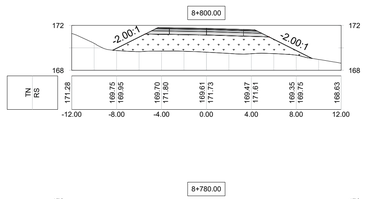


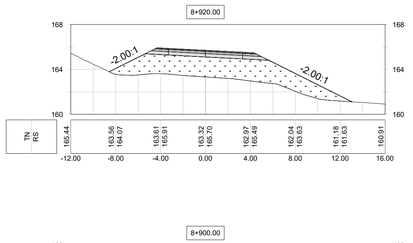


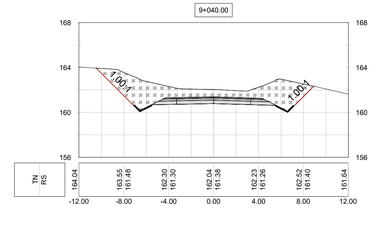


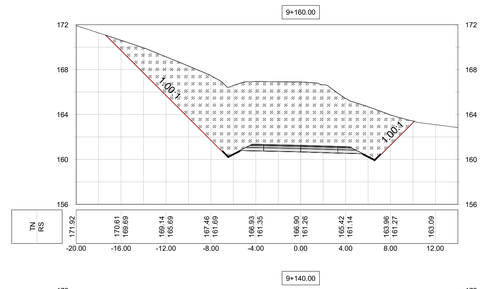


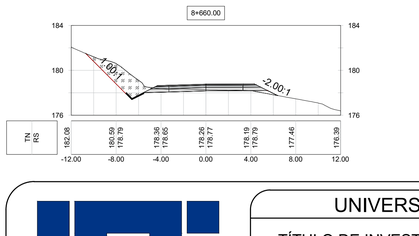


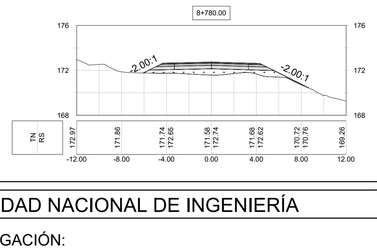


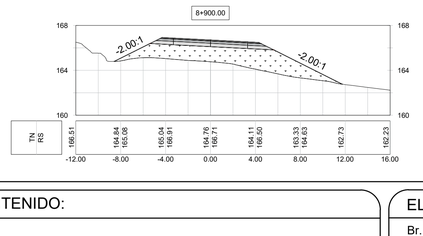


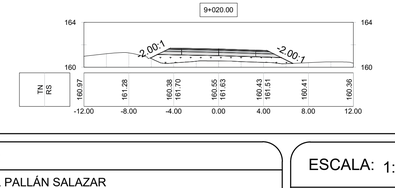


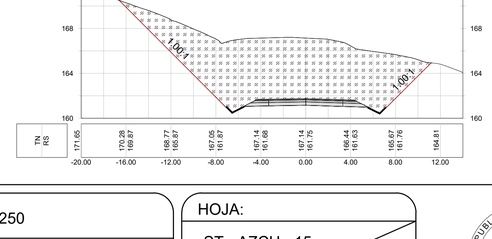












UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 8+660.00 AL 9+160.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

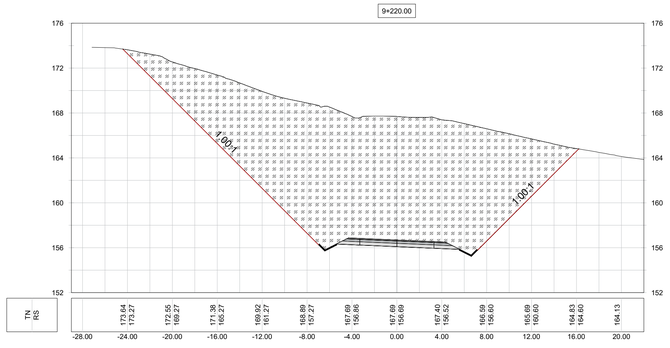
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

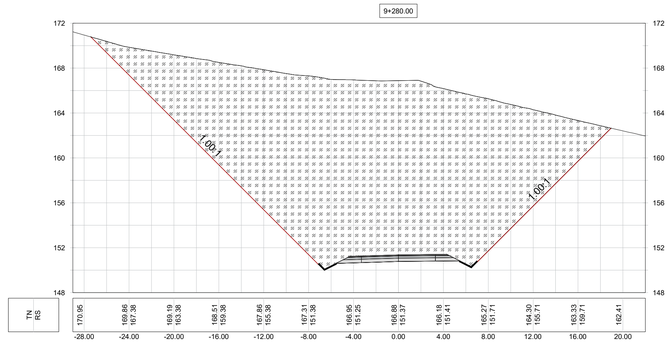
HOJA:

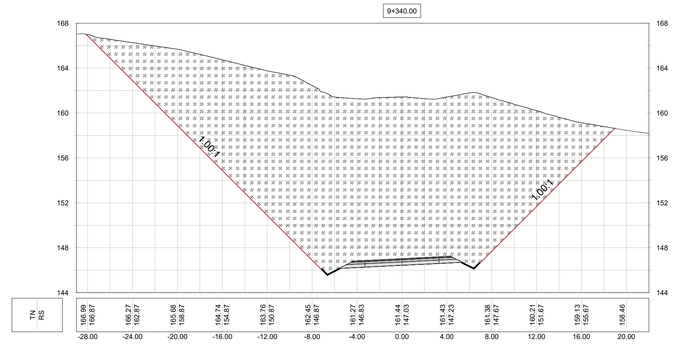
ST - AZCH - 15

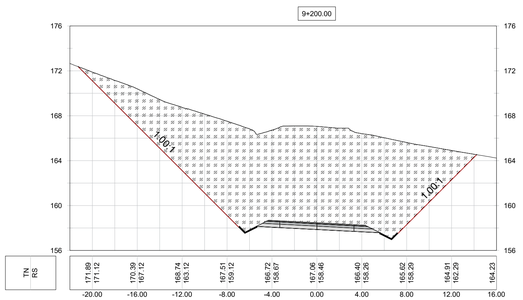
ST - AZCH - 24

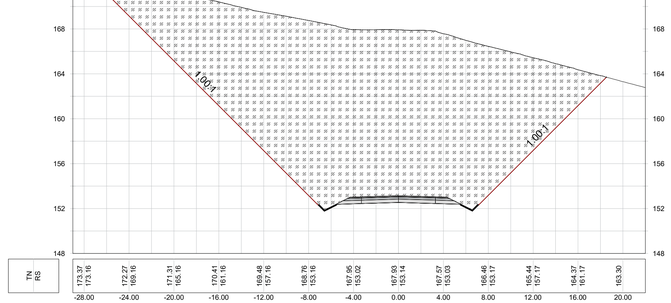
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL

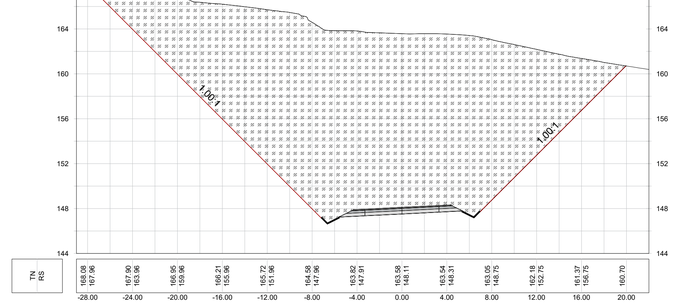


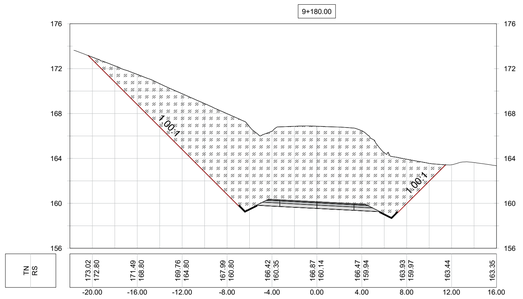


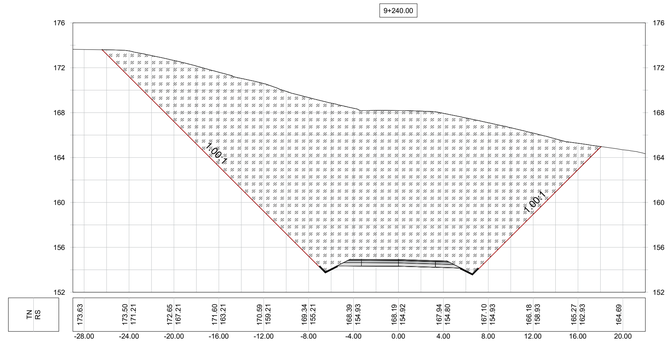


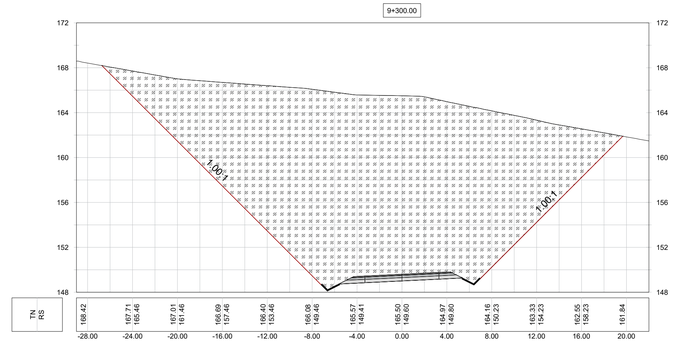












UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 9+180.00 AL 9+340.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

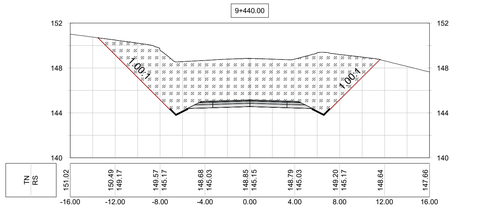
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

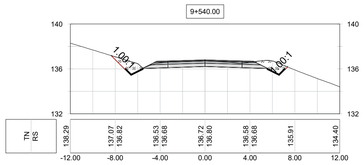
HOJA:

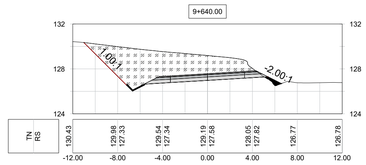
ST - AZCH - 16

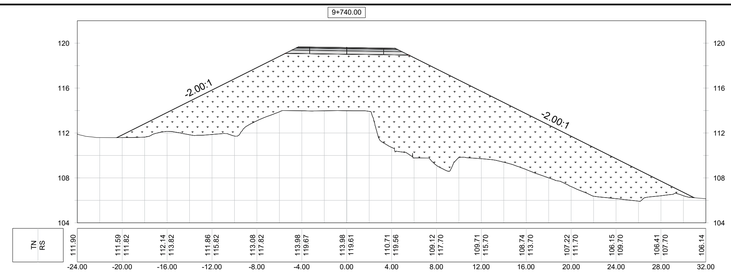
ST - AZCH - 24

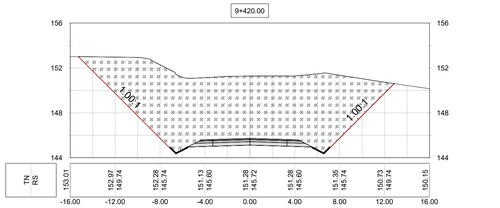
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMERICA CENTRAL

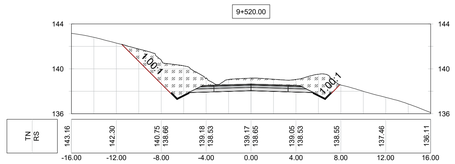


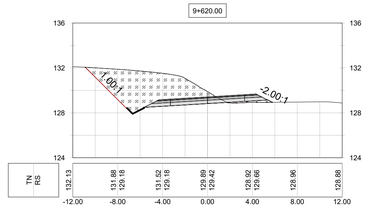


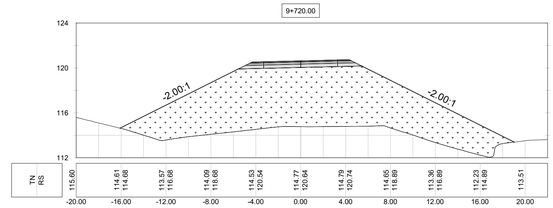


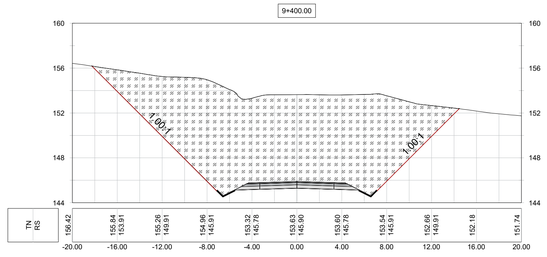


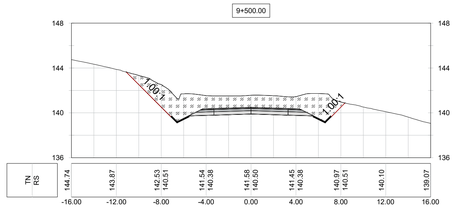


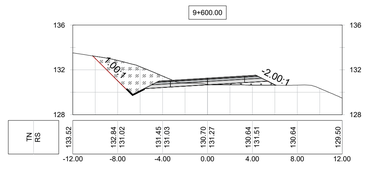


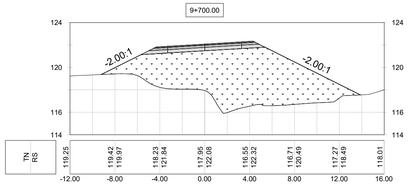


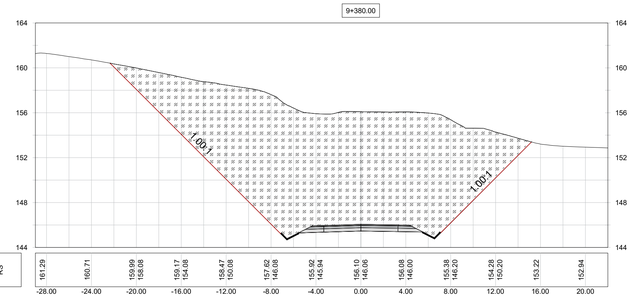


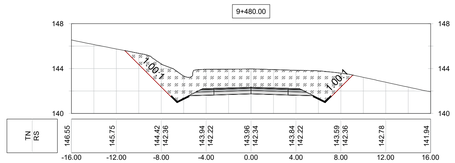


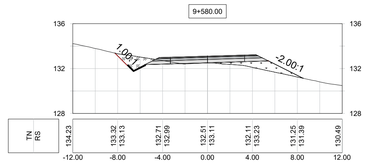


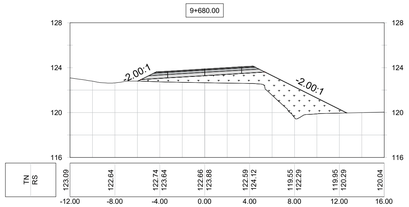


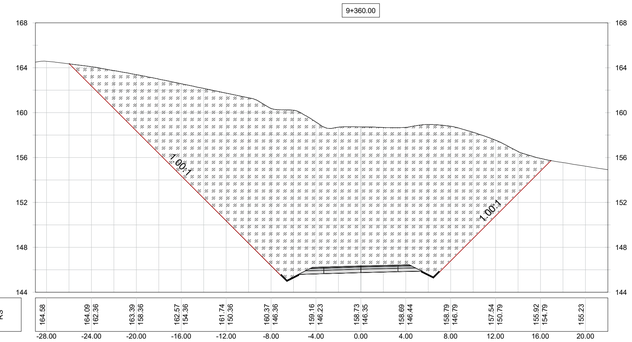


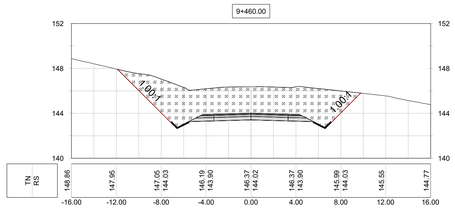


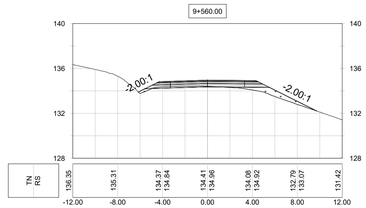


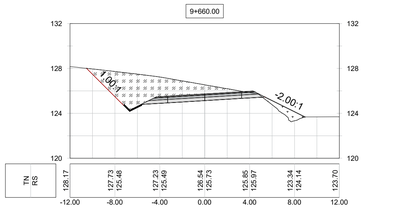












UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 9+360.00 AL 9+740.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

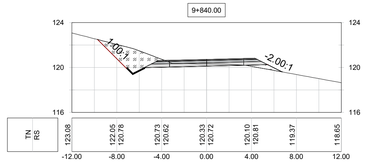
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

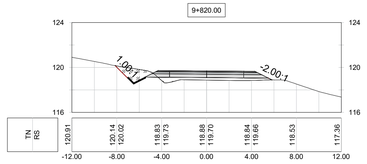
HOJA:

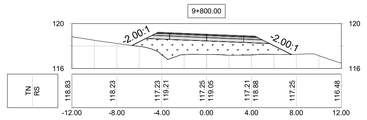
ST - AZCH - 17

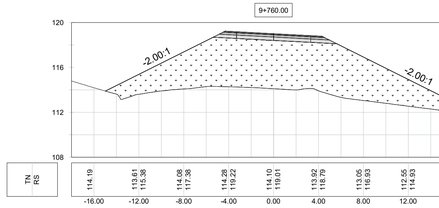
ST - AZCH - 24

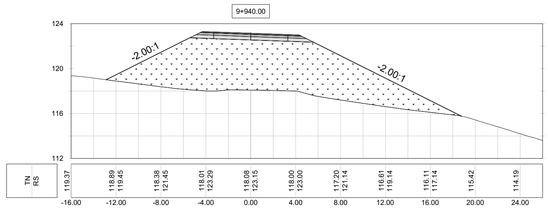
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMERICA CENTRAL

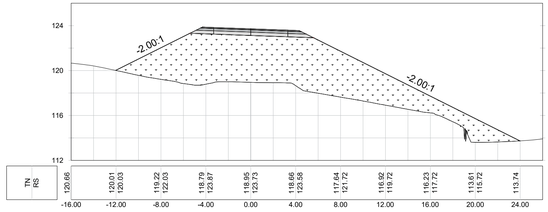


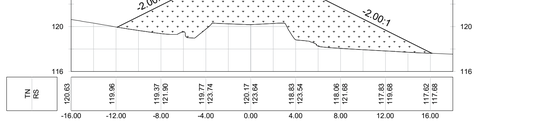


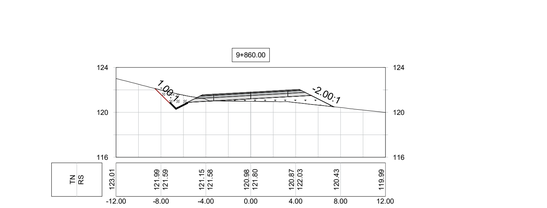


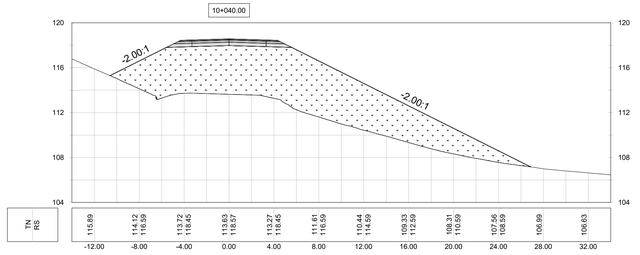


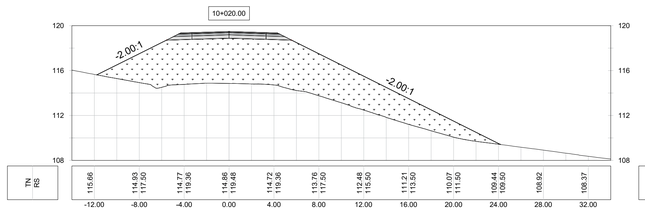


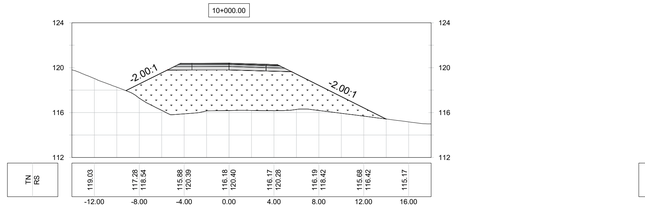


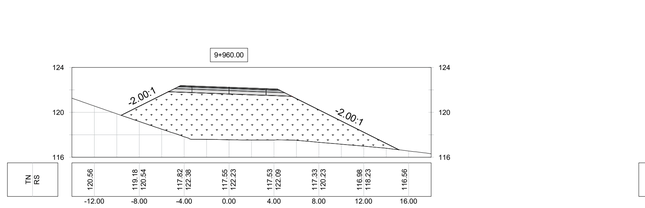


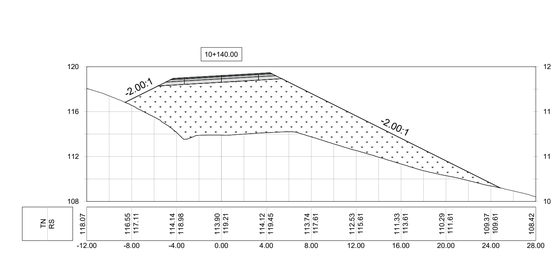


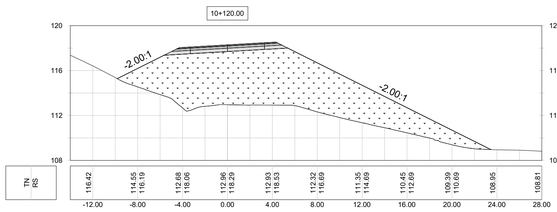


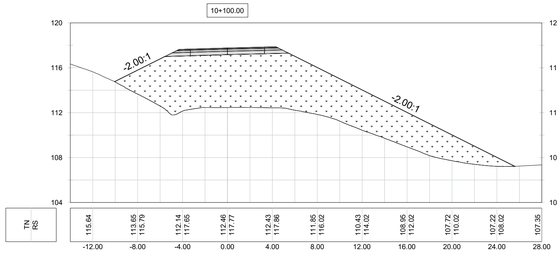


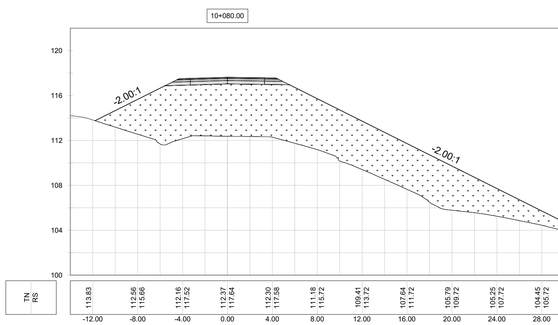


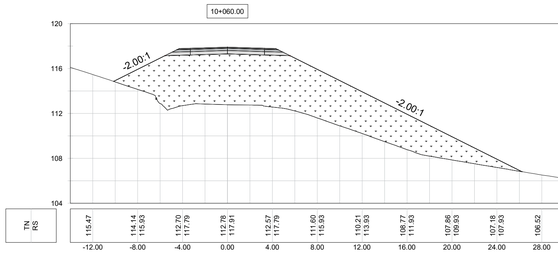












UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 9+760.00 AL 10+140.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

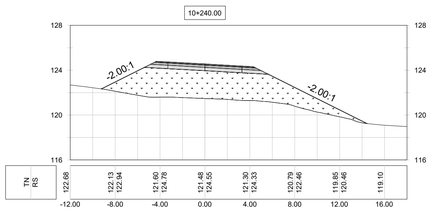
ESCALA: 1:250

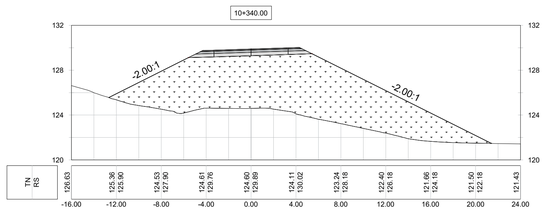
FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

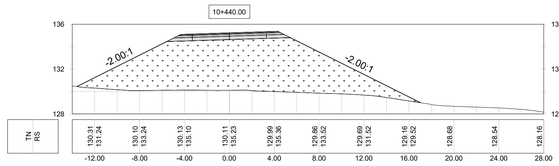
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

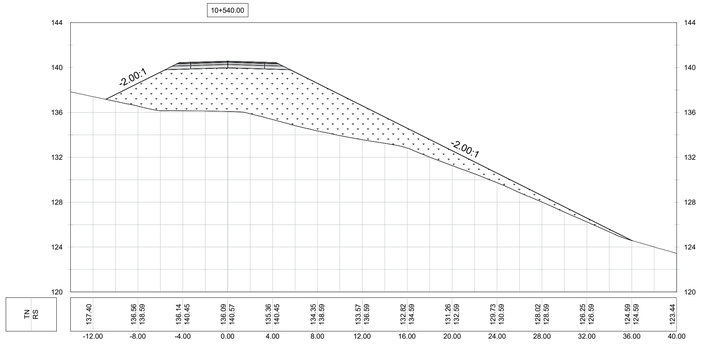
HOJA: ST - AZCH - 18 / ST - AZCH - 24

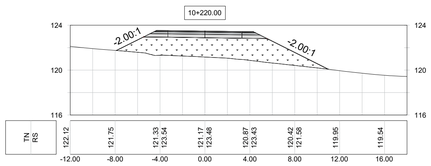
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL

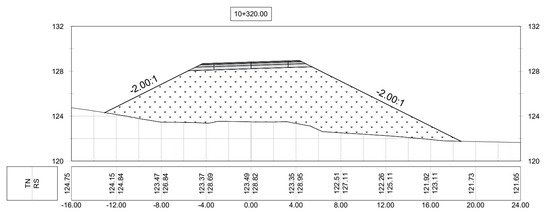


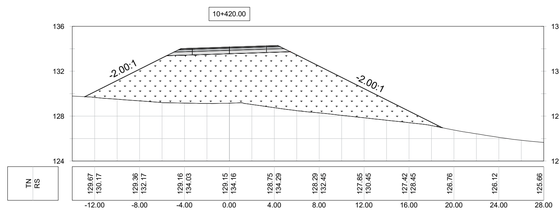


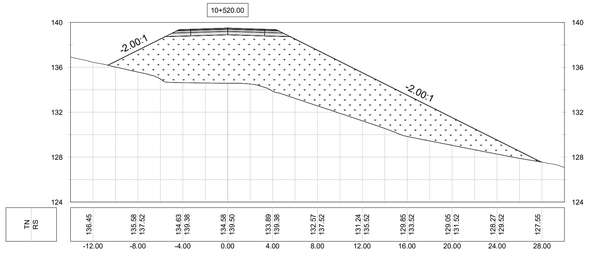


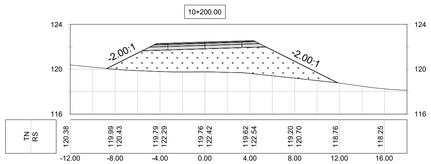


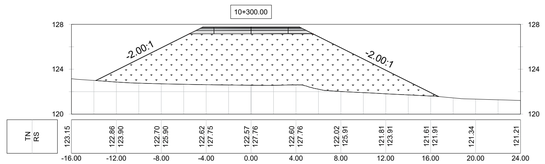


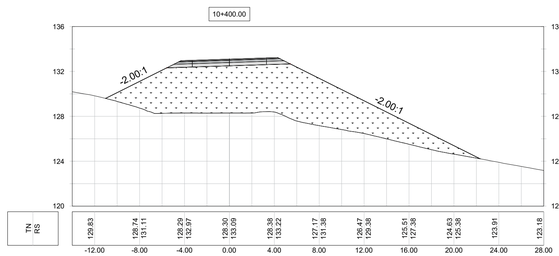


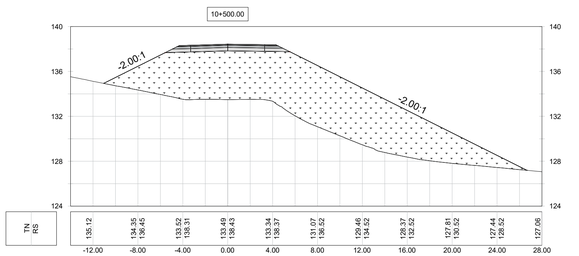


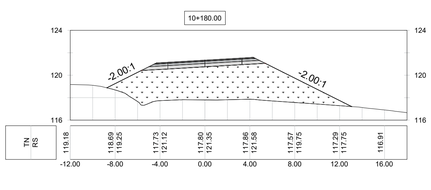


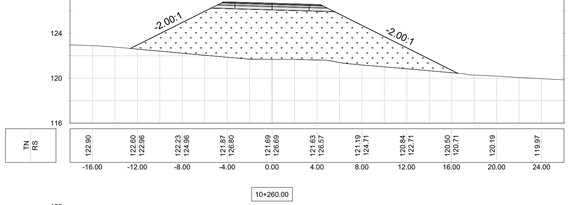


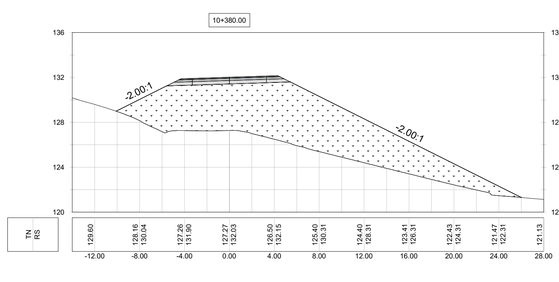


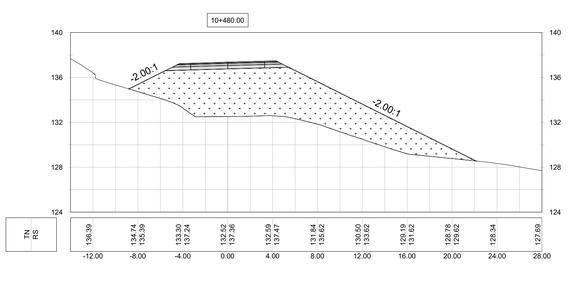


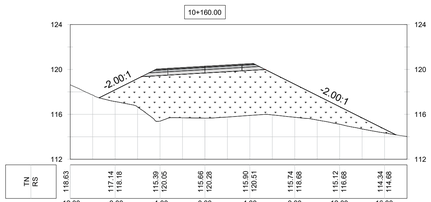


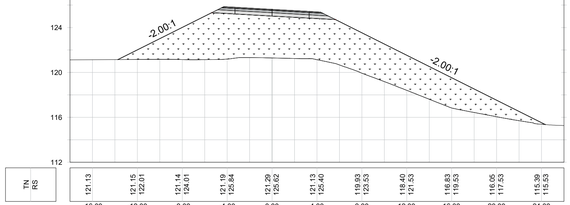


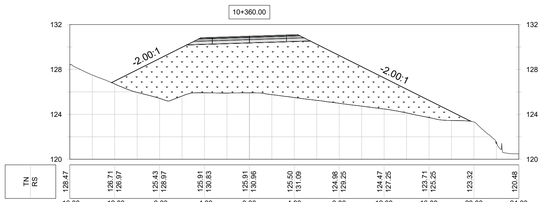


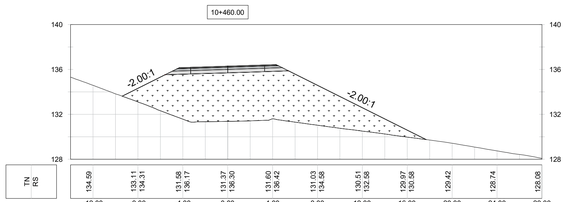












UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 10+160.00 AL 10+540.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

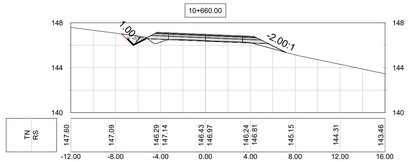
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

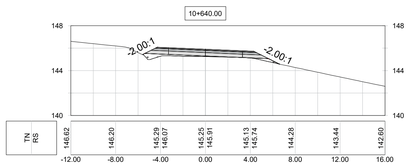
HOJA:

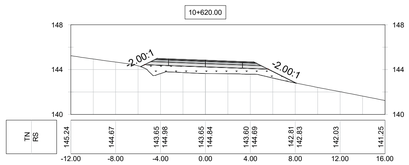
ST - AZCH - 19

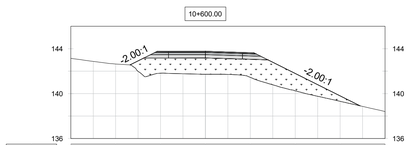
ST - AZCH - 24

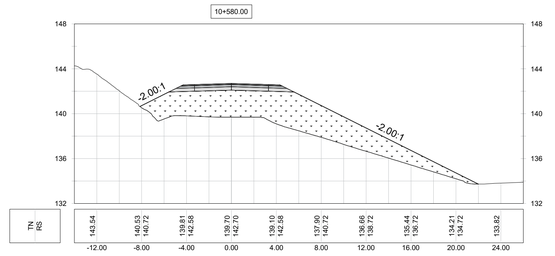
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL

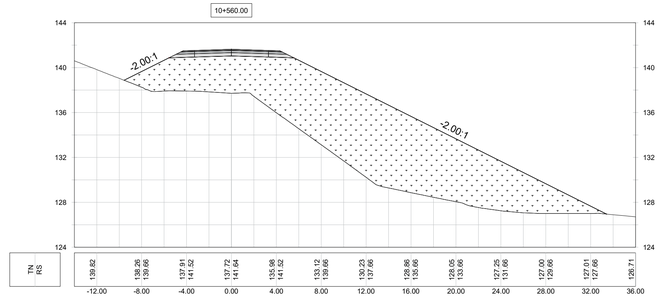


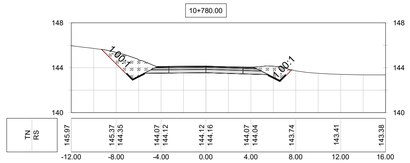


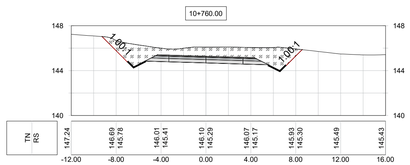


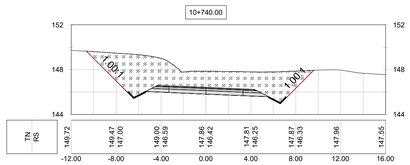


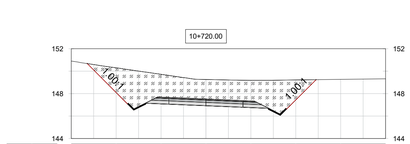


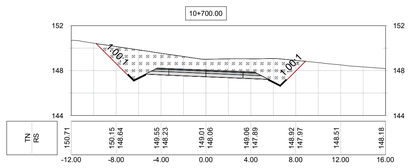


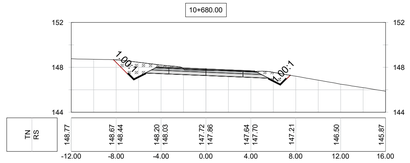


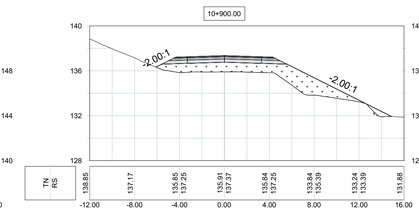


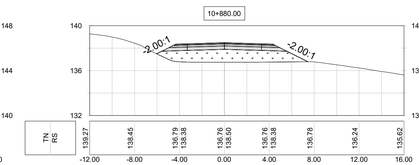


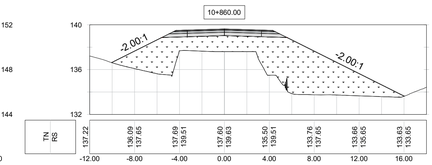


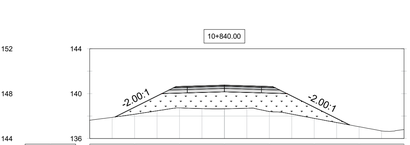


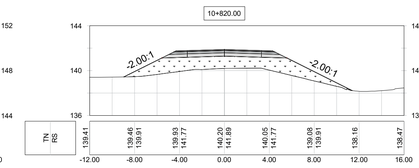


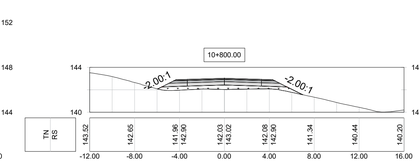


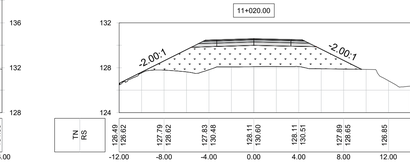


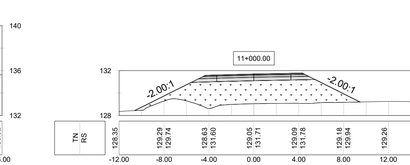


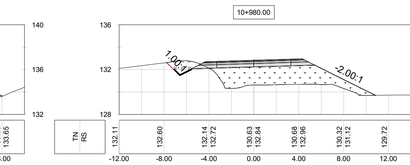


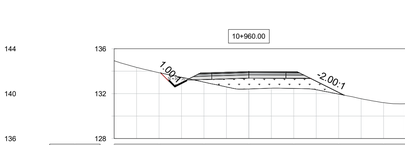


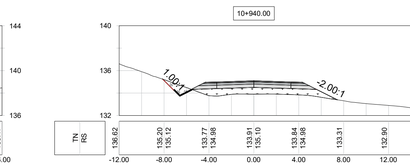


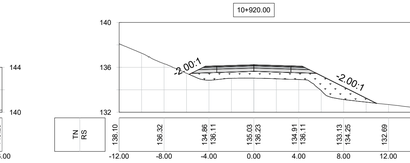






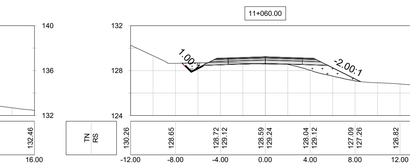


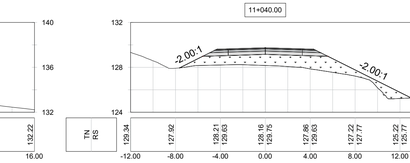












UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 10+560.00 AL 11+100.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

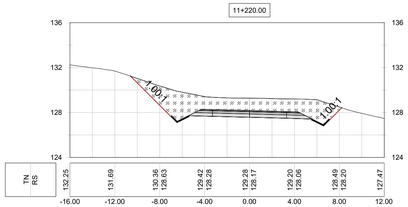
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

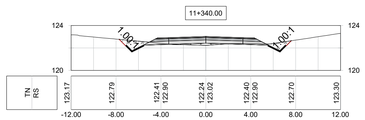
HOJA:

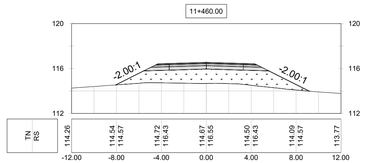
ST - AZCH - 20

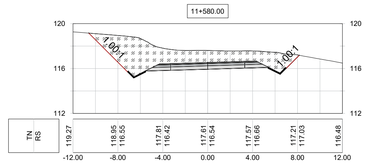
ST - AZCH - 24

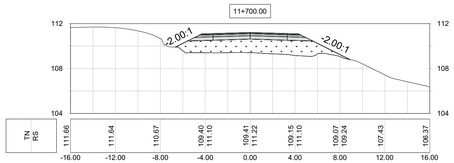
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL

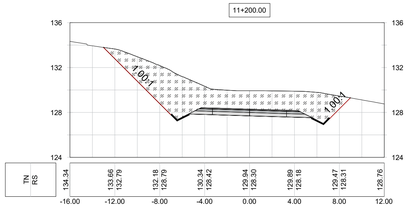


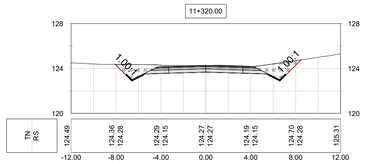


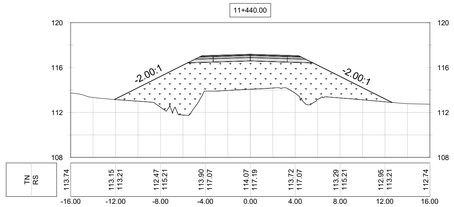


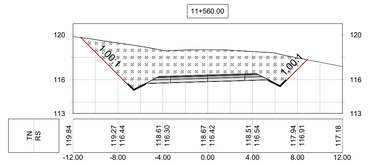


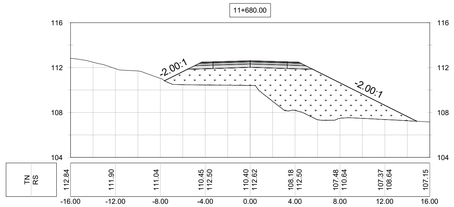


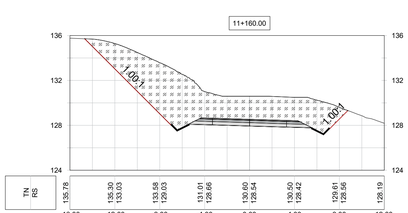


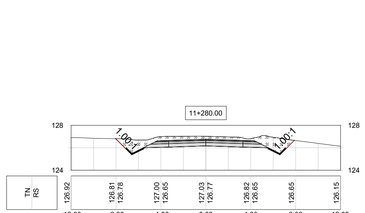


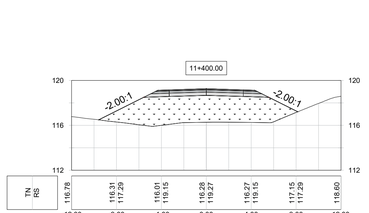


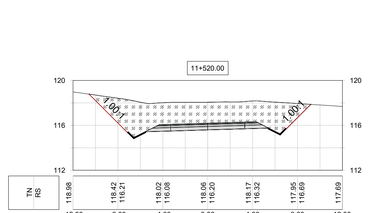


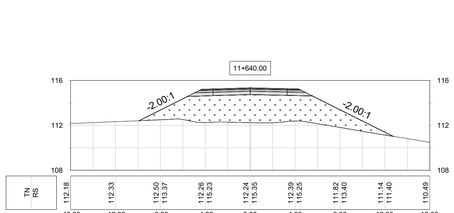


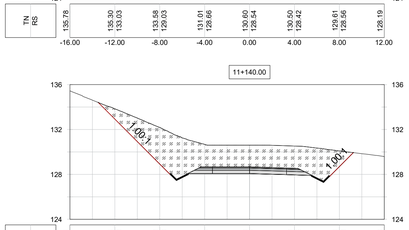


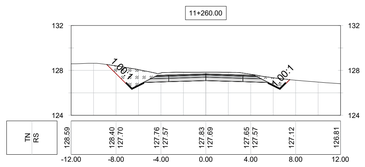


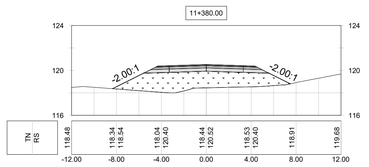


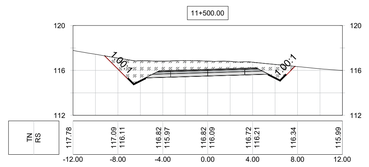


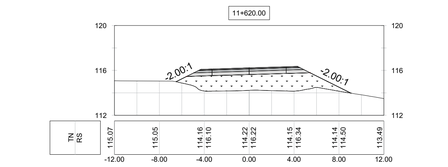


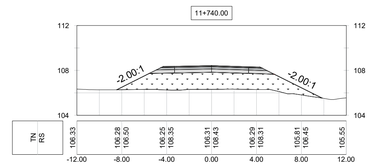


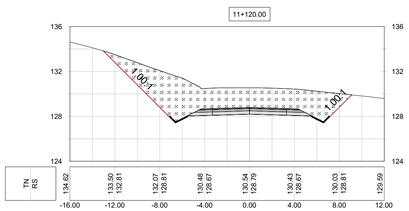


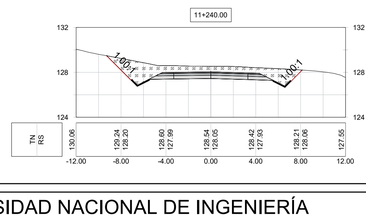


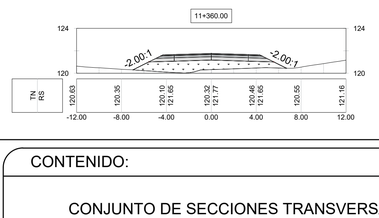


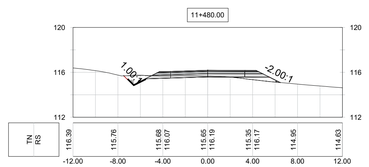


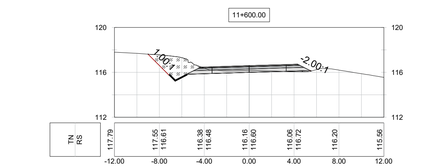


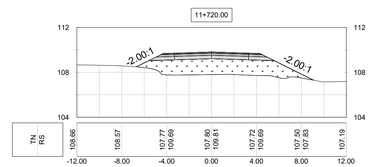












UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 11+120.00 AL 11+740.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

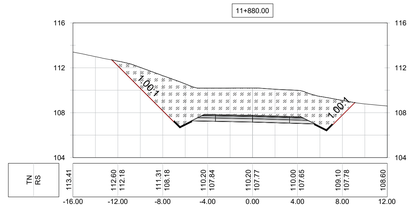
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

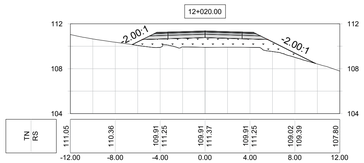
HOJA:

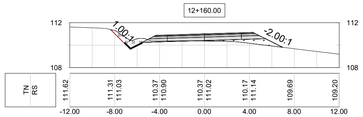
ST - AZCH - 21

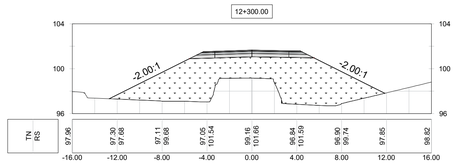
ST - AZCH - 24

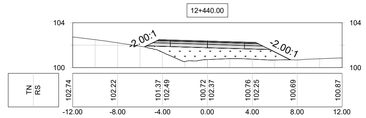
REPÚBLICA DE NICARAGUA
AMÉRICA CENTRAL

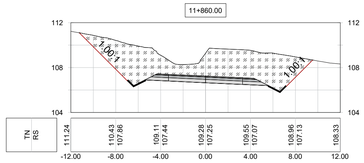


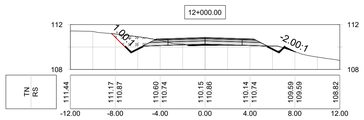


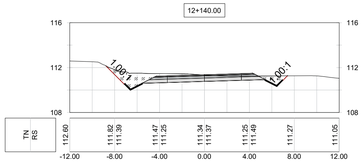


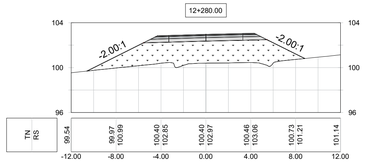


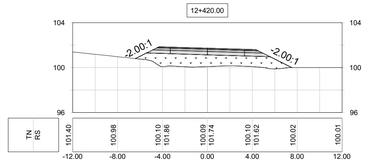


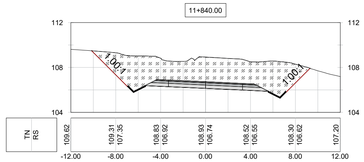


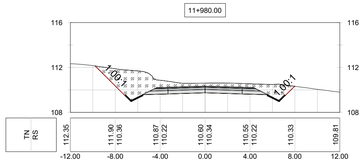


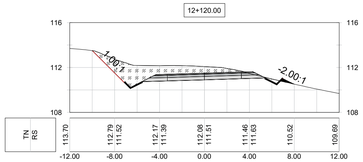


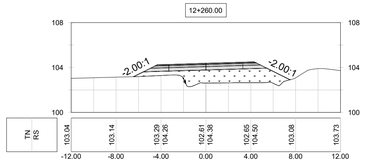


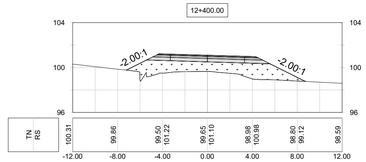


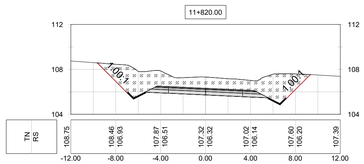


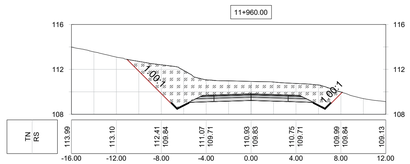


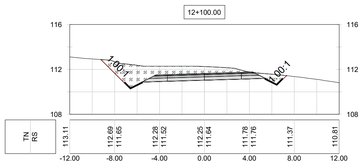


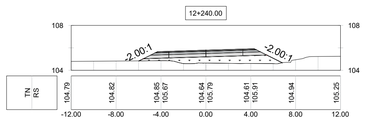


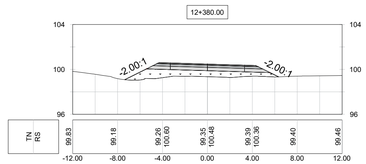


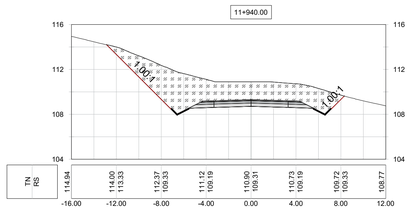


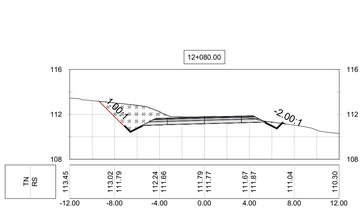


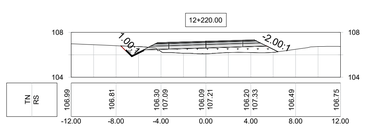


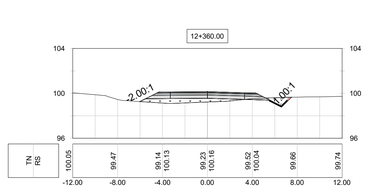


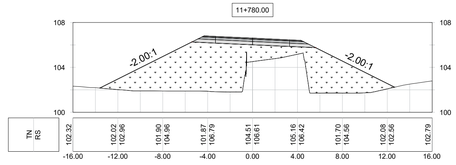


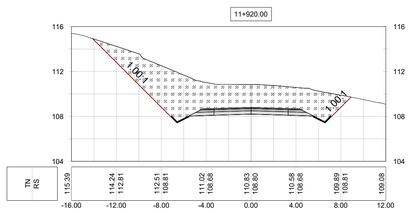


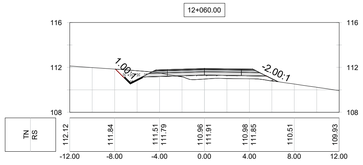


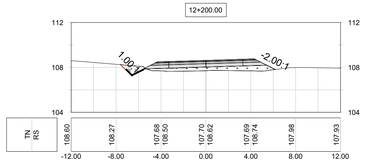


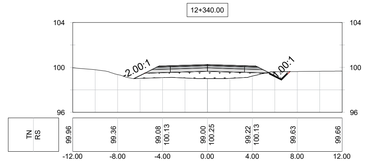


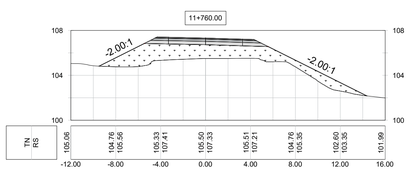


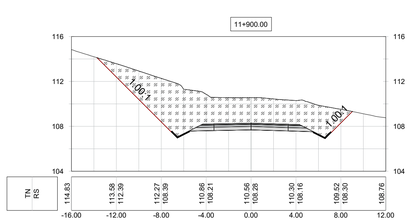


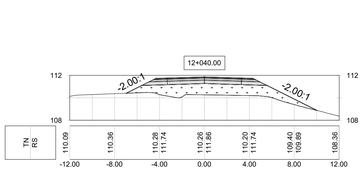


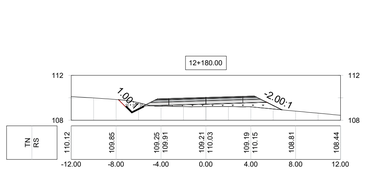


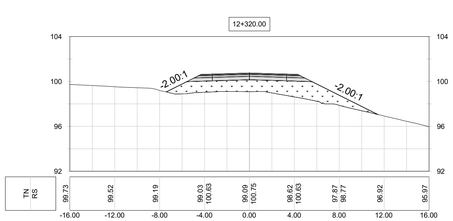












UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 11+760.00 AL 12+440.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

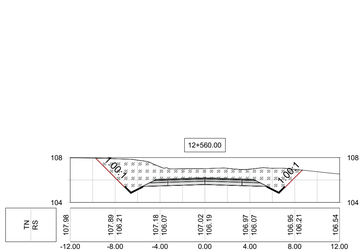
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

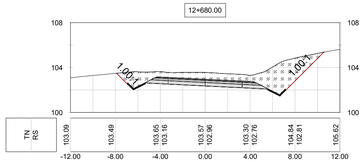
HOJA:

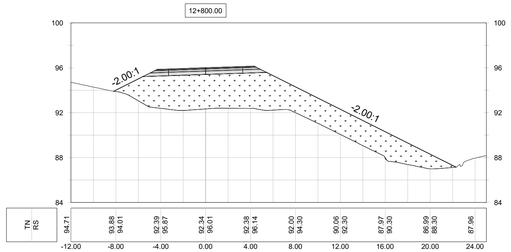
ST - AZCH - 22

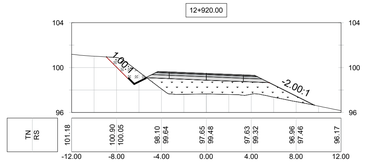
ST - AZCH - 24

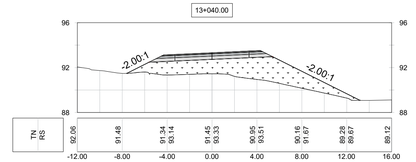
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMERICA CENTRAL

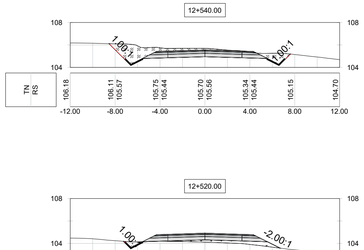


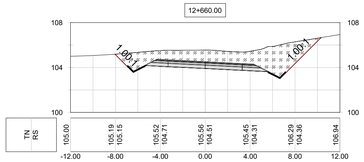


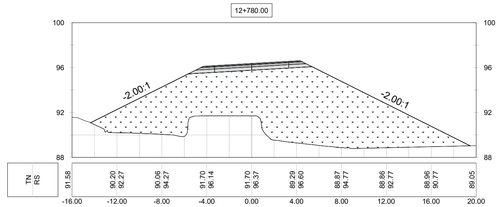


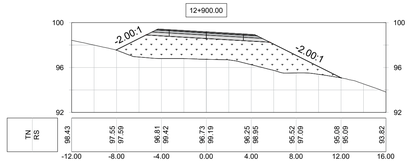


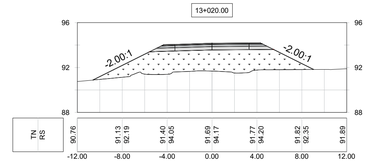


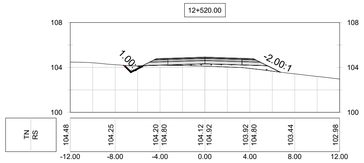


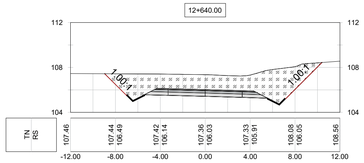


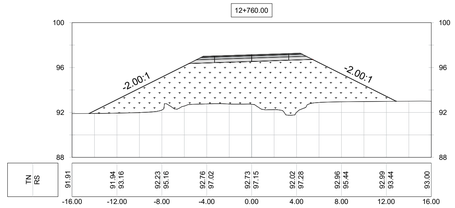


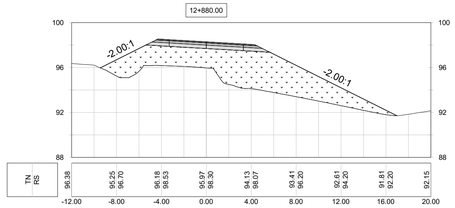


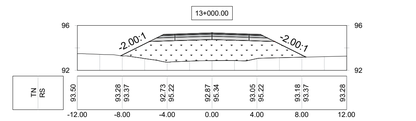


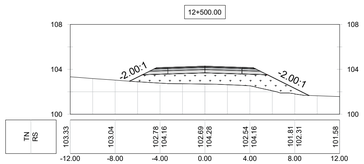


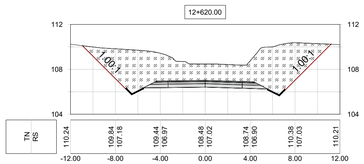


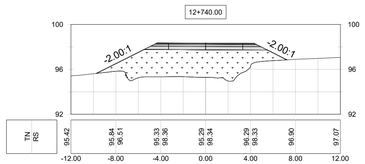


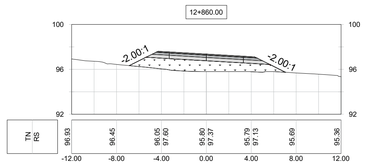


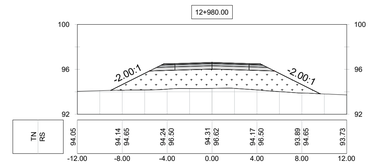


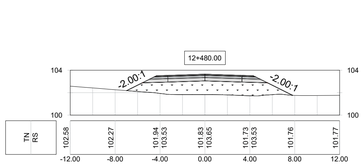


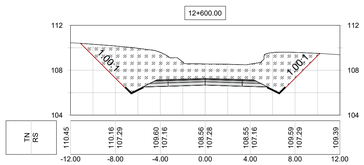


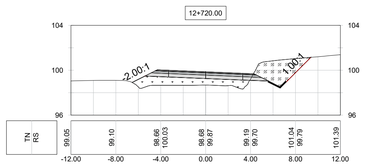


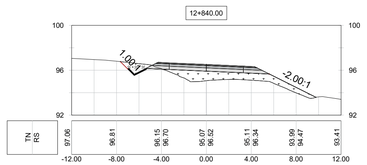


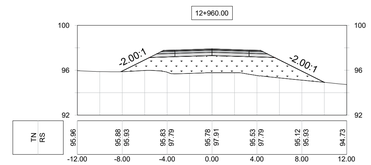


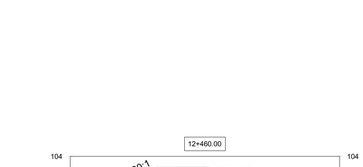


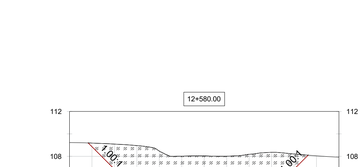


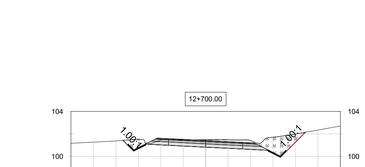


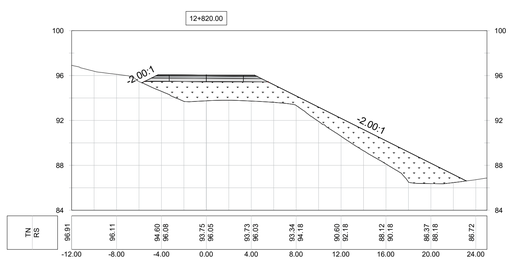


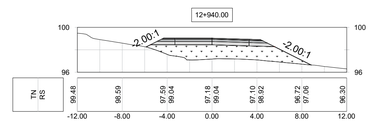












UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 12+460.00 AL 13+040.00

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

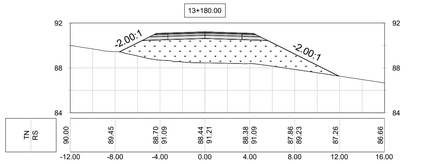
HOJA:

ST - AZCH - 23

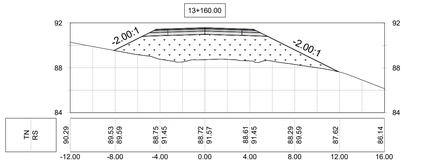
ST - AZCH - 24

REPUBLICA DE NICARAGUA AMERICA CENTRAL

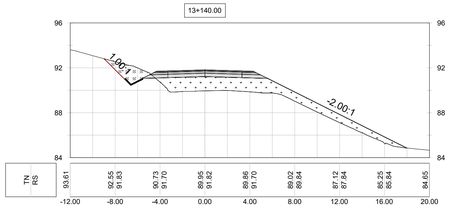
13+180.00



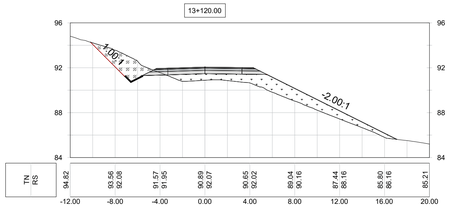
13+160.00



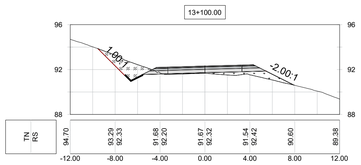
13+140.00



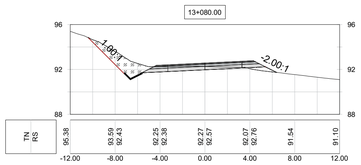
13+120.00



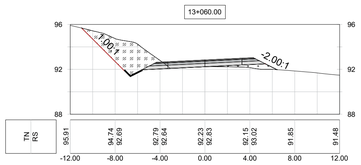
13+100.00



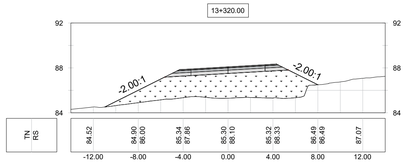
13+080.00



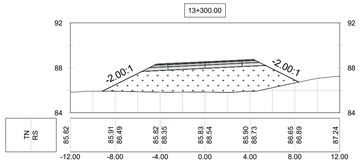
13+060.00



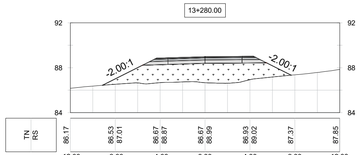
13+320.00



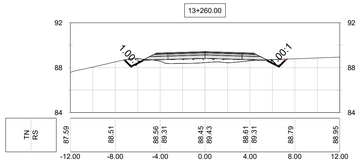
13+300.00



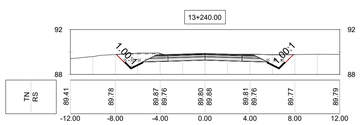
13+280.00



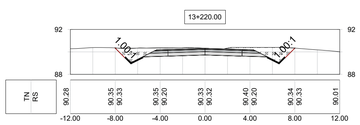
13+260.00



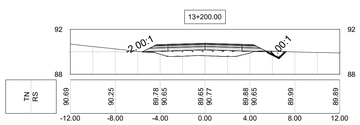
13+240.00



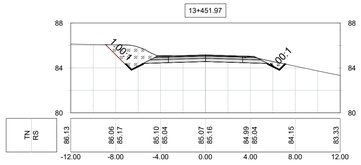
13+220.00



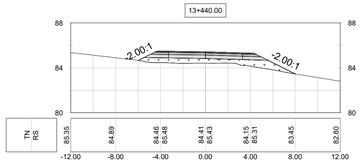
13+200.00



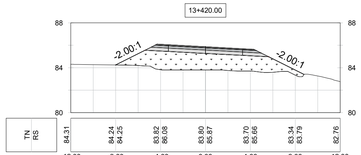
13+451.97



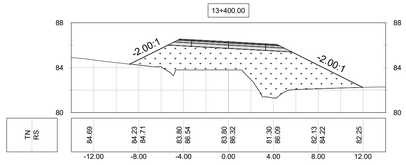
13+440.00



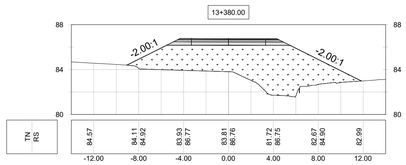
13+420.00



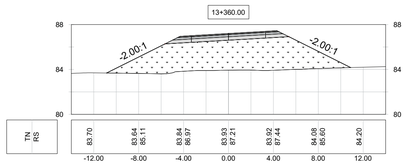
13+400.00



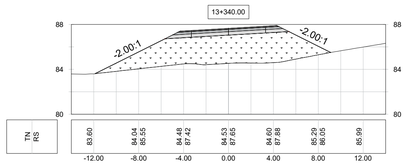
13+380.00



13+360.00



13+340.00



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

CONJUNTO DE SECCIONES TRANSVERSALES, TRAMO 13+060.00 AL 13+451.57

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Ing. KEVING ROBERTO SÁNCHEZ ROCHA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

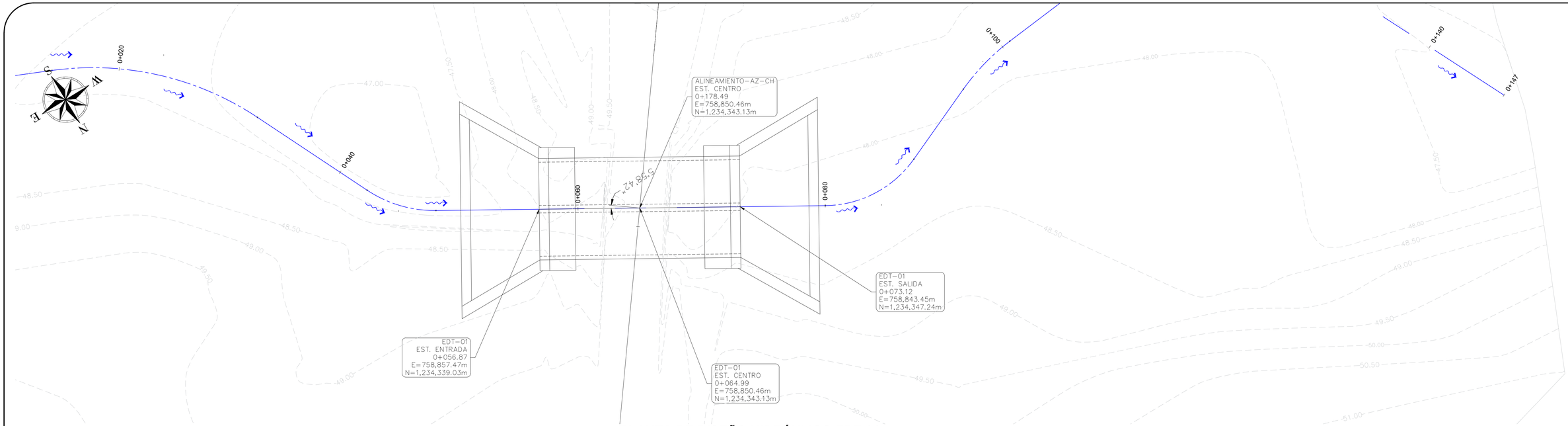
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

ST - AZCH - 24 / ST - AZCH - 24

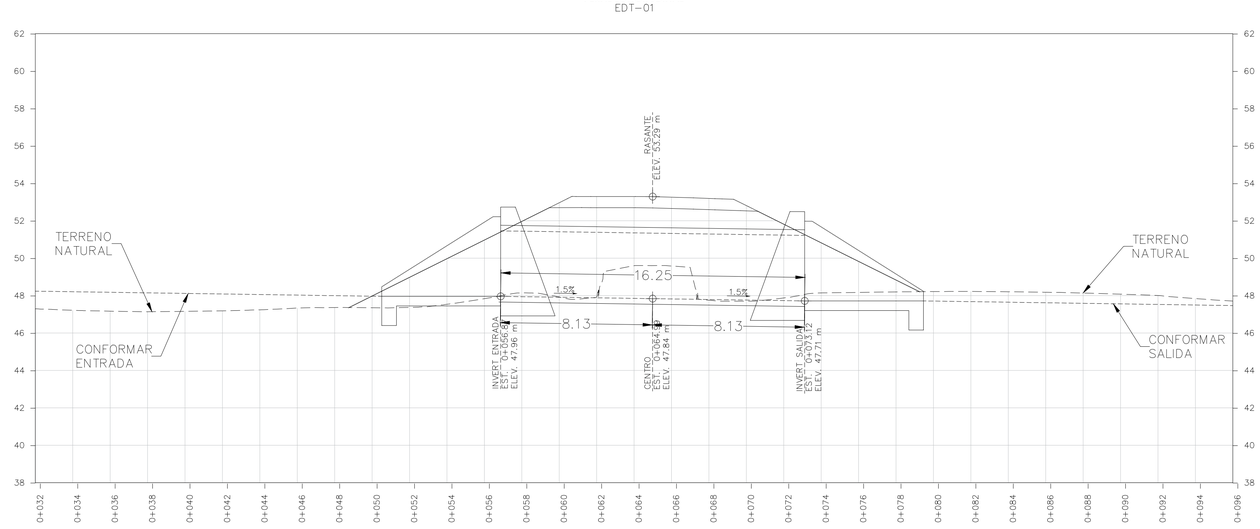
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL

ANEXO F: Planos del diseño hidráulico



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-01

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-01

ESCALA: 1/250

EDT-01		
ESTACIÓN		0+178.49m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		53.29
ESTRUCTURA		2-CCR-3.5X3.5m
ENTRADA	INVERT (msnm)	47.96
	ESTACIÓN	0+056.87m
CENTRO	ELEV. (msnm)	47.84
	ESTACIÓN	0+064.99m
SALIDA	INVERT (msnm)	47.71
	ESTACIÓN	0+073.12m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		DER.-ADEL.-5°58'42"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		16.25
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		8.13
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		8.13
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		18.977
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		23.326
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		27.077
COOR. ENTRADA	758,857.47m	1,234,339.03m
COOR. CENTRO	758,850.46m	1,234,343.13m
COOR. SALIDA	758,843.45 m	1,234,347.24m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-01

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

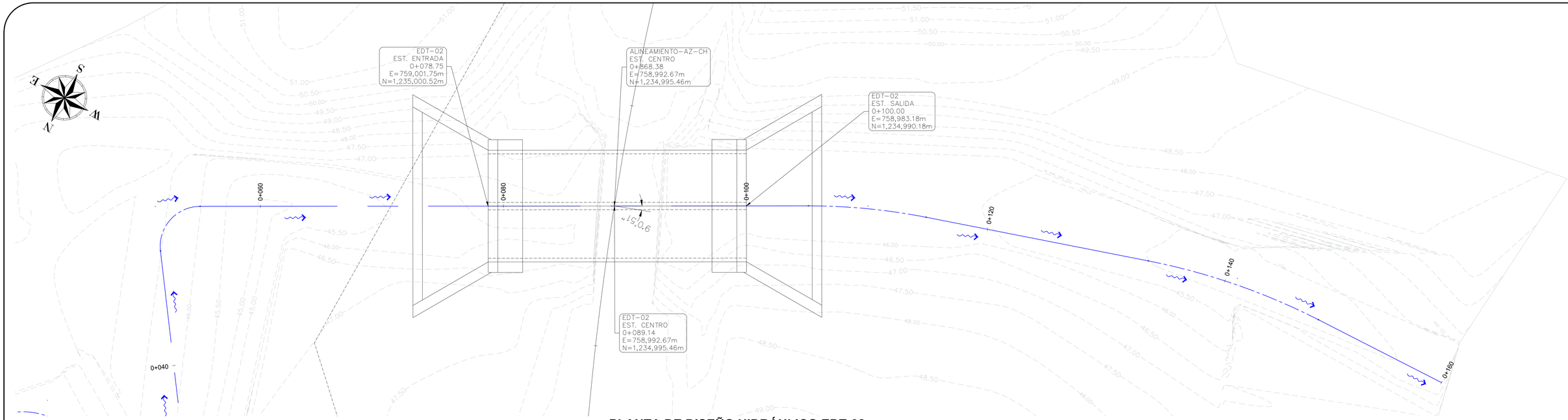
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 01

PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL

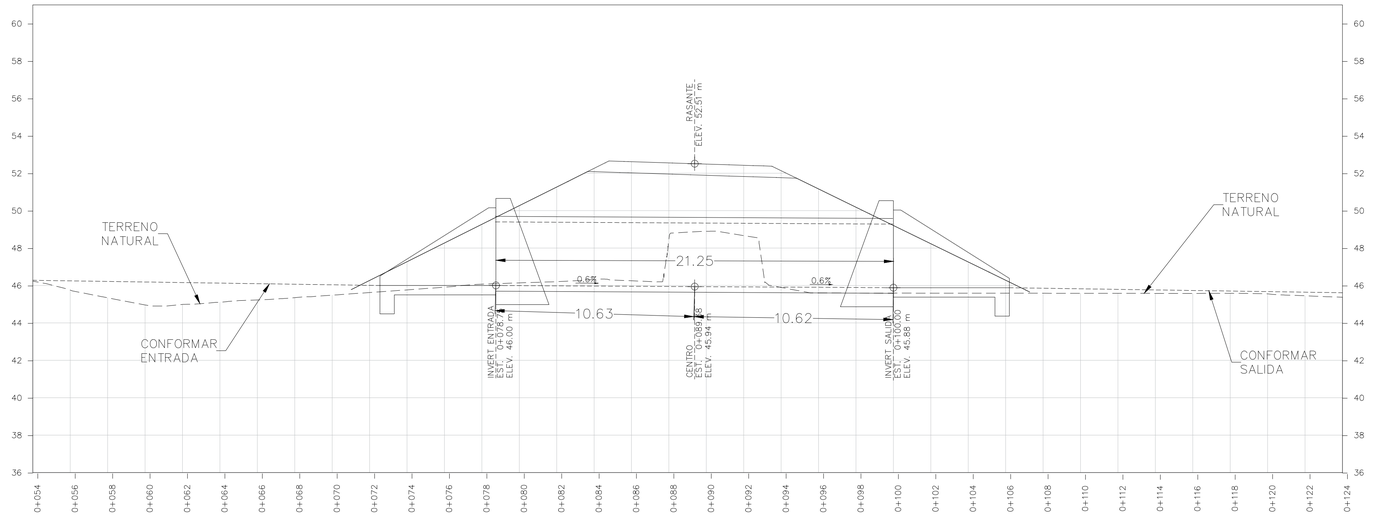


PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-02

ESCALA: 1/250

PERFIL LONGITUDINAL

EDT-02



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-02

ESCALA: 1/250

EDT-02		
ESTACIÓN		0+868.38m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		52.51
ESTRUCTURA		2-CCR-4X4m
ENTRADA	INVERT (msnm)	46
	ESTACIÓN	0+078.75m
CENTRO	ELEV. (msnm)	45.94
	ESTACIÓN	0+089.38m
SALIDA	INVERT (msnm)	45.88
	ESTACIÓN	0+100.00m
PENDIENTE (%)		0.56%
ESVIAJE		DER.-ADEL.-09°00'51"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		21.25
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		10.62
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		10.63
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		93.967
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		116.56
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		135.974
COOR. ENTRADA	759,001.75m	1,235,000.52m
COOR. CENTRO	758,992.67m	1,234,995.46m
COOR. SALIDA	758,983.18m	1,234,990.18m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-02

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

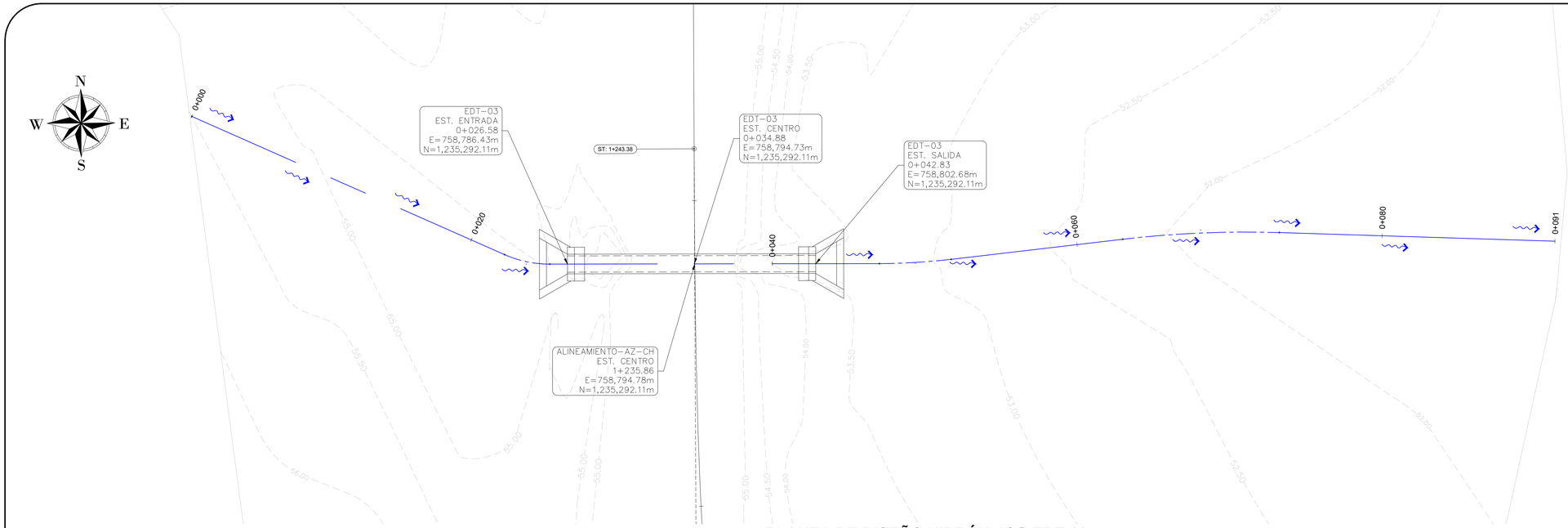
ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

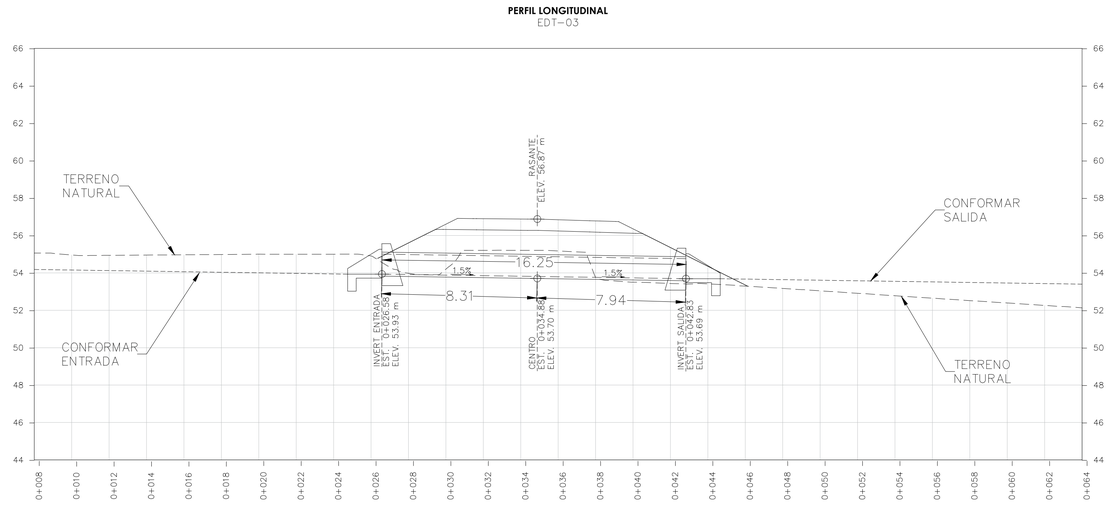
HOJA: PP - AZCH - 02 / PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-03

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-03

ESCALA: 1/250

EDT-03		
ESTACIÓN		1+235.86m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		56.87
ESTRUCTURA		1-TCR-42"
ENTRADA	INVERT (msnm)	53.93
	ESTACIÓN	0+026.58m
CENTRO	ELEV. (msnm)	53.70
	ESTACIÓN	0+034.88m
SALIDA	INVERT (msnm)	53.69
	ESTACIÓN	0+042.83m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		NORMAL
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		16.25
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		8.31
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		7.94
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		0.951
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		1.115
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		1.272
COOR. ENTRADA	758,786.43m	1,235,292.11m
COOR. CENTRO	758,794.73 m	1,235,292.11m
COOR. SALIDA	758,802.68m	1,235,292.11m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-03

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

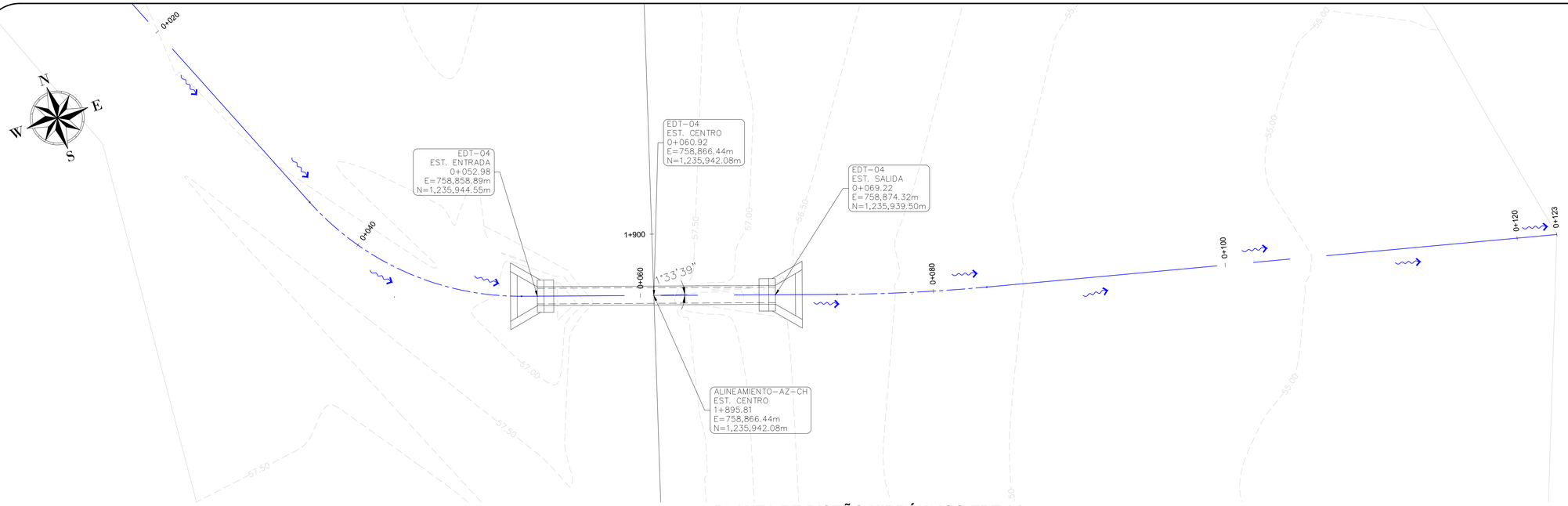
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 03

PP - AZCH - 45

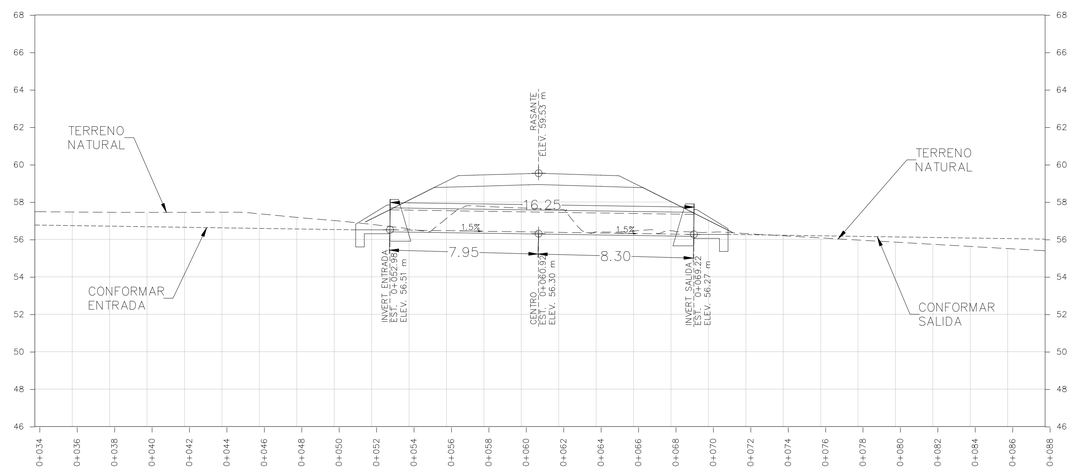
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-04

ESCALA: 1/250

PERFIL LONGITUDINAL
EDT-04



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-04

ESCALA: 1/250

EDT-04		
ESTACIÓN		1+895.81m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		59.53
ESTRUCTURA		1-TCR-42"
ENTRADA	INVERT (msnm)	56.51
	ESTACIÓN	0+052.98m
CENTRO	ELEV. (msnm)	56.30
	ESTACIÓN	0+060.92m
SALIDA	INVERT (msnm)	56.27
	ESTACIÓN	0+069.22m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		IZQ.-ADEL.-1°33'39"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		16.25
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		7.95
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		8.30
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		0.784
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		0.907
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		1.030
COOR. ENTRADA	758,858.89m	1,235,944.55m
COOR. CENTRO	758,866.44m	1,235,942.08m
COOR. SALIDA	758,874.32m	1,235,939.50m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-04

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

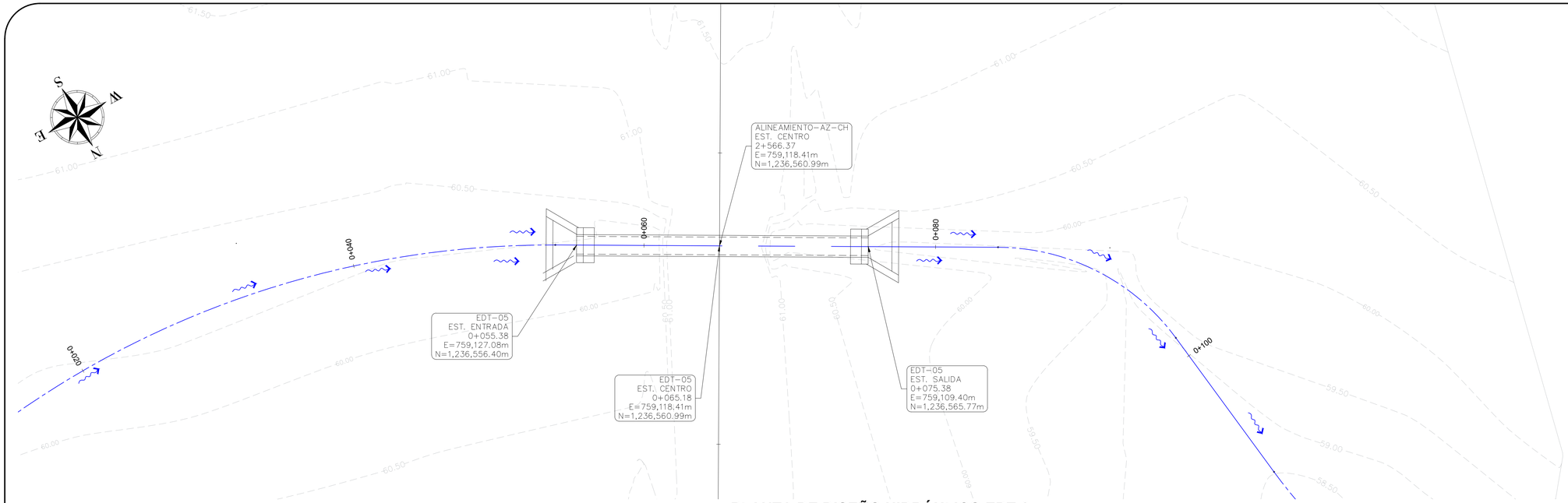
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 04

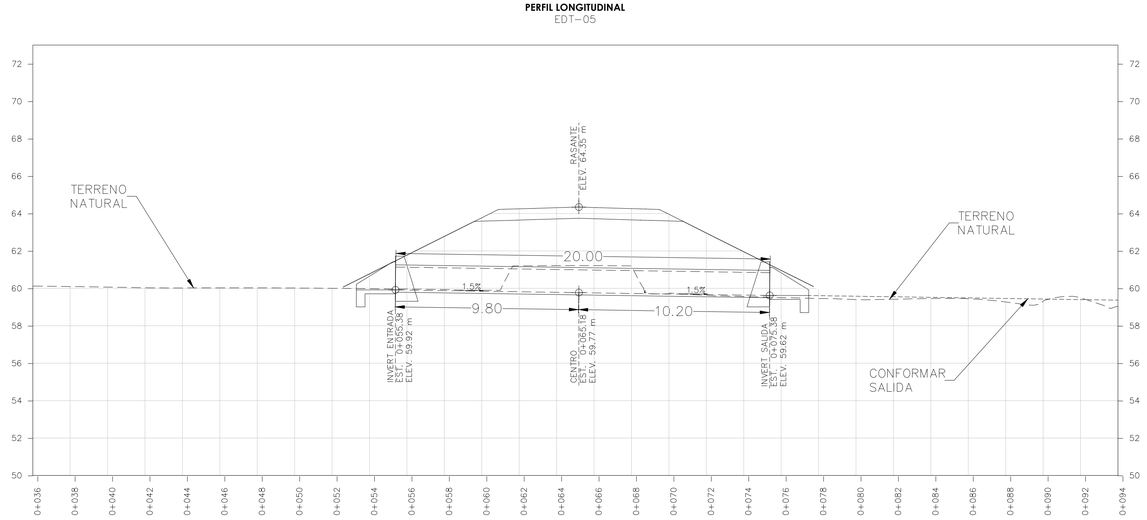
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-05

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-05

ESCALA: 1/250

EDT-05		
ESTACIÓN		2+566.37m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		64.35
ESTRUCTURA		1-TCR-48"
ENTRADA	INVERT (msnm)	59.92
	ESTACIÓN	0+055.38m
CENTRO	ELEV. (msnm)	59.77
	ESTACIÓN	0+065.18m
SALIDA	INVERT (msnm)	59.62
	ESTACIÓN	0+075.38m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		NORMAL
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		20
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		9.8
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		10.20
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		1.076
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		1.249
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		1.420
COOR. ENTRADA	759,127.08m	1,236,556.40m
COOR. CENTRO	759,118.41m	1,236,560.99m
COOR. SALIDA	759,109.40m	1,236,565.77m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-05

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

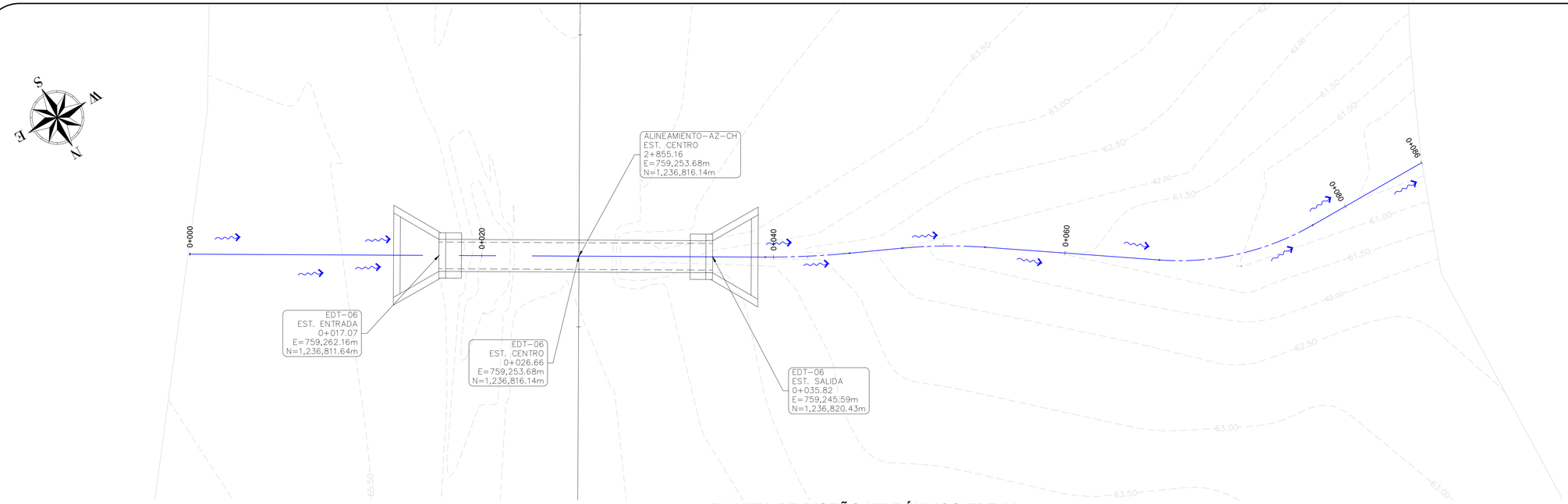
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 05

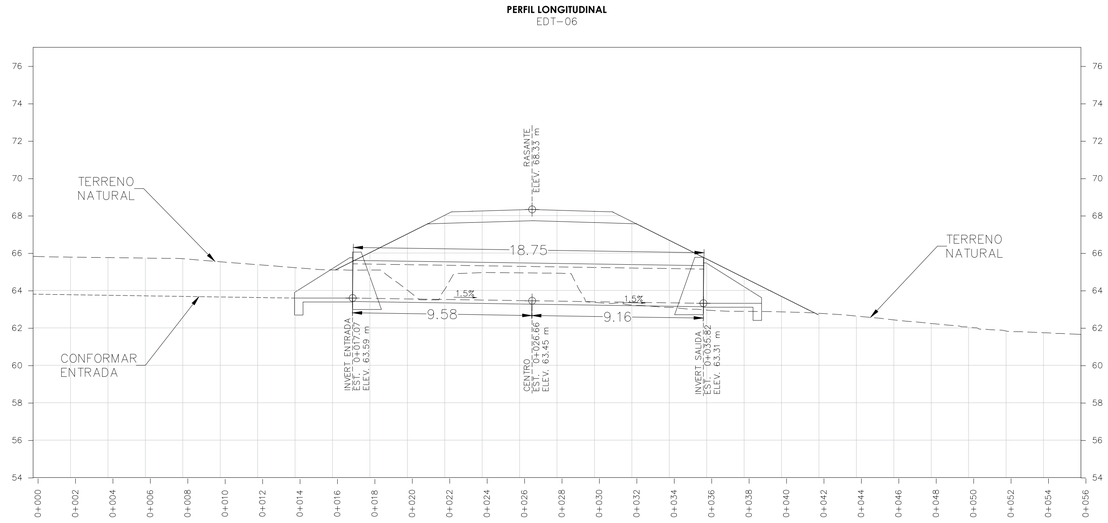
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-06

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-06

ESCALA: 1/250

EDT-06		
ESTACIÓN		2+855.16m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		68.33
ESTRUCTURA		1-TCR-72"
ENTRADA	INVERT (msnm)	63.59
	ESTACIÓN	0+017.07m
CENTRO	ELEV. (msnm)	63.45
	ESTACIÓN	0+026.66m
SALIDA	INVERT (msnm)	63.31
	ESTACIÓN	0+035.82m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		NORMAL
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		18.75
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		9.58
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		9.16
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		2.705
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		3.248
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		3.735
COOR. ENTRADA	759,262.16m	1,236,811.64m
COOR. CENTRO	759,253.68m	1,236,816.14m
COOR. SALIDA	759,245.59m	1,236,820.43m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-06

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

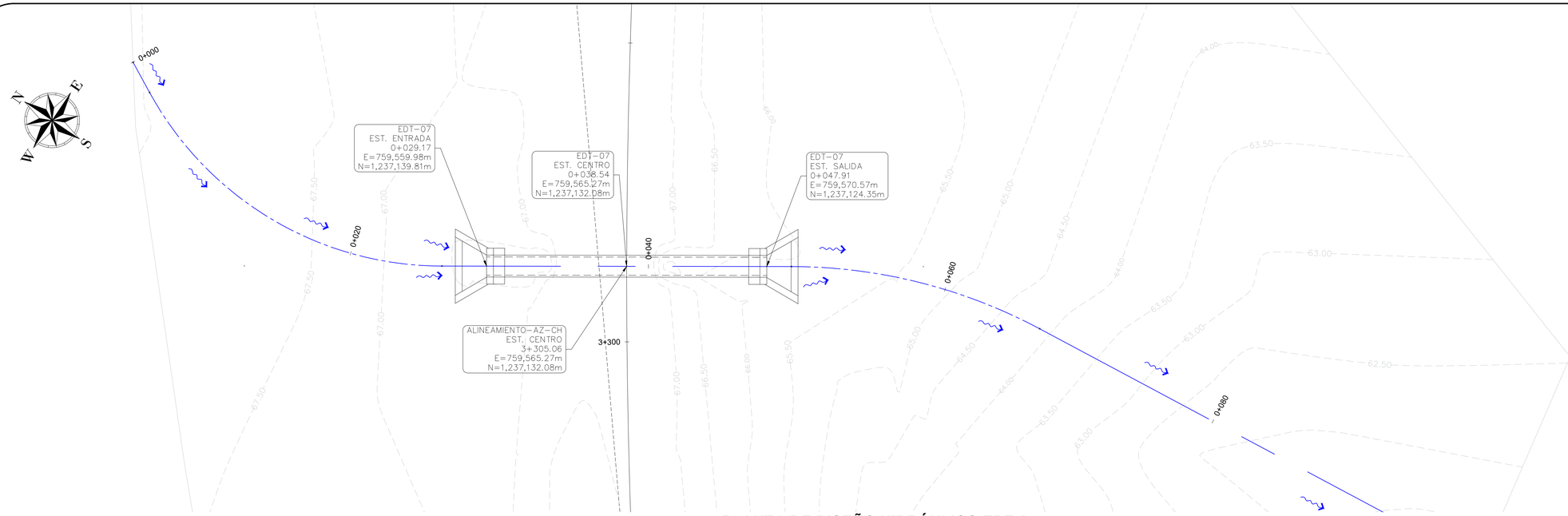
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 06

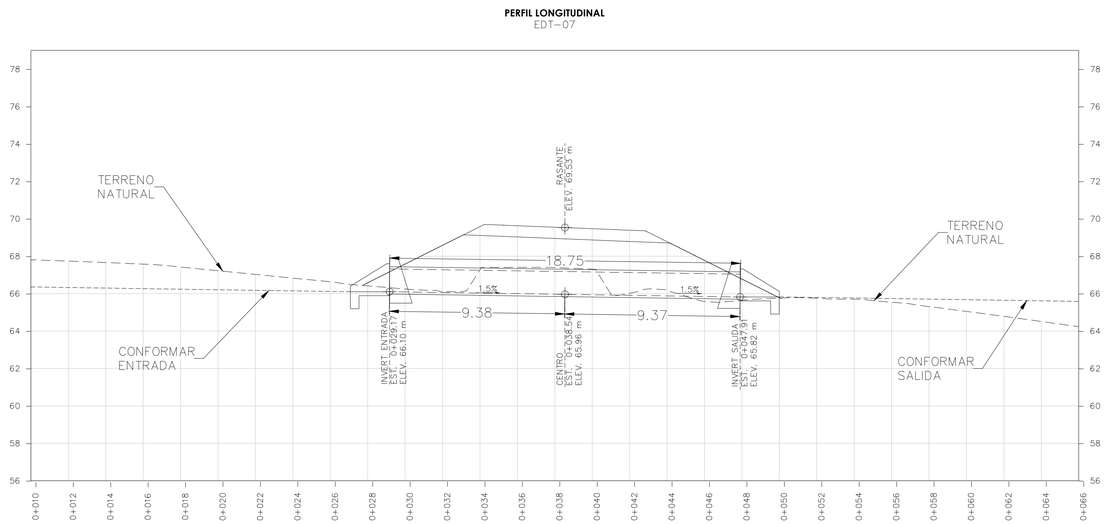
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA
AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-07

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-07

ESCALA: 1/250

EDT-07		
ESTACIÓN		3+305.06m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		69.53
ESTRUCTURA		1-TCR-48"
ENTRADA	INVERT (msnm)	66.1
	ESTACIÓN	0+029.17m
CENTRO	ELEV. (msnm)	65.96
	ESTACIÓN	0+038.54m
SALIDA	INVERT (msnm)	65.82
	ESTACIÓN	0+047.91m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		NORMAL
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		18.75
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		9.38
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		9.37
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		1.037
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		1.206
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		1.372
COOR. ENTRADA	759,559.98m	1,237,139.81m
COOR. CENTRO	759,565.27m	1,237,132.08m
COOR. SALIDA	759,570.57m	1,237,124.35m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-07

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

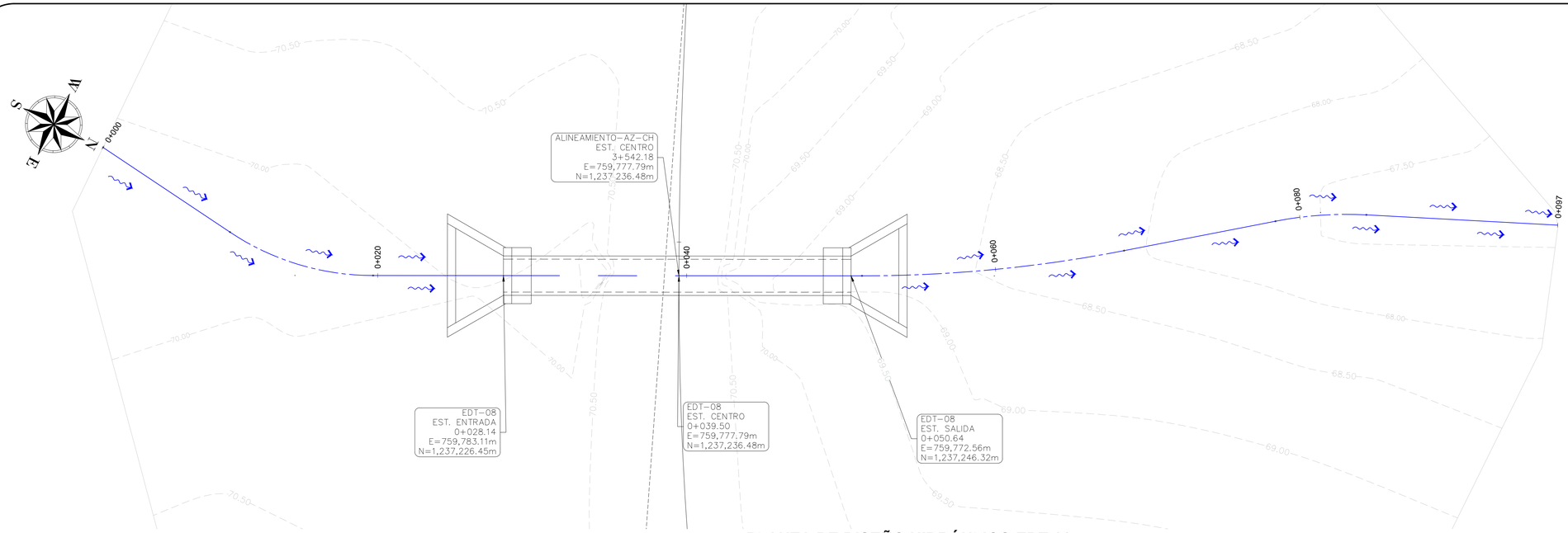
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 07

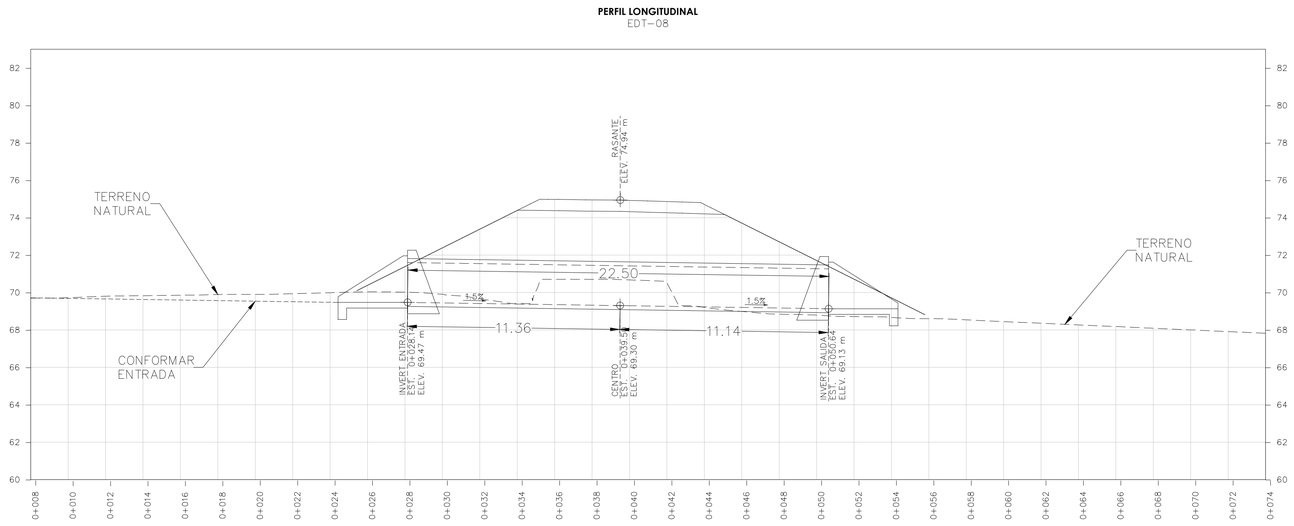
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-08

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-08

ESCALA: 1/250

EDT-08		
ESTACIÓN		3+542.18m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		74.94
ESTRUCTURA		1-TCR-84"
ENTRADA	INVERT (msnm)	69.47
	ESTACIÓN	0+028.14m
CENTRO	ELEV. (msnm)	69.30
	ESTACIÓN	0+039.50m
SALIDA	INVERT (msnm)	69.13
	ESTACIÓN	0+050.64m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		NORMAL
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		22.50
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		11.36
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		11.14
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		4.762
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		5.600
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		6.392
COOR. ENTRADA	759,783.11m	1,237,226.45m
COOR. CENTRO	759,777.79m	1,237,236.48m
COOR. SALIDA	759,772.56m	1,237,246.32m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-08

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

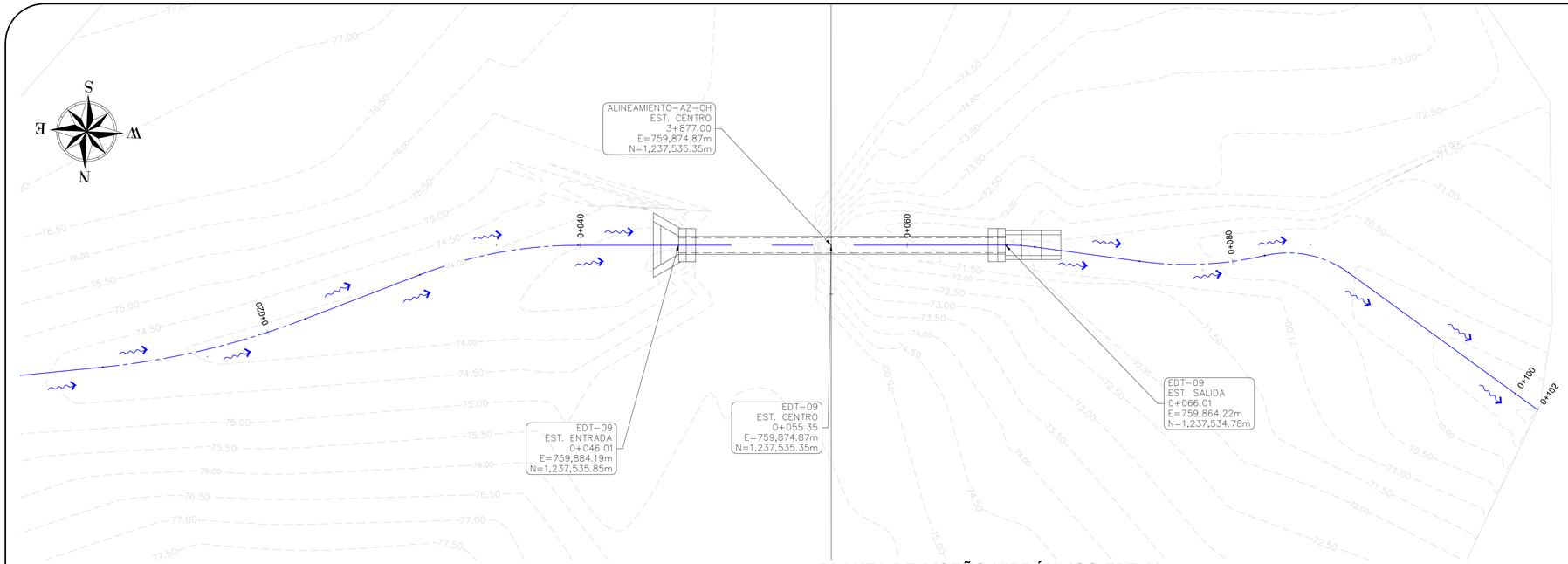
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 08

PP - AZCH - 45

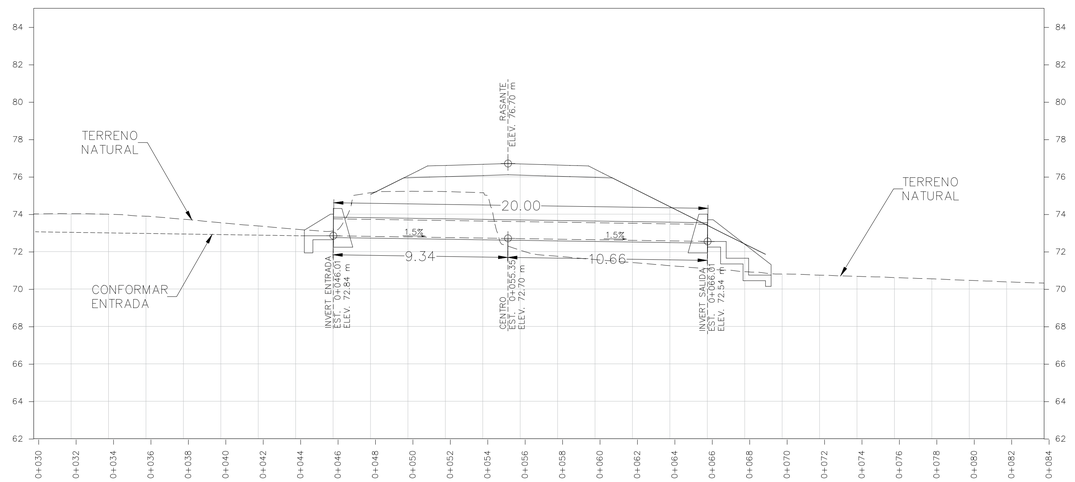
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-09

ESCALA: 1/250

PERFIL LONGITUDINAL
EDT–09



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-09

ESCALA: 1/250

EDT-09		
ESTACIÓN		3+877m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		76.70
ESTRUCTURA		1-TCR-36"
ENTRADA	INVERT (msnm)	72.84
	ESTACIÓN	0+046.01m
CENTRO	ELEV. (msnm)	72.70
	ESTACIÓN	0+055.35m
SALIDA	INVERT (msnm)	72.54
	ESTACIÓN	0+066.01m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		NORMAL
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		20
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		9.34
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		10.66
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		0.288
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		0.331
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		0.376
COOR. ENTRADA	759,884.19m	1,237,535.85m
COOR. CENTRO	759,874.87m	1,237,535.35m
COOR. SALIDA	759,864.22m	1,237,534.78m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-09

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

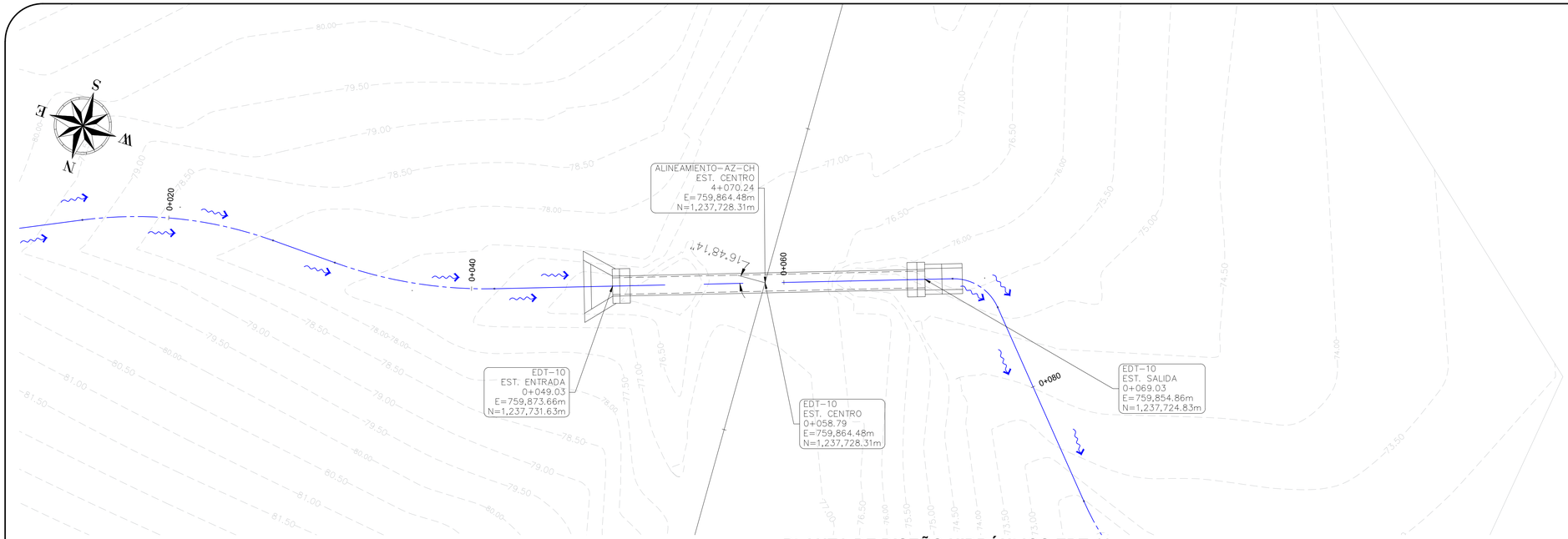
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 09

PP - AZCH - 45

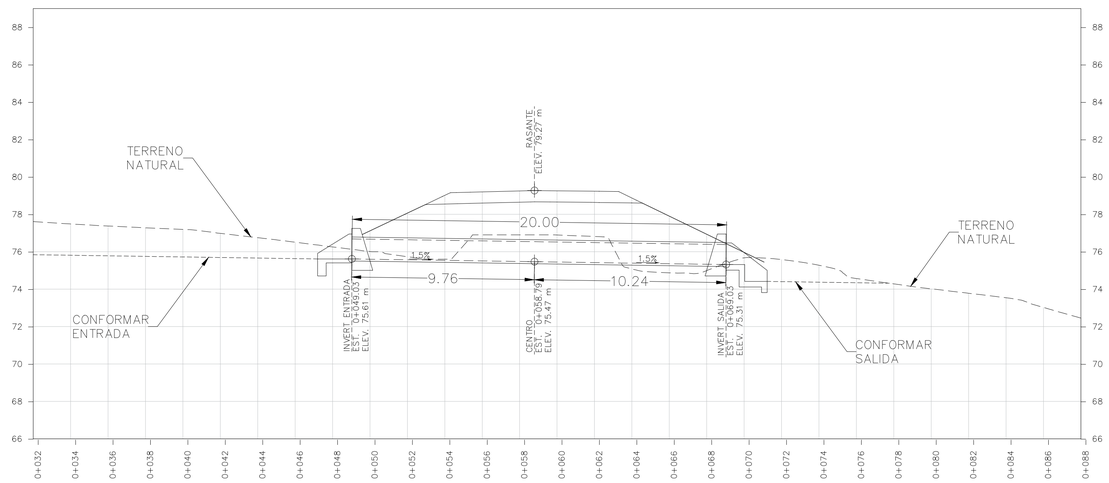
REPÚBLICA DE NICARAGUA
AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-10

ESCALA: 1/250

PERFIL LONGITUDINAL
EDT–10



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-10

ESCALA: 1/250

EDT-10		
ESTACIÓN		4+070.24m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		79.27
ESTRUCTURA		1-TCR-42"
ENTRADA	INVERT (msnm)	75.61
	ESTACIÓN	0+049.03m
CENTRO	ELEV. (msnm)	75.47
	ESTACIÓN	0+058.79m
SALIDA	INVERT (msnm)	75.31
	ESTACIÓN	0+069.03m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		DER.-ADEL.-16°48'14"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		20
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		9.76
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		10.24
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		0.968
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		1.115
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		1.264
COOR. ENTRADA	759,873.66m	1,237,731.63m
COOR. CENTRO	759,864.48m	1,237,728.31m
COOR. SALIDA	759,854.86m	1,237,724.83m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-10

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

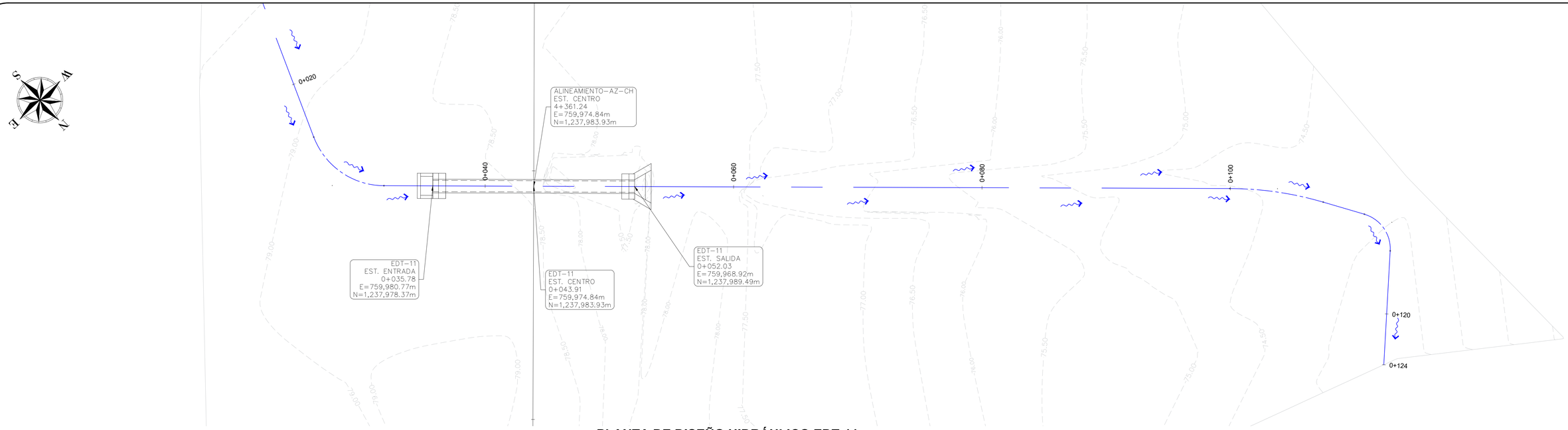
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 10

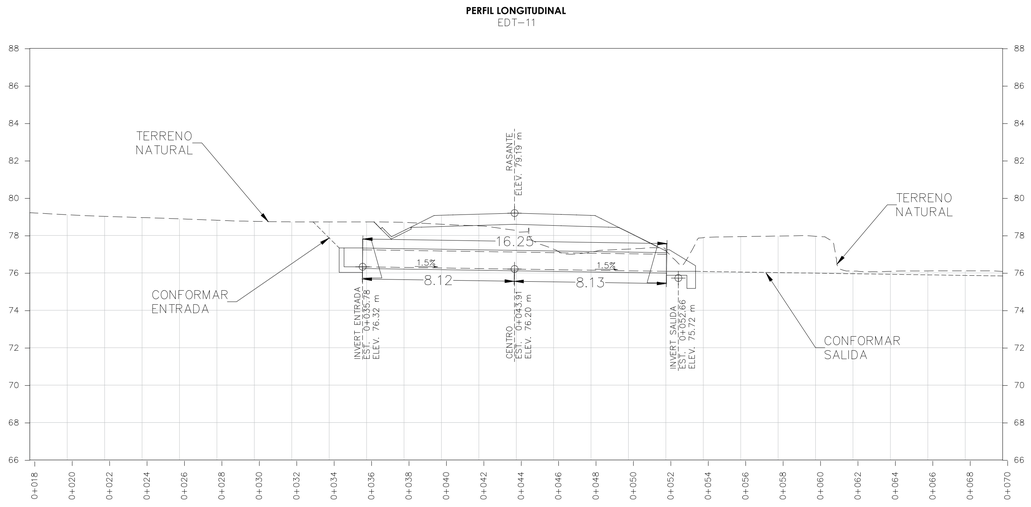
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-11

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-11

ESCALA: 1/250

EDT-11		
ESTACIÓN		4+361.24m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		79.19
ESTRUCTURA		1-TCR-36"
ENTRADA	INVERT (msnm)	76.32
	ESTACIÓN	0+035.78m
CENTRO	ELEV. (msnm)	76.20
	ESTACIÓN	0+043.91m
SALIDA	INVERT (msnm)	75.72
	ESTACIÓN	0+052.66m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		NORMAL
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		16.25
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		8.12
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		8.13
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		0.641
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		0.738
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		0.837
COOR. ENTRADA	759,980.77m	1,237,978.37m
COOR. CENTRO	759,974.84m	1,237,983.93m
COOR. SALIDA	759,968.92m	1,237,989.49m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-11

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

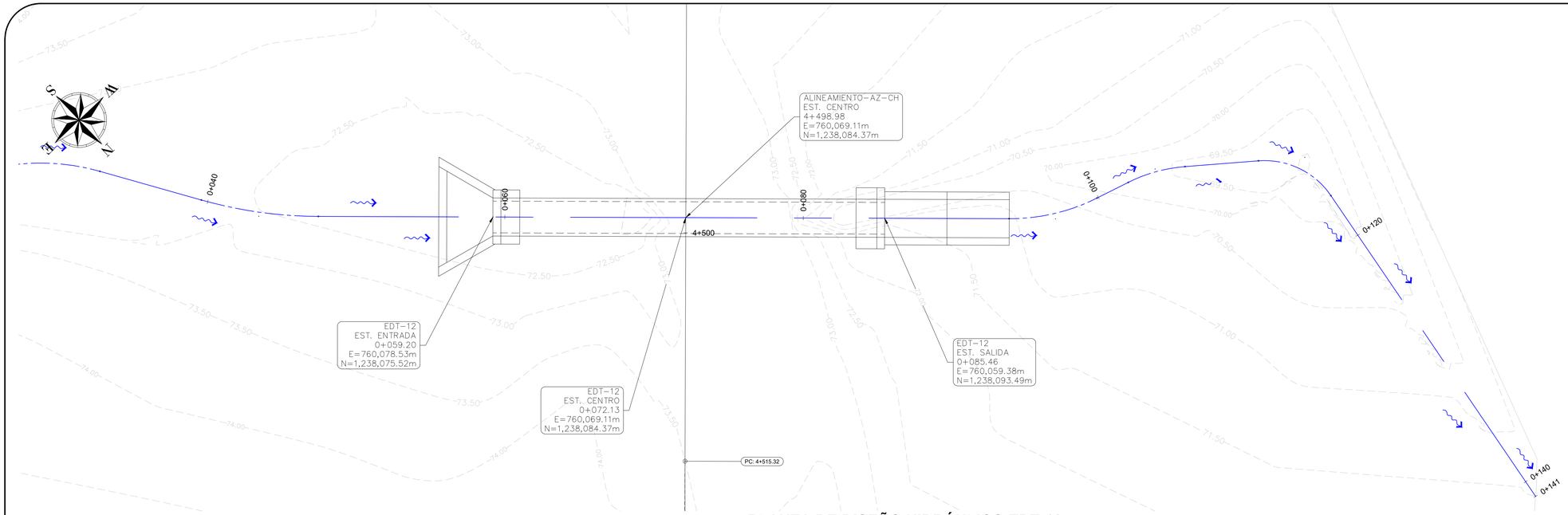
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 11

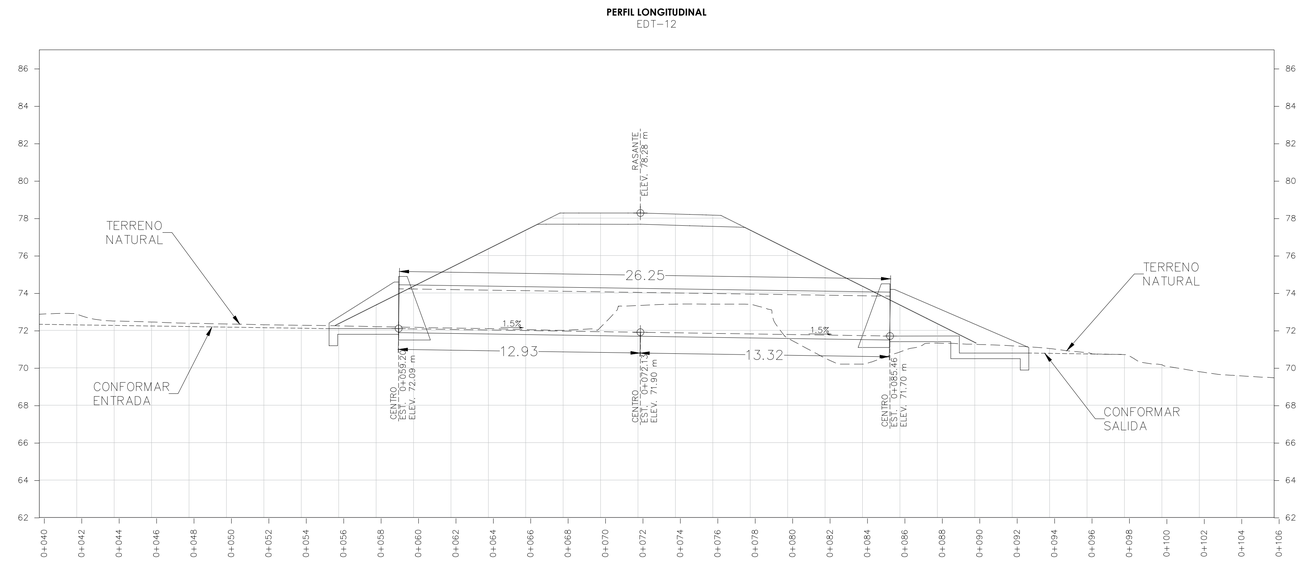
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA
AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-12

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-12

ESCALA: 1/250

EDT-12		
ESTACIÓN		4+498.98m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		78.28
ESTRUCTURA		1-TCR-84"
ENTRADA	INVERT (msnm)	72.09
	ESTACIÓN	0+059.20m
CENTRO	ELEV. (msnm)	71.90
	ESTACIÓN	0+072.13m
SALIDA	INVERT (msnm)	71.70
	ESTACIÓN	0+085.46m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		NORMAL
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		26.25
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		12.93
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		13.32
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		4.738
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		5.458
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		6.189
COOR. ENTRADA	760,078.53m	1,238,075.52m
COOR. CENTRO	760,069.11m	1,238,084.37m
COOR. SALIDA	760,059.38m	1,238,093.49m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL, DISEÑO HIDRÁULICO EDT-12

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

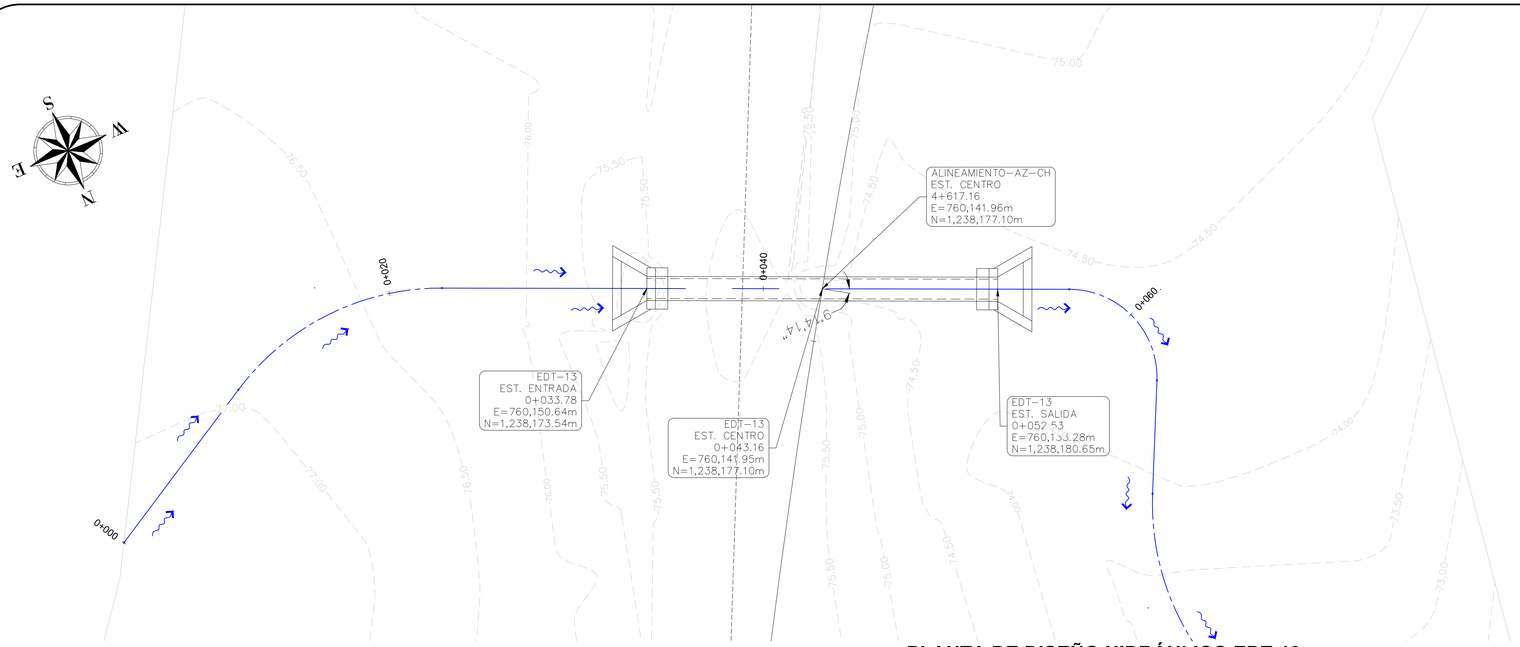
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 12

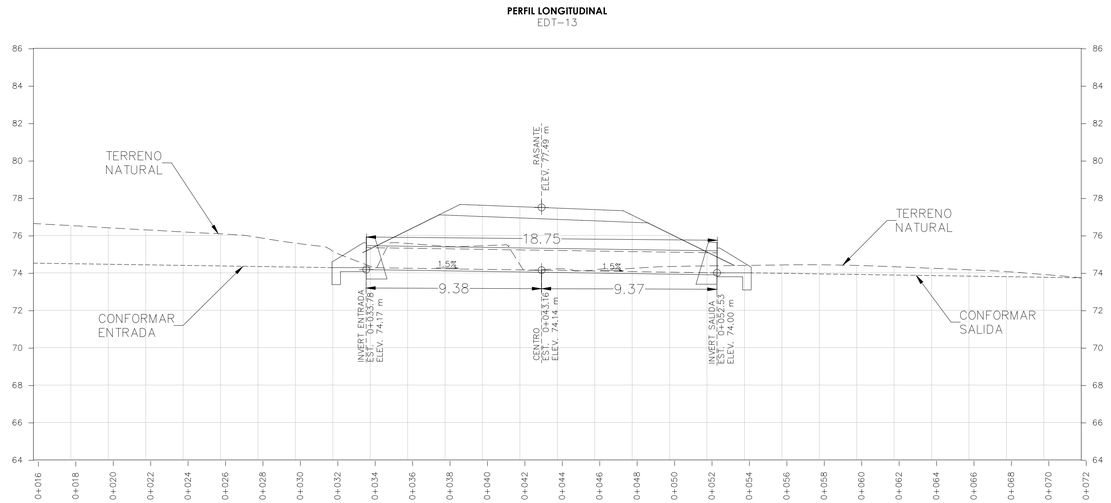
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMERICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-13

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-13

ESCALA: 1/250

EDT-13		
ESTACIÓN		4+617.16m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		77.49
ESTRUCTURA		1-TCR-42"
ENTRADA	INVERT (msnm)	74.17
	ESTACIÓN	0+033.78m
CENTRO	ELEV. (msnm)	74.14
	ESTACIÓN	0+043.16m
SALIDA	INVERT (msnm)	74
	ESTACIÓN	0+052.53m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		DER.-ADEL.-9°14'14"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		18.75
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		9.38
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		9.37
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		0.841
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		0.971
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		1.103
COOR. ENTRADA	760,150.64m	1,238,173.54m
COOR. CENTRO	760,141.95m	1,238,177.10m
COOR. SALIDA	760,133.28m	1,238,180.65m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-13

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

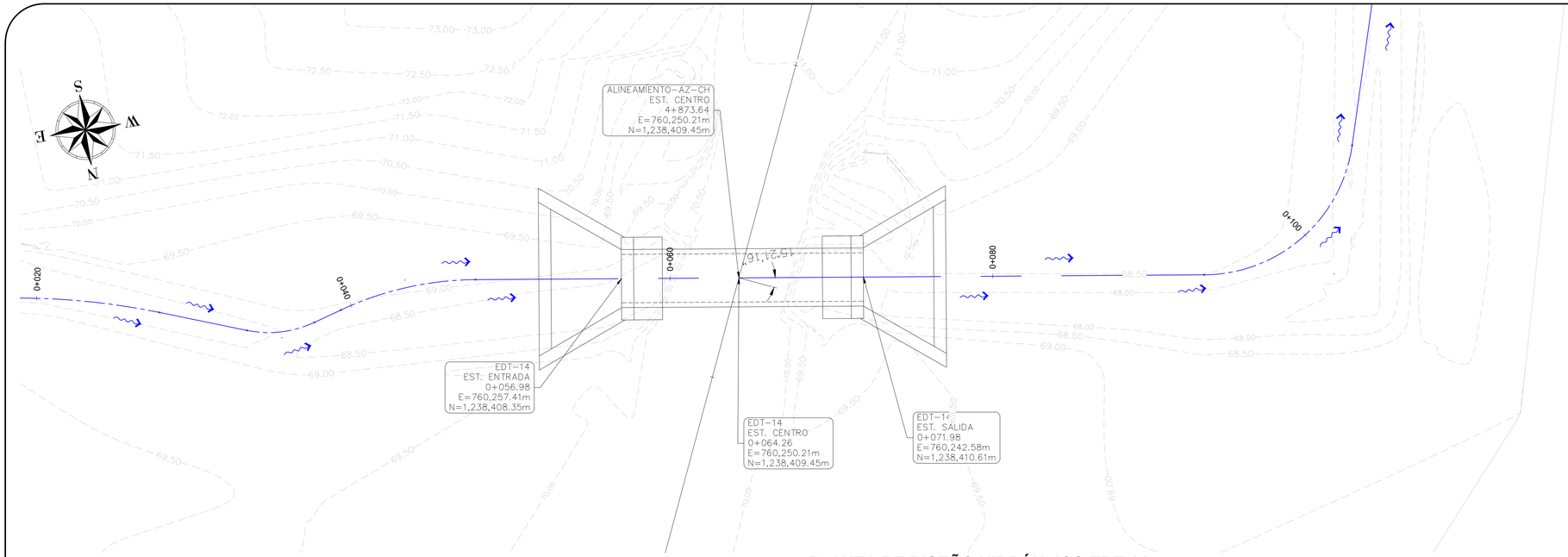
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 13

PP - AZCH - 45

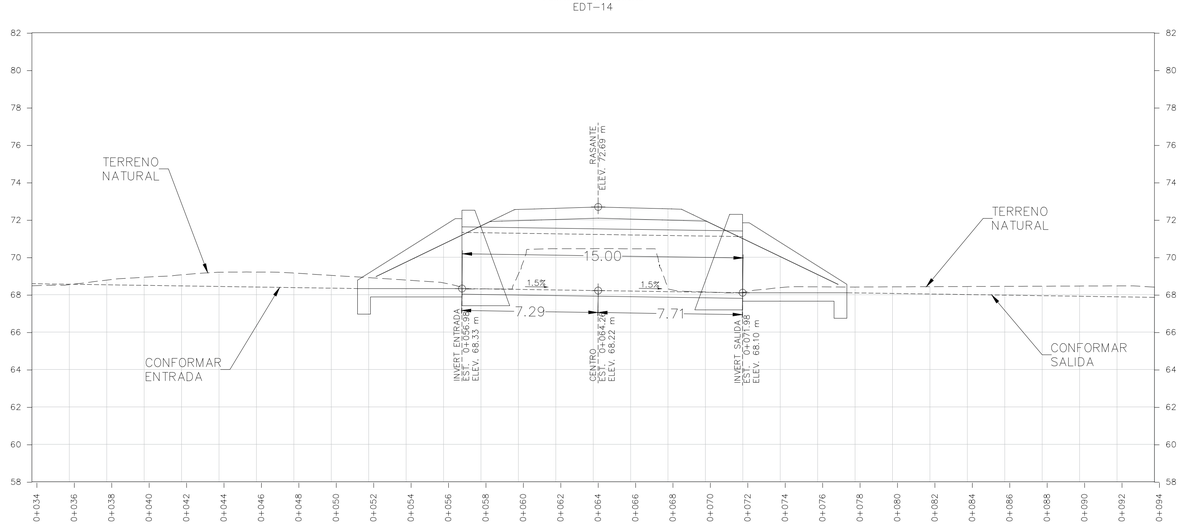
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-14

ESCALA: 1/250

PERFIL LONGITUDINAL
EDT–14



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-14

ESCALA: 1/250

EDT-14		
ESTACIÓN		4+873.64m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		72.69
ESTRUCTURA		1-CCR-3X3m
ENTRADA	INVERT (msnm)	68.33
	ESTACIÓN	0+056.98m
CENTRO	ELEV. (msnm)	68.22
	ESTACIÓN	0+064.26m
SALIDA	INVERT (msnm)	68.10
	ESTACIÓN	0+071.98m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		DER.-ADEL.-15°21'16"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		15
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		7.29
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		7.71
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		11.602
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		14.019
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		16.156
COOR. ENTRADA	760,257.41m	1,238,408.35m
COOR. CENTRO	760,250.21m	1,238,409.45m
COOR. SALIDA	760,242.58m	1,238,410.61m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-14

ELABORAN:
Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:
Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

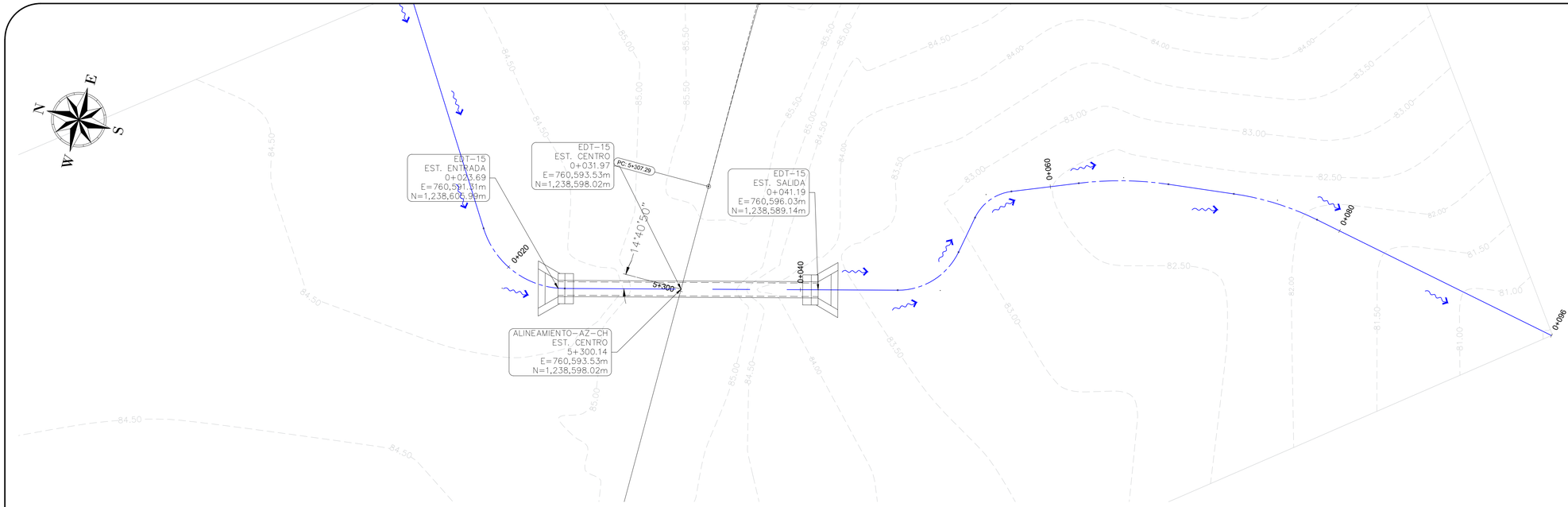
ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

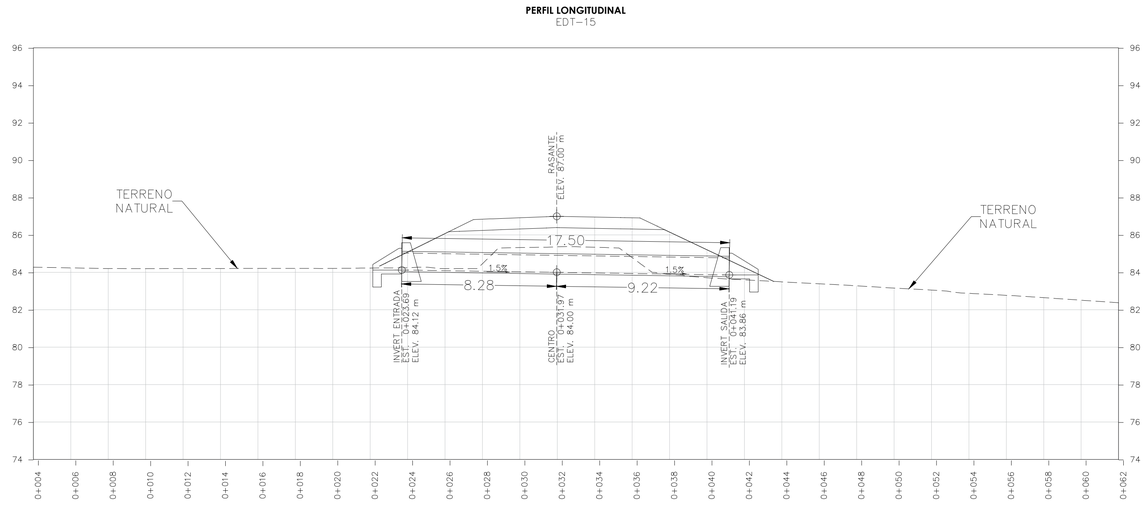
HOJA:
PP - AZCH - 14
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA
AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-15

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-15

ESCALA: 1/250

EDT-15		
ESTACIÓN		5+300.14m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		87
ESTRUCTURA		1-TCR-36"
ENTRADA	INVERT (msnm)	84.12
	ESTACIÓN	0+023.69m
CENTRO	ELEV. (msnm)	84
	ESTACIÓN	0+031.97m
SALIDA	INVERT (msnm)	83.86
	ESTACIÓN	0+041.19m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		IZQ.-ATRÁS-14°40'50"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		17.50
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		8.28
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		9.22
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		0.203
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		0.233
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		0.265
COOR. ENTRADA	760,591.31m	1,238,605.99m
COOR. CENTRO	760,593.53m	1,238,598.02m
COOR. SALIDA	760,596.03m	1,238,589.14m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-15

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

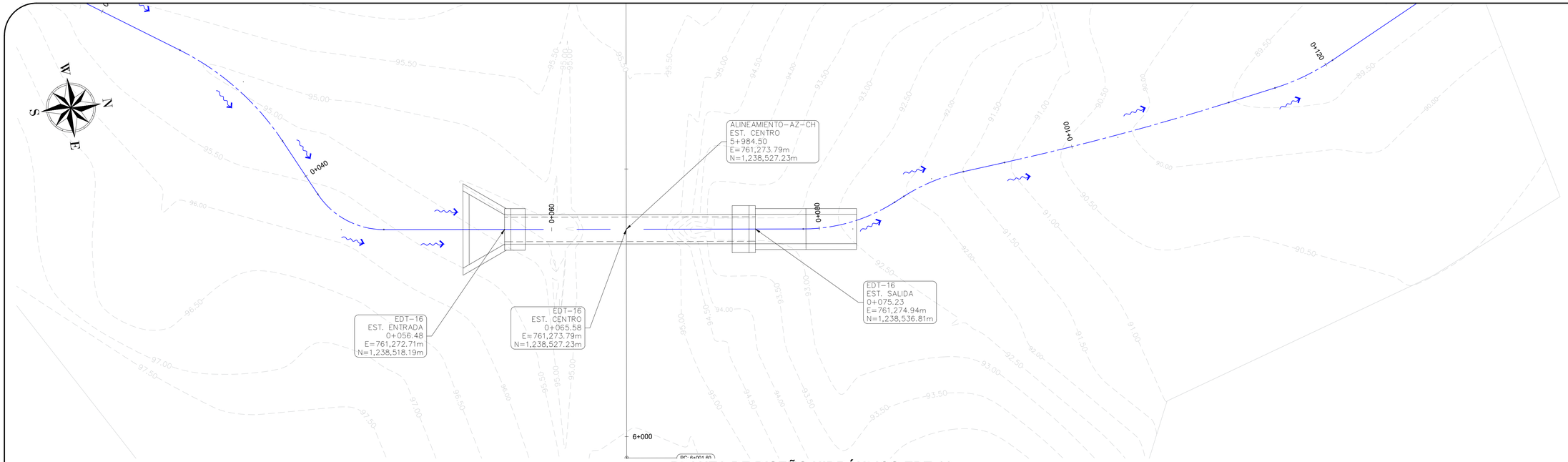
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 15

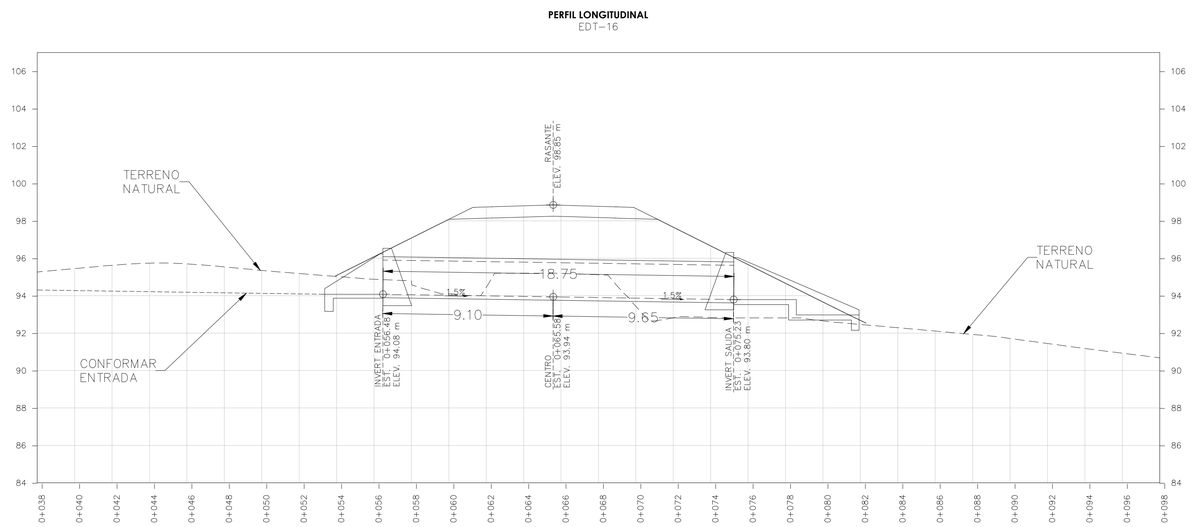
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA
AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-16

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-16

ESCALA: 1/250

EDT-16		
ESTACIÓN		5+984.5m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		98.85
ESTRUCTURA		1-TCR-72"
ENTRADA	INVERT (msnm)	94.08
	ESTACIÓN	0+056.48m
CENTRO	ELEV. (msnm)	93.94
	ESTACIÓN	0+065.58m
SALIDA	INVERT (msnm)	93.80
	ESTACIÓN	0+075.23m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		NORMAL
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		18.75
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		9.10
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		9.65
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		2.859
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		3.301
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		3.746
COOR. ENTRADA	761,272.71m	1,238,518.19
COOR. CENTRO	761,273.79m	1,238,527.23m
COOR. SALIDA	761,274.94m	1,238,536.81m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL, DISEÑO HIDRÁULICO EDT-16

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

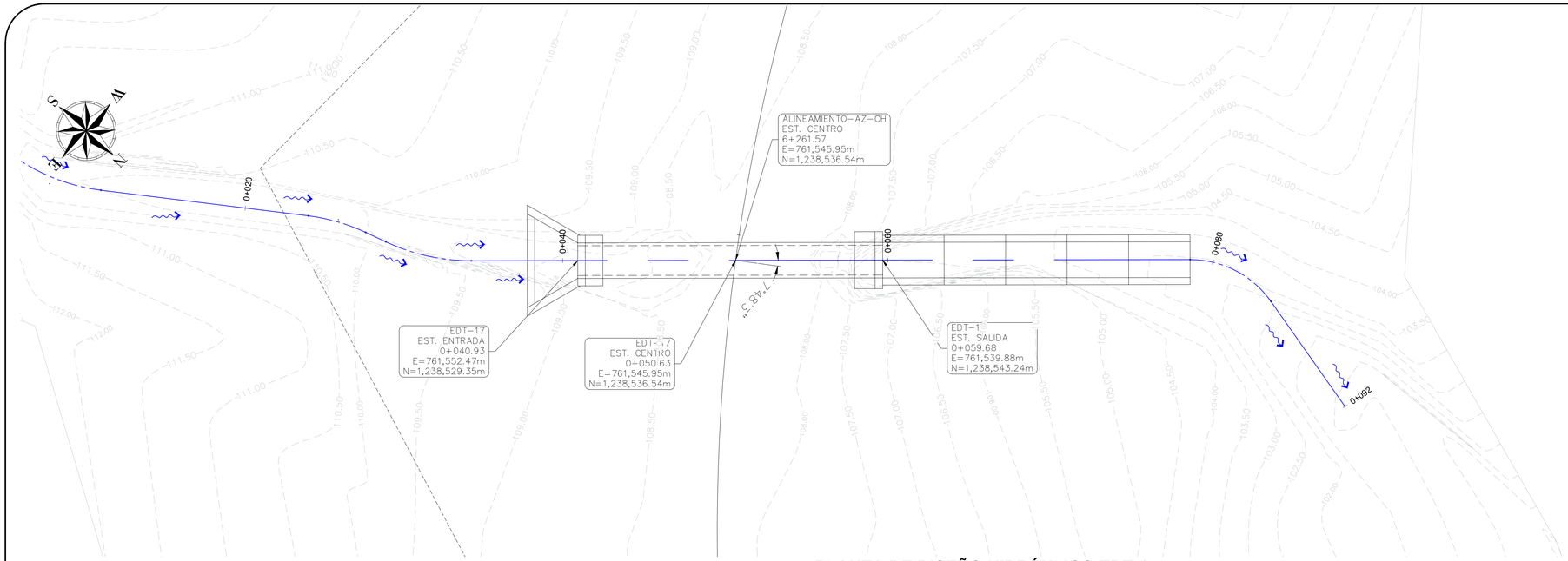
ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

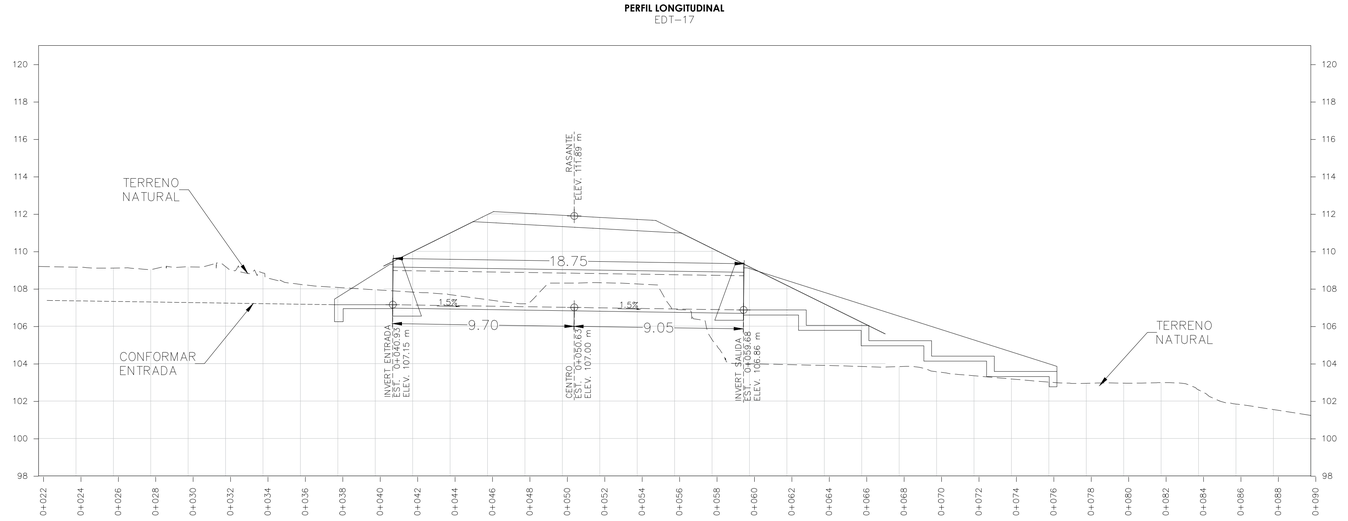
HOJA: PP - AZCH - 16 / PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-17

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-17

ESCALA: 1/250

EDT-17		
ESTACIÓN		6+261.57m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		111.89
ESTRUCTURA		1-TCR-72"
ENTRADA	INVERT (msnm)	107.15
	ESTACIÓN	0+040.93m
CENTRO	ELEV. (msnm)	107
	ESTACIÓN	0+050.63m
SALIDA	INVERT (msnm)	106.86
	ESTACIÓN	0+059.68m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		DER.-ADEL.-7°48'3"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		18.75
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		9.70
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		9.05
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		3.173
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		3.681
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		4.184
COOR. ENTRADA	761,552.47m	1,238,529.35m
COOR. CENTRO	761,545.95m	1,238,536.54m
COOR. SALIDA	761,539.88m	1,238,543.24m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-17

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

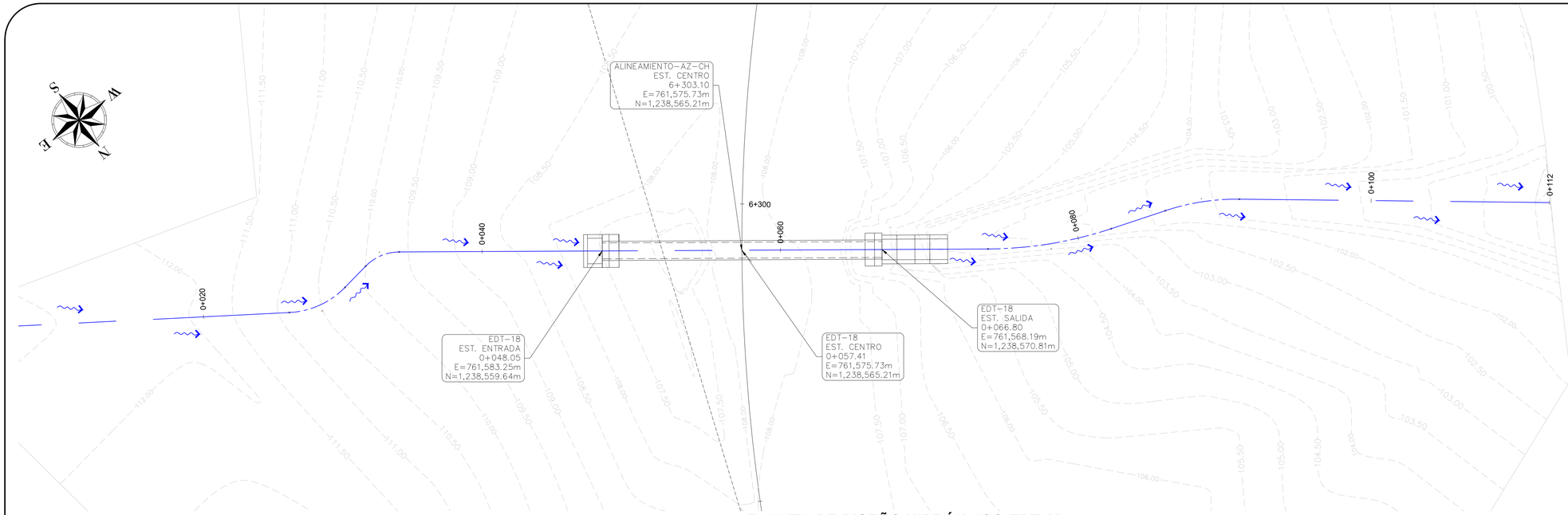
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 17

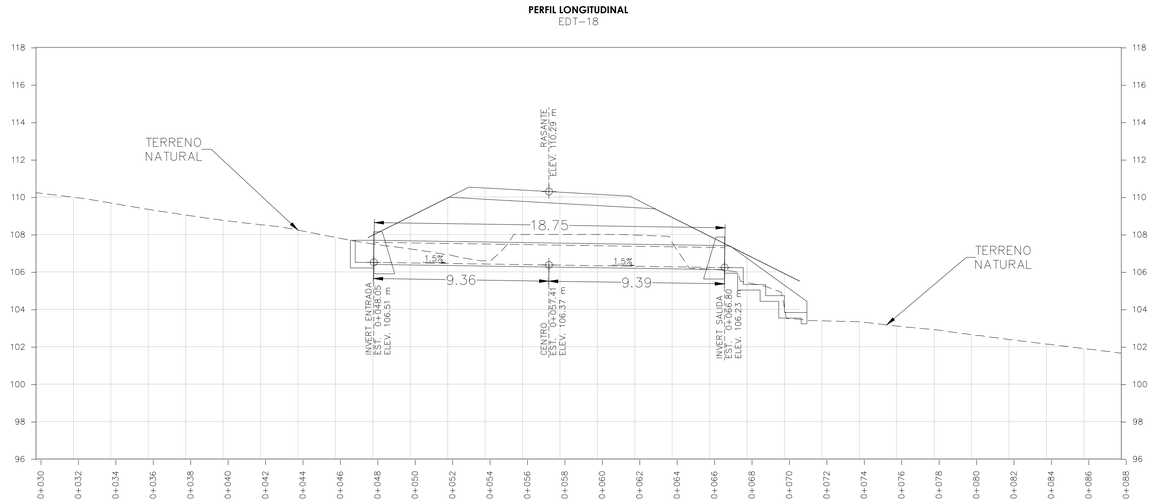
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-18

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-18

ESCALA: 1/250

EDT-18		
ESTACIÓN		6+303.10m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		110.29
ESTRUCTURA		1-TCR-42"
ENTRADA	INVERT (msnm)	106.51
	ESTACIÓN	0+048.05m
CENTRO	ELEV. (msnm)	106.37
	ESTACIÓN	0+057.41m
SALIDA	INVERT (msnm)	106.23
	ESTACIÓN	0+066.80m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		NORMAL
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		18.75
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		9.36
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		9.39
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		0.934
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		1.076
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		1.220
COOR. ENTRADA	761,583.25m	1,238,559.64m
COOR. CENTRO	761,575.73m	1,238,565.21m
COOR. SALIDA	761,568.19m	1,238,570.81m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-18

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

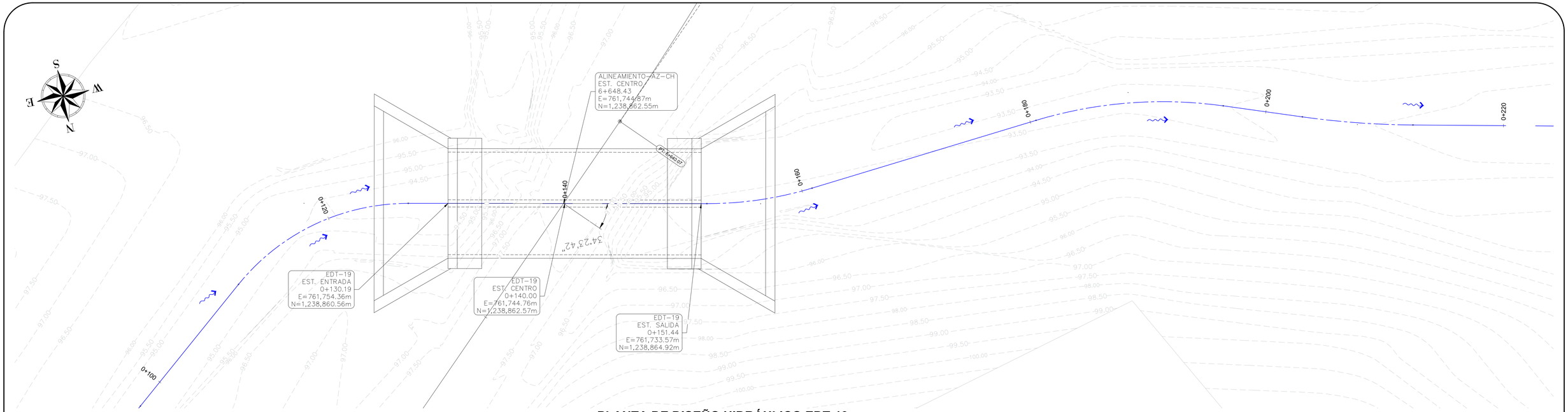
FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

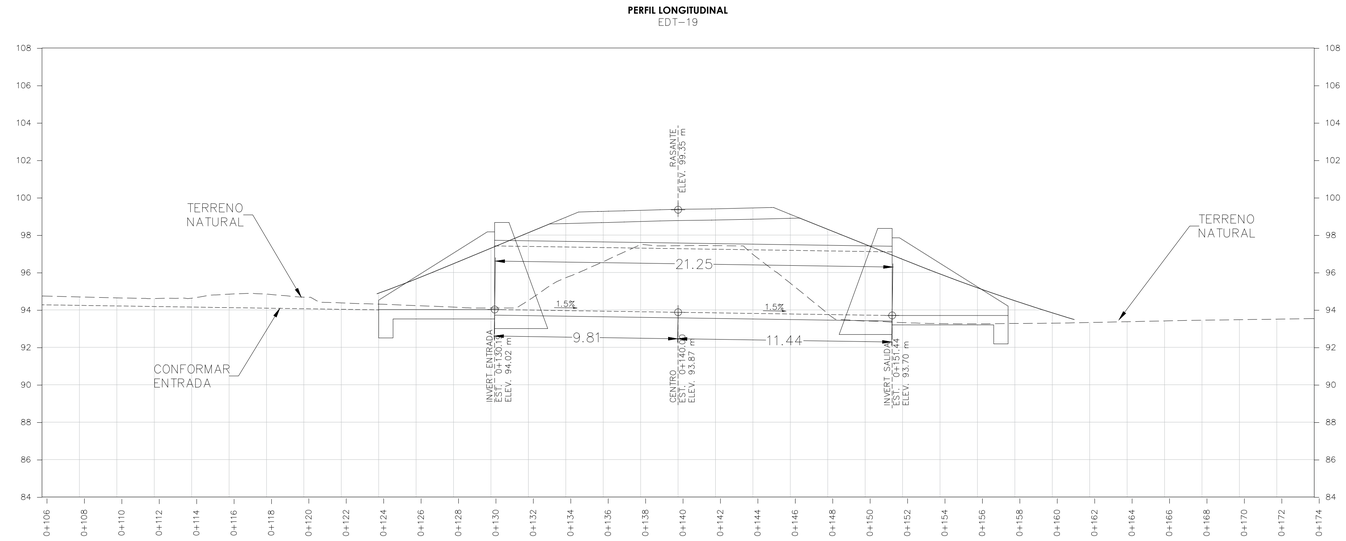
PP - AZCH - 18

PP - AZCH - 45



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-19

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-19

ESCALA: 1/250

EDT-19		
ESTACIÓN		6+648.43m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		99.35
ESTRUCTURA		2-CCR-4X4m
ENTRADA	INVERT (msnm)	94.02
	ESTACIÓN	0+130.19m
CENTRO	ELEV. (msnm)	93.87
	ESTACIÓN	0+140m
SALIDA	INVERT (msnm)	93.70
	ESTACIÓN	0+151.44m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		DER.-ADEL.-34°23'42"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		21.25
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		9.81
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		11.44
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		59.663
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		72.995
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		84.553
COOR. ENTRADA	761,754.36m	1,238,860.56m
COOR. CENTRO	761,744.76m	1,238,862.57m
COOR. SALIDA	761,733.57m	1,238,.864.92m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-19

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

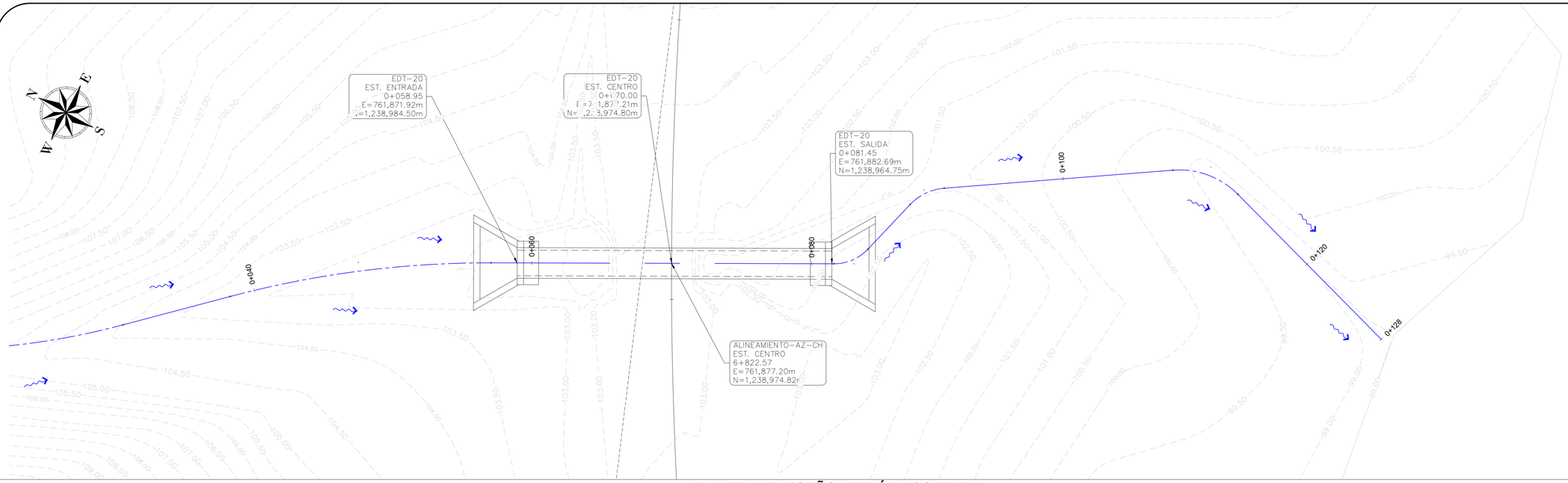
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 19

PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA
AMÉRICA CENTRAL

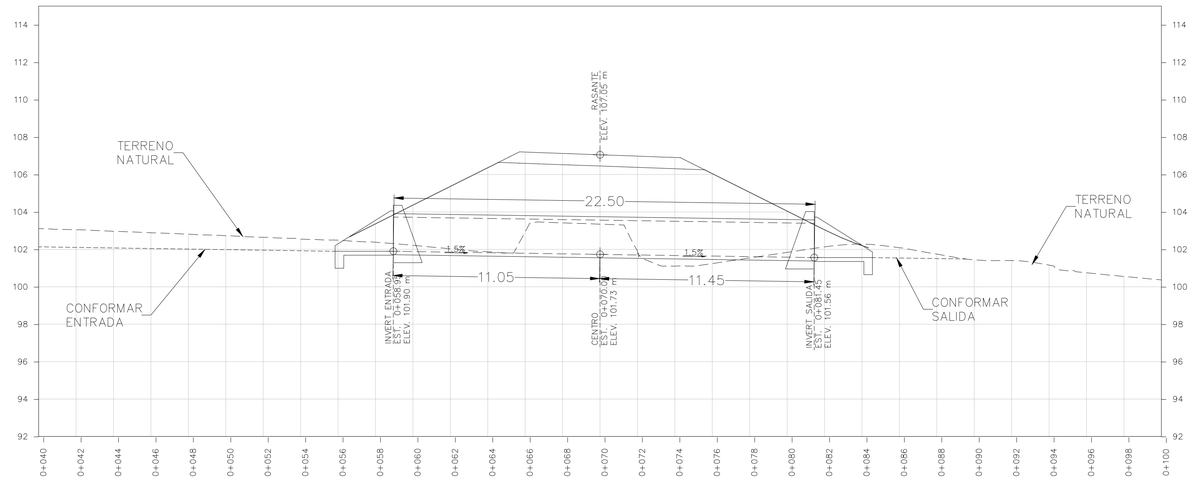


PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-20

ESCALA: 1/250

PERFIL LONGITUDINAL

EDT-20



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-20

ESCALA: 1/250

EDT-20		
ESTACIÓN		6+822.57m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		107.05
ESTRUCTURA		1-TCR-72"
ENTRADA	INVERT (msnm)	101.90
	ESTACIÓN	0+058.95m
CENTRO	ELEV. (msnm)	101.73
	ESTACIÓN	0+070.00m
SALIDA	INVERT (msnm)	101.56
	ESTACIÓN	0+081.45m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		NORMAL
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		22.50
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		11.05
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		11.45
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		3.490
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		4.020
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		4.559
COOR. ENTRADA	761,871.92m	1,238,984.50m
COOR. CENTRO	761,877.21m	1,238,974.80m
COOR. SALIDA	761,882.69m	1,238,964.75m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-20

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

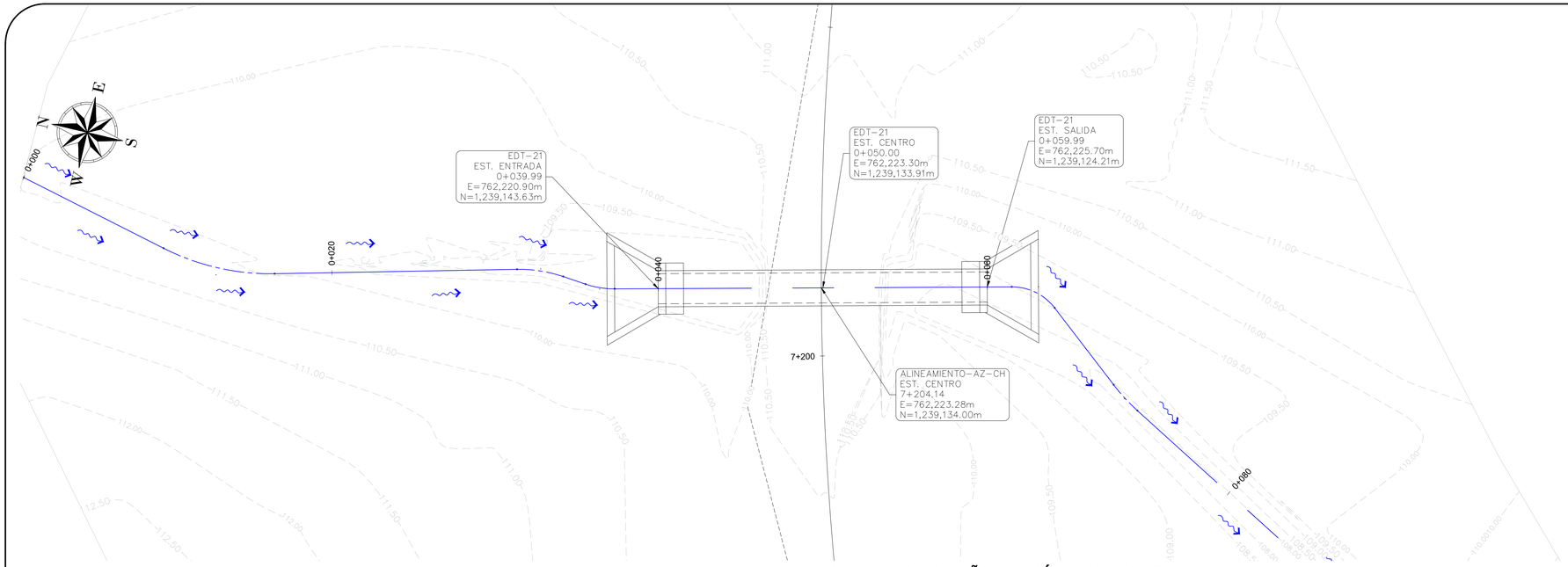
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 20

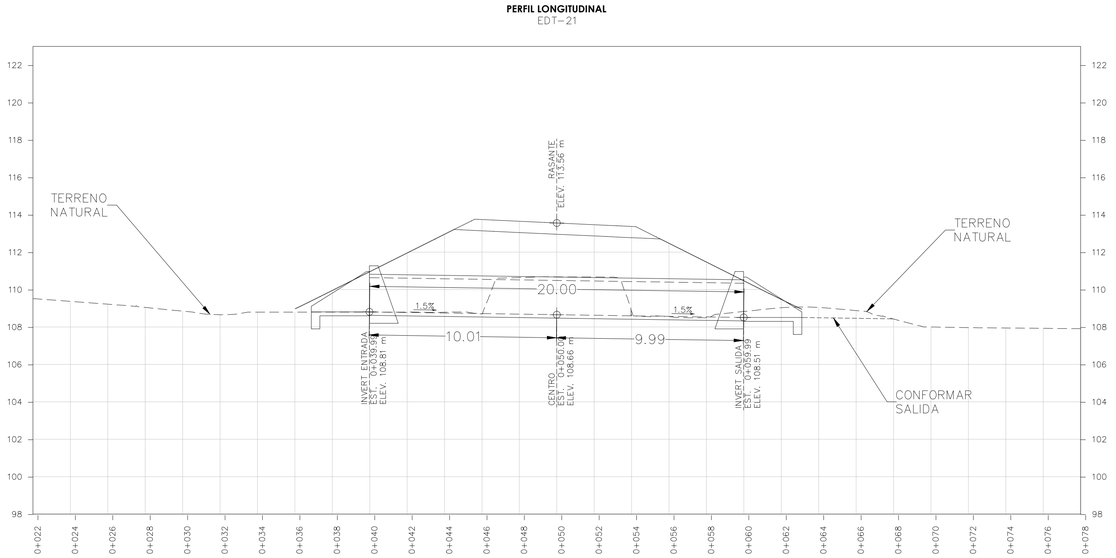
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-21

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-21

ESCALA: 1/250

EDT-21		
ESTACIÓN		7+204.14m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		113.56
ESTRUCTURA		1-TCR-72"
ENTRADA	INVERT (msnm)	108.81
	ESTACIÓN	0+039.99m
CENTRO	ELEV. (msnm)	108.66
	ESTACIÓN	0+050.00m
SALIDA	INVERT (msnm)	108.51
	ESTACIÓN	0+059.99m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		NORMAL
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		20
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		10.01
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		9.99
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		2.775
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		3.250
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		3.705
COOR. ENTRADA	762,220.90m	1,239,143.63m
COOR. CENTRO	762,223.30m	1,239,133.91m
COOR. SALIDA	762,225.70m	1,239,124.21m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-21

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

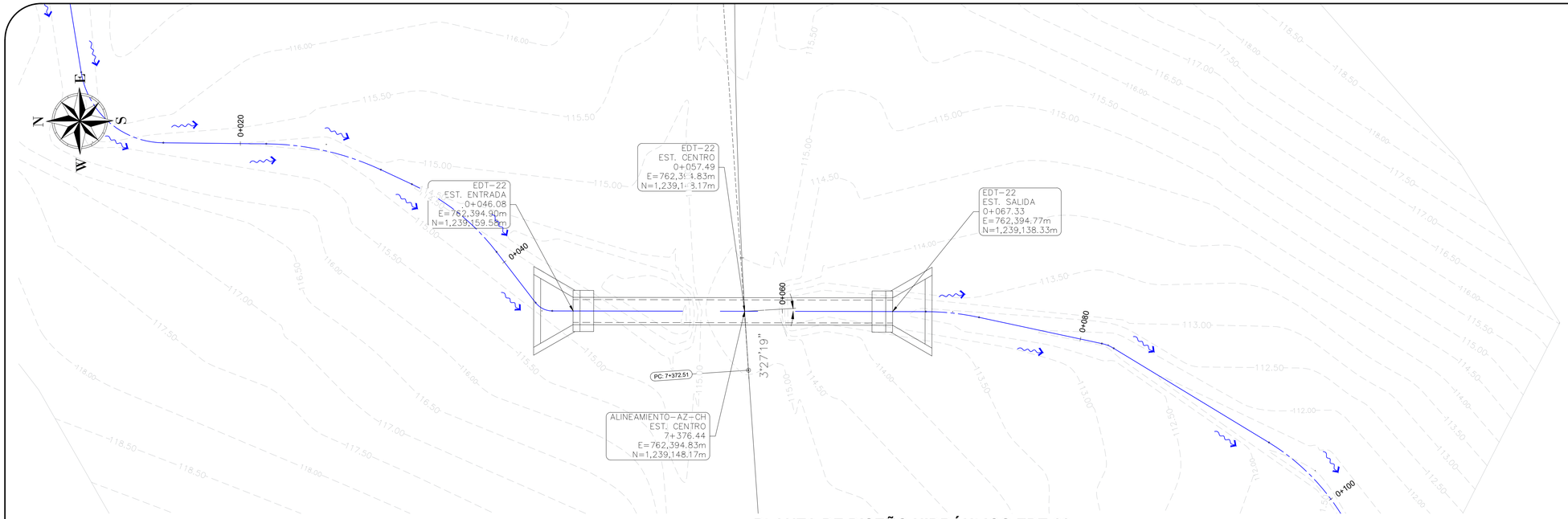
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 21

PP - AZCH - 45

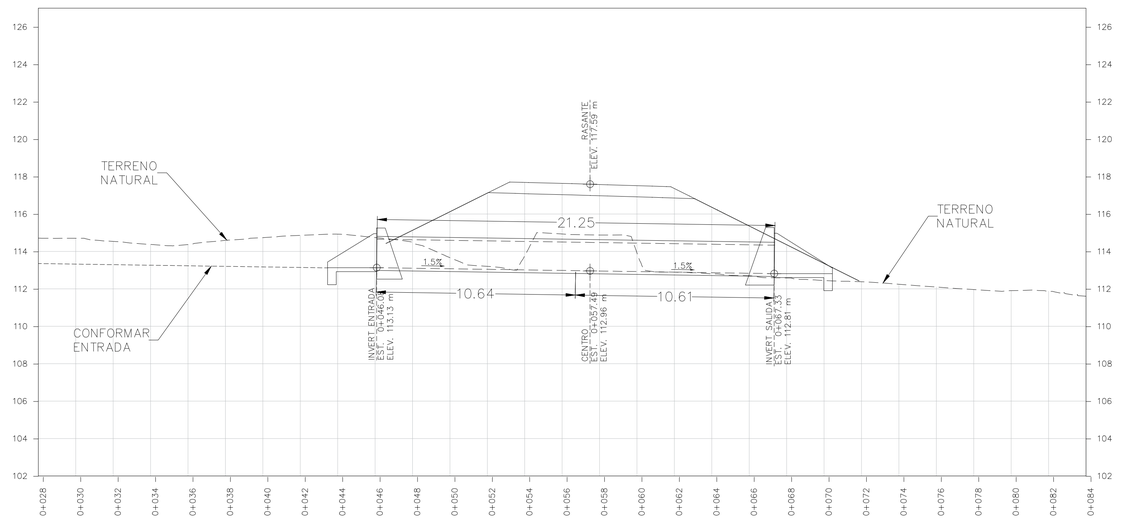
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-22

ESCALA: 1/250

PERFIL LONGITUDINAL
EDT-22



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-22

ESCALA: 1/250

EDT-22		
ESTACIÓN		7+376.44m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		117.59
ESTRUCTURA		1-TCR-60"
ENTRADA	INVERT (msnm)	113.13
	ESTACIÓN	0+046.08m
CENTRO	ELEV. (msnm)	112.96
	ESTACIÓN	0+057.49m
SALIDA	INVERT (msnm)	112.81
	ESTACIÓN	0+067.33m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		IZQ.-ADEL.-3°27'19"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		21.25
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		10.64
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		10.61
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		1.999
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		2.302
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		2.661
COOR. ENTRADA	762,394.90m	1,239,159.58m
COOR. CENTRO	762,394.83m	1,239,148.17m
COOR. SALIDA	762,394.77m	1,239,138.33m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-22

ELABORAN:
Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:
Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

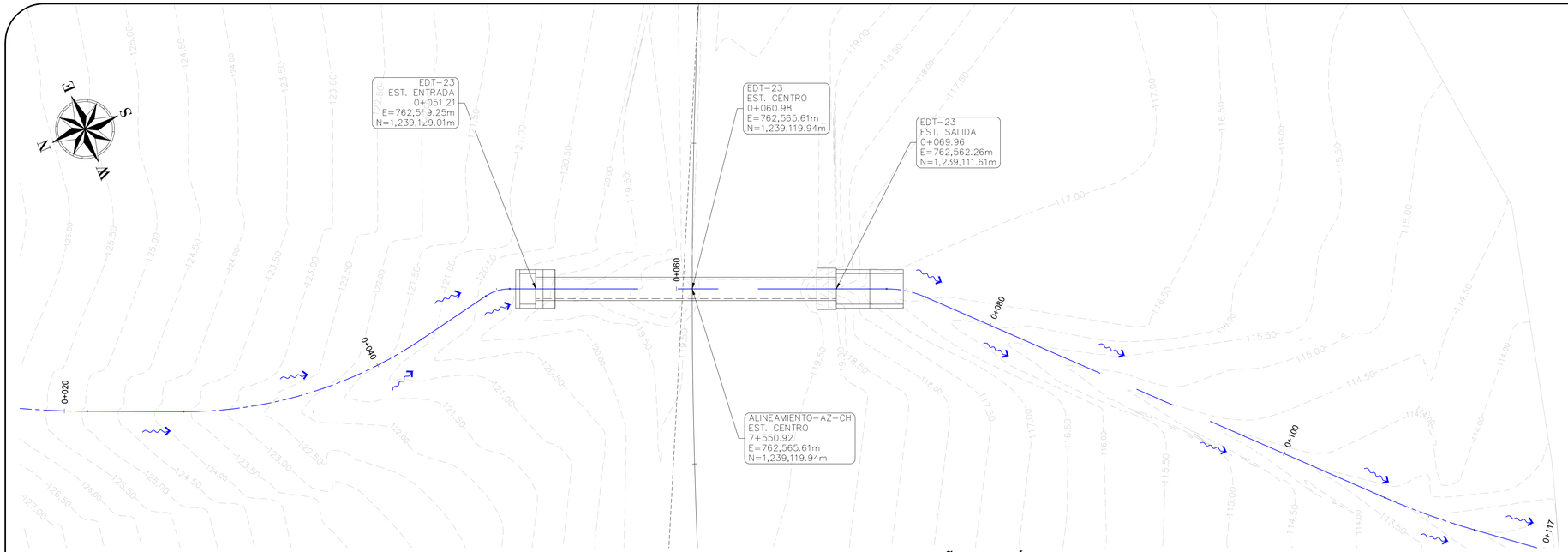
ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

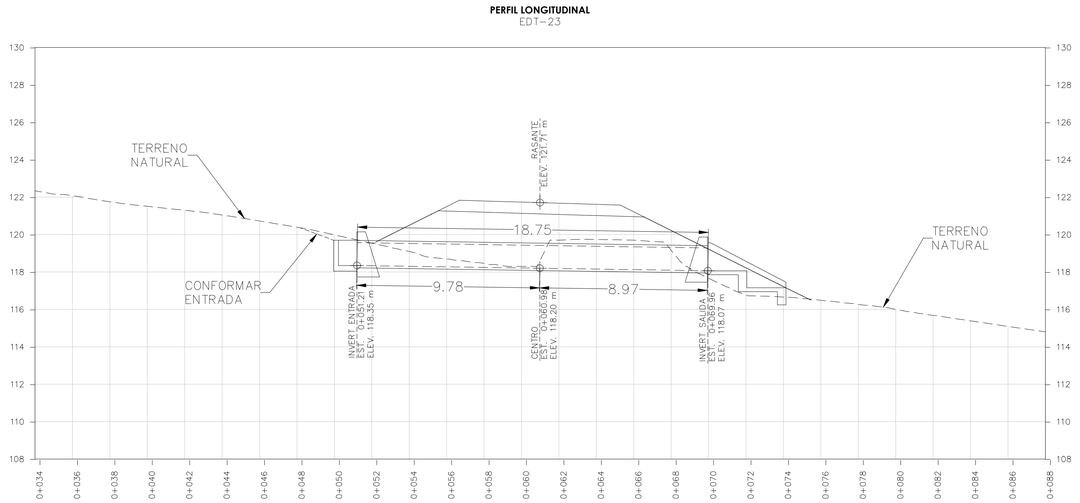
HOJA:
PP - AZCH - 22
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-23

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-23

ESCALA: 1/250

EDT-23		
ESTACIÓN		7+550.92m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		121.71
ESTRUCTURA		1-TCR-48"
ENTRADA	INVERT (msnm)	118.35
	ESTACIÓN	0+051.21m
CENTRO	ELEV. (msnm)	118.20
	ESTACIÓN	0+060.98m
SALIDA	INVERT (msnm)	118.07
	ESTACIÓN	0+069.96m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		NORMAL
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		18.75
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		9.78
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		8.97
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		0.938
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		1.080
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		1.225
COOR. ENTRADA	762,569.25m	1,239,129.01m
COOR. CENTRO	762,565.61m	1,239,119.94m
COOR. SALIDA	762,562.26m	1,239,111.61m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-23

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

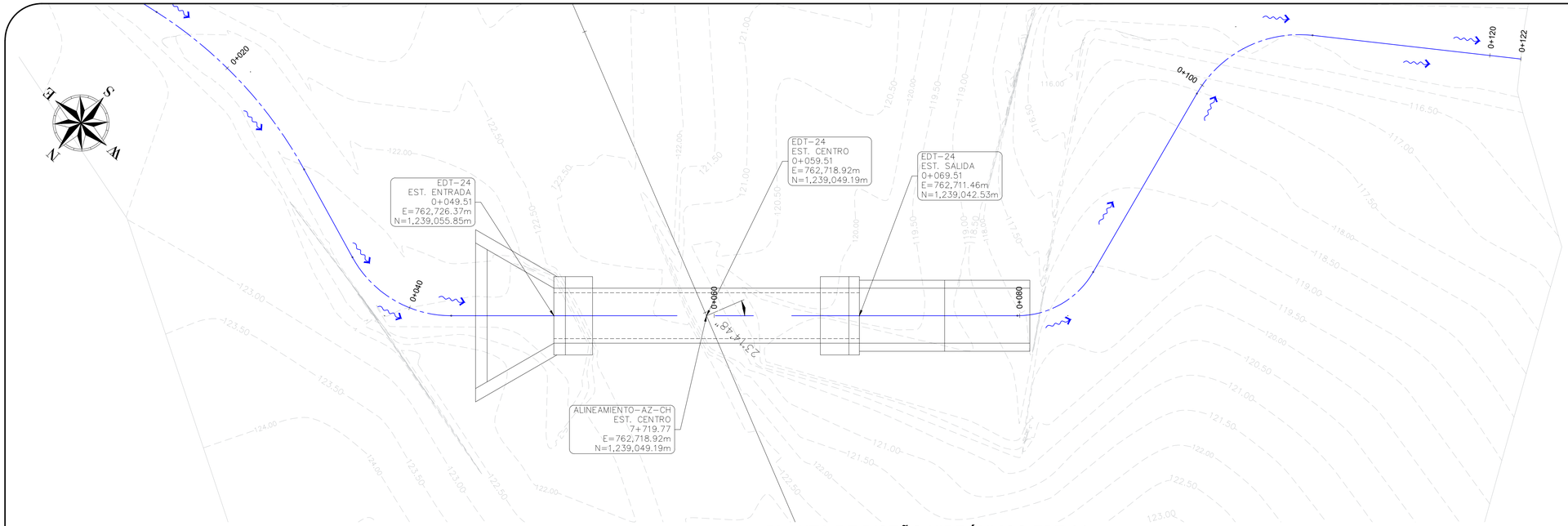
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 23

PP - AZCH - 45

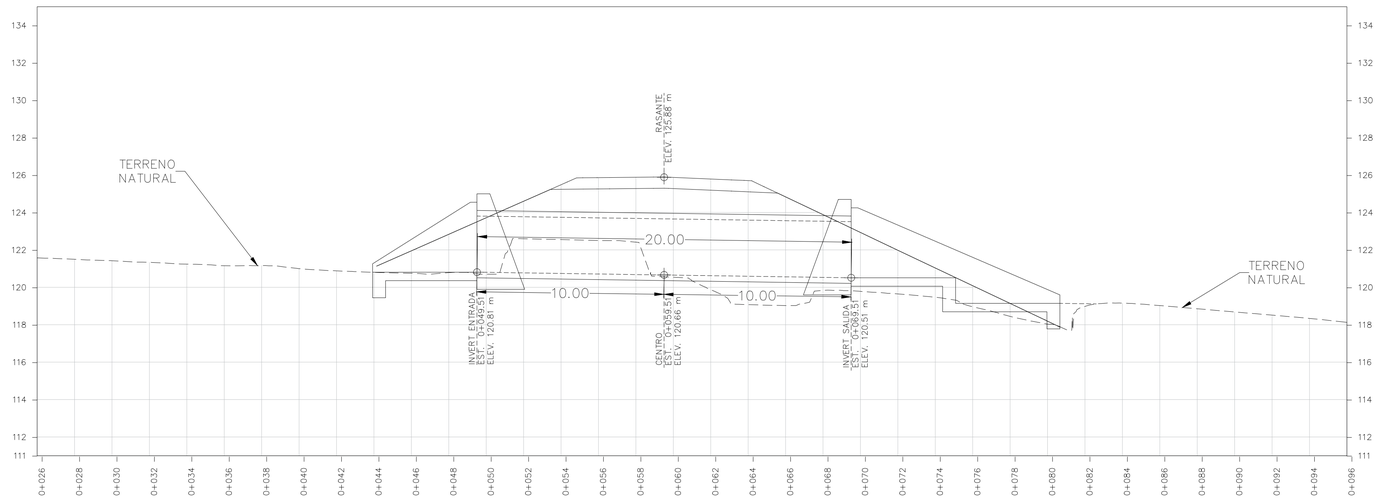
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-24

ESCALA: 1/250

PERFIL LONGITUDINAL
EDT–24



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-24

ESCALA: 1/250

EDT-24		
ESTACIÓN		7+719.77m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		125.88
ESTRUCTURA		1-CCR-3X3
ENTRADA	INVERT (msnm)	120.81
	ESTACIÓN	0+049.51m
CENTRO	ELEV. (msnm)	120.66
	ESTACIÓN	0+059.51m
SALIDA	INVERT (msnm)	120.51
	ESTACIÓN	0+069.51m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		IZQ.-ADEL.-23°14'48"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		20
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		10
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		10
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		7.680
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		8.980
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		10.232
COOR. ENTRADA	762,726.37m	1,239,055.85m
COOR. CENTRO	762,718.92m	1,239,049.19m
COOR. SALIDA	762,711.46m	1,239,042.53m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-24

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

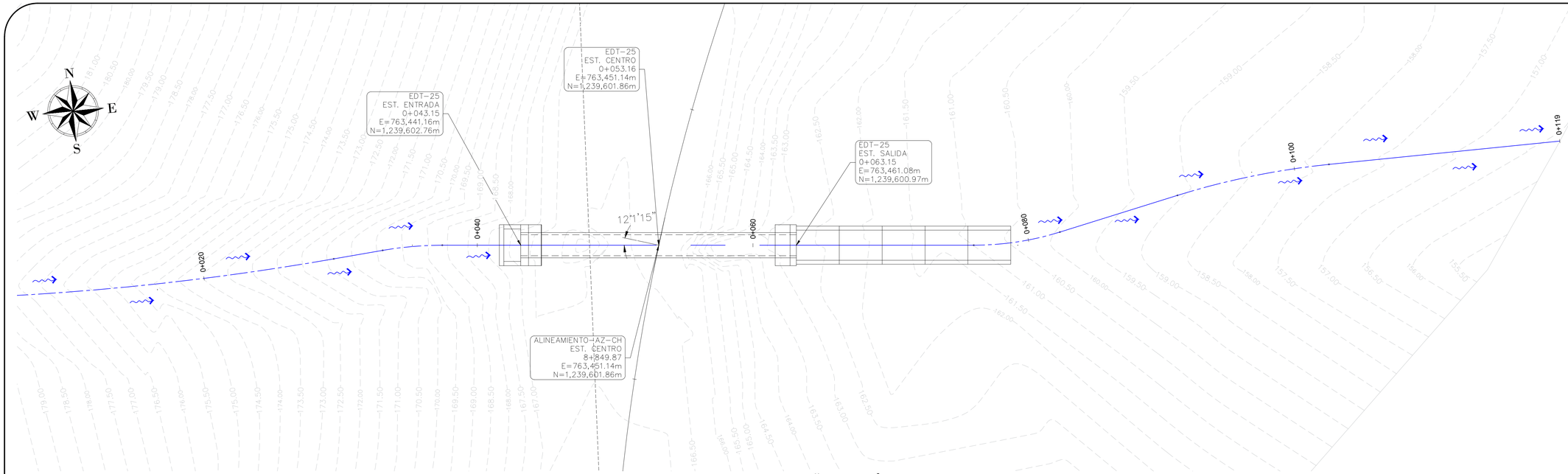
ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

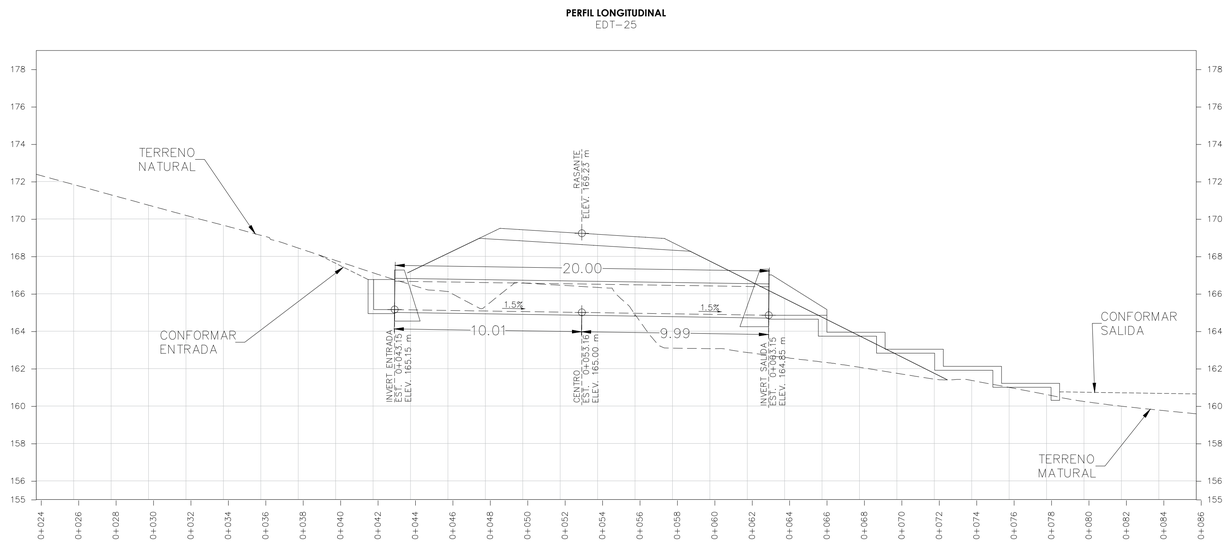
HOJA: PP - AZCH - 24 / PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-25

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-25

ESCALA: 1/250

EDT-25		
ESTACIÓN		8+849.87m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		169.23
ESTRUCTURA		1-TCR-60"
ENTRADA	INVERT (msnm)	165.15
	ESTACIÓN	0+043.15m
CENTRO	ELEV. (msnm)	165
	ESTACIÓN	0+053.16m
SALIDA	INVERT (msnm)	164.85
	ESTACIÓN	0+063.15m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		IZQ.-ATRÁS-12°1'15"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		20
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		10.01
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		9.99
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		2.256
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		2.598
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		2.946
COOR. ENTRADA	763,441.16m	1,239,602.76m
COOR. CENTRO	763,451.14m	1,239,601.86m
COOR. SALIDA	763,461.08m	1,239,600.97m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-25

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

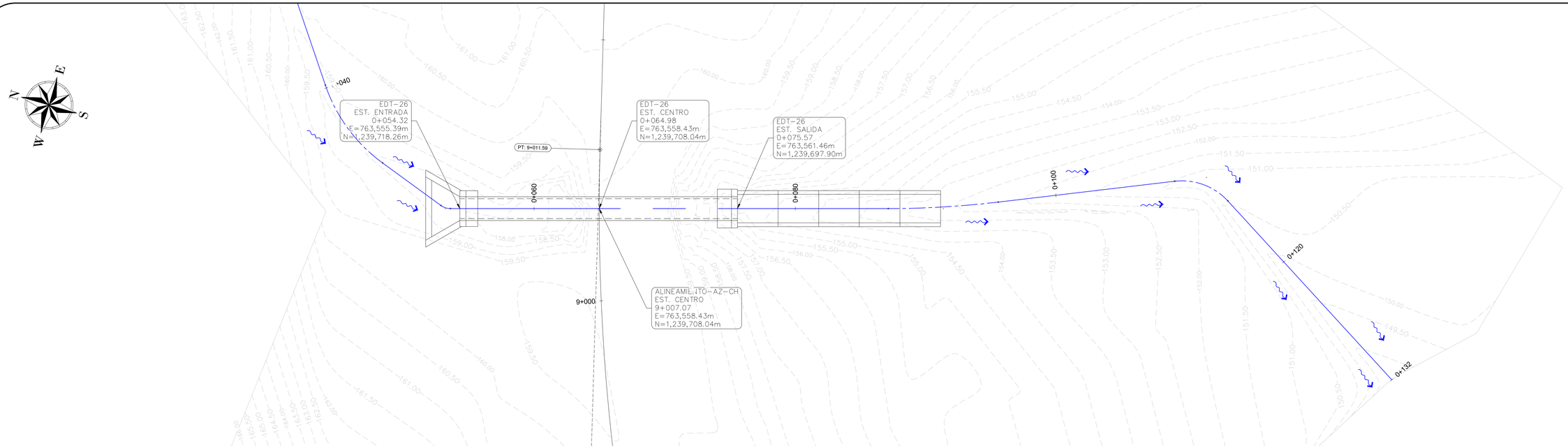
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 25

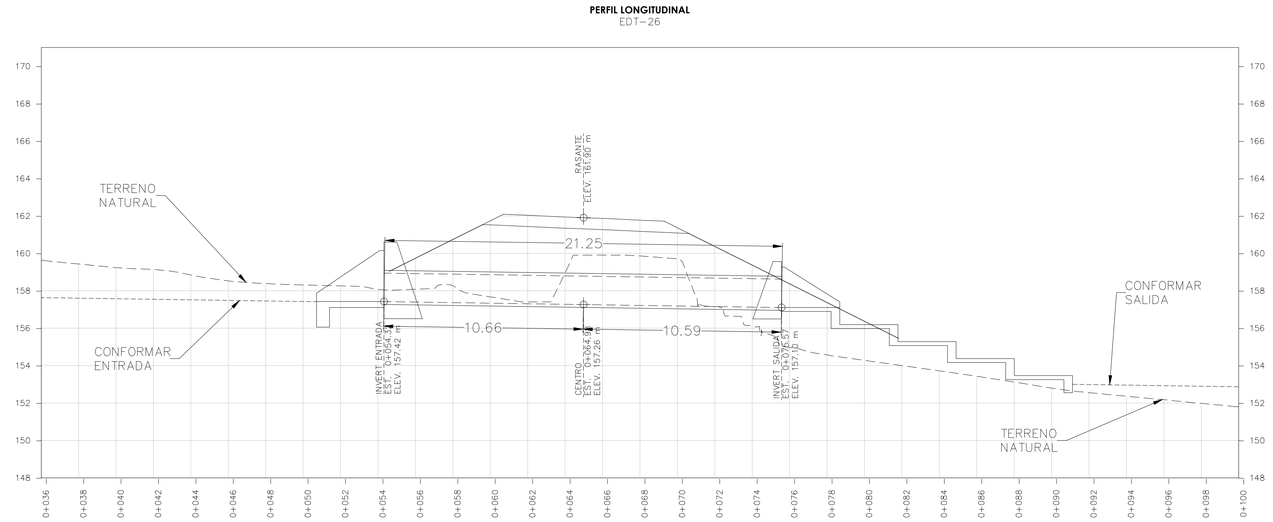
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-26

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-26

ESCALA: 1/250

EDT-26		
ESTACIÓN		9+007.07m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		161.90
ESTRUCTURA		1-TCR-60"
ENTRADA	INVERT (msnm)	157.42
	ESTACIÓN	0+054.32m
CENTRO	ELEV. (msnm)	157.26
	ESTACIÓN	0+064.98m
SALIDA	INVERT (msnm)	157.10
	ESTACIÓN	0+075.57m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		NORMAL
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		21.25
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		10.66
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		10.59
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		1.629
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		1.876
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		2.128
COOR. ENTRADA	763,555.39m	1,239,718.26m
COOR. CENTRO	763,558.43m	1,239,708.04m
COOR. SALIDA	763,561.46m	1,239,697.90m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-26

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

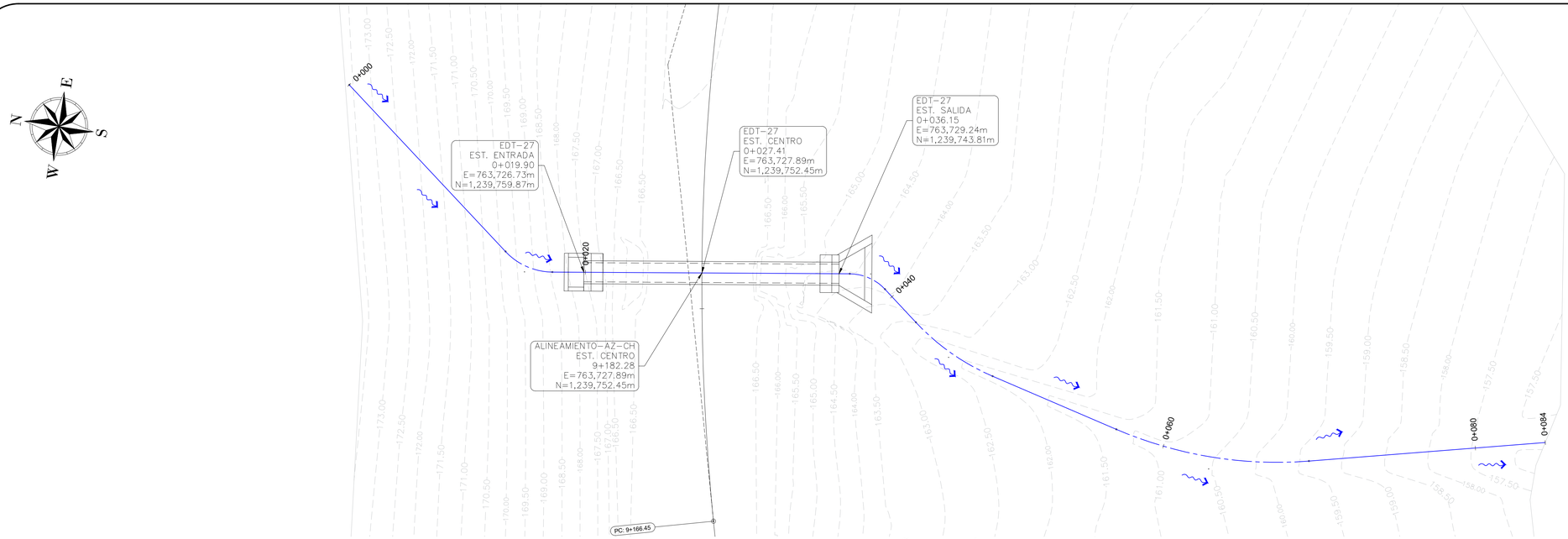
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 26

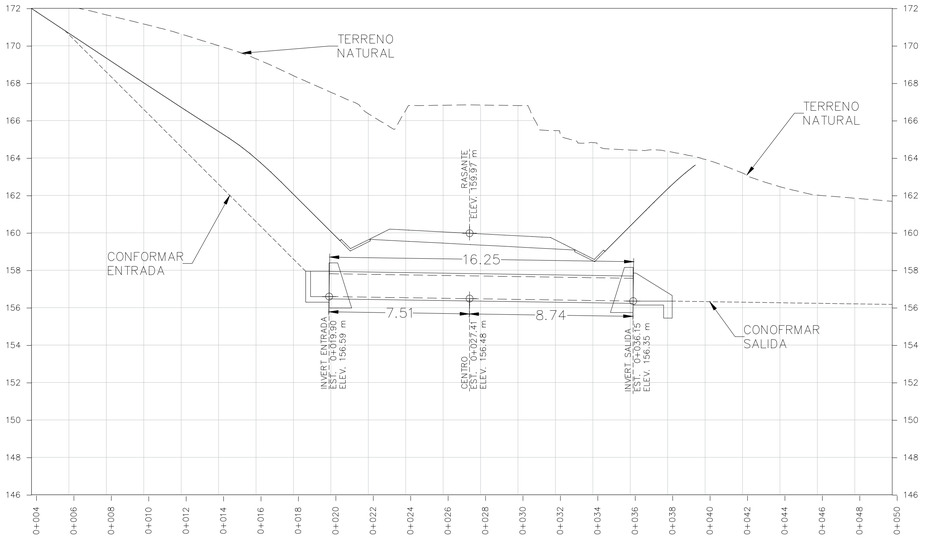
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-27

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-27

ESCALA: 1/250

EDT-27		
ESTACIÓN		9+182.28m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		159.97
ESTRUCTURA		1-TCR-48"
ENTRADA	INVERT (msnm)	156.59
	ESTACIÓN	0+019.90m
CENTRO	ELEV. (msnm)	156.48
	ESTACIÓN	0+027.41m
SALIDA	INVERT (msnm)	156.35
	ESTACIÓN	0+036.15m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		NORMAL
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		16.25
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		7.51
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		8.74
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		1.156
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		1.331
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		1.510
COOR. ENTRADA	763,726.73m	1,239,759.87m
COOR. CENTRO	763,727.89m	1,239,752.45m
COOR. SALIDA	763,729.24m	1,239,743.81m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-27

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

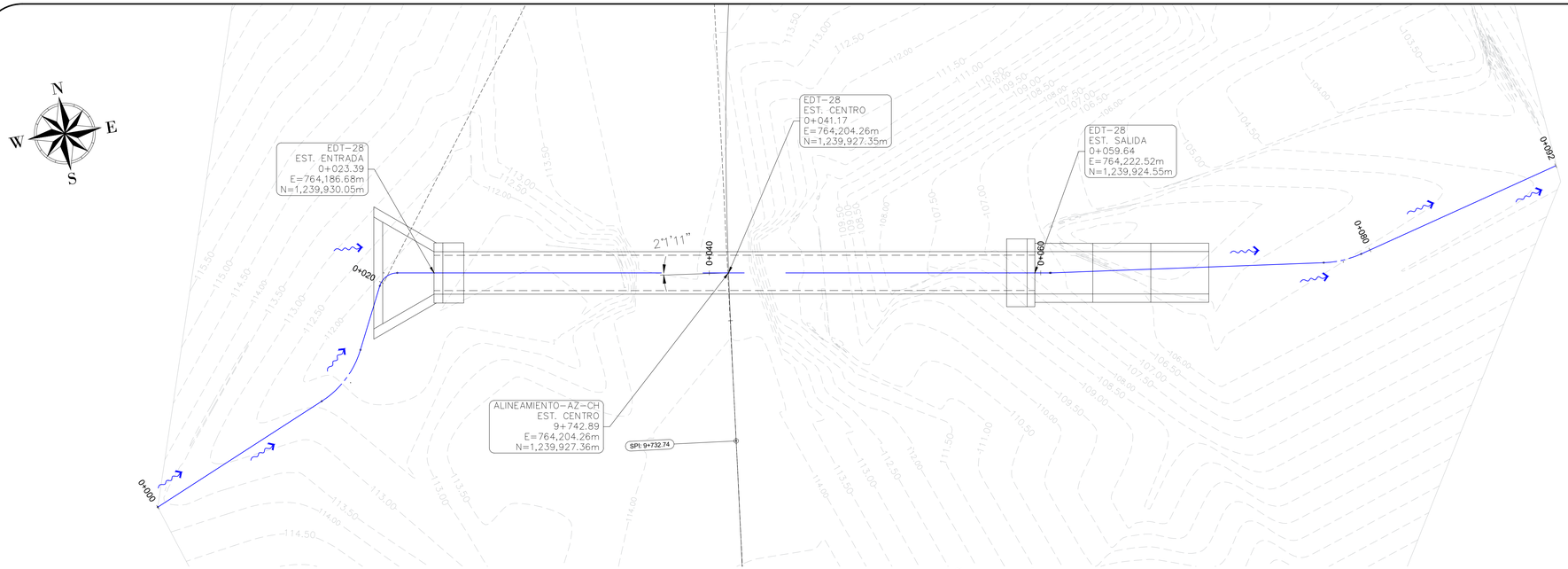
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 27

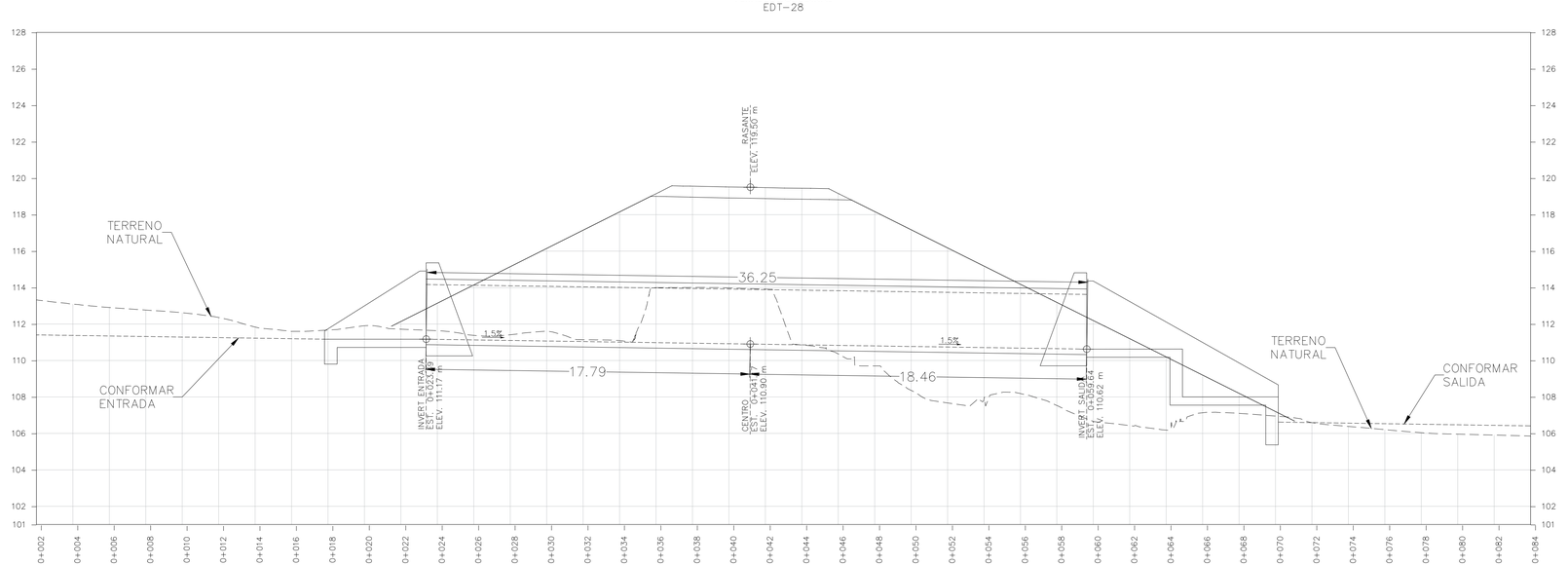
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA
AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-28

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-28

ESCALA: 1/250

EDT-28		
ESTACIÓN		9+742.89m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		119.50
ESTRUCTURA		1-TCR-84"
ENTRADA	INVERT (msnm)	111.17
	ESTACIÓN	0+023.39m
CENTRO	ELEV. (msnm)	110.90
	ESTACIÓN	0+041.17m
SALIDA	INVERT (msnm)	110.62
	ESTACIÓN	0+059.64m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		IZQ.-ADEL-2°1'11"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		36.25
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		17.79
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		18.46
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		7.372
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		8.633
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		9.841
COOR. ENTRADA	764,186.68m	1,239,930.05m
COOR. CENTRO	764,204.26m	1,239,927.35m
COOR. SALIDA	764,222.52m	1,239,924.55m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-28

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

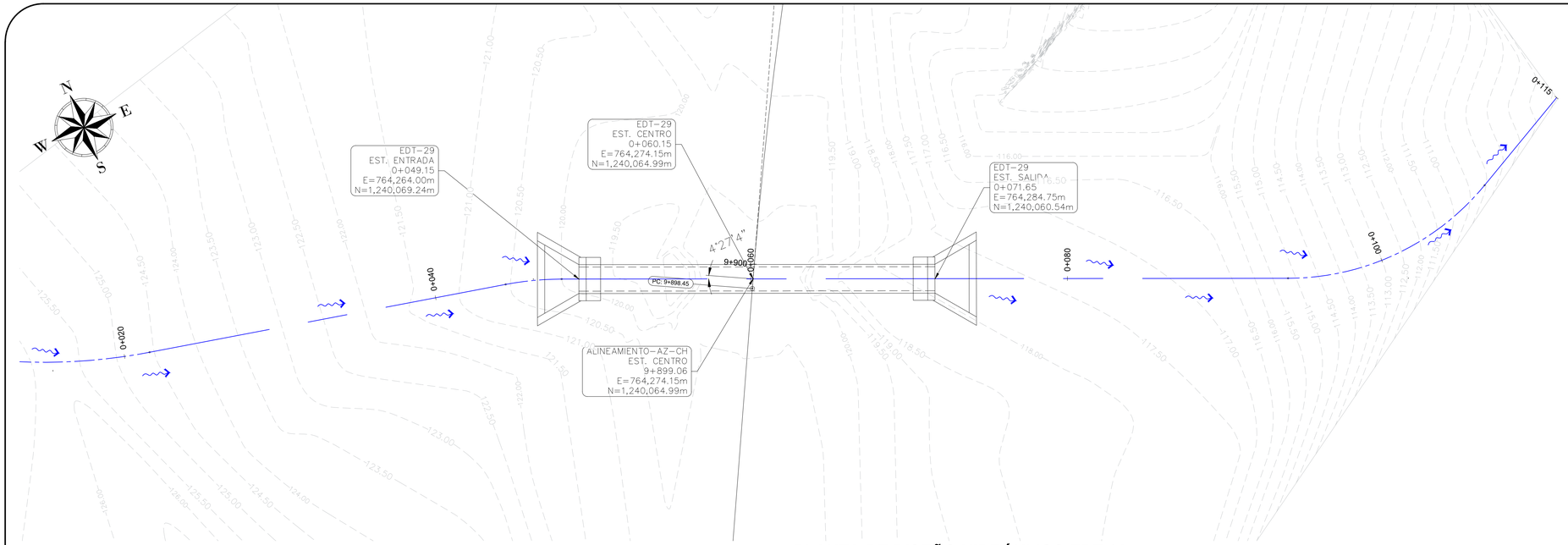
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 28

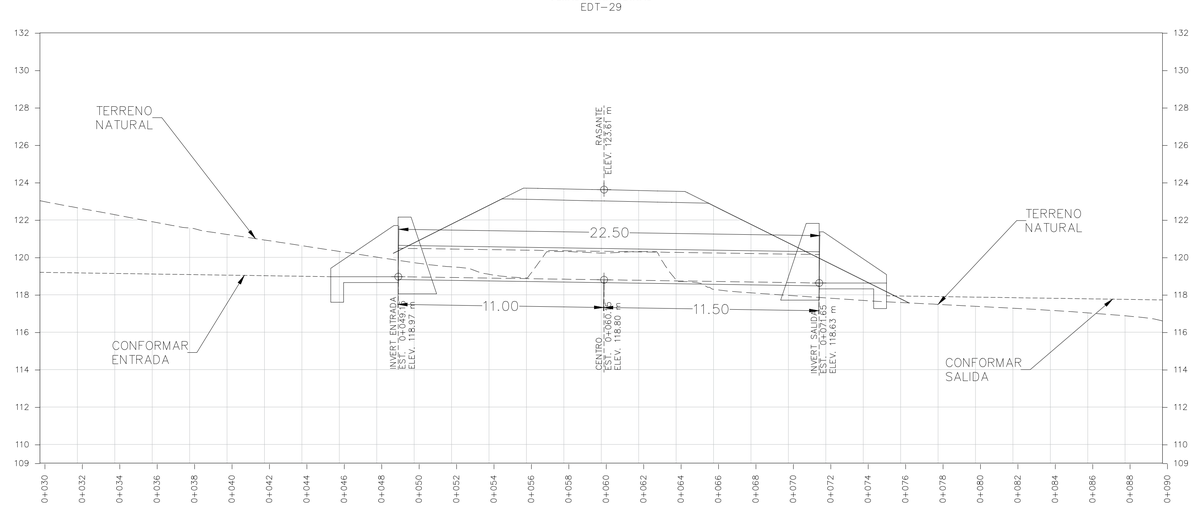
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA
AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-29

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-29

ESCALA: 1/250

EDT-29		
ESTACIÓN		9+899.06m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		123.61
ESTRUCTURA		1-TCR-60"
ENTRADA	INVERT (msnm)	118.97
	ESTACIÓN	0+049.15m
CENTRO	ELEV. (msnm)	118.80
	ESTACIÓN	0+060.15m
SALIDA	INVERT (msnm)	118.63
	ESTACIÓN	0+071.65m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		IZQ.-ATRÁS-4°27'4"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		22.5
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		11
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		11.5
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		2.170
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		2.503
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		2.839
COOR. ENTRADA	764,264.00m	1,240,069.24m
COOR. CENTRO	764,274.15m	1,240,064.99m
COOR. SALIDA	764,284.75m	1,240,060.54m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-29

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

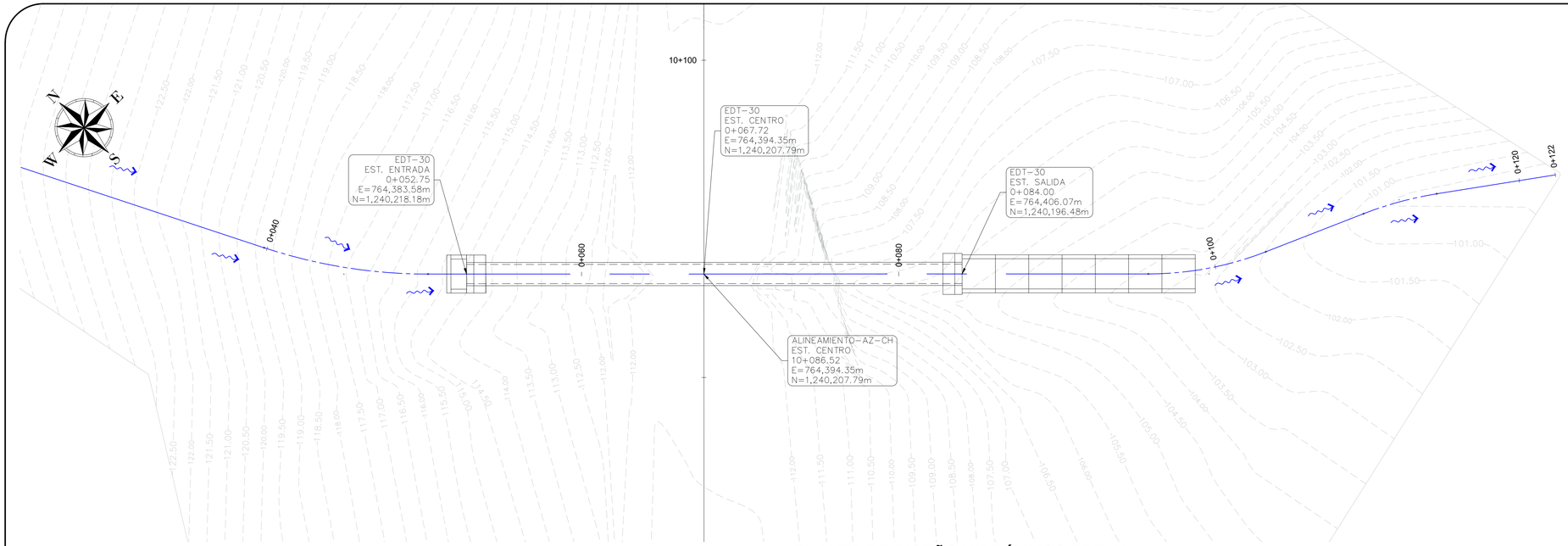
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 29

PP - AZCH - 45

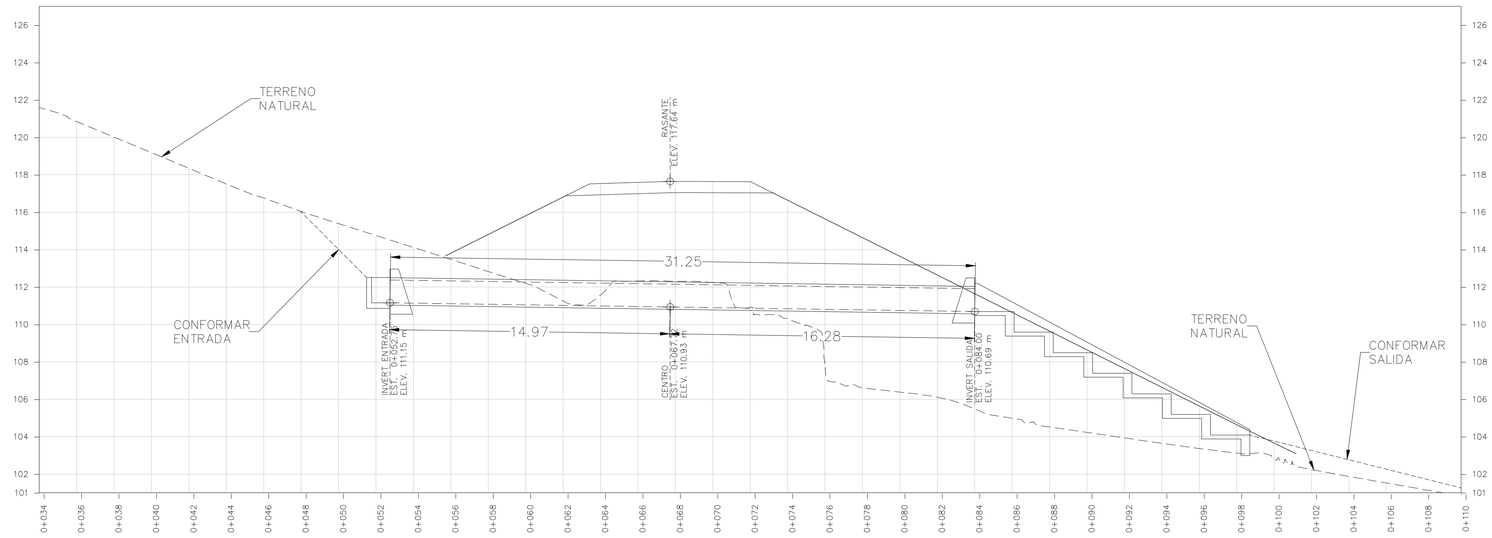
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-30

ESCALA: 1/250

PERFIL LONGITUDINAL
EDT-30



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-30

ESCALA: 1/250

EDT-30		
ESTACIÓN		10+086.52m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		117.64
ESTRUCTURA		1-TCR-48"
ENTRADA	INVERT (msnm)	111.15
	ESTACIÓN	0+052.75m
CENTRO	ELEV. (msnm)	110.93
	ESTACIÓN	0+067.72m
SALIDA	INVERT (msnm)	110.69
	ESTACIÓN	0+084.00
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		NORMAL
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		31.25
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		14.97
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		16.28
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		1.150
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		1.325
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		1.502
COOR. ENTRADA	764,383.58m	1,240,218.18m
COOR. CENTRO	764,394.35m	1,240,207.79m
COOR. SALIDA	764,406.07m	1,240,196.48m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-30

ELABORAN:
Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:
Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

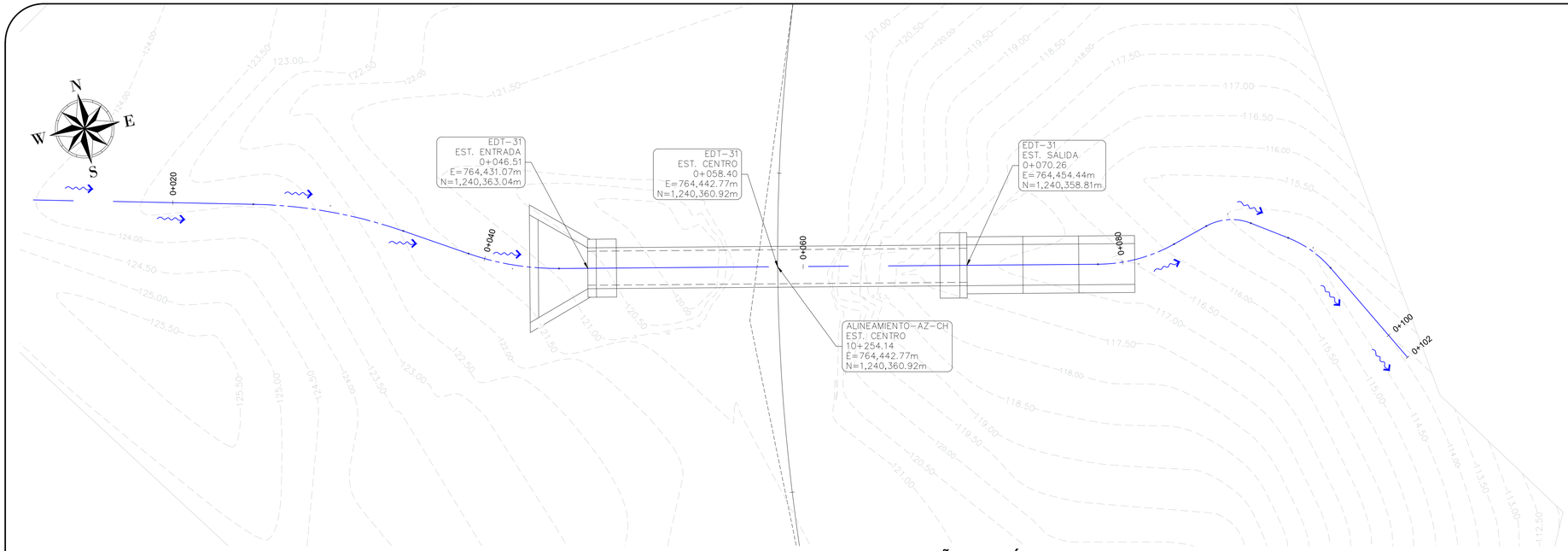
ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

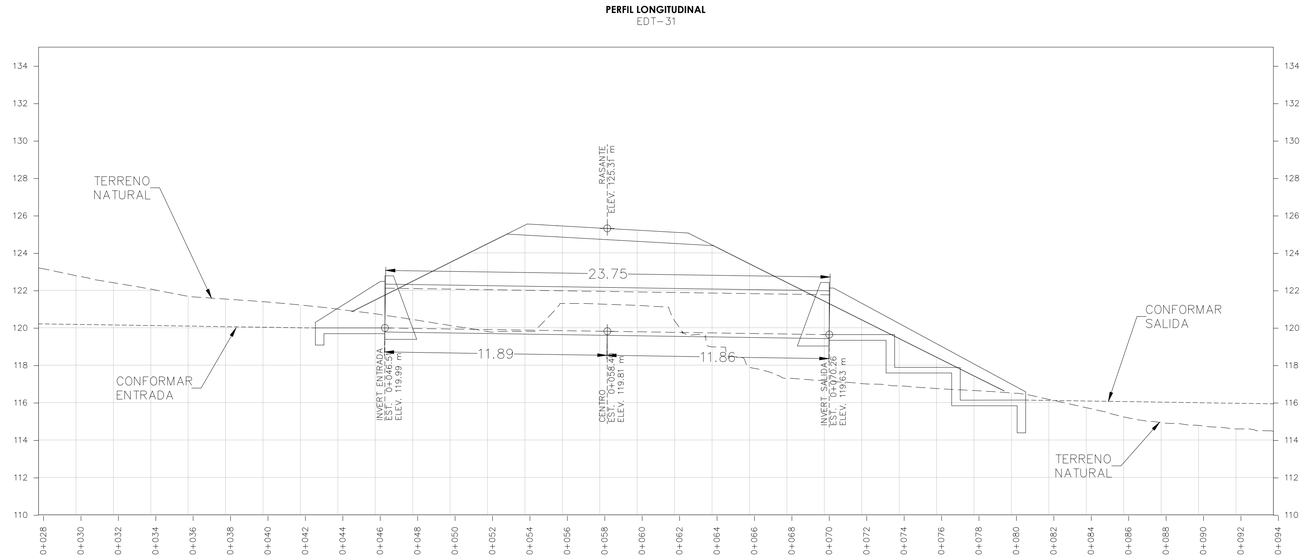
HOJA:
PP - AZCH - 30
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-31

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-31

ESCALA: 1/250

EDT-31		
ESTACIÓN		10+254.14m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		125.31
ESTRUCTURA		1-TCR-84"
ENTRADA	INVERT (msnm)	119.99
	ESTACIÓN	0+046.51m
CENTRO	ELEV. (msnm)	119.81
	ESTACIÓN	0+058.40m
SALIDA	INVERT (msnm)	119.63
	ESTACIÓN	0+070.26m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		NORMAL
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		23.75
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		11.89
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		11.86
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		5.305
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		6.151
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		6.989
COOR. ENTRADA	764,431.07m	1,240,363.04m
COOR. CENTRO	764,442.77m	1,240,360.92m
COOR. SALIDA	764,454.44m	1,240,358.81m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-31

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

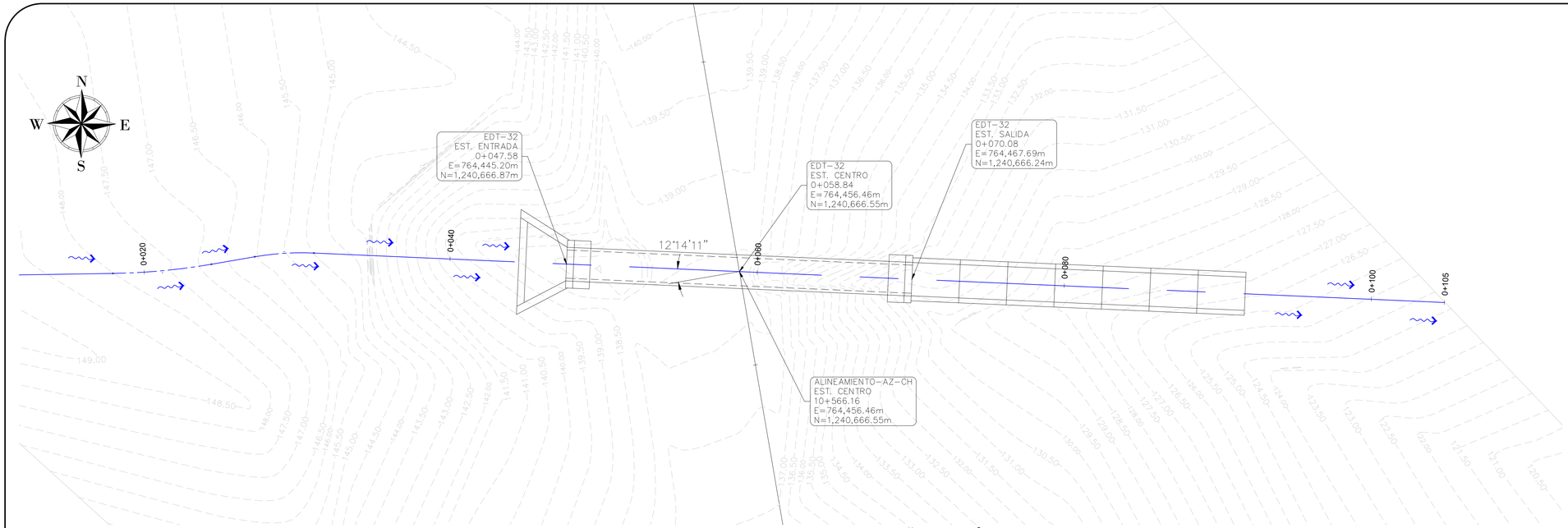
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 31

PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL

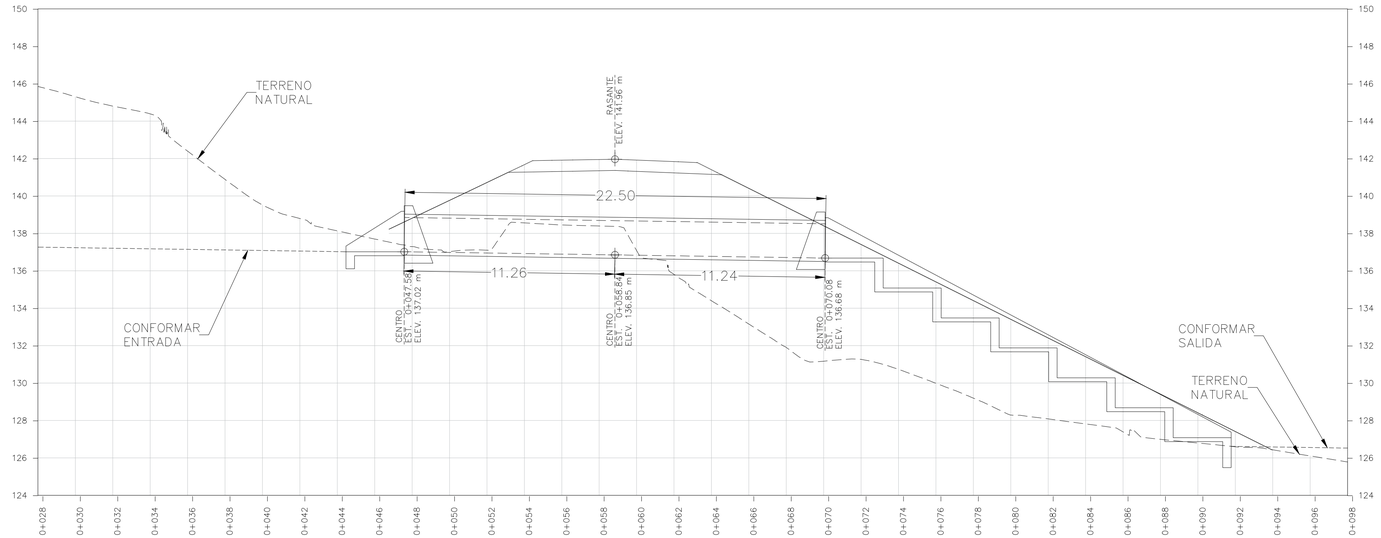


PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-32

ESCALA: 1/250

PERFIL LONGITUDINAL

EDT-32



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-32

ESCALA: 1/250

EDT-32		
ESTACIÓN		10+566.16m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		141.96
ESTRUCTURA		1-TCR-72"
ENTRADA	INVERT (msnm)	137.02
	ESTACIÓN	0+047.58m
CENTRO	ELEV. (msnm)	136.85
	ESTACIÓN	0+058.84m
SALIDA	INVERT (msnm)	136.68
	ESTACIÓN	0+070.08m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		IZQ.-ADEL.-12°14'11"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		22.50
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		11.26
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		11.24
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		3.824
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		4.405
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		4.995
COOR. ENTRADA	764,445.20m	1,240,666.87m
COOR. CENTRO	764,456.46m	1,240,666.55m
COOR. SALIDA	764,467.69m	1,240,666.24m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-32

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

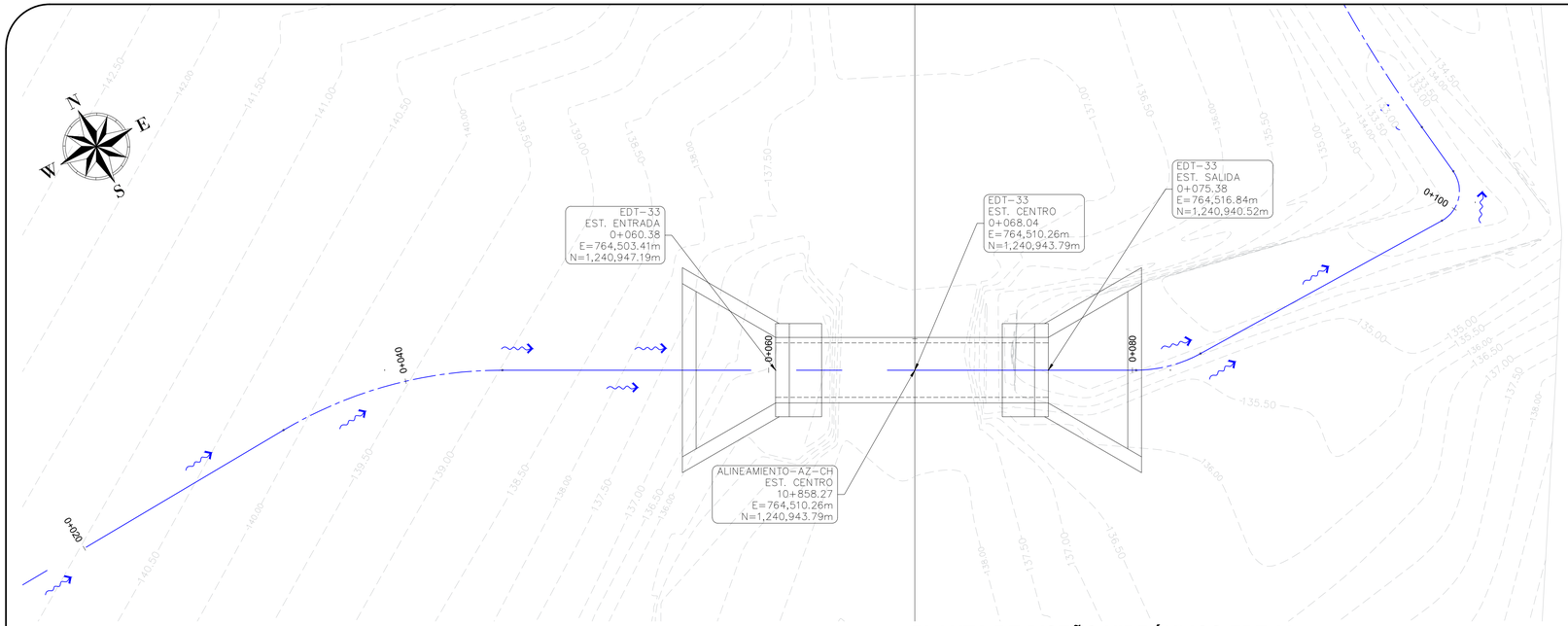
ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

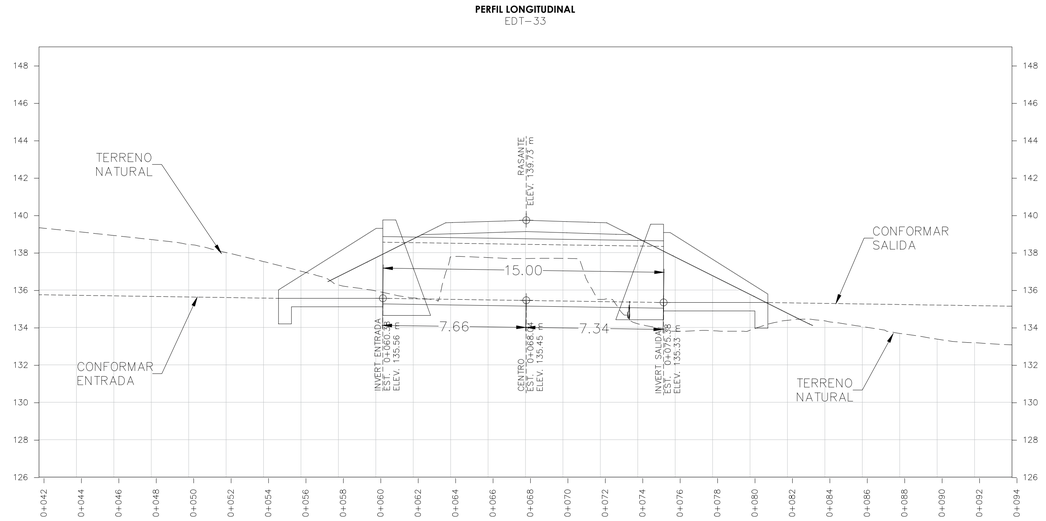
HOJA: PP - AZCH - 32 / PP - AZCH - 45

REPUBLICA DE NICARAGUA AMERICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-33

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-33

ESCALA: 1/250

EDT-33		
ESTACIÓN		10+858.27m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		139.73
ESTRUCTURA		1-CCR-3X3
ENTRADA	INVERT (msnm)	135.56
	ESTACIÓN	0+060.38m
CENTRO	ELEV. (msnm)	135.45
	ESTACIÓN	0+068.04m
SALIDA	INVERT (msnm)	135.33
	ESTACIÓN	0+075.38m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		NORMAL
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		15
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		7.66
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		7.34
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		15.858
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		19.085
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		21.962
COOR. ENTRADA	764,503.41m	1,240,947.19m
COOR. CENTRO	764,510.26m	1,240,943.79m
COOR. SALIDA	764,516.84m	1,240,940.52m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-33

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

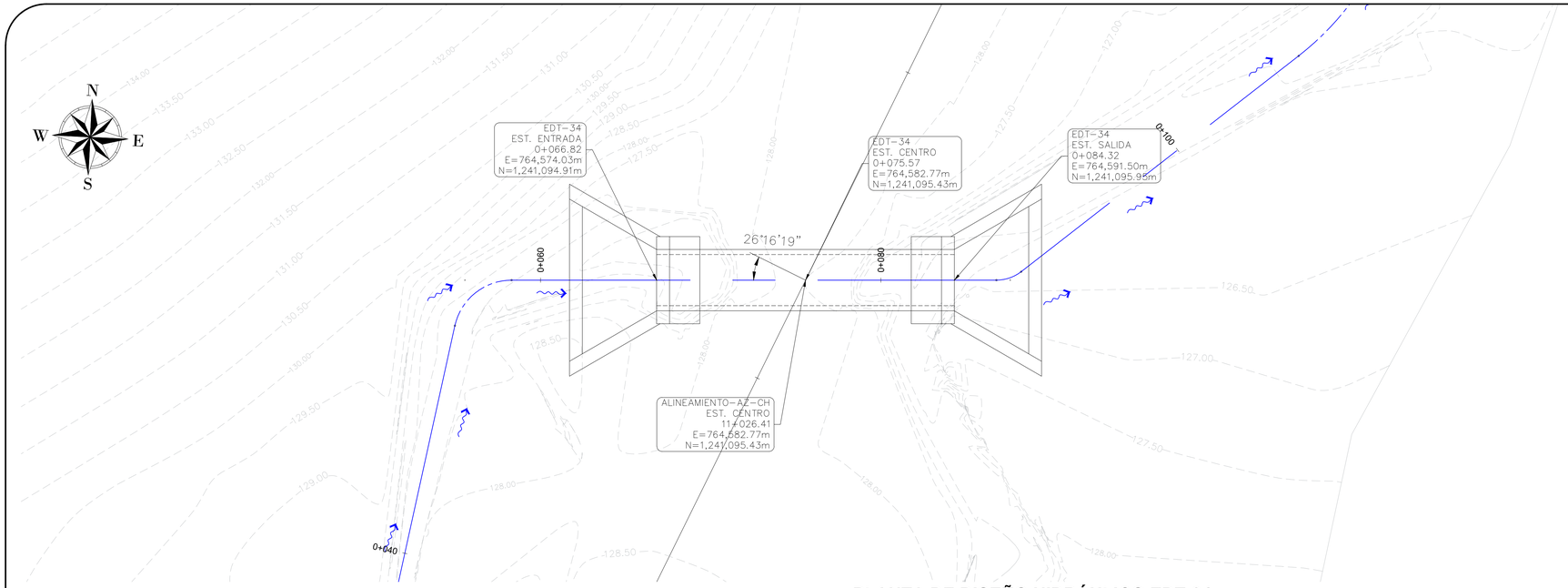
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 33

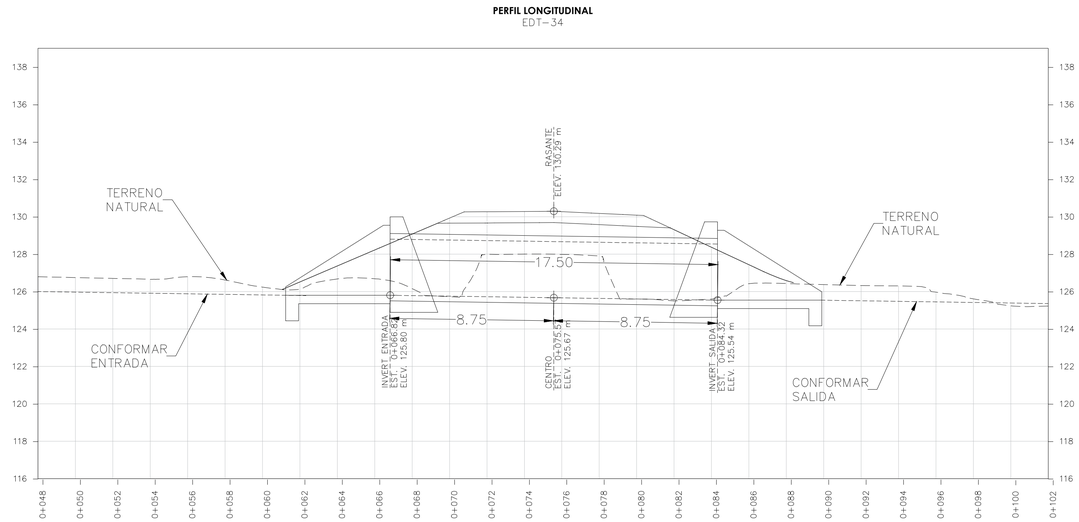
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA
AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-34

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-34

ESCALA: 1/250

EDT-34		
ESTACIÓN		11+026.41m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		130.29
ESTRUCTURA		1-CCR-3X3
ENTRADA	INVERT (msnm)	125.80
	ESTACIÓN	0+066.82m
CENTRO	ELEV. (msnm)	125.67
	ESTACIÓN	0+075.57m
SALIDA	INVERT (msnm)	125.54
	ESTACIÓN	0+084.32m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		IZQ.-ATRÁS-26°16'19"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		17.50
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		8.75
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		8.75
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		8.091
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		9.503
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		10.843
COOR. ENTRADA	764,574.03m	1,241,094.91m
COOR. CENTRO	764,582.77m	1,241,095.43m
COOR. SALIDA	764,591.50m	1,241,095.95m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-34

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

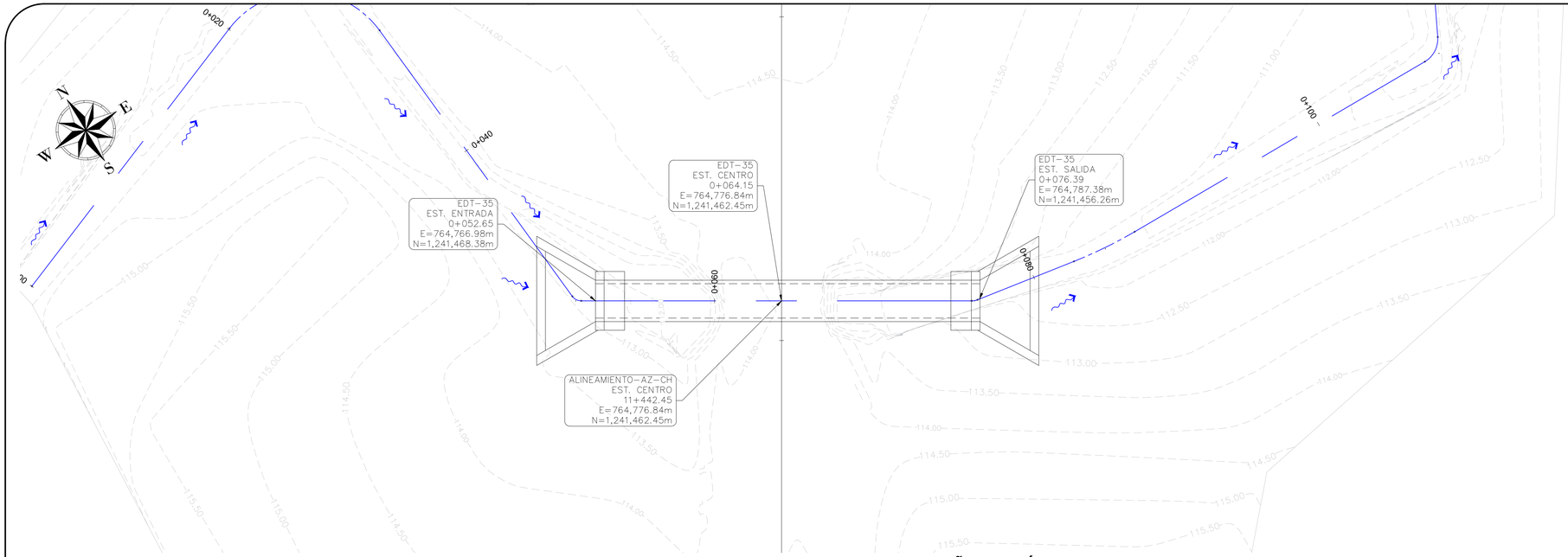
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 34

PP - AZCH - 45

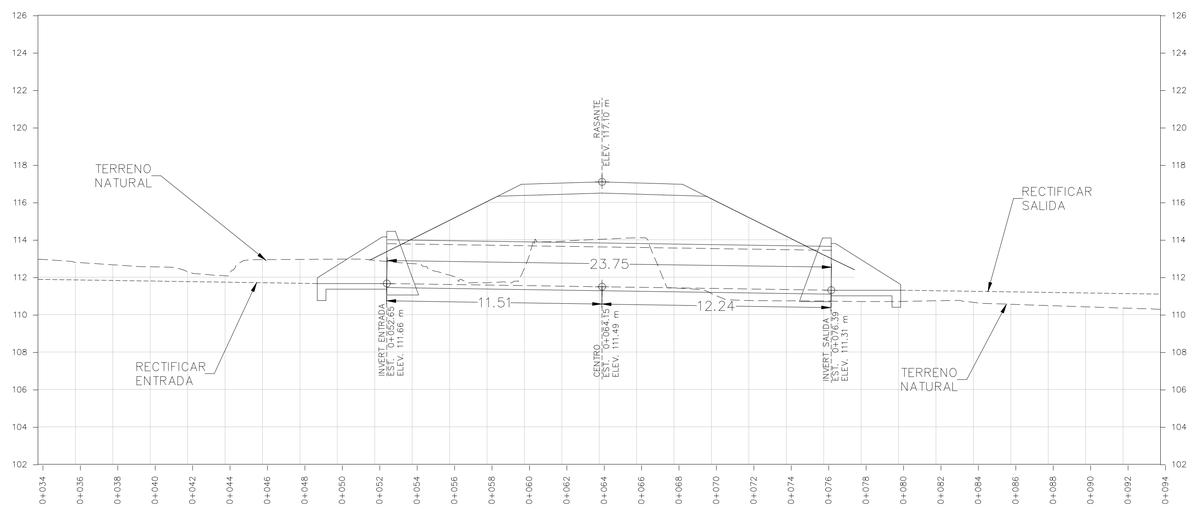
REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-35

ESCALA: 1/250

PERFIL LONGITUDINAL
EDT-35



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-35

ESCALA: 1/250

EDT-35		
ESTACIÓN		11+442.45m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		117.10
ESTRUCTURA		1-TCR-84"
ENTRADA	INVERT (msnm)	111.66
	ESTACIÓN	0+052.65m
CENTRO	ELEV. (msnm)	111.49
	ESTACIÓN	0+064.15m
SALIDA	INVERT (msnm)	111.31
	ESTACIÓN	0+076.39m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		NORMAL
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		23.75
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		11.51
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		12.24
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		6.090
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		7.063
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		8.027
COOR. ENTRADA	764,766.98m	1,241,468.38m
COOR. CENTRO	764,776.84m	1,241,462.45m
COOR. SALIDA	764,787.38m	1,241,456.26m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-35

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

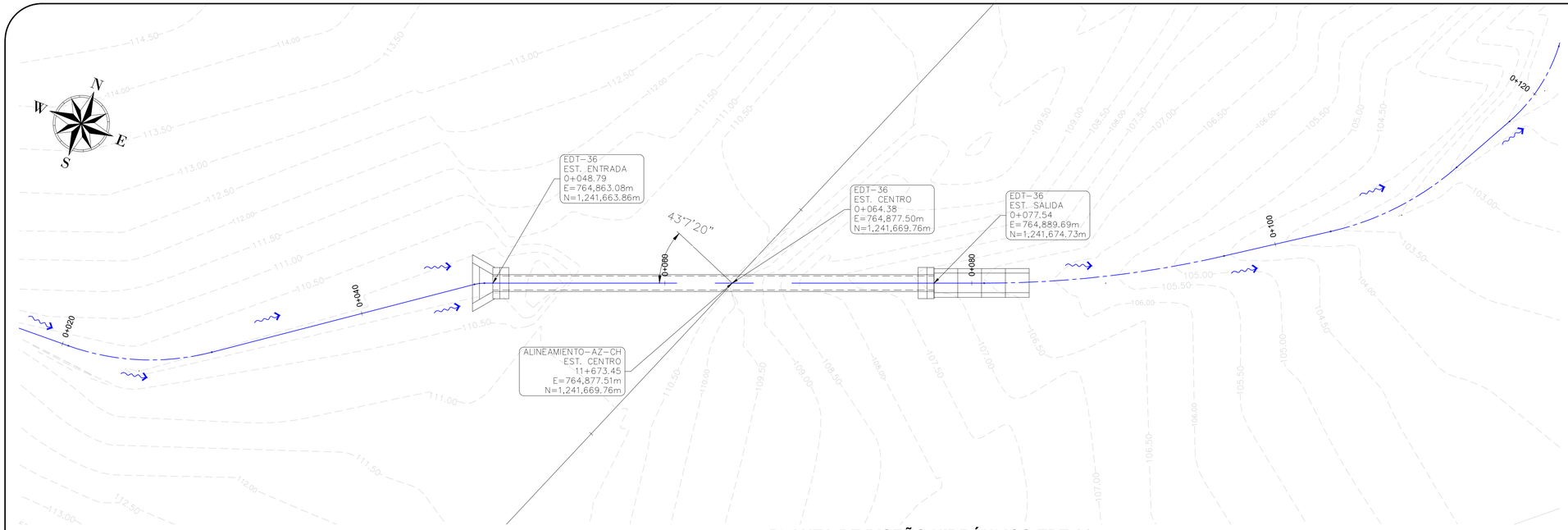
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 35

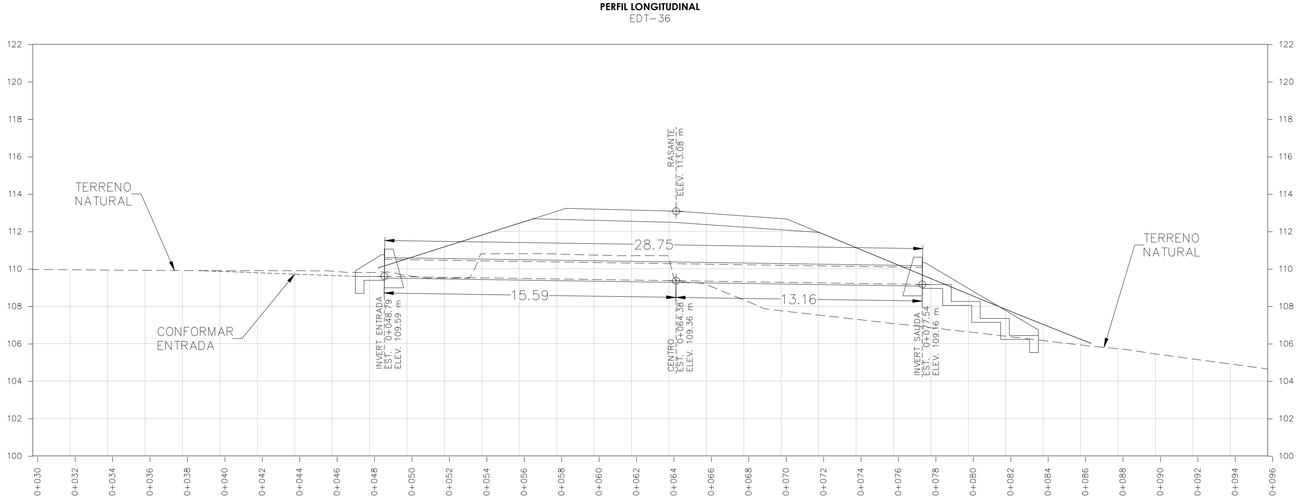
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA
AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-36

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-36

ESCALA: 1/250

EDT-36		
ESTACIÓN		11+673.45m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		113.08
ESTRUCTURA		1-TCR-36"
ENTRADA	INVERT (msnm)	109.59
	ESTACIÓN	0+048.79m
CENTRO	ELEV. (msnm)	109.36
	ESTACIÓN	0+064.38m
SALIDA	INVERT (msnm)	109.16
	ESTACIÓN	0+077.54m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		IZQ.-ATRÁS-43°7'20"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		28.75
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		15.59
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		13.16
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		0.375
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		0.432
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		0.490
COOR. ENTRADA	764,863.08m	1,241,663.56m
COOR. CENTRO	764,877.50m	1,241,669.76m
COOR. SALIDA	764,889.69m	1,241,674.73m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-36

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

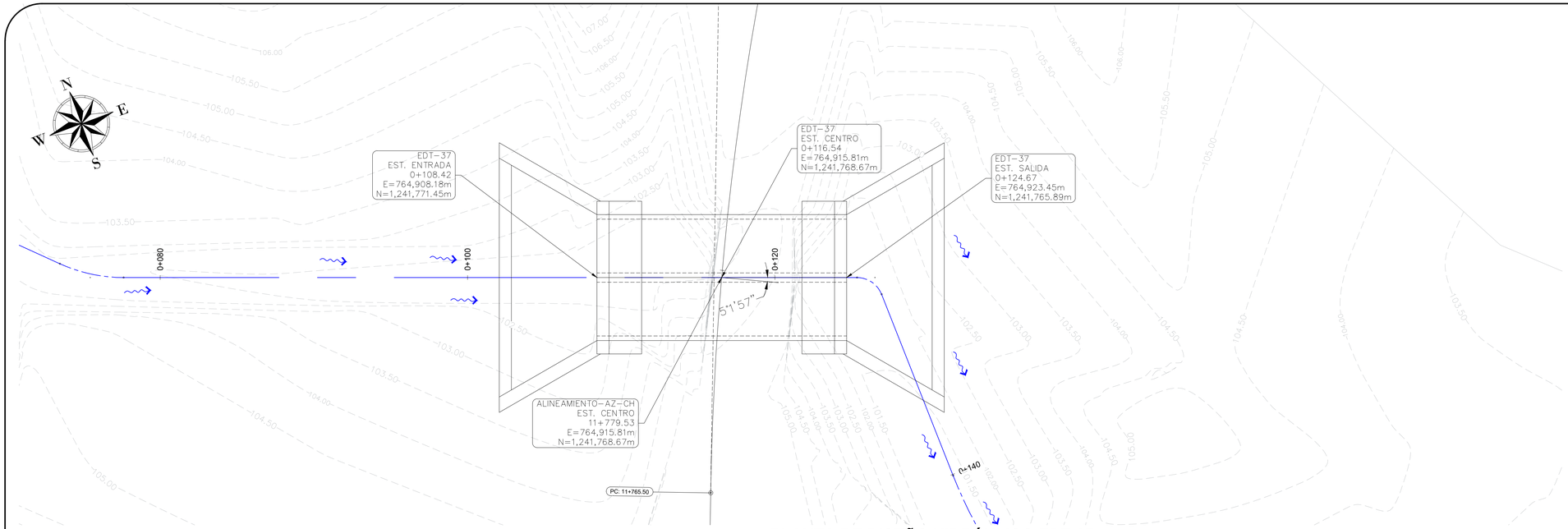
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 36

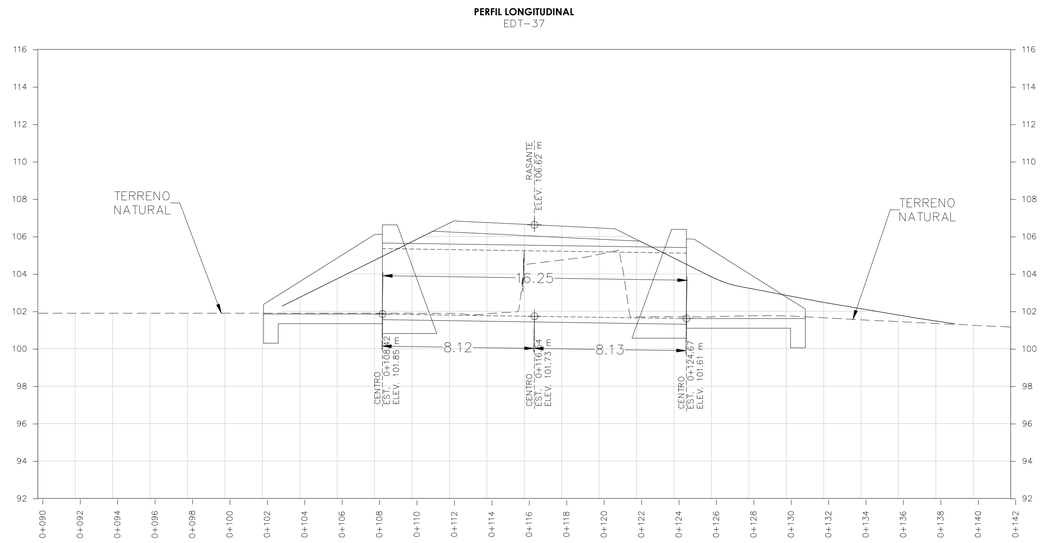
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-37

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-37

ESCALA: 1/250

EDT-37		
ESTACIÓN		11+779.53
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		106.62
ESTRUCTURA		2-CCR-3.5X3.5
ENTRADA	INVERT (msnm)	101.85
	ESTACIÓN	0+108.42m
CENTRO	ELEV. (msnm)	101.73
	ESTACIÓN	0+116.54
SALIDA	INVERT (msnm)	101.61
	ESTACIÓN	0+124.67m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		IZQ.-ATRÁS-5°1'57"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		16.25
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		8.12
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		8.13
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		39.074
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		47.528
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		54.919
COOR. ENTRADA	764,908.18m	1,241,771.45m
COOR. CENTRO	764,915.81m	1,241,768.67m
COOR. SALIDA	764,923.45m	1,241,765.89m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-37

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

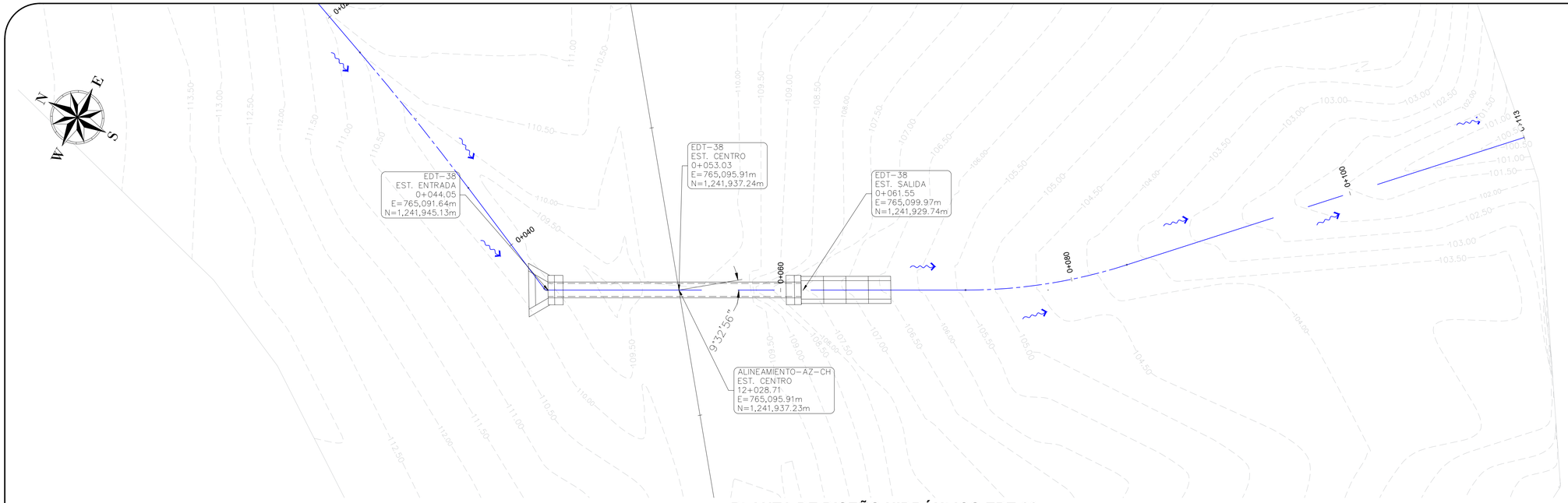
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 37

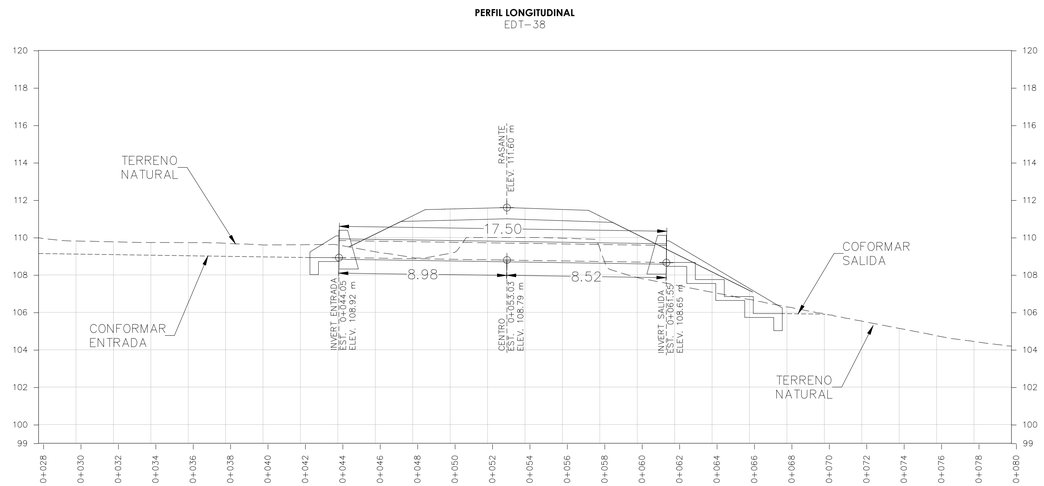
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA
AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-38

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-38

ESCALA: 1/250

EDT-38		
ESTACIÓN		12+028.71m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		111.60
ESTRUCTURA		1-TCR-36"
ENTRADA	INVERT (msnm)	108.92
	ESTACIÓN	0+044.05m
CENTRO	ELEV. (msnm)	108.79
	ESTACIÓN	0+053.03m
SALIDA	INVERT (msnm)	108.65
	ESTACIÓN	0+061.55m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		IZQ.-ADEL.-9°32'56"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		17.50
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		8.98
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		8.52
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		0.666
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		0.767
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		0.870
COOR. ENTRADA	765,091.64m	1,241,945.13m
COOR. CENTRO	765,095.91m	1,241,937.24m
COOR. SALIDA	765,099.97m	1,241,929.74m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-38

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

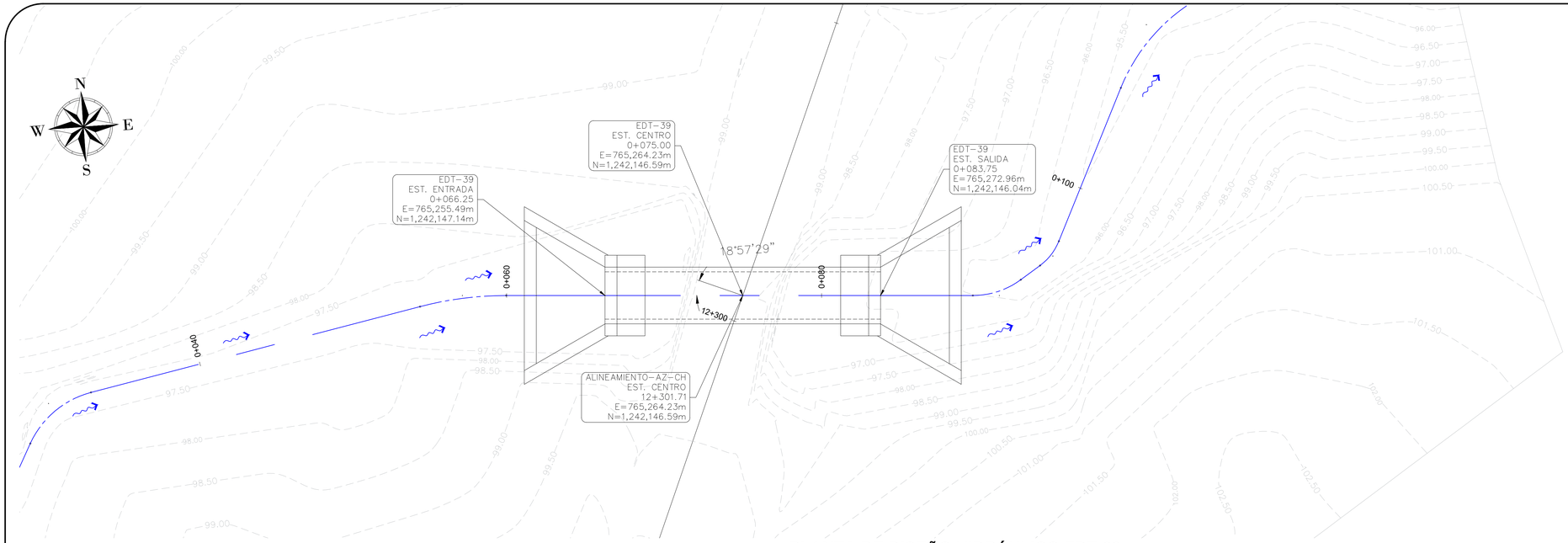
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 38

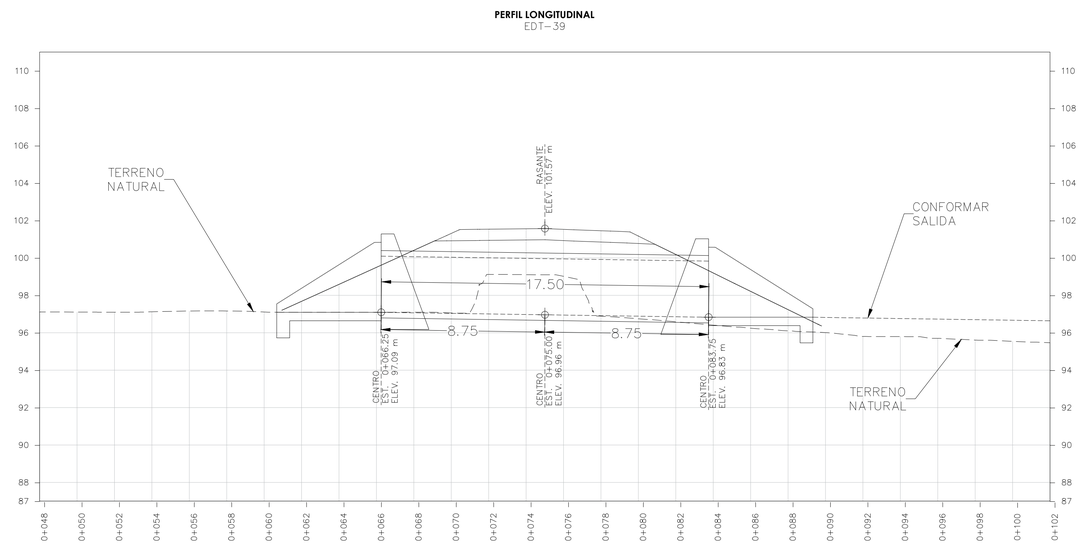
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-39

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-39

ESCALA: 1/250

EDT-39		
ESTACIÓN		12+301.71m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		101.57
ESTRUCTURA		1-CCR-3X3
ENTRADA	INVERT (msnm)	97.09
	ESTACIÓN	0+066.25m
CENTRO	ELEV. (msnm)	96.96
	ESTACIÓN	0+075.00
SALIDA	INVERT (msnm)	96.83
	ESTACIÓN	0+083.75
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		IZQ.-ATRÁS-18°57'29"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		17.50
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		8.75
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		8.75
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		12.826
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		15.277
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		17.514
COOR. ENTRADA	765,255.49m	1,242,147.14m
COOR. CENTRO	765,264.23m	1,242,146.59m
COOR. SALIDA	765,272.96m	1,242,146.04m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-39

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

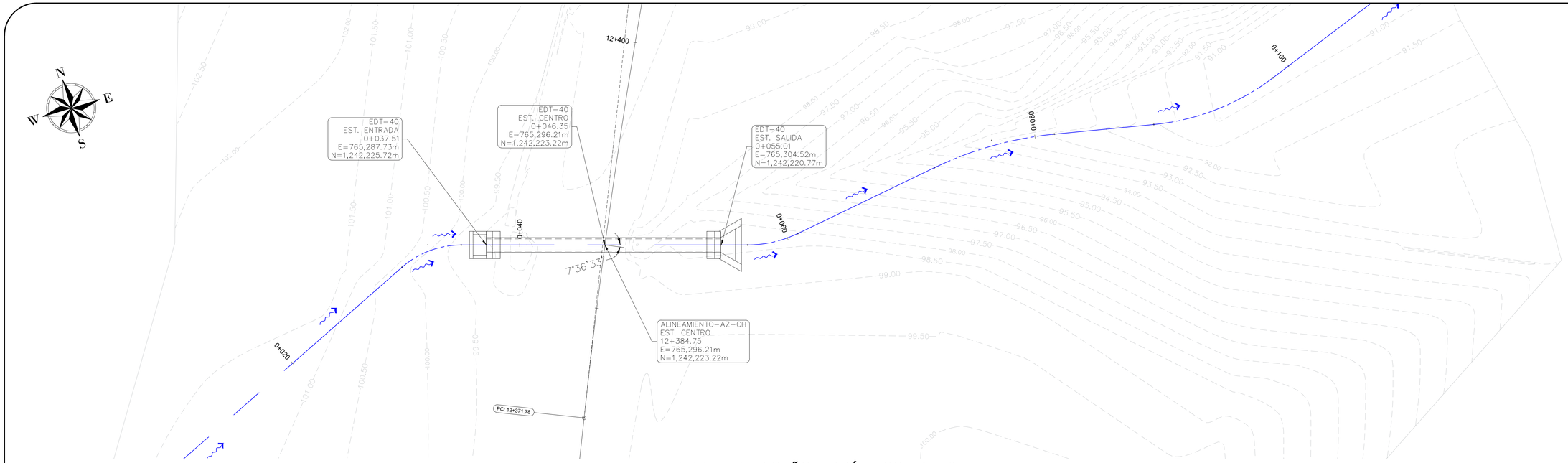
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 39

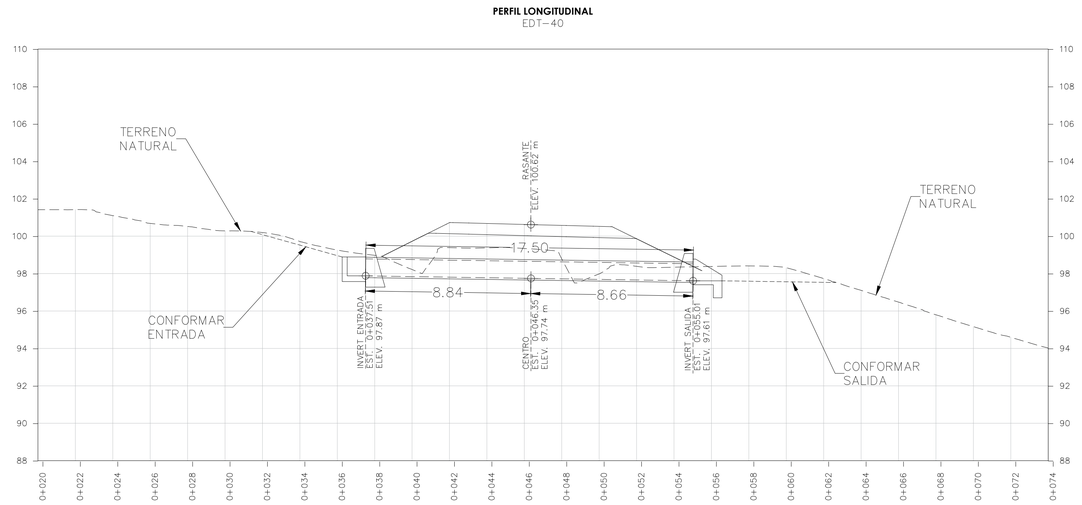
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-40

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-40

ESCALA: 1/250

EDT-40		
ESTACIÓN		12+384.75m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		100.62
ESTRUCTURA		1-TCR-36"
ENTRADA	INVERT (msnm)	97.87
	ESTACIÓN	0+037.51m
CENTRO	ELEV. (msnm)	97.74
	ESTACIÓN	0+046.35m
SALIDA	INVERT (msnm)	97.61
	ESTACIÓN	0+055.01m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		IZQ.-ATRÁS-7°36'33"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		17.50
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		8.84
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		8.66
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		0.292
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		0.337
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		0.382
COOR. ENTRADA	765,287.73m	1,242,225.72m
COOR. CENTRO	765,296.21m	1,242,223.22m
COOR. SALIDA	765,304.52m	1,242,220.77m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-40

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

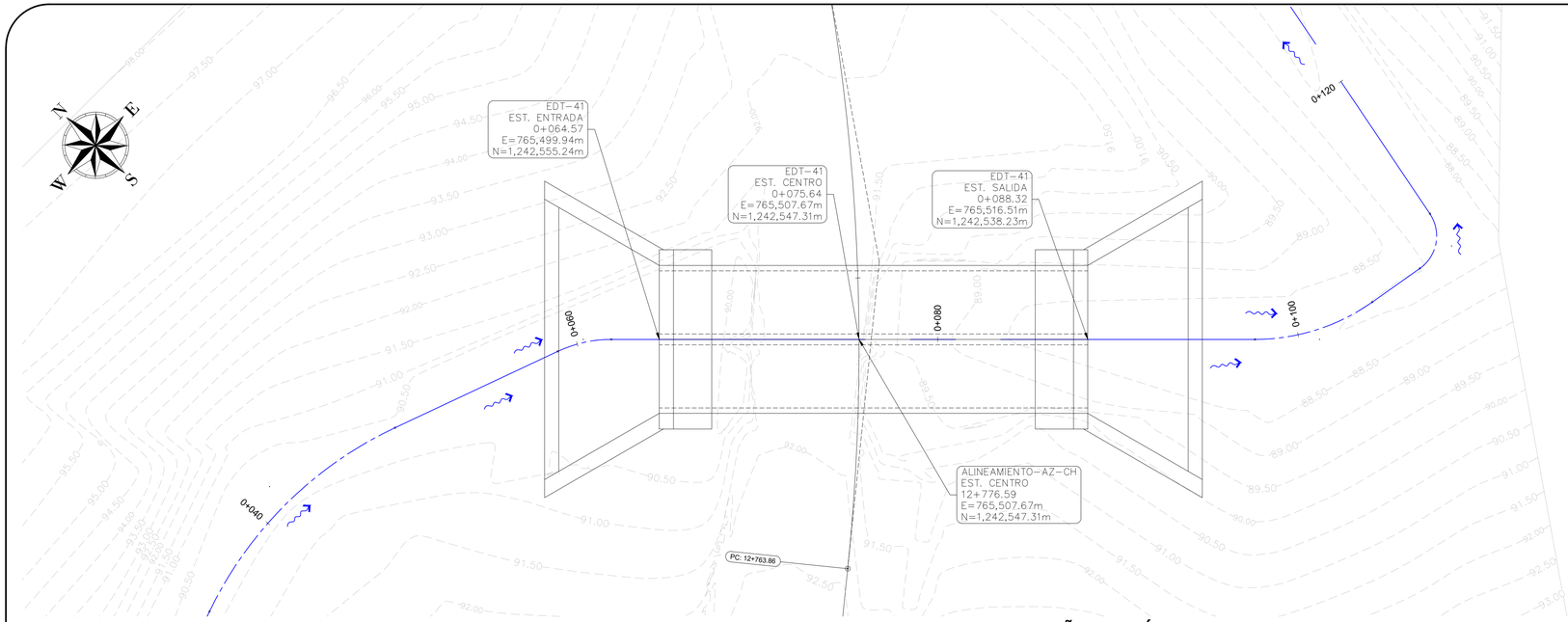
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 40

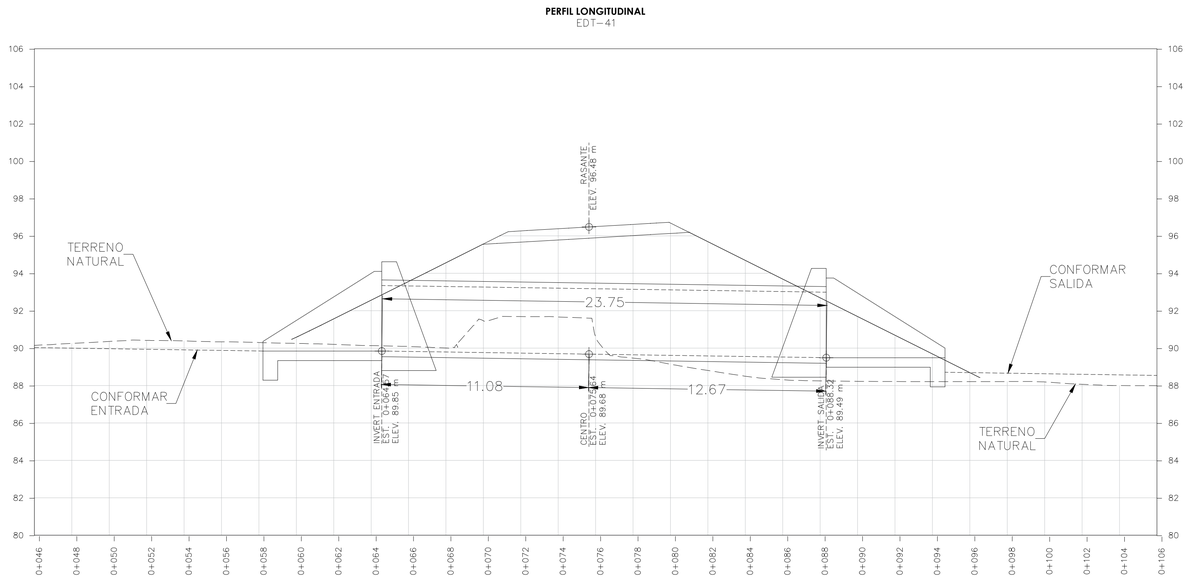
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-41

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-41

ESCALA: 1/250

EDT-41		
ESTACIÓN		12+776.59m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		96.48
ESTRUCTURA		2-CCR-3.5X3.5
ENTRADA	INVERT (msnm)	89.85
	ESTACIÓN	0+064.57m
CENTRO	ELEV. (msnm)	89.68
	ESTACIÓN	0+075.64m
SALIDA	INVERT (msnm)	89.49
	ESTACIÓN	0+088.32m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		NORMAL
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		23.75
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		11.08
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		12.67
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		31.363
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		37.918
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		43.709
COOR. ENTRADA	765,499.94m	1,242,555.24m
COOR. CENTRO	765,507.67m	1,242,547.31m
COOR. SALIDA	765,516.51m	1,242,538.23m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL, DISEÑO HIDRÁULICO EDT-41

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

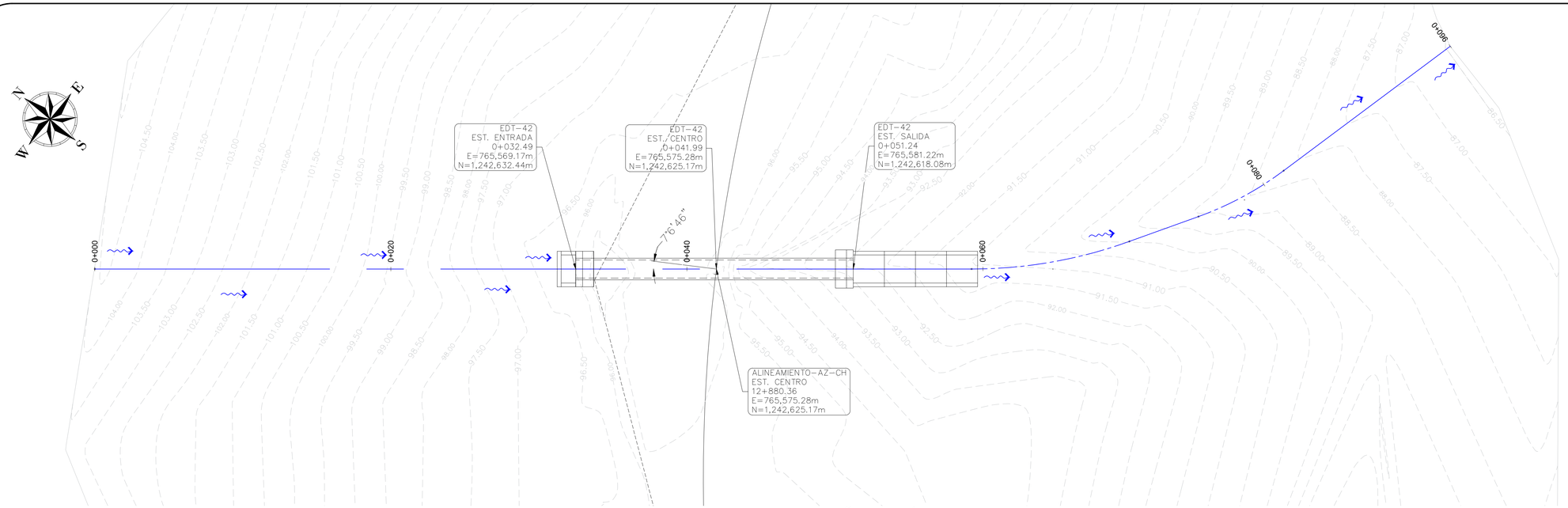
ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

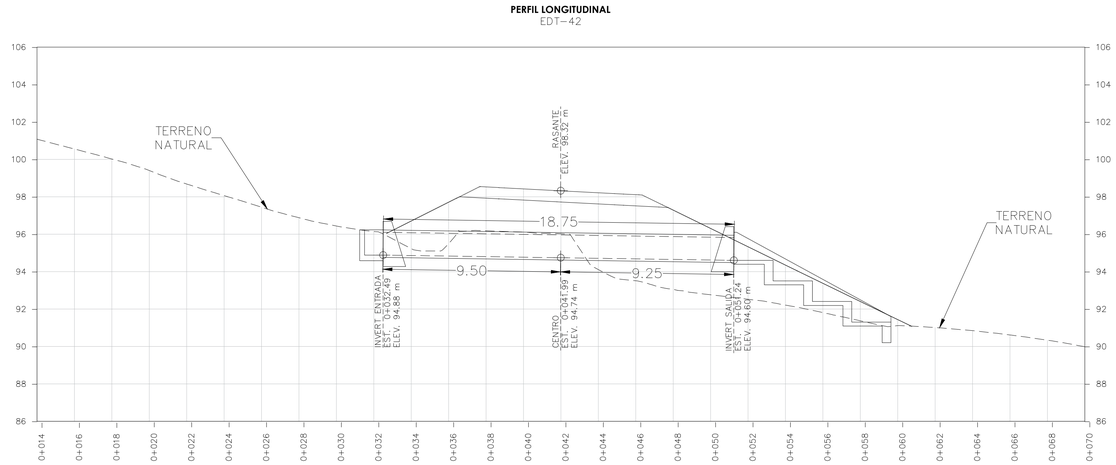
HOJA: PP - AZCH - 41 / PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMERICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-42

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-42

ESCALA: 1/250

EDT-42		
ESTACIÓN		12+880.36m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		98.32
ESTRUCTURA		1-TCR-48"
ENTRADA	INVERT (msnm)	94.88
	ESTACIÓN	0+032.49m
CENTRO	ELEV. (msnm)	94.74
	ESTACIÓN	0+041.99m
SALIDA	INVERT (msnm)	94.60
	ESTACIÓN	0+051.24m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		IZQ.-ATRÁS-7°6'46"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		18.75
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		9.50
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		9.25
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		1.063
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		1.224
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		1.388
COOR. ENTRADA	765,569.17m	1,242,632.44m
COOR. CENTRO	765,575.28m	1,242,625.17m
COOR. SALIDA	765,581.22m	1,242,618.08m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-42

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

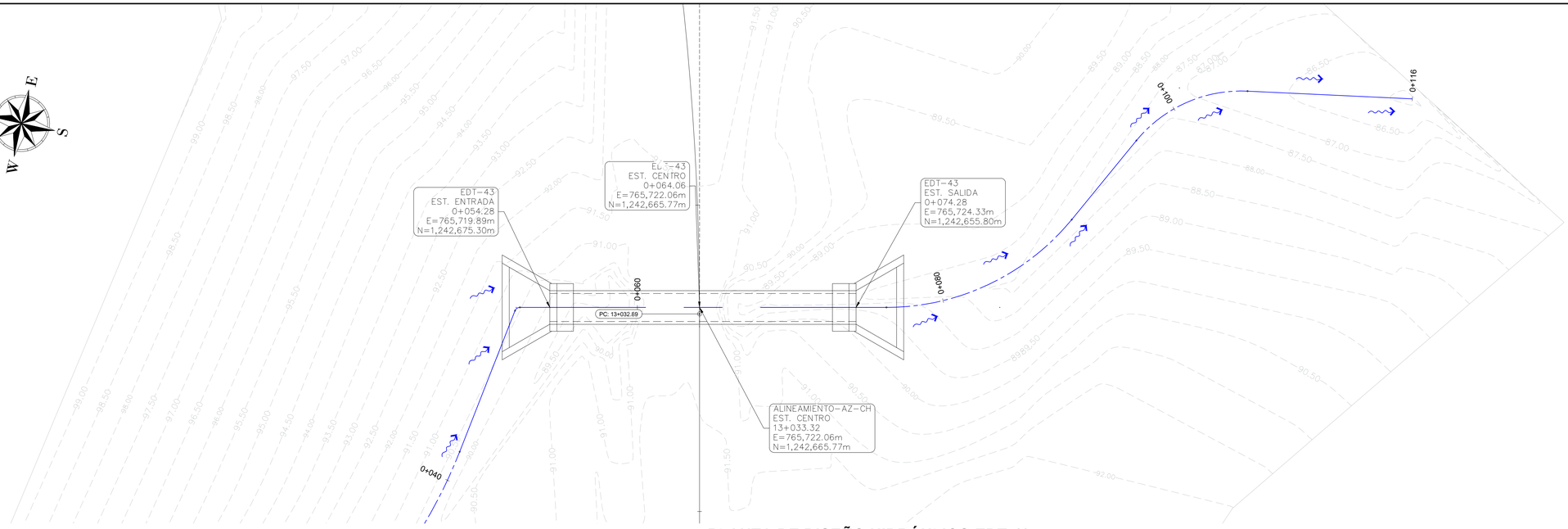
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 42

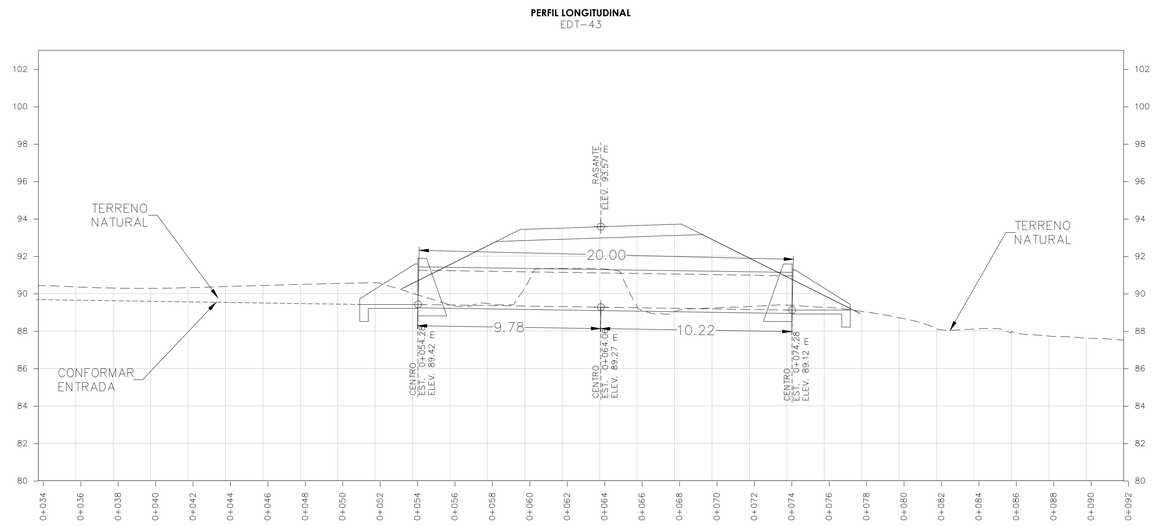
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-43

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-43

ESCALA: 1/250

EDT-43		
ESTACIÓN		13+033.32m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		93.57
ESTRUCTURA		1-TCR-72"
ENTRADA	INVERT (msnm)	89.42
	ESTACIÓN	0+054.28m
CENTRO	ELEV. (msnm)	89.27
	ESTACIÓN	0+064.06m
SALIDA	INVERT (msnm)	89.12
	ESTACIÓN	0+074.28m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		NORMAL
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		20
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		9.78
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		10.22
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		3.199
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		3.705
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		4.209
COOR. ENTRADA	765,719.89m	1,242,675.30m
COOR. CENTRO	765,722.06m	1,242,665.77m
COOR. SALIDA	765,724.33m	1,242,655.80m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-43

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

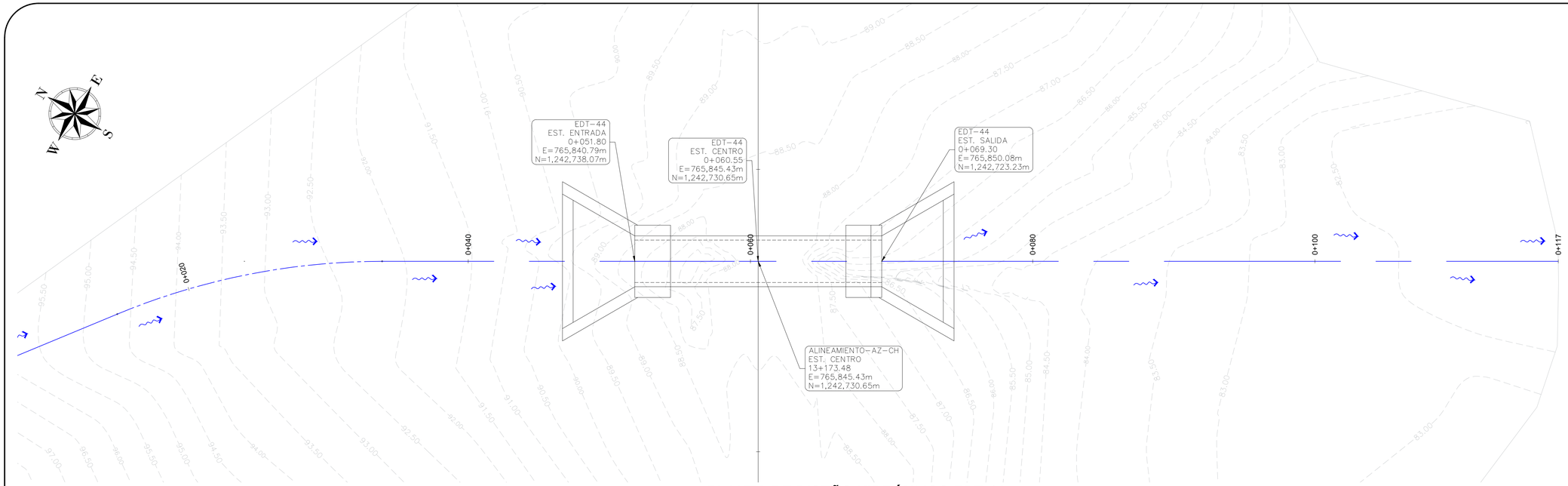
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 43

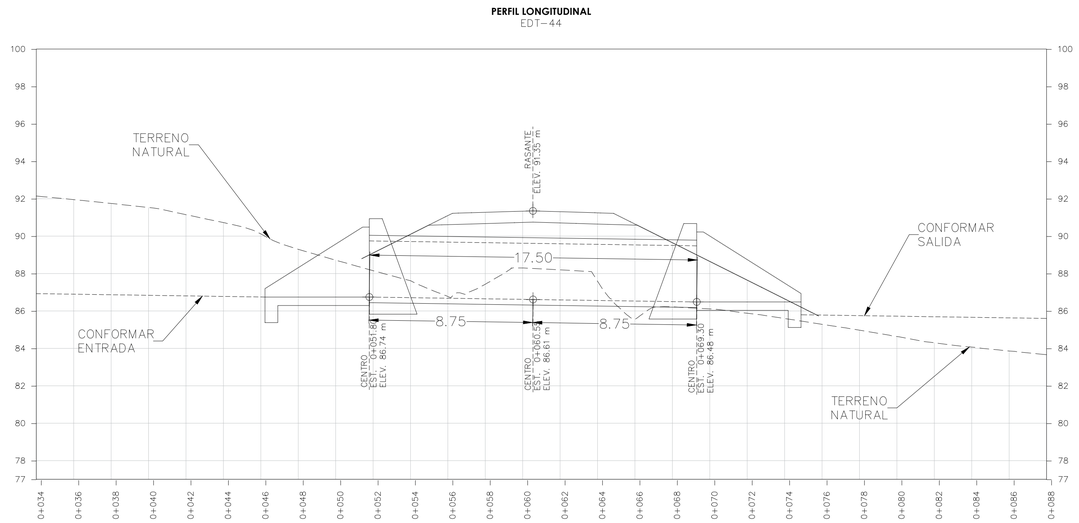
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-44

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-44

ESCALA: 1/250

EDT-44		
ESTACIÓN		13+173.48m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		91.35
ESTRUCTURA		1-CCR-3X3
ENTRADA	INVERT (msnm)	86.74
	ESTACIÓN	0+051.80m
CENTRO	ELEV. (msnm)	86.61
	ESTACIÓN	0+060.55m
SALIDA	INVERT (msnm)	86.48
	ESTACIÓN	0+069.30m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		NORMAL
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		17.50
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		8.75
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		8.75
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		8.237
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		9.489
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		10.761
COOR. ENTRADA	765,840.79m	1,242,738.07m
COOR. CENTRO	765,845.43m	1,242,730.65m
COOR. SALIDA	765,850.08m	1,242,723.23m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-44

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

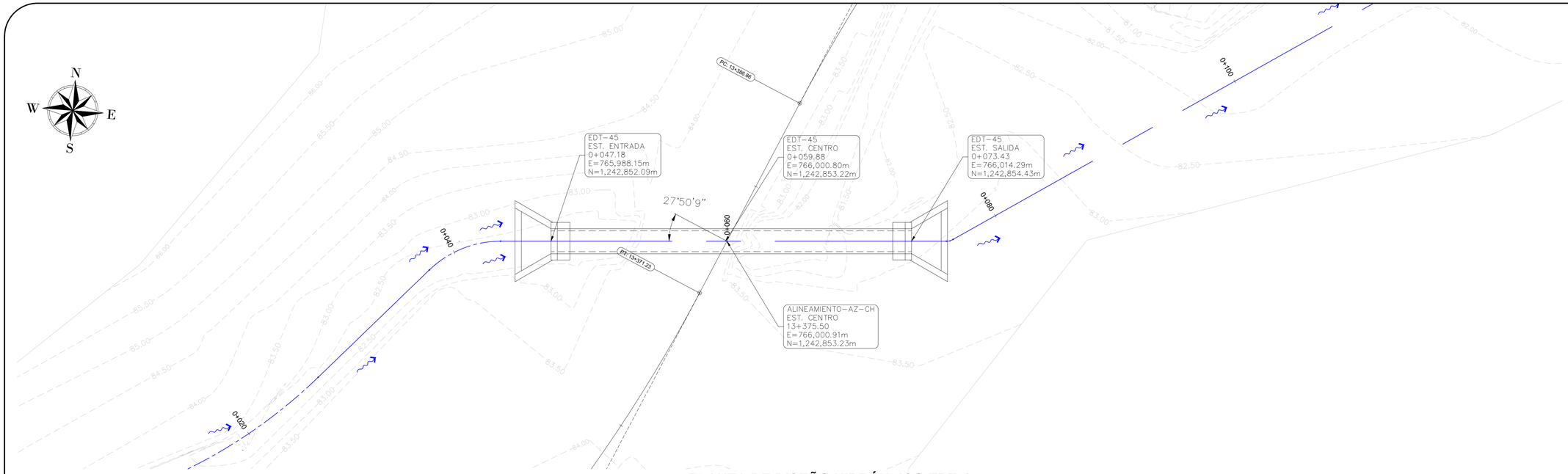
LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA:

PP - AZCH - 44

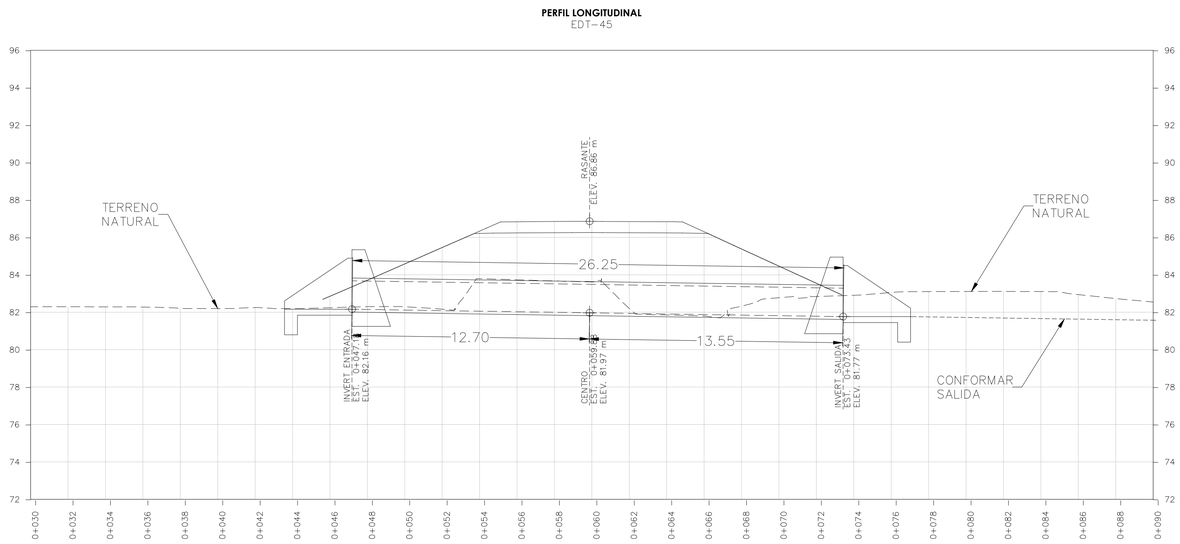
PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL



PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-45

ESCALA: 1/250



PERFIL DE DISEÑO HIDRÁULICO EDT-45

ESCALA: 1/250

EDT-45		
ESTACIÓN		13+375.50m
ELEV. DE LA RASANTE VIAL (msnm)		86.86
ESTRUCTURA		1-TCR-60"
ENTRADA	INVERT (msnm)	82.16
	ESTACIÓN	0+047.18m
CENTRO	ELEV. (msnm)	81.97
	ESTACIÓN	0+059.88m
SALIDA	INVERT (msnm)	81.77
	ESTACIÓN	0+073.43m
PENDIENTE (%)		1.5%
ESVIAJE		IZQ.-ATRÁS-27°50'9"
LONGITUD DE ESVIAJADA (m)		26.25
LONGITUD ESVIAJADA IZQUIERDA (m)		12.70
LONGITUD ESVIAJADA DERECHA (m)		13.55
CAUDALES		
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS,MCS		1.697
PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS,MCS		1.993
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS,MCS		2.274
COOR. ENTRADA	765,988.15m	1,242,852.09m
COOR. CENTRO	766,000.80m	1,242,853.22m
COOR. SALIDA	766,014.29m	1,242,854.43m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO HIDROTÉCNICO Y GEOMÉTRCO VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA: LA AZUCENA - LOS CHILES DE 13.460 KM.

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL,
DISEÑO HIDRÁULICO EDT-45

ELABORAN:

Br. ENGEL JOEL PALLÁN SALAZAR
Br. GERSON ARISTÍDES GARCÍA MORENO
Br. NORWING IVANOV MARTÍNEZ ROSTRAN

REVISA:

Dr. NÉSTOR JAVIER LANZA MEJÍA

ESCALA: 1:250

FECHA: 6 - AGOSTO - 2024

LUGAR: MANAGUA, NICARAGUA

HOJA: PP - AZCH - 45 / PP - AZCH - 45

REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL


Planos AS-CH

Área de Conocimiento de Ingeniería y Afines

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8:CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario de la **ÁREA DEL CONOCIMIENTO DE INGENIERÍA Y AFINES** hace constar que:

GARCÍA MORENO GERSON ARISTIDES

Carné: **2019-0097N** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERIA CIVIL**, y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los treinta días del mes de enero del año dos mil veinte y cuatro.

Atentamente,

Msc. Augusto César Palacios Rodríguez
Secretario de Facultad

Teléfono: (505) 2251 8276

Recinto Universitario Pedro Aráuz Palacios
Costado Sur de Villa Progreso.
Managua, Nicaragua.

luis.chavarria@ftl.uni.edu.ni
www.uni.edu.ni

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 30-ene.-2024

Área de Conocimiento de Ingeniería y Afines

SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

F-8:CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario del **ÁREA DEL CONOCIMIENTO DE INGENIERÍA Y AFINES** hace constar que:

PALLAN SALAZAR ENGEL JOEL

Carné: **2019-0509U** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERIA CIVIL,** en el año 2024 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA,** a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los diecinueve días del mes de junio del año dos mil veinte y cuatro.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA · REPÚBLICA DE NICARAGUA · AMÉRICA CENTRAL · SECRETARIA DE FACULTAD F.T.C.

Msc. Augusto César Palacios Rodríguez
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA

Teléfono: (505) 2251 8276

Recinto Universitario Pedro Aráuz Palacios
Costado Sur de Villa Progreso.
Managua, Nicaragua.

luis.chavarria@fti.uni.edu.ni
www.uni.edu.ni

Área de Conocimiento de Ingeniería y Afines

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8:CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario de la **ÁREA DEL CONOCIMIENTO DE INGENIERÍA Y AFINES** hace constar que:

MARTÍNEZ ROSTRAN NORWING IVANOV

Carné: **2019-0532U** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERIA CIVIL**, y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los treinta días del mes de enero del año dos mil veinte y cuatro.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA · REPÚBLICA DE NICARAGUA · AMÉRICA CENTRAL · SECRETARÍA DE FACULTAD F.T.C.

Msc. Augusto César Palacios Rodríguez
Secretario de Facultad

Teléfono: (505) 2251 8276

Recinto Universitario Pedro Aráuz Palacios
Costado Sur de Villa Progreso.
Managua, Nicaragua.

luis.chavarria@fti.uni.edu.ni
www.uni.edu.ni

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
ÁREA DEL CONOCIMIENTO DE INGENIERÍA Y AFINES
SECRETARIA ACADEMICA

HOJA DE MATRICULA
AÑO ACADEMICO 2024

No. Recibo **38467** No. Inscripción **51**

NOMBRES Y APELLIDOS: Gerson Aristides García Moreno

CARRERA: INGENIERIA CIVIL **CARNET:** 2019-0097n **TURNO:**

PLAN DE ESTUDIO: 2015 **SEMESTRE:** SEGUNDO SEMESTRE 2024 **FECHA:** 22/07/2024

No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
1						
	ULTIMA LINEA					

F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

ISOZA

GRABADOR

FIRMA Y SELLO DEL FUNCIONARIO

FIRMA DEL ESTUDIANTE

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 22-jul.-2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
ÁREA DEL CONOCIMIENTO DE INGENIERÍA Y AFINES
SECRETARIA ACADEMICA

HOJA DE MATRICULA
AÑO ACADEMICO 2024

No. Recibo

No. Inscripción **4**

NOMBRES Y APELLIDOS: Engel Joel Pallan Salazar

CARRERA: INGENIERIA CIVIL **CARNET:** 2019-0509U **TURNO:**

PLAN DE ESTUDIO: 2015 **SEMESTRE:** SEGUNDO SEMESTRE 2024 **FECHA:** 22/07/2024

No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
1						
	ULTIMA LINEA					

F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

USER_ONLINE

GRABADOR

FIRMA Y SELLO DEL FUNCIONARIO

FIRMA DEL ESTUDIANTE

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 22-jul.-2024