

**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

*La Universidad Católica de Loja*



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA Y MINAS E  
INGENIERIA CIVIL**

**SECCIÓN DE RECURSOS HIDRICOS**

**HIDRÁULICA III**

**Tema:**

**PROYECTO VÍA LOJA-ZAMORA**

**Docente:**

**Dr. Ing. Holger Benavides Muñoz**

**Loja – Ecuador**

**Abril 2020 – Agosto 2020**

Contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	5
<b>2. OBJETIVOS:</b> .....	5
<b>2.1. Objetivo General</b> .....	5
<b>2.2. Objetivos Específicos</b> .....	6
<b>3. MARCO TEÓRICO:</b> .....	6
<b>3.1. Drenaje generalidades</b> .....	6
<b>3.2. Clasificación del drenaje</b> .....	7
<b>3.2.1. Drenaje Longitudinal</b> .....	7
<b>3.2.2. Cunetas</b> .....	8
<b>3.2.2.1. Tipos de cunetas:</b> .....	8
<b>3.2.2.2. Parámetros de diseño:</b> .....	9
<b>3.2.3. Drenaje transversal</b> .....	9
<b>3.2.4. Alcantarillas</b> .....	10
<b>3.3. Consideraciones de Diseño</b> .....	11
<b>3.3.1. Localización:</b> .....	11
<b>3.3.2. Alineación:</b> .....	11
<b>3.3.3. Pendiente:</b> .....	11
<b>3.3.4. Longitud de la alcantarilla:</b> .....	11
<b>3.3.5. Velocidad de la corriente:</b> .....	11
<b>4. CASO DE ESTUDIO</b> .....	12
<b>4.1. Características de la zona del proyecto</b> .....	12
<b>4.1.1. Ubicación</b> .....	12
<b>4.2. Clima</b> .....	13
<b>4.3. Suelo</b> .....	13
<b>4.4. Morfología</b> .....	14
<b>4.5. Hidrografía</b> .....	15
<b>5. METODOLOGÍA</b> .....	16
<b>5.1. Estudio Hidrológico</b> .....	16
<b>5.1.1. Delimitación de la cuenca hidrográfica:</b> .....	16
<b>5.1.2. Parámetros Morfológicos de la cuenca:</b> .....	16
<b>5.1.3. Análisis de Intensidades</b> .....	20
<b>5.1.4. Caudal de escorrentía</b> .....	22
<b>5.2. Estudio Hidráulico.</b> .....	24

<b>5.2.1. Rápidas</b> .....	24
<b>5.2.2. Cunetas de Coronación</b> .....	28
<b>5.2.3. Alcantarillas</b> .....	29
<b>5.2.4. Cunetas</b> .....	31
<b>6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN:</b> .....	33
<b>6.1. Estudio Hidrológico:</b> .....	33
<b>6.2. Diseño de Rápidas (Anexo C):</b> .....	34
<b>6.3. Diseño de Alcantarilla (Anexo D):</b> .....	34
<b>6.4. Diseño de Cunetas (Anexo E):</b> .....	34
<b>6.5. Diseño de canales (Anexo F):</b> .....	34
<b>7. CONCLUSIONES:</b> .....	34
<b>8. BIBLIOGRAFÍA:</b> .....	36
<b>9. RESPONSABLES:</b> .....	37
<b>10. ANEXOS</b> .....	39
<b>10.1. ANEXO A: COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA</b> .....	39
<b>10.2. ANEXO B.: INTENSIDAD</b> .....	39
<b>10.3. ANEXO C: ESTUDIO HIDROLÓGICO</b> .....	40
<b>10.4. ANEXO D: CANAL Y RÁPIDA</b> .....	44
<b>10.5. ANEXO E: ALCANTARILLAS</b> .....	46
<b>10.6. ANEXO F: CUNETAS</b> .....	50
<b>10.7. ANEXO G: ÁREA DE APORTE</b> .....	54
<b>10.8. ANEXO H: UBICACIÓN DE CADA ELEMENTO</b> .....	58
<b>10.9. ANEXO I: PLANOS</b> .....	61

### TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Alcantarilla .....	6
Ilustración 2: Cuneta .....	7
Ilustración 3: Cunetas .....	8
Ilustración 4: Drenaje Transversal.....	9
Ilustración 5: Ubicación del caso de estudio .....	12
Ilustración 6: Ubicación del área de estudio.....	13
Ilustración 7: Clases texturales en el cantón Loja .....	14
Ilustración 8: Mapa Morfológico general del área de Estudio .....	15
Ilustración 9: Mapa Hídrico general del área de Estudio .....	16

## **1. INTRODUCCIÓN**

El régimen de lluvias en la hoya de Loja y zona oriental está definido y en época de invierno las lluvias pueden llegar a tener una elevada Intensidad, por lo que está propensa a generar grandes tormentas, fuertes escurrimientos superficiales de agua y desastres naturales que impactan en continuas interrupciones al normal tránsito vehicular, debido a los deslizamientos de laderas y taludes que se presentan en las diferentes vías de acceso a la ciudad de Loja, principalmente la vía Loja-Zamora.

Este proyecto busca identificar una zona de afectación por fallas en los sistemas de drenaje en la vía Loja - Zamora, que provoca el mal estado de su capa de rodadura (asfalto/pavimento), por lo que se proyecta desarrollar un inventario de un tramo piloto de la vía para efectuar una evaluación técnica de los drenajes longitudinales (cunetas y cunetas de coronación) y drenajes transversales (alcantarillas y rápidas), desarrollar un diagnóstico de la infraestructura de drenaje y proponer un plan de mejoras que contribuya con la solución de estos problemas.

Para esto, se establece realizar la recopilación de información (a) Topográfica-SIG (superficie, pendiente y topología de los drenajes viales), (b) Hidrológica (cobertura tipo y uso de suelo, análisis de precipitaciones para diferentes tiempos de retorno, determinación de escurrimientos, generación de caudales, calcular el caudal máximo para diferentes tiempos de retorno según la norma - NEVI, con base en la data de las estaciones cercanas al área de estudio, utilizando información del sobrevuelo de dron, mapas u ortofotos, que garanticen una mejor aproximación del valor del coeficiente "C" de escorrentía); (c) Resistencia de los materiales de las obras de drenaje (concreto de paredes y soleras); (d) Inventario catastral de los drenajes longitudinales y transversales existentes en el tramo de estudio.

## **2. OBJETIVOS:**

### **2.1. Objetivo General**

Evaluar la funcionalidad y el comportamiento hidráulico de los sistemas de drenaje de un tramo de la vía Loja-Zamora, mediante una correlación de las características de la topología, estado de la infraestructura hidráulica actual, materiales y los aportes hidrológicos que deben trasegar en épocas invernales.

## 2.2. Objetivos Específicos

- Generar un inventario / catastro de los sistemas de drenaje de un tramo de la vía Loja-Zamora, mediante sistemas de información geográfica, estudio topográfico y su geometría dominante.
- Generar los caudales máximos de escurrimiento en las zonas tributarias a los drenajes del inventario, mediante los métodos de la normativa vigente y comparados con otros métodos y herramientas informáticas.
- Caracterizar por métodos indirectos la resistencia de los hormigones constitutivos de los sistemas de drenaje vial del inventario.
- Determinar la capacidad hidráulica de la infraestructura de drenaje vial del inventario y compararla con el máximo escurrimiento posible proyectado por diferentes métodos.
- Evaluar y diagnosticar la infraestructura hidráulica plasmada en el inventario, mediante un sistema de indicadores técnicos.

## 3. MARCO TEÓRICO:

### 3.1. Drenaje generalidades



*Ilustración 1: Alcantarilla*

*Fuente: (Reyes, 2019)*

Con el desarrollo continuo de la zona urbana y la necesidad de comunicación entre sectores de diferentes poblaciones conlleva a la construcción de proyectos viales, la cual interrumpe el desarrollo o trayectoria si se podría decir de cauces naturales que conforman la red hidrográfica, por lo que de no ser tratado este problema afecta drásticamente los proyectos y la naturaleza mismo, trayendo problemas de inundaciones en su gran mayoría (Reyes, 2019).

Para tratar el problema se ha encontrado el método más factible, el drenaje, que nos permite la conducción de un flujo natural que controla su paso por un proyecto

vial, para que no ocasione problemas a la estructura diseñada y continúe con el paso normal sin ocasionar impactos ambientales (Reyes, 2019).

En el proyecto vial recurrentemente se corta el paso del flujo de agua solo en sitios importantes previamente estudiados que afectarían a la construcción, canalizando el flujo por toda la vía en nuestro caso y llevándolo al punto de destino que sería el mismo si es que no hubiera el proyecto, dando de esta manera un escurrimiento lo más natural posible (Reyes, 2019).

En forma general el drenaje se puede definir con una secuencia de tuberías o conductos que permiten el paso del flujo, sea pluvial o de desechos, para tratar de no dañar al proyecto o dar impactos ambientales.

El diseño abarca:

- Recogida de aguas por escurrimiento por medio de causes, cunetas y sumideros
- Transporte de aguas hacia un sistema de alcantarillado pluvial por medio de causes, cunetas y sumideros.
- Restitución del cauce normal que tendría el flujo si no hubiese el proyecto construido.

### **3.2. Clasificación del drenaje**

Se clasifican en drenaje longitudinal y transversal, dependiendo la posición que las obras guarden con respecto al eje de la vía.

#### **3.2.1. Drenaje Longitudinal**



*Ilustración 2: Cuneta*

*Fuente: (Calva, 2013)*

El daño es demasiado para la vía (Calva, 2013) cuando se trata de agua, y necesitamos una conducción de drenaje que nos permita evacuar rápidamente la misma, para evitar estos efectos negativos tenemos que realizar las obras hidráulicas

necesarias para captar y evacuar de tal forma que no de tiempo para dañar el proyecto vial (Calva, 2013).

El drenaje longitudinal debe ser una red que recojan y transporten el flujo hacia puntos de desagüe para que estos elementos continúen con su trabajo de devolver las aguas a su cauce natural.

### 3.2.2. Cunetas



*Ilustración 3: Cunetas*

*Fuente: (COMUNICACIONES, 2019)*

Son tipo zanjas longitudinales revestidas o sin revestir dependiendo del diseño, que se construyen en ambos lados de la vía en su gran mayoría dependiendo del terreno, pues en partes solo es de un lado, el objetivo es de conducir el flujo proveniente del escurrimiento de los taludes en corte y de la que escurre la vía (COMUNICACIONES, 2019).

Si la cuneta supera el corte del terraplén, se prolonga a lo largo del pie del terraplén, dejando una berma entre pie del terraplén y el borde de la cuneta para evitar asentamientos por agua en el terraplén (Calva, 2013).

En algunas ocasiones o como un objetivo secundario las cunetas pueden servir como defensa para pequeños derrumbes, para que no afecten a la vía y obviamente dando su respectiva y continua limpieza a las mismas

#### 3.2.2.1. Tipos de cunetas:

En la construcción de cunetas tenemos varias opciones a la hora de realizar el diseño, pues como era de suponerse existen algunas secciones que son mejores que otra hidráulicamente hablando, no siendo el único facto que interviene sino también cuatro aspectos muy importantes a la hora de escoger nuestra mejor opción: (Calva, 2013)

- *Sección hidráulica apropiada: obtener un área apropiada al calculo*
- *Seguridad:* Secciones de poca pendiente y sin puntos angulosos, evitando la circulación vehicular normal.
- *Durabilidad:* Materiales acordes al medio donde será construido y resistentes de acuerdo con el diseño.
- *Simplicidad:* Lo más conveniente en cuestión tiempo y costo.

### 3.2.2.2. Parámetros de diseño:

Tenemos como principal aspecto la velocidad, dependiendo de la velocidad podemos escoger el tipo de cuneta, ya sea para la rugosidad que comprende a los materiales y también, la sección que llevara a determinar su forma (COMUNICACIONES, 2019).

Según la MTOP para cunetas de hormigón es tolerable una velocidad máxima de 4.5 m/s, si sobrepasa conllevaría a un problema muy grave que es la erosión (COMUNICACIONES, 2019).

Como existe vías que tienen pendientes inferiores a 1%, así como pendiente demasiado pronunciadas, podemos intervenir en el tipo de material por donde transcurrirá el flujo, así con una rugosidad adecuada se tiene los resultados deseados (COMUNICACIONES, 2019).

### 3.2.3. Drenaje transversal



*Ilustración 4: Drenaje Transversal*

*Fuente: (Calva, 2013)*

Compuestos principalmente por elementos que conducen el flujo y atraviesan el eje de la carretera, para hacer este paso el cruce lo hacen en forma perpendicular al eje de la vía y transportan todo el escurrimiento de la cuenca que se encuentra aguas arriba de la vía en dirección aguas abajo (Calva, 2013).

Debemos tener en cuenta los parámetros de diseño como:

- No desviar el cauce natural.
- Evitar pendientes muy pronunciadas para no tener velocidades altas.
- Evitar en su mayoría la erosión de las obras hidráulicas.

#### **3.2.4. Alcantarillas**

Es un elemento transversal de conducción, son construidas por debajo del nivel de subrasante de una vía, con el mismo fin que es conducir los caudales de flujo provenientes de las pequeñas cuencas hidrográficas, canales de riego, cunetas, y en su prioridad el escurrimiento superficial natural (Calva, 2013).

Elementos de las alcantarillas

- Estructura de entrada

Obras que permiten la conducción del flujo hacia la tubería y estabilizan el terraplén de la vía.

- Cajas colectoras

Captar agua de diferentes obras de drenaje como las longitudinales, dando paso bajo la vía, hacia su continuo cauce natural u otros sistemas de desagüe.

- Cabezal

Muro que protege de la erosión y acorta la longitud de la alcantarilla, estabiliza al extremo de la tubería al servir como contrapeso por supuestas fuerzas de subpresión.

Tener en cuenta que las dimensiones de los cabezales deben acoplarse para impedir el deslizamiento de taludes inmediatos hacia el canal, en su mayoría son de concreto reforzado o simple, mampostería. Siempre se realiza la construcción de los cabezales apenas sean colocadas las alcantarillas (COMUNICACIONES, 2019).

- Alas

Guían el flujo hasta la alcantarilla para mejorar el sistema hidráulico, orientadas siempre hacia la entrada del flujo para llevar hacia el conducto.

- Tubería

De diferentes tipos de materiales, su único objetivo es conducir el flujo por donde este trazado según el diseño, evitando infiltraciones para no tocar las capas de estructura vial.

- Estructura de salida

Transición entre la alcantarilla y el cuerpo receptor.

- Descole o vertedero

Estructura que reduce la velocidad del flujo y encargado de entregar el caudal a su cauce natural u obra de drenaje sin causar erosión.

### **3.3. Consideraciones de Diseño**

#### **3.3.1. Localización:**

Necesitamos trasladar el terreno de forma correcta a dimensiones de trabajabilidad, los planos que nos permitirá dar una ubicación eficaz de localizar los puntos estratégicos, así pues, teniendo sus respectivas cotas debemos seguir la alineación y pendiente para proceder a colocar.

#### **3.3.2. Alineación:**

Su colocación es perpendicular a la carretera, si existe una oblicuidad de la superficie respecto al muro requiere una alcantarilla más larga, para mejoramiento hidráulico.

#### **3.3.3. Pendiente:**

Este criterio tiene que ligarse junto al diseño de la vía, pero necesitamos que no genere problemas secundarios ya sea por sedimentación o erosión, al no tener mucha oportunidad en variar la pendiente se juega con la rugosidad del material por el cual va a transcurrir el flujo, siempre siguiendo la recomendación de MOPT, 2003 para pendientes mínima de 0.5% y máxima de 3%.

#### **3.3.4. Longitud de la alcantarilla:**

Acatándose a la dependencia del ancho de la corona de la vía, la altura del terraplén, pendiente del talud, alineación y pendiente de alcantarilla, y el tipo de protección que se utilice en la entra y salida de la obra.

La alcantarilla no deberá tener problemas de taponamiento en entra o salida de la estructura, mucho menos por sedimentos producidos por el talud.

#### **3.3.5. Velocidad de la corriente:**

Uno de los aspectos más importantes a tomar en cuenta pues, si bien se pensaría que es la misma velocidad del flujo cuando entra que cuando sale, es un error muy grave ya que, la alcantarilla por su forma aumenta la velocidad del flujo y el problema más grave se ocasiona a la salida de la misma teniendo velocidades muy altas, que ocasionan erosiones considerables, consecuencias muy graves que se debe evitar (Franklin Santiago Calle Calva, 2009).

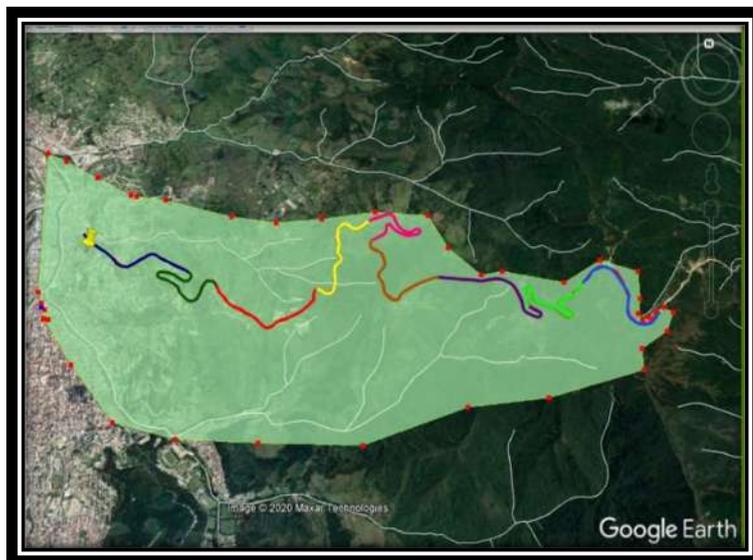
Se debe hacer una comparativa de velocidad a la entrada y salida entre la velocidad no erosiva que se encuentra aguas arriba con la velocidad erosiva que se encuentra agua abajo, y verificar el problema de aumento de velocidad, de ser así se

procede a diseñar dispositivos de disipación de energía al final del sistema (Franklin Santiago Calle Calva, 2009).

#### 4. CASO DE ESTUDIO

##### 4.1. Características de la zona del proyecto

##### 4.1.1. Ubicación



*Ilustración 5: Ubicación del caso de estudio*

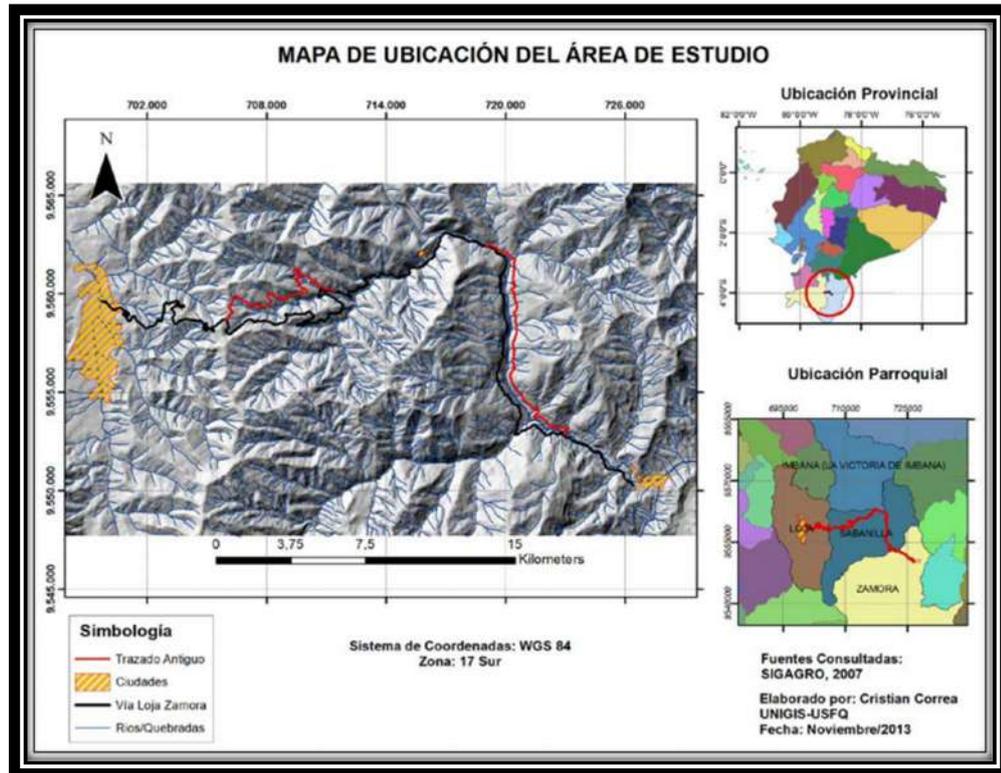
*Escala: S/N*

*Fuente: Google Earth*

El caso se estudió se encuentra ubicada al sur del Ecuador, en el límite de la Provincia de Loja y Zamora.

La zona en análisis se extiende desde la periferia de la ciudad de Loja, partiendo desde la intersección de la calle Guayaquil y Transversal Sur a una cota de 2061 m.s.n.m. hasta la abscisa 13+470 de la vía Loja-Zamora, encerrando en ella el tramo en análisis de vía.

La carretera atraviesa las provincias de Loja y Zamora, tiene una longitud aproximada de 55 kilómetros y une las parroquias de Loja, Sabanilla, Ibaña (la Victoria de Ibaña) y Zamora.



*Ilustración 6: Ubicación del área de estudio*

*Fuente: SIGAGRO, 2007*

#### **4.2. Clima**

La zona presenta un clima temperado subhúmedo con una temperatura promedio de 16 °C y un valor de precipitación que oscila entre los 912,7 mm/año. (SNI, 2014)

En la vía Loja-Zamora, durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 16 °C a 29 °C y rara vez baja a menos de 14 °C o sube a más de 31 °C. La temporada templada dura 3,0 meses, del 29 de agosto al 28 de noviembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 28 °C. El día más caluroso del año presenta una temperatura máxima promedio de 29 °C y una temperatura mínima promedio de 17 °C. La temporada fresca dura 3,7 meses, del 31 de marzo al 23 de julio, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 26 °C. El día más frío del año es el 12 de julio, con una temperatura mínima promedio de 16 °C y máxima promedio de 26 °C.

#### **4.3. Suelo**

Dentro del territorio del cantón Loja, tal como se indica en el siguiente cuadro existen diversos tipos de texturas de los suelos, predominando la fracción Franco-Arenosa con un 39,66% que cubre aproximadamente 75044 hectáreas seguido de la

fracción Franco-Arcillo-Arenoso con un 17,33 % que cubre aproximadamente 32797 hectáreas, estas fracciones se encuentran distribuidas a lo largo del cantón pero predominan en la parte norte; son ideales para actividades agrícolas aunque tal como se indicó en el tratado de pendiente esta actividad se ve limitada debido a la pendiente fuerte que predomina por lo que es necesario la implementación de actividades de conservación y protección de los mismos. (Municipio de Loja, 2014)

N	Clase Textural	Area (ha)	%
1	FRANCO	18775,63563	9,92
2	FRANCO ARENOSO	5650,370335	2,99
3	FRANCO LIMOSO	920,347811	0,49
4	FRANCO ARCILLOSO	75044,45857	39,66
5	FRANCO ARCILLO-ARENOSO	32796,97391	17,33
6	FRANCO ARCILLO-LIMOSO	99,263138	0,05
7	ARCILLOSO	3280,216452	1,73
8	ARCILLO-ARENOSO	9835,25233	5,20
9	ARCILLO-LIMOSO	165,506011	0,09
10	NO APLICABLE	42654,61026	22,54

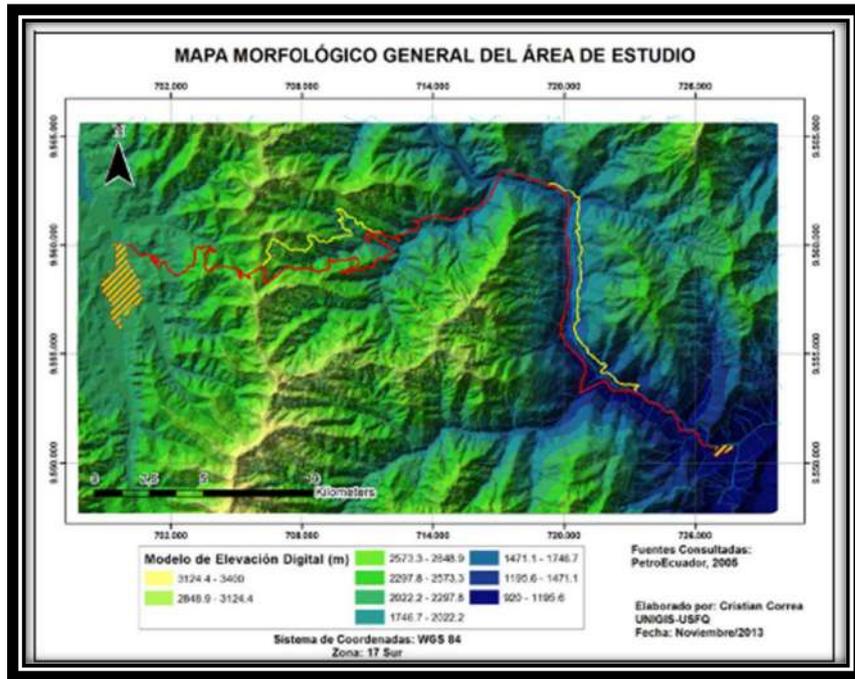
*Ilustración 7: Clases texturales en el cantón Loja*

*Fuente: Instituto Espacial del Ecuador*

#### 4.4. Morfología

La carretera Loja-Zamora en su inicio atraviesa por la parte más oriental de la Cuenca de Loja. A medida que se avanza hacia el este, la morfología cambia a una zona de premontana que se constituye en el límite oriental de la cuenca sedimentaria y que se caracteriza por relieves con pendientes suaves, muestran localmente desfiladeros en contrapendiente originados por una combinación de procesos endógenos y exógenos (Abad, 2006).

Gradualmente, manteniendo el mismo rumbo, se produce un nuevo cambio morfológico a una zona de montaña que constituye las estribaciones de la Cordillera Real con alturas de hasta 3400 m.s.n.m. La mayor parte de las quebradas que nacen en esta zona alimentan los ríos principales existentes dentro del área de estudio. A medida que se avanza con dirección a la ciudad de Zamora, el relieve abrupto cambia a un relieve más bien moderado con elevaciones que alcanzan los 2.850 m.s.n.m.



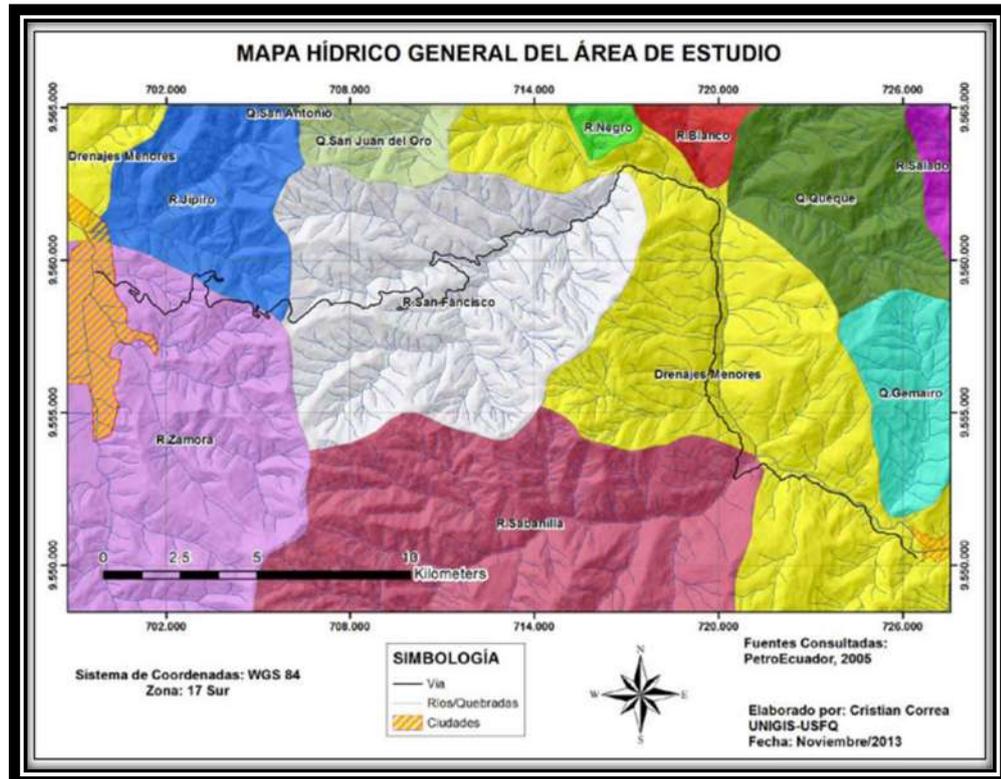
*Ilustración 8: Mapa Morfológico general del área de Estudio*

*Fuente: Petro ecuador, 2005*

#### 4.5. Hidrografía

Los principales afluentes que aportan al área de estudio son el río Malacatos y Zamora. La presente red Hídrica de la cuenca de Loja, en la cual forman parte las microcuencas de los ríos Jipiro y Malacatos, tienen distintos gradientes que varían de 6 a 24\* aproximadamente llegando a configurar en conjunto una red de tipo rectangular con direcciones S-N y SE\_NO. Este gradiente ya mencionado comienza a crecer a medida que se acerca a las estribaciones de cordilleras, además podemos observar que, en el límite de la cuenca de Loja, hacia el este, se desarrollaron microcuencas pertenecientes a ríos como San Francisco, Sabanilla, Zamora entre otros. (Abad,2006)

A continuación, podemos observar el mapa hídrico general del área de estudio.



*Ilustración 9: Mapa Hídrico general del área de Estudio*

*Fuente: Petro ecuador, 2005*

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. Estudio Hidrológico.

#### 5.1.1. Delimitación de la cuenca hidrográfica:

Para la delimitación de la cuenca se utilizó las herramientas Google Earth y Civil 3D, las cuales nos proporciona adicionalmente información de parámetros como área y perímetro de la cuenca. Adicionalmente estas herramientas sirvieron para la delimitación de las microcuencas que aportan caudales a los elementos hidráulicos en análisis.

#### 5.1.2. Parámetros Morfológicos de la cuenca:

##### - Coefficiente de Compacidad:

Describe la geometría de la cuenca y se calculó mediante:

$$K_c = 0.28 \times \frac{P}{A^2}; \quad \text{ó} \quad K_c = \frac{P_c}{2 * (\pi * A_c)^{0.5}}$$

Donde:

**Donde:**

**K**= Coeficiente de compacidad

**P** = Perímetro de la cuenca (km)

**A**= Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

Clase	Rango	Descripción
Kc1	1 a 1,25	Forma casi redonda a oval – redonda
Kc2	1,25 a 1,5	Forma oval – oblonga
Kc3	> 1,5	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga

*Índice de compacidad para evaluación de forma. (Londoño,2009)*

- **Factor de forma:**

Este parámetro evalúa la tendencia a crecidas en la cuenca y se determina

como:

$$F = \frac{A}{L^2}$$

**Donde:**

**F**= Factor de forma

**L** = Longitud del máximo recorrido(km)

**A**= Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

Rango de Valores	Forma de la cuenca
< 0,22	Muy alargada
0,22 - 0,30	Alargada
0,3 - 0,37	Ligeramente alargada
0,37 - 0,45	Ni alargada ni ensanchada
0,45 - 0,60	Ligeramente ensanchada
0,60 - 0,80	Ensanchada
0,80 - 1,12	Muy Ensanchada
> 1,20	Rodeando el desagüe

*Factor de forma Horton*

- **Pendiente de la cuenca:**

Se calcula mediante:

$$S(\%) = \frac{H_M - H_m}{100 \times L} \times 100$$

**Donde:**

**S (%)**= Pendiente media de la cuenca

**HM**= Altitud mayor en m.

**Hm**= Altitud menor en m.

**L**= Longitud del curso de agua en km.

- **Coeficiente de Escurrimiento:**

Para determinar el coeficiente se utilizó tablas y métodos; los cuales se basan en el tipo de cobertura vegetal y pendiente media del terreno, propuesto por la MTOP.

COBERTURA VEGETAL	PENDIENTE DEL TERRENO					
	TIPO SUELO	PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		50%	20%	5%	10%	1%
SIN VEGETACION	Impermeable	0,80	0,70	0,70	0,65	0,50
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
CULTIVOS	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
PASTOS VEGETACIÓN LIGERA	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
HIERBA, GRAMA	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,50	0,20	0,15	0,10
BOSQUES DESA VEGETACIÓN	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

- **Coeficiente de escorrentía:**

TIPO DE TERRENO	VALORES DE K			
	40 MUY ACCIDENTADO, PENDIENTES SUPERIORES AL 30%	30 ACCIDENTADO, PENDIENTES ENTRE EL 10% Y EL 30%	20 ONDULADO, PENDIENTES ENTRE EL 5% Y EL 10%	10 LLANO, PENDIENTES INFERIORES AL 5%
2 PEMEABILIDAD DEL SUELO	20 MUY IMPERMEABLE, ROCA	15 BASTANTE IMPERMEABLE, ARCILLA	10 BTANTE PERMEABLE, NORMAL	5 MUY PERMEABLE ARENA
3. VEGETACIÃ'N.	20 NINGUNA	15 POCA, MENOS DEL 10% DE LA SUPERFICIE	10 BASTANTE, HASTA EL 50% DE LA SUPERFICIE	5 MUCHA, HASTA EL 90% DE LA SUPERFICIE
4. CAPACIDAD DE ALMACENAJE DE AGUA	20 NINGUNA	15 POCA	10 BASTANTE.	5 MUCHA
VALORES DE K ENTRE	75-100	50-75	30-50	25-30
VALOR DE C	0.65-0.80	0.50-0.65	0.35-0.50	0.20-0.35

*Hidrología-Dr. Fernando Oñate Valdivieso.*

- **Método Nadal:**

$$C = 0.25 * k1 * k2 * k3$$

**Donde:**

**k1:** Factor extensión de la cuenca.

**k2:** Factor lluvia mensual.

**k3:** Factor de la pendiente y permeabilidad del suelo.

EXTENSION		LLUVIA MEDIA ANUAL		CARACTERISTICAS DE LA CUENCA	
km2	k1	mm	k2	CUENCA	k3
10	2.60	200	0.25	Llana y permeable	0.50-0.70
20	2.45	300	0.50	Ondulada	0.50-1.20
40	2.15	400	0.75	Montañosa e impermeable	1.20-1.50
100	1.80	500	1.00		
200	1.70	600	1.10		
500	1.40	700	1.17		
1000	1.30	800	1.25		
5000	1.00	900	1.32		
10000	0.90	1000	1.40		
20000	0.87	1200	1.50		

- **Método Racional:**

Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada >50%	Alta 50%-20%	Media 20%-8%	Suave 8%-1%	Despreciable <1%
Sin vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos y vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierva y grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosques y vegetación densa	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Fuente: Ramírez, 2003

- **Período de retorno:**

Dependiendo las ocupaciones del área en análisis, se consideró el uso de las siguientes tablas para la selección de este parámetro.

PERIODOS DE RETORNO PARA DIFERENTES OCUPACIONES DEL ÁREA		
Tipo de obra	Tipo de ocupación del área de influencia de la obra	Tr (años)
Micro drenaje	Residencial	5
Micro drenaje	Comercial	5
Micro drenaje	Área con edificios de servicio público	5
Micro drenaje	Aeropuertos	10
Micro drenaje	Áreas comerciales y vías de tránsito intenso	10 - 25
Micro drenaje	Áreas comerciales y residenciales	25
Micro drenaje	Áreas de importancia específica	50 - 100
Ramales y otros empalmes de importancia similar.	consignados.	5 años para caminos.
Puntos bajos de la calzada y secciones bajo el nivel del terreno.	Hasta un ancho de 1.50 m de la calzada, independientemente del tipo de espaldón.	50 años para autopistas. 25 años para autovías y carreteras principales 10 años para caminos

Fuente: EPMAPS – 2009

Fuente: NEVI-12-MTOP, norma para estudios y diseños viales, vol. 2B, 2013.

**5.1.3. Análisis de Intensidades**

- **Tiempo de concentración:**

Basándonos en INEN 05, el tiempo de concentración se obtiene de la ecuación de Kirpich

$$tc = 0.06628 * \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

**Donde:**

**tc**= tiempo de concentración (horas).

**L**= longitud del cauce más largo (km).

**S**= pendiente media de la cuenca.

- **Intensidad máxima:**

Este cálculo se realizó de dos maneras distintas, pero totalmente válidas.

La primera metodología consiste en el cálculo de Intensidades medias para cada hora, partiendo de datos proporcionados por INAMHI.

Esta dada por la siguiente formula:

$$I_{max} = I_m + \frac{SI}{S_n}(Y - Y_n)$$

Seguido, el cálculo de la desviación típica de la serie estadística de intensidades:

$$S_i = \sqrt{\frac{(I - I_m)^2}{N - 1}}$$

**Donde:**

**Si**= Desviación típica.

**I**= Intensidad de lluvia (mm/h).

**I<sub>m</sub>**= Intensidad media por hora (mm/h).

**N**= Número de datos.

- **Cálculo de variable reducida:**

$$Y = -Ln - Ln\left(1 - \frac{1}{Tr}\right)$$

**Donde:**

**Y**= Variable reducida

**Tr**= Periodo de retorno

Donde deben aplicarse las siguientes ecuaciones para el de coeficientes del periodo de retorno:

$$\alpha_1 = \frac{(\sum Y * \sum x^2) - [\sum x * \sum (x * Y)]}{(n * \sum x^2) - (\sum x)^2} \quad \beta_1 = \frac{[n * \sum (x * Y)] - [\sum x * \sum Y]}{(n * \sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$A = \text{Antilog } \alpha_1$$

$$f = -\beta_1$$

**Donde:**

$Y = \log i$  (intensidad- mm/h)

$X = \log t$  (tiempo - min)

$$\alpha_2 = \frac{(\sum Y * \sum x^2) - [\sum x * \sum(x * Y)]}{(n * \sum x^2) - (\sum x)^2} \quad \beta_2 = \frac{[n * \sum(x * Y)] - [\sum x * \sum Y]}{(n * \sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$k = \text{Antilog } \alpha_2$$

$$e = \beta_2$$

**Donde:**

$Y = \log A$  (Área – m<sup>2</sup>)

$X = \log Tr$  (Período de retorno)

Finalmente:

$$I = K \frac{Tr^e}{t^f}$$

En la segunda metodología se obtendrá de los registros de las estaciones pluviométricas más cercana a la zona del proyecto, cuando no se disponen de tales datos se podría recurrir al mapa de isólinas del INAMHI, en correlación con la zonificación con la que han sido determinadas las ecuaciones.

Para el presente estudio utilizaremos la ecuación de intensidad determinada por la estación meteorológica La Argelia, obtenida de los datos del INAMHI. A continuación, se muestra la ecuación para una duración de 44 a 1440min:

$$I_{TR} = 86.811 \times Id_{TR} \times tc^{-0.447}$$

**Donde:**

*I*: Intensidad de la precipitación (mm/h)

*Tr*: Tiempo de Retorno considerado (años)

*t*: Duración de la precipitación, igual al tiempo de concentración (min)

*Id*: Intensidad diaria (mm/h)

#### 5.1.4. Caudal de escorrentía.

##### - Método Racional.

Recomendado para cuencas montañosas de tamaño inferior a 50 km<sup>2</sup>. Es el método recomendado por la normativa ecuatoriana.

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360} \quad \text{ó} \quad 0.00278 \times C \times I \times A$$

**Donde:**

**Q:** Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

**C:** Coeficiente de escorrentía.

**I:** Intensidad de precipitación (mm/h)

**A:** Área de la cuenca (ha)

- **Método de Burkli – Ziegler.**

Se basa en parámetros de coeficiente de escorrentía, intensidad, área y pendiente de la cuenca; se calcula mediante:

$$Q = 0.0695 \times C \times I \times S^{0.25} \times A^{0.75}$$

**Donde:**

**Q:** Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

**C:** Coeficiente de escorrentía.

**I:** Intensidad de precipitación (mm/h)

**A:** Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

**S:** Pendiente de la cuenca (m/km)

- **Método de Mc. Math.**

Se calcula con la siguiente expresión:

$$Q = 0.0915 \times C \times I \times S^{0.20} \times A^{0.80}$$

**Donde:**

**Q:** Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

**C:** Coeficiente de escorrentía.

**I:** Intensidad de precipitación (mm/h)

**A:** Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

**S:** Pendiente de la cuenca (m/km)

- **Método de Ven Te Chow**

Es aplicable en cuencas no urbanas con áreas menores a 250 km<sup>2</sup>. Se calcula de la siguiente manera:

$$Q = \frac{0.278(A \times Z \times Pe)}{d}$$

Donde:

$$Pe = \frac{\left[ P - \frac{508}{N} + 5.08 \right]^2}{P + \frac{2.032}{N} - 20.32}$$

De la relación d/tp determinamos el valor de Z:

$$t_p = 0.00505 \left[ \frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0.64}$$

$$\text{Si } 0.4 \leq d/tp \leq 2$$

$$Z = 0.73 \left[ \frac{d}{tp} \right]^{0.97}$$

$$\text{Si } 0.05 \leq d/tp \leq 0.4$$

$$Z = 1.89 \left[ \frac{d}{tp} \right]^{0.23} - 1.23$$

$$\text{Si } d/tp > 2$$

$$Z = 1$$

## 5.2. Estudio Hidráulico.

### 5.2.1. Rápidas.

#### - Criterios de diseño

Se diseño para un periodo de diseño de 25 años, se consideró una sección del canal rectangular de concreto con su respectiva rugosidad. El caudal de diseño se lo obtuvo del estudio hidrológico realizado y sumando los caudales de cada microcuenca que drena a cada rápida.

#### - Tirante en el canal (d=Yn); (m=z)

El tirante se diseñó para la sección de máxima eficiencia utilizando el programa HCANALES de Máximo Villon.

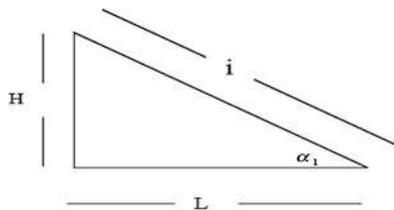
$$d = \frac{nQ * 2^{2/3}}{J^{1/2} * (2 * \sqrt{1 + m^2} - m)}$$

Ancho del canal b	$b = 2 * d * \tan\left(\frac{\theta}{2}\right)$ $\tan \theta = \frac{1}{m}$
Área (A)	$A = bd + md^2$

Perímetro (P)	$P = b + 2yn$
Espejo de Agua (T)	$T = b + 2md$
Altura del canal (h)	$h = 1.3d$
Radio hidráulico	$R = \frac{A}{P}$
Velocidad (v)	$V = \frac{Q}{A}$

**Diseño rápida**

**Pendiente**



$$i = \frac{H}{L} = m/m$$

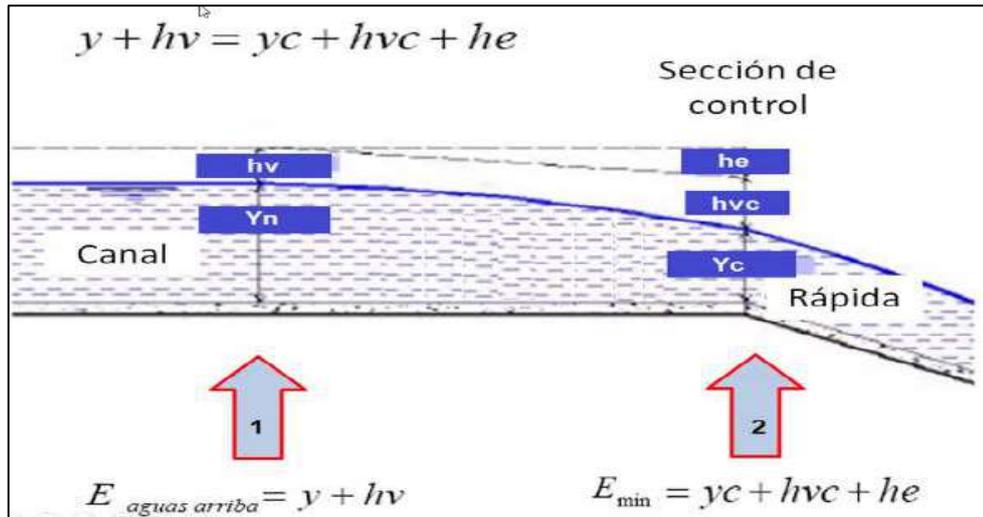
$$L = \text{Abscisa final} - \text{Abscisa inicial}$$

$$H = \text{Cota inicial} - \text{Cota final}$$

$$\text{Tg } \alpha = \frac{H}{L}$$

**Cálculo del ancho de la rápida y el tirante en la sección de control**

Ancho de la rápida, Según Dadenkov:	$b_{r\acute{a}p} = 0.765 * Q^{\frac{2}{5}}$
Tirante en la sección de control	$E_{aguas\ arriba} = y + h_v$ $E_{min} = y_c + h_{vc} + h_e$ $E_{min} = y_c + h_{vc} + h_e$ $h_v = \frac{v^2}{2g}$



Para determinar el ancho de la solera de la rápida se realizó utilizando la función SOLVER o mediante tanteos cambiando los valores de **bráp**, hasta que se cumpla la condición:

$$E_{\text{aguas arriba}} = E_{\text{min}}$$

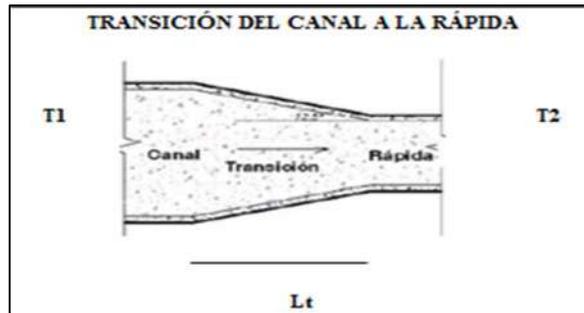
Según Dadenkov, el ancho inicial b de la rápida se determina con:

<p><b>Ancho inicial b de la rápida</b></p>	$b_{\text{ráp}} = 0.765Q^{\frac{2}{5}}$ $Y_c = \left( \frac{Q^2}{b_{\text{rap}}^2 * g} \right)^{1/3}$ $V_c = \sqrt{Y_c * g}$ $h_v = \frac{V_c^2}{2g}$ $h_e = 0.5 * \left( \frac{V_c^2 - V^2}{2g} \right)$ $E_{\text{min}} = y_c + h_{vc} + h_e$ $E_{\text{aguas arriba}} = E_{\text{min}}$
--	--

Longitud de Transición

Para el diseño de transición de entrada se considera el espejo del agua y ancho del canal de la rápida y con eso determinamos la longitud de transición.

$$L_t = \frac{T_1 - T_2}{2tg12.5^\circ}$$



La longitud de transición a criterio constructivo se redondea de 0.8 m hasta 1 m.

Velocidad en la rápida

Para determinar la velocidad de la rápida se impone una velocidad ( $V_{\text{ráp1}}$ ) y se comprueba que  $V_{\text{ráp1}} > V_r$ , si cumple con esta condición  $V_r$  es la velocidad de diseño, caso contrario se debe aumentar la velocidad impuesta; se lo puede realizar mediante tanteos o la función SOLVER.

$$A_r = \frac{Q}{V_{\text{rap1}}}$$

V rap 1	Valor asumido
Tirante ( $y_r = d_n$ ):	$y_r = \frac{A_r}{b_{\text{rap}}}$
Altura de agua sobre la rugosidad:	$h_r = \frac{8}{9} y_r$
Perímetro mojado:	$P_r = b_{\text{rap}} + 2y_r$
Radio hidráulico:	$R_{hr} = \frac{A_r}{P_r}$
Altura de rugosidad:	$S = y_r - h_r$ $S_{ep1} = 8 * S$
Coefficiente de Chezy:	$C = \frac{1000}{85.8 - 3.9(h_r/S) - 0.8(b_{\text{rap}}/h_r)}$

<b>Verificar que <math>V_{rap1}</math> <math>&gt; V_r</math></b>	$V_r = C * \sqrt{R_{Hr} * i}$
--	-------------------------------

Diseño del dissipador de energía al final de la rápida

*Analizamos si existe o no resalto hidráulico si “ $F_1 > 1$  existe resalto hidráulico”*

**Número de Froude:**

$$F_1 = \frac{V_{rap}}{\sqrt{y_r * g}}$$

$$d_2 = \frac{d_1}{2} (\sqrt{1 + 8 * F_1} - 1)$$

**“Si  $d_n < d_2$ ; se necesitara profundizar el colchón de agua.”**

*Si se requiere profundizar el colchón de agua utilizamos la siguiente ecuación*

$$Y = k \times (y_2 - y_1)$$

**$K =$  coeficiente de seguridad (1.1 - 1.2)**

$$y_2 = d_2$$

$$y_1 = (y_r - d_n)$$

Longitud de resalto

$$L_r = 2.5(1.9d_2 - d_1)$$

### **5.2.2. Cunetas de Coronación**

Debido a la topografía del terreno se cree conveniente la implementación de una cuneta de coronación de sección rectangular para llevar el caudal de escorrentía hasta la rápida evitando la erosión del terreno.

Para el cálculo de la cuneta de coronación se realizó de la siguiente manera:

**Tirante en el canal ( $y_n$ ) mediante Manning usando HCANALES:**

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

<b>Área (A)</b>	$A = b \times yn$
<b>Perímetro (P)</b>	$P = b + 2yn$
<b>Radio hidráulico</b>	$R = \frac{A}{P}$
<b>Velocidad (v)</b>	$V = \frac{Q}{A}$
<b>Espejo de agua (T)</b>	$T = b$

Adicionalmente, para la comprobar el diseño de las rápidas se hizo uso del sitio WEB **DHYCOB** (LABRATORIO VIRTUAL DE FLUIDOS, HIDRÁULICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA) obteniendo resultados muy cercanos a los realizados en las hojas de Excel por los autores.

### 5.2.3. Alcantarillas

El requerimiento del diseño de una alcantarilla tiene su origen en la necesidad de cruzar un torrente o para restituir parte del flujo de una ladera que intercepta con una vía, las alcantarillas son construidas como un dren colector de aguas excedentes.

#### - Consideraciones de diseño

##### Pendiente

Para pendientes bajas la rugosidad interna de la alcantarilla es un factor que debe tenerse en cuenta. Para evitar la sedimentación, se recomienda que la pendiente mínima sea del 0.5% y la máxima del 3% (MOPT, 2013).

##### Diámetro

El diseño de alcantarillas según el Ministerio de Transporte y Obras Publicas establece que el mínimo diámetro que se puede usar es de 1200 mm.

##### Longitud

La longitud necesaria de una alcantarilla dependerá del ancho de la corona de la carretera, de la altura del terraplén, de la pendiente del talud, de la alineación y pendiente de la alcantarilla y del tipo de protección que se utilice en la entrada y salida de la estructura.

Generalmente se adopta para la alcantarilla el caudal producido por una tormenta con un tiempo de retorno de 25 a 50 años. En este caso se ha adoptado un periodo de retorno de 25 años.

El procedimiento utilizado para el cálculo de este elemento hidráulico es el siguiente:

Caudal de aporte:

$$Q_{\text{aporte}} = \frac{C \times I \times A}{360}$$

<b>Área:</b>	$A = 0,00183 \times C \times Ad^{3/4} \times I$
<b>Tirante:</b>	$yn = \frac{A}{Ba}$
<b>Velocidad normal:</b>	$V = \frac{Q}{A}$
<b>Caudal Unitario:</b>	$q = \frac{Q_{\text{aporte}}}{Ba}$
<b>Velocidad Crítica:</b>	$Vc = \sqrt{yc \times g}$
<b>Perímetro Crítico:</b>	$Pc = B + 2yc$
<b>Altura eficiente:</b>	$d = \frac{yc}{0,80}$
<b>CÁLCULO DE LA ALTURA DE ENTRADA</b>	
<b>Altura de velocidad crítica:</b>	$hvc = \frac{Vc^2}{2 \times g}$
<b>Altura de velocidad normal:</b>	$hvn = \frac{V1^2}{2 \times g}$ $He = yc + hvc + h1_2 - hvn$

*Si  $Sa < Sc$ ; entonces: flujo subcrítico*

*Si  $Sa = Sc$ ; entonces: flujo crítico*

**Condición de flujo:**

*Si  $Sa > Sc$ ; entonces: flujo supercrítico*

Cálculo altura de salida de alcantarilla

$$Hs = He + hvn + hvc - h1_3$$

Condición de salida:

*Si  $y_c > H_s$ ; entonces: la salida es libre*

#### 5.2.4. Cunetas

De acuerdo con (Pardo & Novillo, 2005) son estructuras de drenaje que captan las aguas de escorrentía superficial proveniente de la plataforma de la vía y de los taludes de corte, conduciéndolas longitudinalmente hasta asegurar su adecuada evacuación. Las cunetas construidas en zonas en terraplén protegen también los bordes de la berma y los taludes del terraplén de la erosión causada por el agua lluvia, además de servir, en muchas ocasiones, para continuar las cunetas de cortes hasta una corriente natural, en el cual depositar.

Para el diseño de una cuneta se realiza mediante los siguientes pasos:

a) Se adoptará un coeficiente de rugosidad de 0.015 (Villon, 2008), para material de concreto sin revestir.

b) Determinar el ángulo de inclinación ( $\theta_a$  y  $\theta_b$ )

$$\theta_a = \text{sen}^{-1} \left( \frac{\text{Cota inicio} - \text{cota evacuación.}}{L} \right)$$

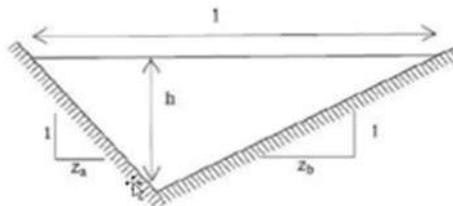
$$\theta_b = 90^\circ - \theta_a$$

c) Determinar pendiente ( $S$ )

$$S = \tan(\theta_a)$$

d) Determinar los valores de  $Z_a$  y  $Z_b$  para el talud.

$$Z_a = \frac{1}{\tan(90^\circ - \theta_a)} \qquad Z_b = \frac{1}{\tan(90^\circ - \theta_b)}$$



e) Determinar área hidráulica

$$A = \frac{(Z_a + Z_b) * h^2}{2}$$

- f) Determinar perímetro hidráulico

$$P = h * (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2})$$

- g) Determinar radio hidráulica

$$R = \frac{A}{P}$$

- h) Capacidad hidráulica (Ec. Manning).

$$Q = \frac{1}{n} * AR^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

- i) **Caudal de aporte.**

El cual vendría a ser el caudal calculado en el área de aporte que corresponde a la longitud de cuneta, y se calcula mediante la fórmula dada por el método racional. (MTCP, 2008)

$$Qa = CIA$$

**Donde:**

**Qa:** caudal en m<sup>3</sup>/s

**C:** Coeficiente de escurrimiento

**I:** Intensidad

**A:** área de drenaje

- j) Velocidad de la cuneta

$$V = \frac{Q}{A}$$

**Parámetros y consideraciones para tomar en cuenta en el diseño de cunetas**

- ✓ Se debe verificar que la capacidad hidráulica de la estructura sea superior al caudal de aporte; en caso de no cumplir, se aumentara la sección.
- ✓ El período de retorno considerado para la precipitación de diseño será de 25 años. La precipitación de diseño tendrá una duración de 5 minutos (MTOP, 2003).
- ✓ Pendiente mínima de 0.5%
- ✓ La velocidad en la cuneta debe ser adecuada, tanto para que se pueda realizar autolimpieza y se pueda evitar la erosión.

TIPO DE SUPERFICIE	MÁXIMA VELOCIDAD ADMISIBLE (m/s)
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0.20 – 0.60
Arena arcillosa dura, margas duras	0.60 – 0.90
Terreno parcialmente cubierta de vegetación	0.60 – 1.20
Arcilla, grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1.20 – 1.50
Hierba	1.20 – 1.80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1.40 – 2.40
Mampostería, rocas duras	3.00 – 4.50 *
Concreto	4.50 – 6.00 *

*Velocidades para un flujo de corta duración. (MTCP, 2008)*

## 6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN:

### 6.1. Estudio Hidrológico:

- En el anexo A, podemos divisar los coeficientes de escorrentía calculados para cada tramo, su variación dependerá de la textura, uso, estado de humedad antecedente, pendiente y vegetación presente en el suelo, ya que al tener el tramo una longitud considerable, estas características varían.
- En el anexo B, las intensidades calculadas en cada tramo, se encuentran en un rango relativamente cercano, puesto que, los parámetros que se requieren para su cálculo difieren en la metodología utilizada. Estos resultados se verán reflejados en los valores de caudales de cada zona.
- El periodo de retorno de acuerdo con la normativa Nevi-12-MTOP, Tabla 2B, 202\_15, donde la característica de la carrera es, para vías de circulación normal y una frecuencia de la lluvia de 25 años para autopistas.

#### **6.2. Diseño de Rápidas (Anexo C):**

- En el diseño de rápidas, se determinó que el número de rápidas implementadas en la vía no eran suficientes para satisfacer los requerimientos de la zona de estudio, y esto representa un posible deterioro de la infraestructura vial.
- En cuanto a la geometría, se desarrolló de acuerdo con las características propias de cada punto, lo que presenta una notable diferencia en cada diseño.

#### **6.3. Diseño de Alcantarilla (Anexo D):**

- Los resultados de las rápidas se pueden visualizar en el anexo.
- Pese a presentar variación en los caudales, el diseño de alcantarillas en los tramos analizados es el adecuado en cuanto a la utilización de diámetros mínimos, en la mayoría de los casos.

#### **6.4. Diseño de Cunetas (Anexo E):**

- Independientemente del caudal a trasegar, las dimensiones de las cunetas están establecidas de manera estándar, con referencia a la NEVI-12-MTOP, norma para estudios y diseños viales, vol. 2B, 2013.
- Las condiciones de velocidad están dentro del rango permitido por la normativa mencionada anteriormente, proponiendo una geometría triangular en todos los casos.

#### **6.5. Diseño de canales (Anexo F):**

- Con el propósito de evacuar el agua hacia las rápidas, en el tramo 5 se encuentra el diseño de un canal rectangular, proponiendo este diseño debido a que se presentaba una pendiente muy pronunciada en el terreno y no cumplía con las condiciones de velocidad.

### **7. CONCLUSIONES:**

- En el caso de estudio se determinó el tipo de elementos, localización, área de aporte, longitud y topografía mediante las herramientas de Google Earth, ARGIS y AutoCAD. Esta metodología fue adoptada debido a las circunstancias de salud que atraviesa el país mismas que impidieron el levantamiento topográfico en campo, sin embargo, los softwares mencionados permitieron la obtención de datos significativos para el proyecto.
- Para los datos de precipitaciones ya que no se encuentra una estación meteorológica cerca de la zona de estudio, se optó por asumir los datos de la estación La Argelia (M033) dichos datos se obtuvieron a través de fuentes como el INAMHI (Anuario Meteorológico 2015, actualizado 2019) y la interfaz web de la NASA

(GEOVANNI) que provee información meteorológica de diferentes partes del mundo (Para la zona de estudio se usó la información del satélite TRMM).

- Para poder abarcar de mejor manera el objetivo general de este proyecto se dividió en nueve tramos, por lo tanto, la metodología utilizada para el cálculo del caudal de aporte a cada elemento, coeficiente de escorrentía varía según el análisis para cada tramo (esto a las consideraciones de criterio impuesto por cada grupo), dichos cálculos se encuentran en el Anexo A.

- Para determinar el caudal de escurrimiento se escogió el método Racional en base a la normativa ecuatoriana misma que se emplea para áreas menores a 5 hectáreas.

- En el diseño hidráulico en las alcantarillas el material es metálico y de concreto, adicional el tipo de sección es circular y cuadrada.

- Sin un adecuado mantenimiento, como es el caso de algunas alcantarillas y cunetas, estas van perdiendo la capacidad hidráulica para las que han sido diseñadas.

- Los elementos hidráulicos analizados están cumpliendo con su función, pero no en toda su capacidad como se lo mencionó anteriormente.

## 8. BIBLIOGRAFÍA:

- Apci. (Jul de 2020). *Aliboc S.A.* Obtenido de [https://apci-aliboc.com/listado\\_productos.html](https://apci-aliboc.com/listado_productos.html)
- Arana Aguirre, B. E. (May de 2005). *Diseño de: Carretera hacia aldea palo blanco y edificaciones escolares de nivel primario en los caseríos Briotis y tres Ceibas, Municipio de Conguaco, Jutiapa.* Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2503\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2503_C.pdf)
- Calva, B. P. (7 de Octubre de 2013). DISEÑO INTEGRAL DEL SISTEMA DE DRENAJE. *Tesina previa a la obtención del título de Ingeniero Civil.* Cuenca, Azuay, Ecuador.
- Castillo Moncayo, G. E., & Morales Palacaios, D. A. (s.f.). *Diseño integral del sistema de drenaje longitudinal y transversal para l carretera Ñuñurco-Santa Rosa: Tramo punete Collay-Sta Rosa de 3.7km .* Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/770/1/ti896.pdf>
- COMUNICACIONES, M. D. (2019). *MANUAL DE CARRETERAS DEL PARAGUAY .*
- Franklin Santiago Calle Calva, F. S. (2009). *Franklin Santiago Calle Calva.* GUAYAQUIL-ECUADOR.
- Giovanni. *giovanni.gsfc.nasa.gov.* Consultado el 5 de junio de 2020
- INHAMI, I. N. (2015). *ANUARIO METEREOLÓGICO.* Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202012.pdf>
- Mendoza, B., De la Puente, J., Paredes, I. A., & Huaylla Llique, F. (7 de Nov de 2014). *SlideShare.* Obtenido de <https://de.slideshare.net/AldoParedes2/drenaje-longitudinal>
- Miranda, A. (14 de mar de 2015). *SlideShare.* Obtenido de <https://es.slideshare.net/roamilcar14/rapidadas>
- Morales Nava, J., & Parra Meza, A. (RIHA vol.34 no.1 La Habana de Abr de 2013). *Mejoras al método usual de diseño hidráulico de alcantarillas.* Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382013000100001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382013000100001)
- Oñate Valdivieso, F. (s.f.). *Apuntes de Hidrologia II.*
- Pardo, J. C., & Novillo, J. C. (2005). *Estudio de los caudales de crecida en el rio Zamora, por la influencia del crecimiento urbano en la ciudad de Loja.*
- Pérez López, J. A. (Bogotá, Colombia de 2015). *Cálculo del caudal e creciente por el método Racional en el Caño Pava en la verda de cVelásquez en el Municipio de Puerto Boyacá.* Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4956/1/PerezLopezJes%C3%BAsAlejandro2016.pdf>
- Reyes, M. C. (2019). *DISEÑO DE ESTRATEGIA DE APOYO TECNICO A MUNICIPIOS PARA INCLUIR LA INFORMACION DE SUS REDES VIALES EN EL SINC, INCORPORANDO TRES NUEVAS VARIABLES ASOCIADAS AL DRENAJE VIAL.* BOGOTA: UNIVERSIDAD MILITAR DE GRANADA.
- Villon, M. (2008). *Hidráulica de Canales.* Cartago: Tecnológica de Costa Rica.

**9. RESPONSABLES:**

GRUPOS		FECHA DE ENTREGA
PABLO ANDRES JARAMILLO RIVERA BRYAN ALEXANDER MENDEZ CAMACHO JOSELYN PAOLA CHAMBA QUIZHPE DALTON DAVID RIOS RÍOS KEVIN ANDRES REMACHE CHASE	GRUPO 2	01 DE AGOSTO DEL 2020
MARILYN STEFANY LOPEZ ARMIJOS DENNIS JAVIER PUCHAICELA PEREZ DANILO ANDRES JUMBO SARANGO GABRIELA VANESSA ROJAS RAMIREZ PRISCILA ROSALIA PERALTA PINEDA	GRUPO 9	01 DE AGOSTO DEL 2020
JORGE VINICIO GONZALEZ LEON LEONARDO ENRIQUE ASTUDILLO ROBLES JEAN CARLOS TANDAZO CHICAIZA EDDY ALEJANDRO MEDINA BENITEZ WLADIMIR ANDREW LUDEÑA VEINTIMILLA	GRUPO 3	02 DE AGOSTO DEL 2020
BRAYAN JASMANY ANDRADE BENITEZ DIEGO SEBASTIAN ROLDAN IÑIGUEZ MARILY PATRICIA TRUJILLO SALAZAR JHON FERNANDO RIOFRIO IRENE ROMMEL ALFREDO GAONA TORRES	GRUPO 5	02 DE AGOSTO DEL 2020
JUAN FERNANDO CARRERA HERRERA RICHARD BERNARDO CARTUCHE MALLA CESAR ALEXANDER FIGUEROA JUCA JENIFFER RUBY MACAS GAÑAY JONATHAN STALIN VALDIVIESO ERREYES	GRUPO 4	02 DE AGOSTO DEL 2020

GRUPOS		FECHA DE ENTREGA
GERARDO JEANCARLOS SARMIENTO GOMEZ HUGO JOSE DELGADO LAVANDA IVANJOB SANTIAGO TAPIA CARREÑO JEFFERSON ALEXANDER CUEVA YAGUANA BRYAN RAUL PORTILLA TANDAZO	GRUPO 1	03 DE AGOSTO DEL 2020
WILSON DAVID CARAGUAY GUAMAN DAVID ALEXANDER PACHECO CARRION RONALD ALEX VALENCIA OCHOA CARLOS DAVID POMA RIOS RAPHAELA DEL ROCIO ALVAREZ GAHONA	GRUPO 6	03 DE AGOSTO DEL 2020
LUIS ANTONIO NARVAEZ CAÑAR MARJORIE KATIUSKA VALAREZO JIMENEZ	GRUPO 8	03 DE AGOSTO DEL 2020
VINICIO ALEJANDRO BRAVO LOAIZA JONATHAN CRISTOBAL GRANDA OCHOA ALEX JAVIER CAMACHO OCHOA REAGAN LEONARDO ORDOÑEZ ORDOÑEZ	GRUPO 7	NO REALIZARON NINGÚN CAMBIO

DIRECTIVA	RESPONSABILIDAD
MARILYN STEFANY LOPEZ ARMIJOS	CORRECCIÓN Y REVISIÓN DE INFORMES DE CADA GRUPO, REALIZAR UN INFORME FINAL, ANEXOS.

## 10. ANEXOS

### 10.1. ANEXO A: COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

TRAMO	Coeficiente de escorrentía
1	0.54
2	0.50
3	0.70
4	0.62
5	0.56
6	0.46
7	0.64
8	0.49
9	0.5

ANEXO A: COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.

### 10.2. ANEXO B.: INTENSIDAD

TRAMO	Intensidad (mm/h)
1	68.33
2	125.00
3	173.133
4	113.31
5	73.43
6	204.99
7	206.24
8	170.44
9	158.54

ANEXO B. INTENSIDADES

10.3. ANEXO C: ESTUDIO HIDROLÓGICO

Tramo	Área m <sup>2</sup>	Tr	Tc(min)	Q (m <sup>3</sup> /s)
1	19337.23	25	15.50	0.20
2	32031.5	25	15.50	0.33
3	46794.913	25	15.50	0.45
4	51535.2	25	15.50	0.50
5	40977.93	25	15.50	0.39
6	42502.3	25	15.50	0.42
7	14648.543	25	15.50	0.15
8	13720.9	25	15.50	0.14

ANEXO C. RESUMEN ESTUDIO HIDROLOGICO TRAMO 1

	AREA (ha)	Tr (años)	Intensidad(mm/h)	tc(min)	C	Q (m3/s)
Micro Cuenca 1	1.88	25	125	5	0.50	0.41
Micro Cuenca 2	2.99	25	125	5	0.50	0.70
Micro Cuenca 3	2.72	25	125	5	0.45	0.67
Micro Cuenca 4	1.33	25	125	5	0.50	0.29
Micro Cuenca 5	3.51	25	125	5	0.50	0.60
Micro Cuenca 6	5.61	25	125	5	0.50	0.84
Micro Cuenca 7	2.04	25	125	5	0.50	0.55
Area Total	20.07	$I = 138.033 * T^{0.1922} * t^{-0.4460}$			Total=	4.06

ANEXO C. RESUMEN ESTUDIO HIDROLOGICO TRAMO 2

Área	m <sup>2</sup>	Tr	Intensidad (mm/h)	Tc(min)	Q m <sup>3</sup> /s
1	57224	50	161.970	2.60	1.80
2	26352	50	160.870	2.64	0.83
3	12363	50	199.570	1.63	0.48
4	64137	50	173.133	2.24	2.13
5	139421	50	162.820	2.57	4.40

ANEXO C. RESUMEN ESTUDIO HIDROLOGICO TRAMO 3

Área (Ha)	TR (años)	tc (min)	Q (m <sup>3</sup> /s)
3.20	25.00	5.00	0.62
7.50	25.00	5.00	1.46
11.10	25.00	5.00	2.60
3.00	25.00	5.00	0.59
2.20	25.00	5.00	0.43
11.00	25.00	5.00	3.93
4.10	25.00	5.00	0.80
3.50	25.00	5.00	0.99
2.30	25.00	5.00	0.45
0.60	25.00	5.00	0.12
1.40	25.00	5.00	0.27
2.40	25.00	5.00	0.47
2.30	25.00	5.00	0.70
1.00	25.00	5.00	0.20
1.20	25.00	5.00	0.23
1.40	25.00	5.00	0.27
1.10	25.00	5.00	0.73
0.30	25.00	5.00	0.74

ANEXO C. RESUMEN ESTUDIO HIDROLOGICO TRAMO 4

Área de aporte Km <sup>2</sup>	Periodo de retorno Años	Coefficiente de escorrentía Adimensional	Tiempo de concentración min	Caudal m <sup>3</sup> /s
0,004726	25	0,56	4,166	0,054
0,050105	25	0,56	5,199	0,573
0,029710	25	0,56	3,049	0,340
0,062701	25	0,56	7,104	0,717
0,013957	25	0,56	3,049	0,160
0,017193	25	0,56	4,483	0,197
0,021831	25	0,56	3,166	0,250
0,034219	25	0,56	3,994	0,391
0,029054	25	0,56	4,567	0,332
0,025164	25	0,56	4,957	0,288

ANEXO C. RESUMEN ESTUDIO HIDROLOGICO TRAMO 5

ID	Area (ha)	Pendiente (%)	Q de aporte (m <sup>3</sup> /s)
1	1,64	12,87	0,43 m <sup>3</sup> /s
2	6,50	27,80	1,69 m <sup>3</sup> /s
3	3,30	30,48	0,86 m <sup>3</sup> /s
4	0,94	22,29	0,24 m <sup>3</sup> /s
5	2,20	27,25	0,57 m <sup>3</sup> /s
6	1,92	20,05	0,50 m <sup>3</sup> /s
7	0,92	14,57	0,24 m <sup>3</sup> /s
8	0,88	11,62	0,23 m <sup>3</sup> /s
9	3,58	20,07	0,93 m <sup>3</sup> /s
10	6,28	13,95	1,63 m <sup>3</sup> /s

ANEXO C. RESUMEN ESTUDIO HIDROLOGICO TRAMO 6

Microcuenca	Area (m <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)
1	26507.3380	0.89246
2	26761.3170	0.79439
3	6096.5590	0.21822
4	7035.9220	0.23599
5	9714.0300	0.21263
6	1984.4680	0.09831
7	3244.6460	0.10971
8	29283.7470	0.79777
9	7800.2080	0.29774
10	9706.8720	0.31903
11	9047.0140	0.30316
12	2886.6990	0.11611

TR (años)	25
Intensidad (mm/h)	158.5360157

ANEXO C. RESUMEN ESTUDIO HIDROLOGICO TRAMO 7

Nº	Elemento	ABSCISA	AREA (km2)	t (min)	I (mm/h)
1	Alcantarilla	k 11+300	0,011	5 min	170,44
2	Rápida	k 11+300	0,011	5 min	170,44
3	Alcantarilla	k 11+500	0,004	5 min	170,44
4	Alcantarilla	k 11+600	0,018	5 min	170,44
5	Alcantarilla	k 11+800	0,008	5 min	170,44
6	Alcantarilla	k 12+000	0,010	5 min	170,44
7	Alcantarilla	k 12+100	0,012	5 min	170,44
8	Canal	k 12+300	0,036	5 min	170,44
9	Alcantarilla	k 12+350	0,006	5 min	170,44
10	Rápida	k 12+350	0,006	5 min	170,44
11	Alcantarilla	k 12+450	0,005	5 min	170,44
12	Alcantarilla	k 12+600	0,035	5 min	170,44
13	Alcantarilla	k 12+750	0,012	5 min	170,44

ANEXO C. RESUMEN ESTUDIO HIDROLOGICO TRAMO 8

Área	TR	tc	Q
9.905 Km2	25 años	38.01 min	228.25 m3/seg

ANEXO C. RESUMEN ESTUDIO HIDROLOGICO TRAMO 9

10.4. ANEXO D: CANAL Y RÁPIDA

ELEMENTOS	CANAL AGUAS ARRIBA				RÁPIDA			
	Longitud	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Tirante (m)	Velocidad (m/s)	Longitud(m)	Ancho (m)	Tirante (m)	Velocidad (m/s)
1	45	0.24	0.427	1.409	23	0.4	0.185	3.25
2	78	2.683	0.94	3.169	21	0.90	0.702	3.77

ANEXO D. RESUMEN CANAL Y RÁPIDA TRAMO 1

ELEMENTOS	Abscisas	Canal Aguas Arriba y Abajo			Rápida			
		Caudal(m <sup>3</sup> /s)	Tirante(m)	Velocidad (m/s)	Longitud(m)	Ancho(m)	Tirante (m)	Velocidad (m/s)
1	4+673	0.48	0.32	2.76	24	0.42	0.51	3.11
2	5+000	1.67	0.50	3.77	30	0.61	0.91	4.59

ANEXO D. RESUMEN CANAL Y RÁPIDA TRAMO 2

ELEMENTOS	CANAL AGUAS ARRIBA				RÁPIDA			
	Longitud	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Tirante (m)	Velocidad (m/s)	Longitud(m)	Ancho (m)	Tirante (m)	Velocidad (m/s)
1	9	2.16	0.59	3.13	8	1.03	0.59	4.7
2	30	4.4	1.02	2.06	30	2.1	1.02	6.1

ANEXO D. RESUMEN CANAL Y RÁPIDA TRAMO 3

Elementos	Canal aguas arriba				Rápida			
	Longitud (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Tirante (m)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Ancho (m)	Tirante (m)	Velocidad (m/s)
6+555	78.6	0.73	0.3407	3.6218	52.4	0.35	0.7678	3.2714
7+000		0.74			51.2	0.35	0.7727	3.4328

ANEXO D. RESUMEN CANAL Y RÁPIDA TRAMO 4

Elementos	Canal aguas arriba				Rápida			
	Longitud (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Tirante (m)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Ancho (m)	Tirante (m)	Velocidad (m/s)
1	95	0,3396	0,2612	2,4897	60	0,692	0,21	2,31
2	94	0,3657	0,2745	2,4259	95	0,716	0,16	3,23

ANEXO D. RESUMEN CANAL Y RÁPIDA TRAMO 5

ELEMENTOS	CANAL AGUAS ARRIBAS Y ABAJO			RÁPIDA			
	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)	TIRANTE (m)	VELOCIDAD (m/s)	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	TIRANTE (m)	VELOCIDAD (m/s)
1	0,31	0,4	0,82	18	0,7	0,15	3,02
2	1,67	0,8	1,24	17	1,4	0,25	4,71

ANEXO D. RESUMEN CANAL Y RÁPIDA TRAMO 6

Elementos	Canal aguas arriba y abajo				Rapida			
	Longitud (m)	Caudal(m <sup>3</sup> /s)	Tirante (m)	Velocidad (m/s)	horizontal (m)	Ancho (m)	Tirante (m)	Velocidad (m/s)
Rapida 10+538	5	1.171	0.698	1.385	51	1.150	0.283	4.209
Rapida propuesta 10+270	6	0.386	0.460	1.049	74	0.750	0.143	3.772
Rapida propuestac 10+920	8	0.363	0.450	1.034	86	0.700	0.144	3.959

ANEXO D. RESUMEN CANAL Y RÁPIDA TRAMO 7

ELEMENTOS		CAUDAL DE APOORTE (m <sup>3</sup> /s)			
		LONGUITUD (m)	ANCHO (m)	TIRANTE (m)	VELOCIDAD (m/s)
1	11+300	75,00	0,65	0,09	4,23
2	11+350	50,00	0,50	0,09	3,24

ANEXO D. RESUMEN CANAL Y RÁPIDA TRAMO 8

ELEMENTOS		CAUDAL DE APOORTE (m <sup>3</sup> /s)			
		LONGUITUD (m)	ANCHO (m)	TIRANTE (m)	VELOCIDAD (m/s)
1	12+433	61	0,75	0,27	3.88
2	13+370	76	0.96	0.34	2.99
3	13+470	83	0.87	0.31	3.02

ANEXO D. RESUMEN RÁPIDA TRAMO 9

**10.5. ANEXO E: ALCANTARILLAS**

ELEMENTOS	CAUDAL APOORTE (m <sup>3</sup> /s)			Velocidad (m/s)	Diámetro (mm)	Diámetro (m)
	Alcantarilla	Cuneta	Total			
1	0.0735	0.073	0.147	2.63	1200	1.2
2	1.1844	1.184	2.36	2.21	1200	1.2
3	3.0337	3.03	6.06	3.19	1200	1.2

ELEMENTOS	CAUDAL APOORTE (m <sup>3</sup> /s)			Dimensión "X" (m)	Dimensión "Y" (m)	Capacidad (m/s)
	Izquierda	Derecho	Total			
1	0.0280	0.1233	0.1513	0.55	0.95	0.18
2	0.0166	0.0706	0.0872	0.55	0.95	0.17
3	0.0706	1.1832	1.2538	0.55	0.95	0.25
4	0.0280	0.6331	0.6611	0.55	0.95	0.24
5	0.0270	0.1273	0.1543	0.55	0.95	0.18

**ANEXO E. RESUMEN ALCANTARILLAS Y SUMIDERO TRAMO 1**

Alcantarilla	Abscisas	Caudal de Aporte (m <sup>3</sup> /s)			Velocidad m/s	Diámetro m	Diámetro mm
		Alcantarilla	Cuneta	Total			
A1	1+400	4.26	0.103	4.36	3.05	1.6	1600
A2	1+885	1.06	0.072	1.13	2.01	1.4	1400
A3	2+223	0.70	0.124	0.83	1.90	1.2	1200
A4	2+808	0.52	0.073	0.59	1.72	1.2	1200
A5	3+151	0.33	0.052	0.38	1.52	1.2	1200

**ANEXO E. RESUMEN ALCANTARILLAS TRAMO 2**

ELEMENTOS	CAUDAL APOORTE (m <sup>3</sup> /s)			Velocidad (m/s)	Diámetro (mm)	Diámetro (m)
	Alcantarilla	Cuneta	Total			
1	1.29	1.288	2.578	2.192	1200	1.2
2	0.65	0.652	1.302	1.747	1200	1.2
3	0.9	0.905	1.805	1.948	1200	1.2
4	0.38	0.93	1.31	1.464	1200	1.2
5	0.32	0.285	0.605	1.375	1200	1.2
6	0.49	0.507	0.997	1.585	1200	1.2
7	2.39	2.14	4.53	2.694	1200	1.2

**ANEXO E. RESUMEN ALCANTARILLAS TRAMO 3**

ELEMENTOS	CAUDAL DE APOORTE (m <sup>3</sup> /s)			Velocidad (m/s)	Diámetro (m)	Diámetro (mm)
	ALCANTARILLA	CUNET A	TOTAL			
4 + 880	0.583	0.037	0.620	0.548	1.2	1200
5 + 030	1.424	0.036	1.460	1.291	1.2	1200
5 + 130	2.546	0.054	2.600	2.299	1.2	1200
5 + 295	0.553	0.037	0.590	0.522	1.2	1200
5 + 430	0.413	0.017	0.430	0.380	1.2	1200
5 + 480	3.881	0.049	3.930	3.475	1.2	1200
5 + 615	0.769	0.031	0.800	0.707	1.2	1200
5 + 730	0.936	0.054	0.990	0.875	1.2	1200
5 + 885	0.433	0.017	0.450	0.398	1.2	1200
5 + 980	0.057	0.063	0.120	0.106	1.2	1200
6 + 105	0.221	0.049	0.270	0.239	1.2	1200
6 + 240	0.428	0.042	0.470	0.416	1.2	1200
6 + 360	0.668	0.032	0.700	0.619	1.2	1200
6 + 555	0.730	0.029	0.759	0.671	1.2	1200
6 + 440	0.170	0.030	0.200	0.177	1.2	1200
6 + 690	0.209	0.021	0.230	0.203	1.2	1200
6 + 780	0.214	0.056	0.270	0.239	1.2	1200
7 + 000	0.740	0.019	0.759	0.671	1.2	1200

ANEXO E. RESUMEN ALCANTARILLAS TRAMO 4

ELEMENTOS	CAUDAL DE APOORTE (m <sup>3</sup> /s)			Velocidad m/s	Diámetro m	Diámetro mm
	ALCANTARILLA	CUNET A	TOTAL			
1	0,0540	0,0605	0,1145	0,15	1.2	1200
2	0,5728	0,5814	1,1541	0,45	1,50	1500
3	0,3396	0,3439	0,6836	0,15	1,80	1800
4	0,7168	0,7296	1,4464	0,15	2,18	2175
5	0,1596	0,1638	0,3234	0,45	1.20	1200
6	0,1965	0,2036	0,4002	0,15	1,50	1500
7	0,2496	0,2541	0,5036	0,30	1,20	1200
8	0,3912	0,3973	0,7884	0,30	1,50	1500
9	0,3321	0,3394	0,6715	0,15	1,80	1800
10	0,2877	0,2957	0,5834	0,30	1,20	1200

ANEXO E. RESUMEN ALCANTARILLAS TRAMO 5

Alcantarilla	Caudal de aporte (m <sup>3</sup> /s)			Velocidad	Diámetro	Diámetro
	Alcantarilla	Cuneta	Total	m/s	m	mm
A1	0,425	0,040	0,466	1,565	1,2	1200
A2	1,685	0,031	1,716	2,412	1,2	1200
A3	0,856	0,035	0,890	1,922	1,2	1200
A4	0,244	0,016	0,261	1,343	1,2	1200
A5	0,570	0,041	0,612	1,702	1,2	1200
A6	0,498	0,054	0,552	1,637	1,2	1200
A7	0,239	0,023	0,261	1,334	1,2	1200
A8	0,228	0,020	0,248	1,318	1,2	1200
A9	0,928	0,040	0,968	1,971	1,2	1200
A10	1,628	0,028	1,656	3,323	1,4	1400

ANEXO E. RESUMEN ALCANTARILLAS TRAMO 6

Elementos	Caudal de Aporte (m <sup>3</sup> /s)	Velocidad	Diametro	Diametro	V con D= 1.20m
		m/s	m	mm	m/s
Alc 9+750	0.892	2.021	0.48	479	0.79
Alc 10+070	0.794	1.464	0.44	444	0.70
Alc 10+415	0.218	1.415	0.19	187	0.19
Alc 10+538	1.620	2.411	0.71	713	1.43
Alc 10+675	0.209	1.390	0.18	182	0.18
Alc 10+920	1.161	2.240	0.57	571	1.03
Alc 11+140	0.298	1.524	0.23	230	0.26
Alc 11+272	0.377	1.850	0.27	270	0.33
Alc 1+590	0.116	1.182	0.20	200	0.10

ANEXO. E RESUMEN ALCANTARILLAS TRAMO 7

ELEMENTOS		CAUDAL DE APORTE (m <sup>3</sup> /s)			Velocidad alcantarilla
		ALCANTARILLADO	CUNETAS	TOTAL	(m/s)
1	11+300	0,26 m3/s	0,251	0,511	1,415
2	11+500	0,09 m3/s	0,100	0,194	0,713
3	11+600	0,43 m3/s	0,414	0,840	2,119
4	11+800	0,19 m3/s	0,177	0,367	1,183
5	12+000	0,24 m3/s	0,243	0,480	1,390
6	12+100	0,28 m3/s	0,144	0,428	1,585
7	12+350	0,14 m3/s	0,138	0,280	0,959
8	12+450	0,12 m3/s	0,110	0,228	0,840
9	12+600	0,83 m3/s	0,102	0,930	3,375
10	12+750	0,28 m3/s	0,277	0,561	1,585

ANEXO E. RESUMEN ALCANTARILLAS TRAMO 8

ELEMENTOS		CAUDAL DE APORTE (m <sup>3</sup> /s)	Velocidad	Diámetro	Diámetro
		ALCANTARILLA	m/s	m	mm
1	13+370	1, 171	1.19	1.2	1200
2	13+470	0, 921	0.935	1.2	1200
3	13+570	1, 032	1.049	1.2	1200
4	13+740	2, 072	2.104	1.2	1200
5	13+900	1, 620	1.645	1.2	1200
6	13+960	2, 568	2.608	1.2	1200
7	14+040	6, 593	2.06	1.6	1600
8	14+160	1, 438	1.461	1.2	1200
9	14+200	0, 910	0.924	1.2	1200

ANEXO E. RESUMEN ALCANTARILLAS TRAMO 9

**10.6. ANEXO F: CUNETAS**

ELEMENTOS	CAUDAL DE APORTE (m <sup>3</sup> /s)	CAUDAL DE APORTE (m <sup>3</sup> /s)	Q Capacidad de cuneta (m <sup>3</sup> /s)	Velocidad	
	Cuneta Der.	Cuneta Izq.		Derecha	Izquierda
1	0.2211	0.0137	0.0352	1.398	1.398
2	0.1233	0.0280	0.0352	1.398	1.398
3	0.0735	0.0167	0.0352	1.398	1.398
4	1.1844	0.0708	0.0352	1.398	1.398
5	0.6331	0.0280	0.0352	1.371	1.371
6	0.1273	0.0270	0.0352	1.398	1.398
7	0.2093	0.0263	0.0352	1.398	1.398

**ANEXO F. RESUMEN CUNETAS TRAMO 1**

ELEMENTOS	ABSCISAS	CAUDAL DE APORTE (m <sup>3</sup> /s)		CAUDAL DE CAPACIDAD DE LA CUNETA (m <sup>3</sup> /s)		VELOCIDAD (m/s)	
		CUNETA IZQ.	CUNETA DER.	IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA
1	1+400	0.032	0.071	0.08	0.92	0.63	3.02
2	1+885	0.022	0.049	0.08	0.92	0.44	1.66
3	2+223	0.039	0.085	0.08	0.92	0.76	3.31
4	2+808	0.023	0.050	0.08	0.92	0.45	1.65
5	3+151	0.016	0.036	0.08	1.92	0.32	2.75

**ANEXO F. RESUMEN CUNETAS TRAMO 2**

ELEMENTOS	CAUDAL DE APORTE (m <sup>3</sup> /s)	CAUDAL DE APORTE (m <sup>3</sup> /s)	Q Capacidad de cuneta (m <sup>3</sup> /s)	Velocidad	
	Cuneta Der.	Cuneta Izq.		Derecha	Izquierda
1	1.247	0.041	2.34	6.01	5.82
2	0.623	0.029	3.29	4.5	4.82
3	0.863	0.042	5.28	2.95	3.25
4	0.89	0.04	4.59	3.33	3
5	0.245	0.04	3.93	3.84	3.9
6	0.466	0.041	2.26	6.19	5.9
7	2.099	0.041	4.4	3.46	3.59

**ANEXO F. RESUMEN CUNETAS TRAMO 3**

ELEMENTOS	CAUDAL DE APORTE (m <sup>3</sup> /s)		CAUDAL DE CAPACIDAD DE LA CUNETA (m <sup>3</sup> /s)	Velocidad (m/s)	
	CUNETA IZQ.	CUNETA DER.		IZQUIERDA	DERECHA
Cuneta 1	0,008	0,037	0,63	0,63	7,04
Cuneta 2	0,005	0,036	0,63	0,63	7,04
Cuneta 3	0,010	0,054	0,63	0,63	7,04
Cuneta 4	0,006	0,037	0,63	0,63	7,04
Cuneta 5	0,003	0,017	0,63	0,63	7,04
Cuneta 6	0,007	0,049	0,63	0,63	7,04
Cuneta 7	0,005	0,031	0,63	0,63	7,04
Cuneta 8	0,009	0,054	0,63	0,63	7,04
Cuneta 9	0,005	0,017	0,63	0,63	7,04
Cuneta 10	0,013	0,063	0,63	0,63	7,04
Cuneta 11	0,008	0,049	0,63	0,63	7,04
Cuneta 12	0,007	0,042	0,63	0,63	7,04
Cuneta 13	0,004	0,032	0,63	0,63	7,04
Cuneta 14	0,007	0,029	0,63	0,63	7,04
Cuneta 15	0,006	0,030	0,63	0,63	7,04
Cuneta 16	0,005	0,021	0,63	0,63	7,04
Cuneta 17	0,015	0,056	0,63	0,63	7,04
Cuneta 18	0,008	0,019	0,63	0,63	7,04

ANEXO F. RESUMEN CUNETAS TRAMO 4

ELEMENTOS	CAUDAL DE APORTE (m <sup>3</sup> /s)		CAUDAL DE CAPACIDAD DE LA CUNETA (m <sup>3</sup> /s)	Velocidad (m/s)	
	CUNETA IZQ.	CUNETA DER.		IZQUIERDA	DERECHA
1	0,0605	0,0064	0,523	0,60	0,03
2	0,5814	0,0086	0,920	3,16	0,05
3	0,3439	0,0043	0,920	1,87	0,02
4	0,7296	0,0129	0,920	3,96	0,07
5	0,1638	0,0043	0,920	0,89	0,02
6	0,2036	0,0071	0,920	1,11	0,04
7	0,2541	0,0045	0,920	1,38	0,02
8	0,3973	0,0061	0,920	2,16	0,03
9	0,3394	0,0072	0,920	1,84	0,04
10	0,2957	0,0081	0,920	1,61	0,04

ANEXO F. RESUMEN CUNETAS TRAMO 5

Elementos	Caudal de aporte (m <sup>3</sup> /s)		Caudal de la capacidad de la cuneta (m <sup>3</sup> /s)	Velocidad (m/s)	
	Cuneta Izq.	Cuneta Der.		Izquierda	Derecha
1	0,085	0,083	0,040	2,43	2,37
2	0,114	0,119	0,031	3,28	3,42
3	0,148	0,146	0,035	4,23	4,18
4	0,133	0,135	0,016	3,81	3,87
5	0,096	0,091	0,041	2,74	2,61
6	0,054	0,063	0,054	1,55	1,81
7	0,117	0,098	0,023	3,36	2,81
8	0,082	0,078	0,020	2,36	2,25
9	0,054	0,057	0,040	1,54	1,63
10	0,042	0,035	0,028	1,20	1,00

ANEXO F. RESUMEN CUNETAS TRAMO 6

Cúneta	Abscisas		Caudal de aporte (m3/s)	Caudal de capacidad de la cuneta (m3/s)	Velocidad (m/s)
	Inicio	Fin			
1	10+070 m	10+270 m	0.8925	0.9382	4.462
2	10+270 m	10+415 m	0.7944	0.6985	3.972
3	10+415 m	10+540 m	0.2182	0.6985	1.091
4	10+540 m	10+675 m	0.2182	0.6985	1.180
5	10+680 m	10+800 m	0.2126	0.5357	1.063
6	10+740 m	10+800 m	0.2080	1.2423	1.040
7	10+800 m	11+080 m	0.7978	1.2423	3.989
8	11+080 m	11+315 m	0.3529	0.2977	1.489
9	11+275 m	11+430 m	0.3190	1.2423	1.595
10	11+430 m	11+590 m	0.4193	1.2423	2.096

ANEXO F. RESUMEN CUNETAS TRAMO 7

ELEMENTOS		CAUDAL DE APORTE (m <sup>3</sup> /s)			Velocidad Cuneta Izq	Velocidad Cuneta Der
		ALCANTARILLADO	CUNETAS	TOTAL	(m/s)	(m/s)
1	11+300	0,26 m3/s	0,251	0,511	0,022	0,229
2	11+500	0,09 m3/s	0,100	0,194	0,045	0,055
3	11+600	0,43 m3/s	0,414	0,840	0,056	0,359
4	11+800	0,19 m3/s	0,177	0,367	0,157	0,020
5	12+000	0,24 m3/s	0,243	0,480	0,223	0,020
6	12+100	0,28 m3/s	0,144	0,428	0,122	0,022
7	12+350	0,14 m3/s	0,138	0,280	0,017	0,121
8	12+450	0,12 m3/s	0,110	0,228	0,012	0,098
9	12+600	0,83 m3/s	0,102	0,930	0,020	0,081
10	12+750	0,28 m3/s	0,277	0,561	0,019	0,258

ANEXO F. RESUMEN CUNETAS TRAMO 8

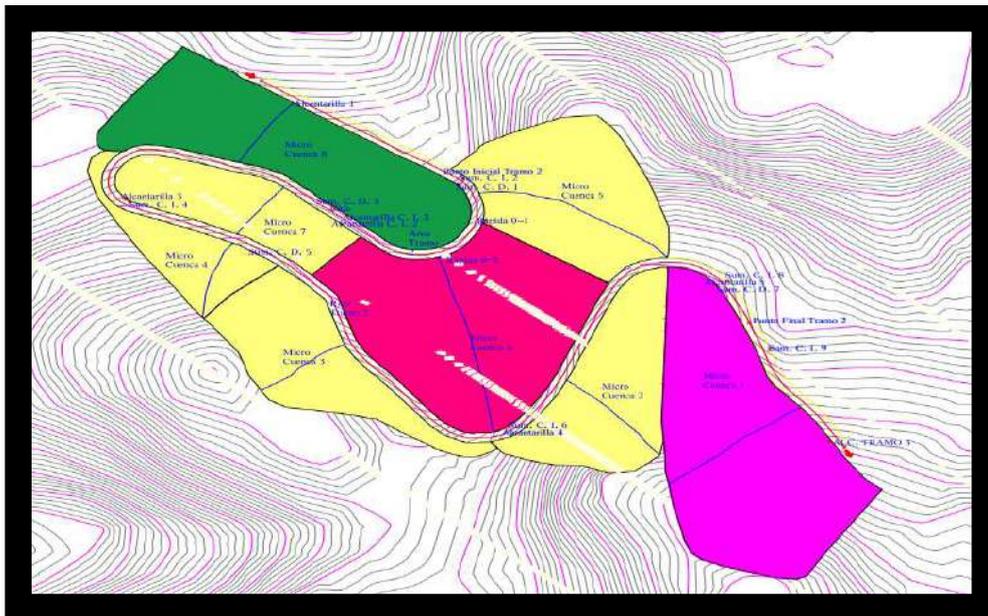
ELEMENTOS	CAUDAL DE APORTE (m <sup>3</sup> /s)		CAUDAL DE CAPACIDAD DE LA CUNETA (m <sup>3</sup> /s)	Velocidad (m/s)
	CUNETA IZQ	CUNETA DER		
1	0.566	0.039	0,605	4,106
2	0.452	0.017	0,469	4,106
3	0.508	0.016	0,524	4,106
4	1.017	0.038	1,055	4,175
5	0.8	0.02	0,820	3,819
6	1.275	0.018	1,293	4,428
7	3.294	0.004	3,299	4,287
8	0.707	0.023	0,731	4,106
9	0.449	0.012	0,461	4,106
10	0.115	0.006	0,121	4,106
11	0.203	0.008	0,211	4,106

ANEXO F. RESUMEN CUNETAS TRAMO 9

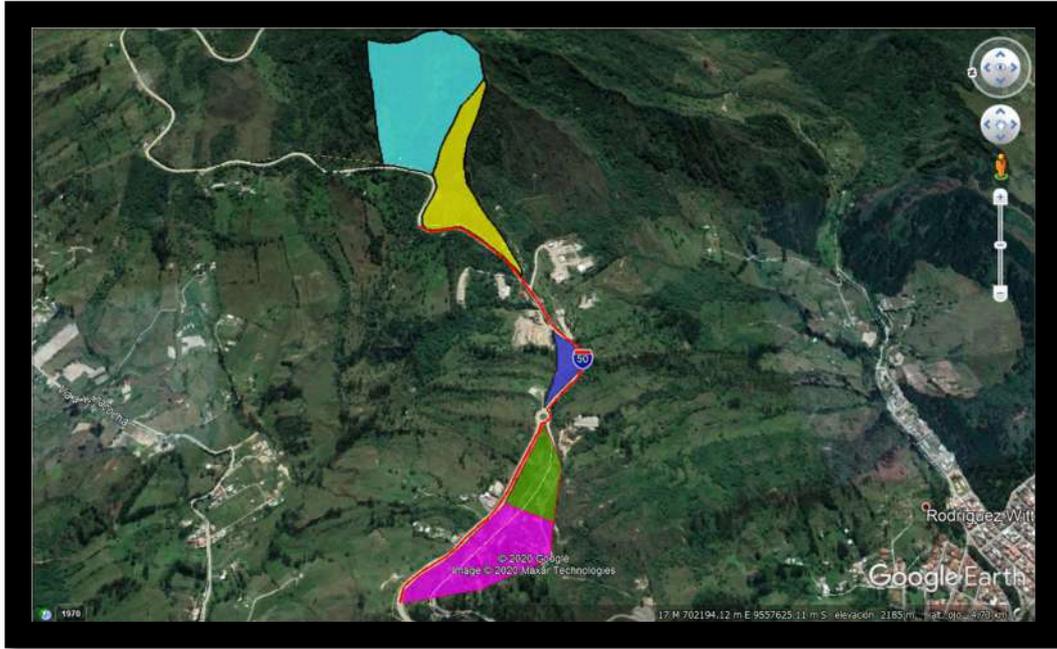
10.7. ANEXO G: ÁREA DE APORTE



ANEXO G. ÁREA DE APORTE DE CADA ELEMENTO TRAMO 1



ANEXO G. ÁREA DE APORTE DE CADA ELEMENTO TRAMO 2



ANEXO G. ÁREA DE APORTE DE CADA ELEMENTO TRAMO 4



ANEXO G. ÁREA DE APORTE DE CADA ELEMENTO TRAMO 5



ANEXO G. ÁREA DE APOORTE DE CADA ELEMENTO TRAMO 6

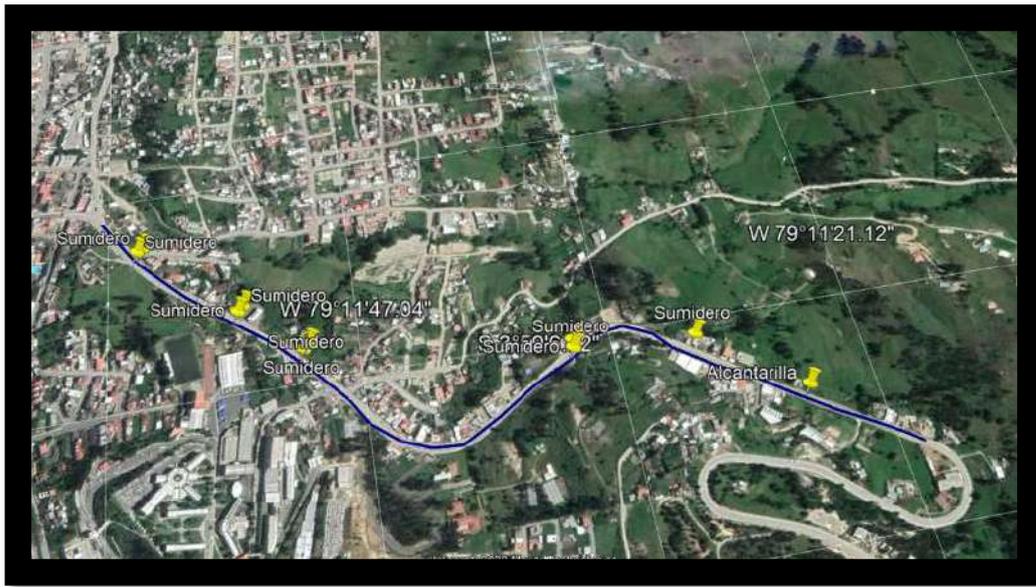


ANEXO G. ÁREA DE APOORTE DE CADA ELEMENTO TRAMO 7

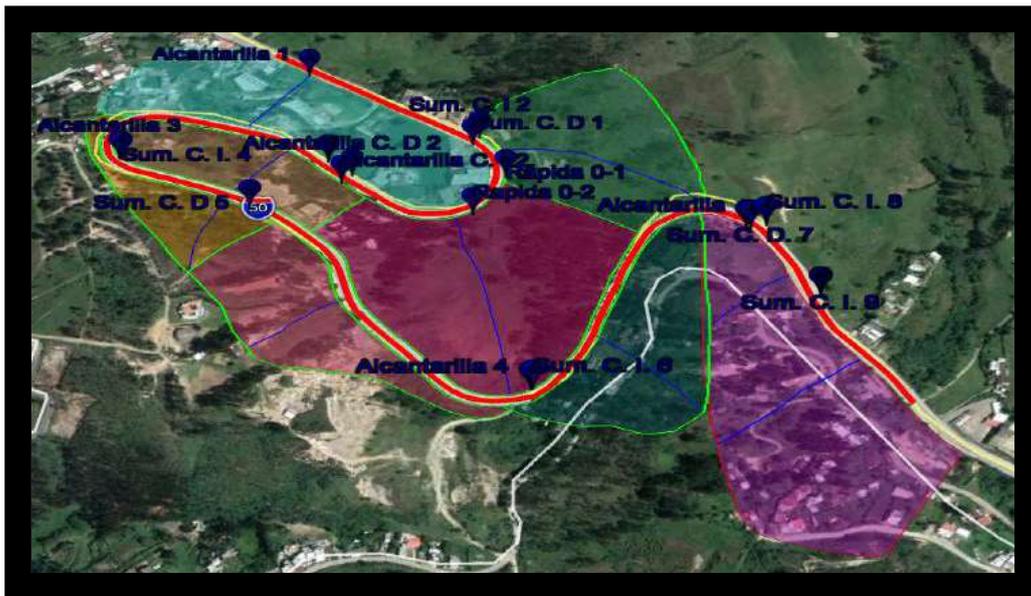


ANEXO G. ÁREA DE APOORTE DE CADA ELEMENTO TRAMO 9

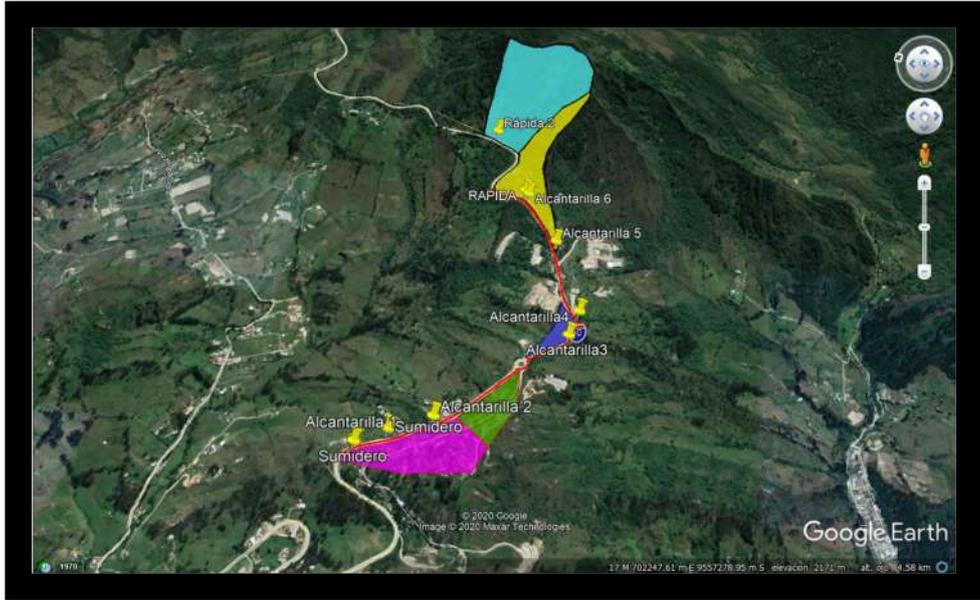
10.8. ANEXO H: UBICACIÓN DE CADA ELEMENTO



ANEXO H. UBICACIÓN DE CADA ELEMENTO TRAMO 1



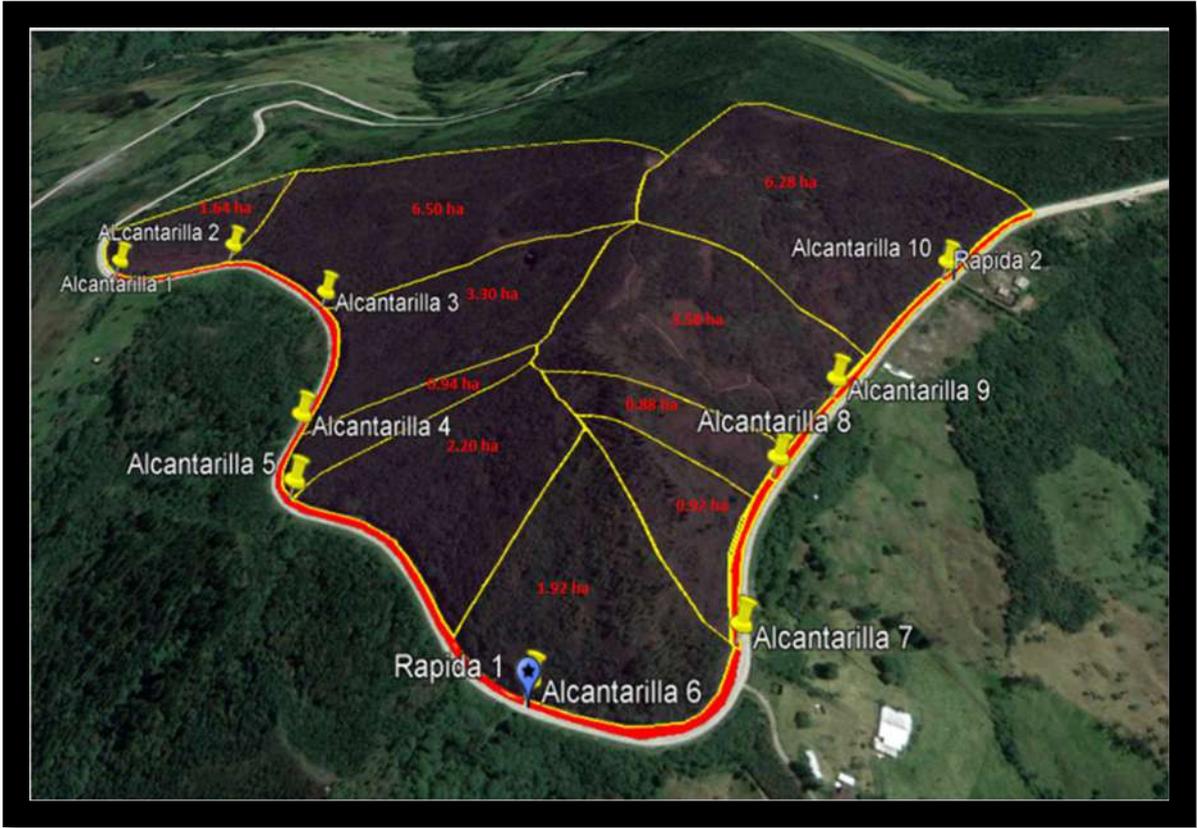
ANEXO H. UBICACIÓN DE CADA ELEMENTO TRAMO 2



ANEXO H. UBICACIÓN DE CADA ELEMENTO TRAMO 3



ANEXO H. UBICACIÓN DE CADA ELEMENTO TRAMO 5



ANEXO H. UBICACIÓN DE CADA ELEMENTO TRAMO 6



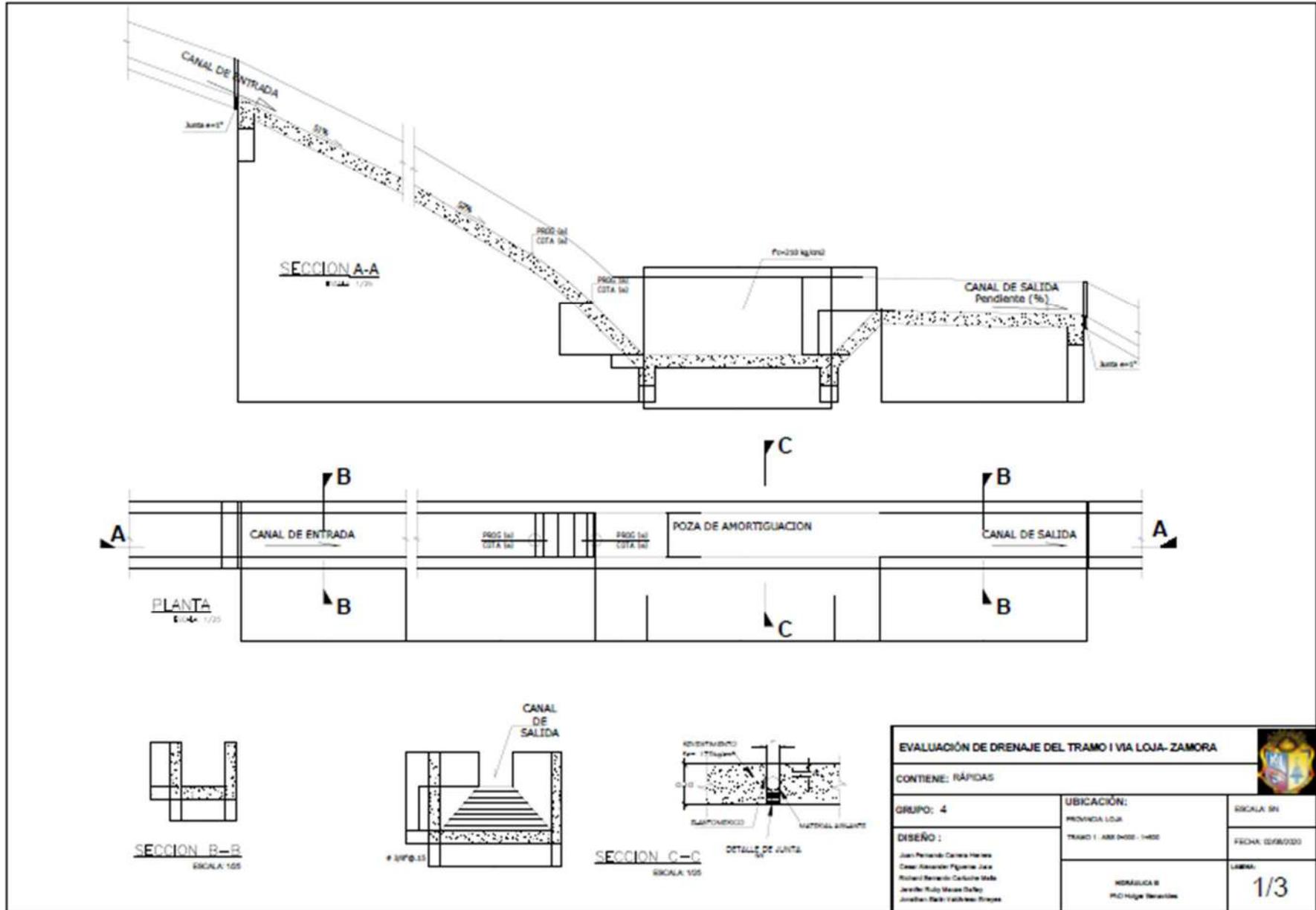
ANEXO H. UBICACIÓN DE CADA ELEMENTO TRAMO 7



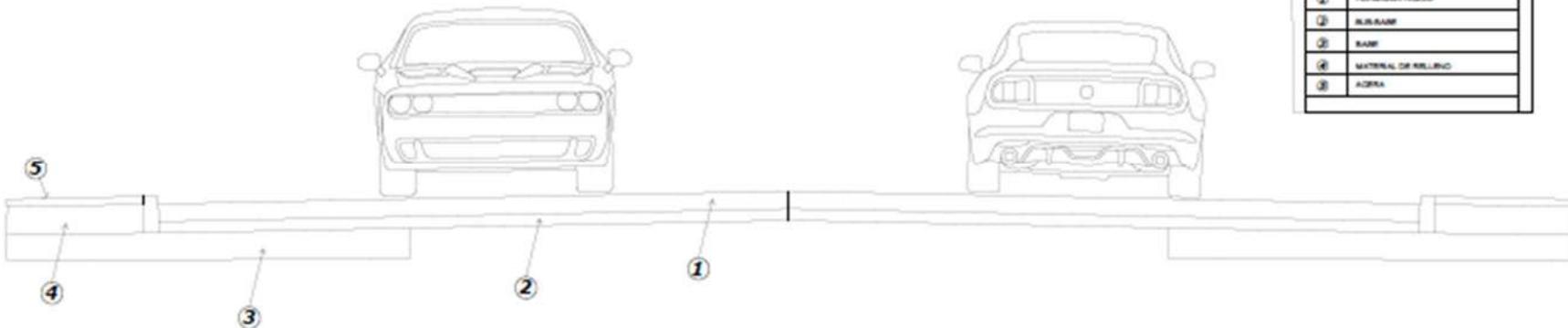
ANEXO H. UBICACIÓN DE CADA ELEMENTO TRAMO 9

**10.9. ANEXO I: PLANOS**

ANEXO I. TRAMO 1



VISTA FRONTAL VIA LOJA- ZAMORA

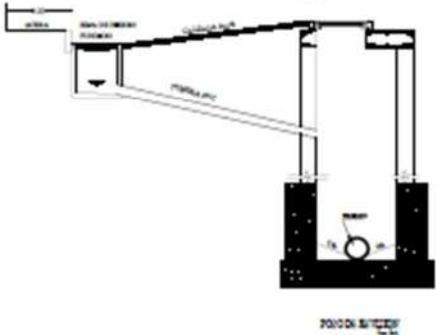


DESCRIPCIÓN	
1	HORNOSIN REJUDO
2	BARRIL
3	BASF
4	MATERIAL DE RELLENDO
5	AGRA

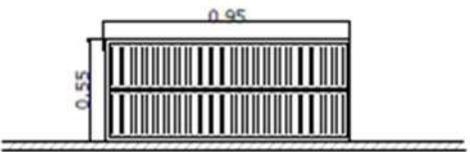
VISTA FRONTAL CUNETETA



DETALLE CONEXIÓN DE SUMIDERO A POZOS DE REVISIÓN

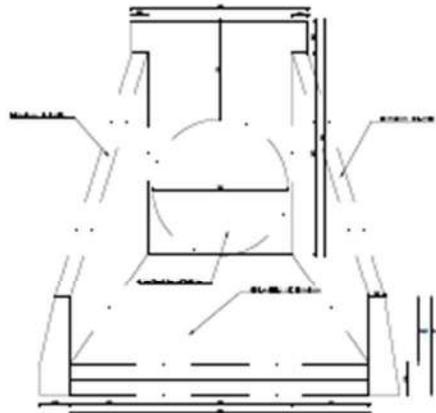


VISTA EN PLANTA SUMIDERO

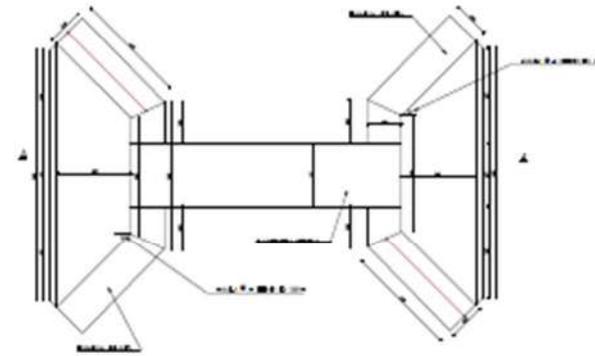


EVALUACIÓN DE DRENAJE DEL TRAMO I VIA LOJA- ZAMORA		
CONTIENE: SUMIDERO Y CUNETAS		
GRUPO: 4	UBICACIÓN: PROVINCIA LOJA TRAMO I. KM 0+000 - 1+000	ESCALA: 5/1 FECHA: 03/06/2020
DISEÑO: Juan Fernando Carrera Herrera Cesar Alexander Figueroa Jara Richard Fernando Cardona Mella Javier Rudy Moya Torres Jonathan Raúl Yañez Torres	HIDRÁULICA II P.D. Hugo Barrios	LIBRO: 2/3



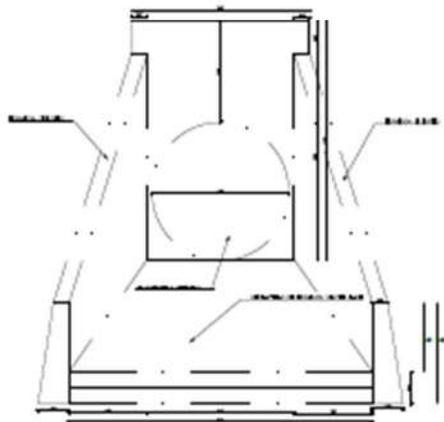


**VISTA FRONTAL**  
ESC: ESQUEMATICA

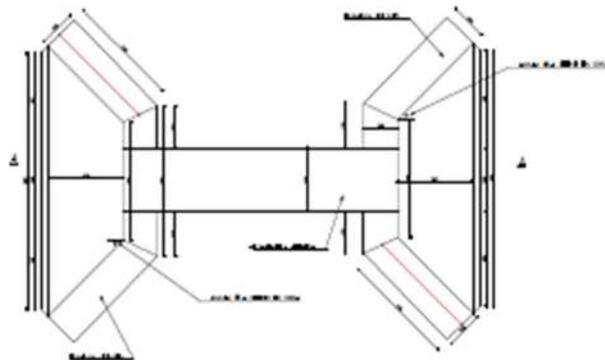


**PLANTA**  
ESC: ESQUEMATICA

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</b>	
FACULTAD DE INGENIERÍA		CARRERA DE INGENIERÍA EN HIDRÁULICA	
PROYECTO DE GRADUACIÓN		TÍTULO DE GRADUACIÓN	
AUTOR: [Nombre]		FECHA: [Fecha]	
TÍTULO: [Título]		CÓDIGO: [Código]	
MATERIA: [Materia]		SEMESTRE: [Semestre]	
PROFESOR: [Profesor]		ESTUDIANTE: [Estudiante]	
[Español]		[Inglés]	



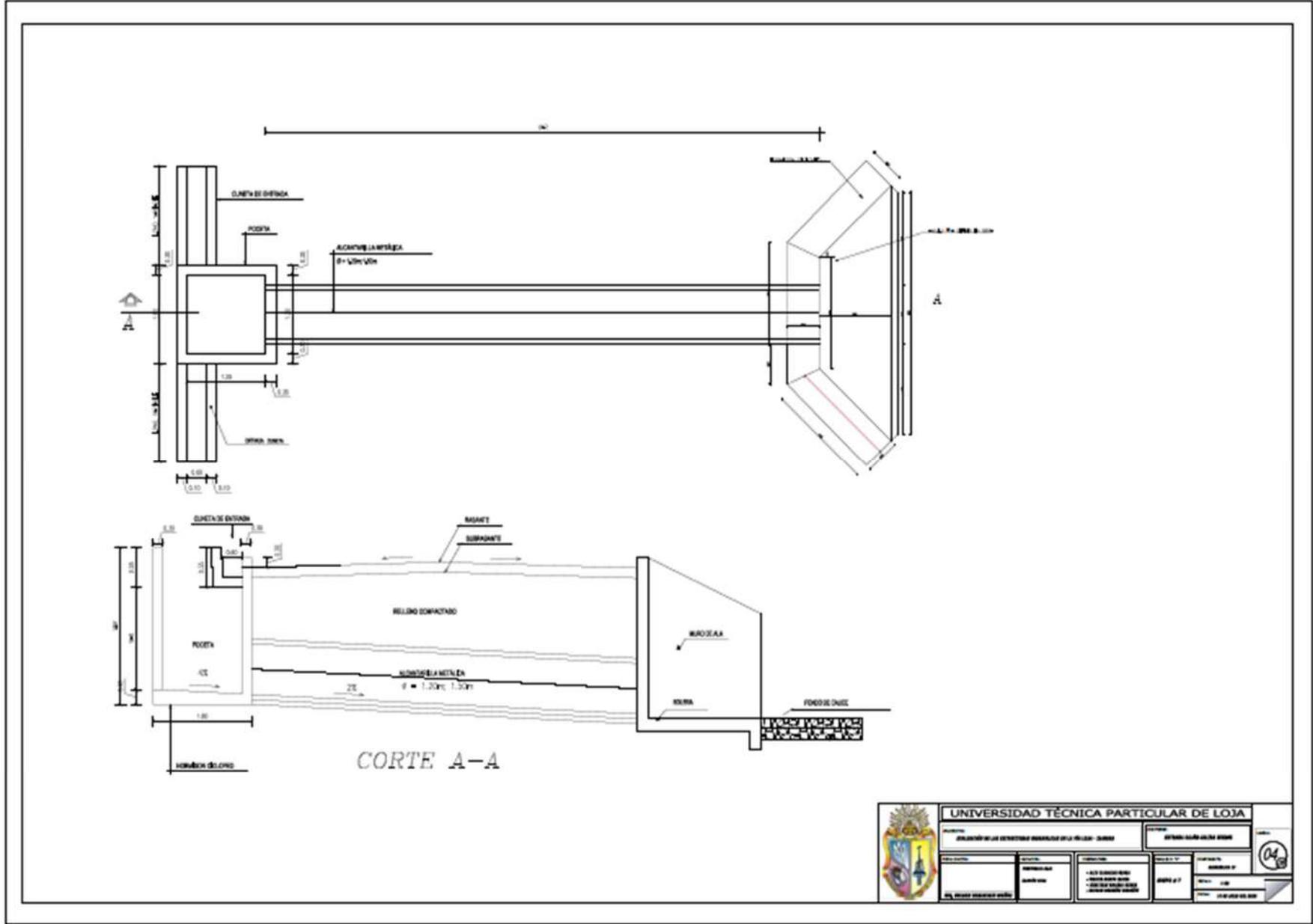
**VISTA FRONTAL**  
ESC: ESQUEMATICA

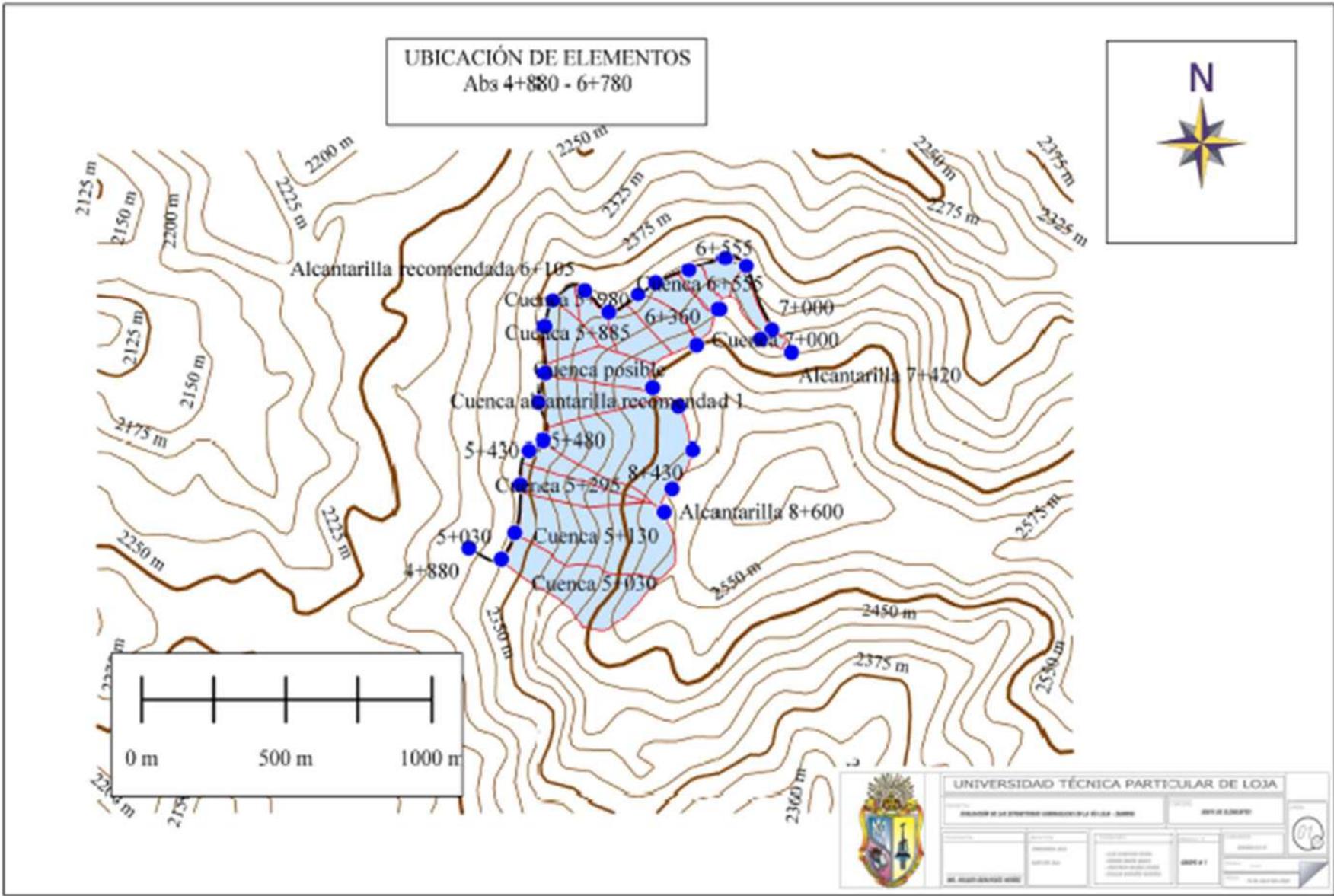


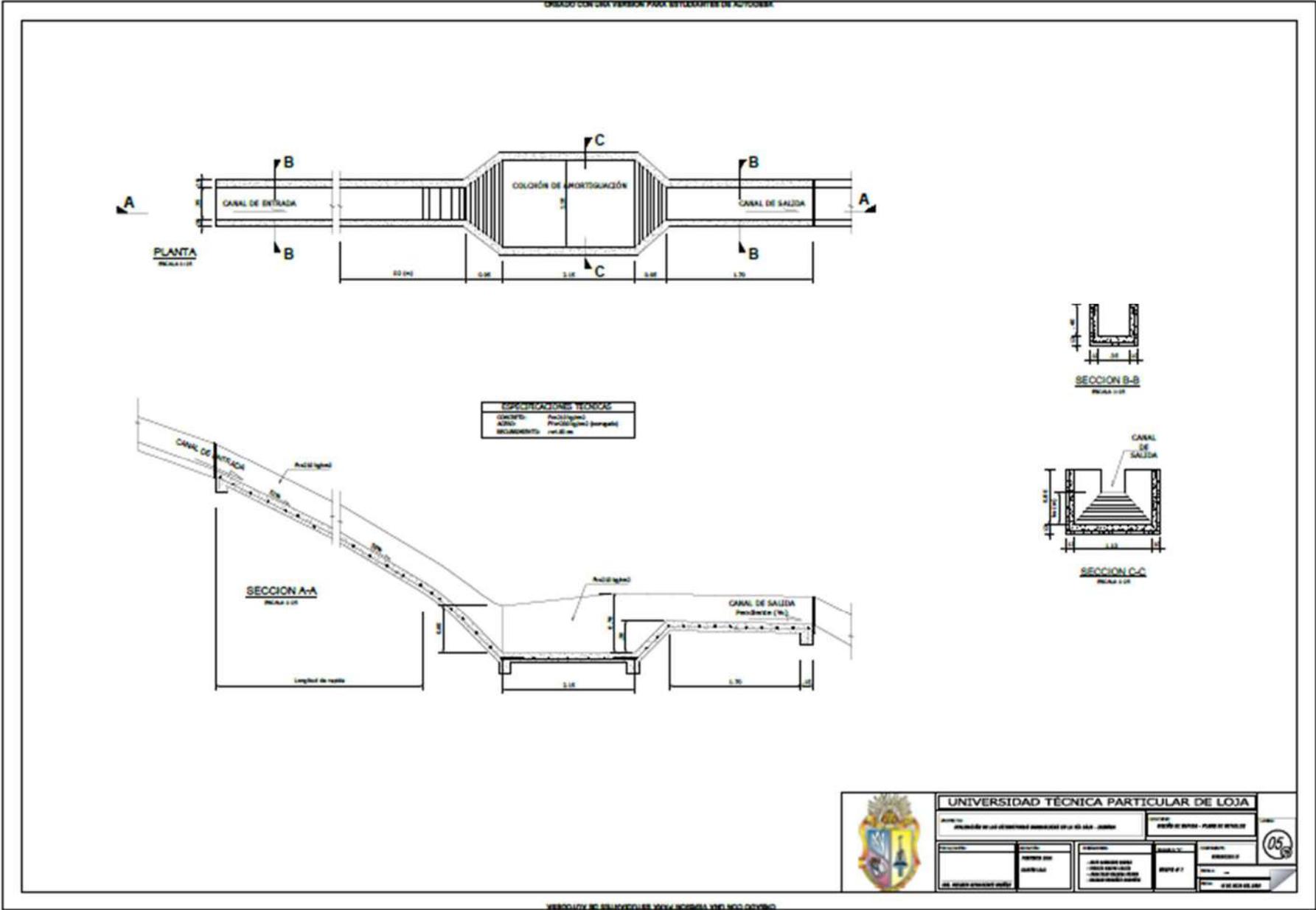
**PLANTA**  
ESC: ESQUEMATICA

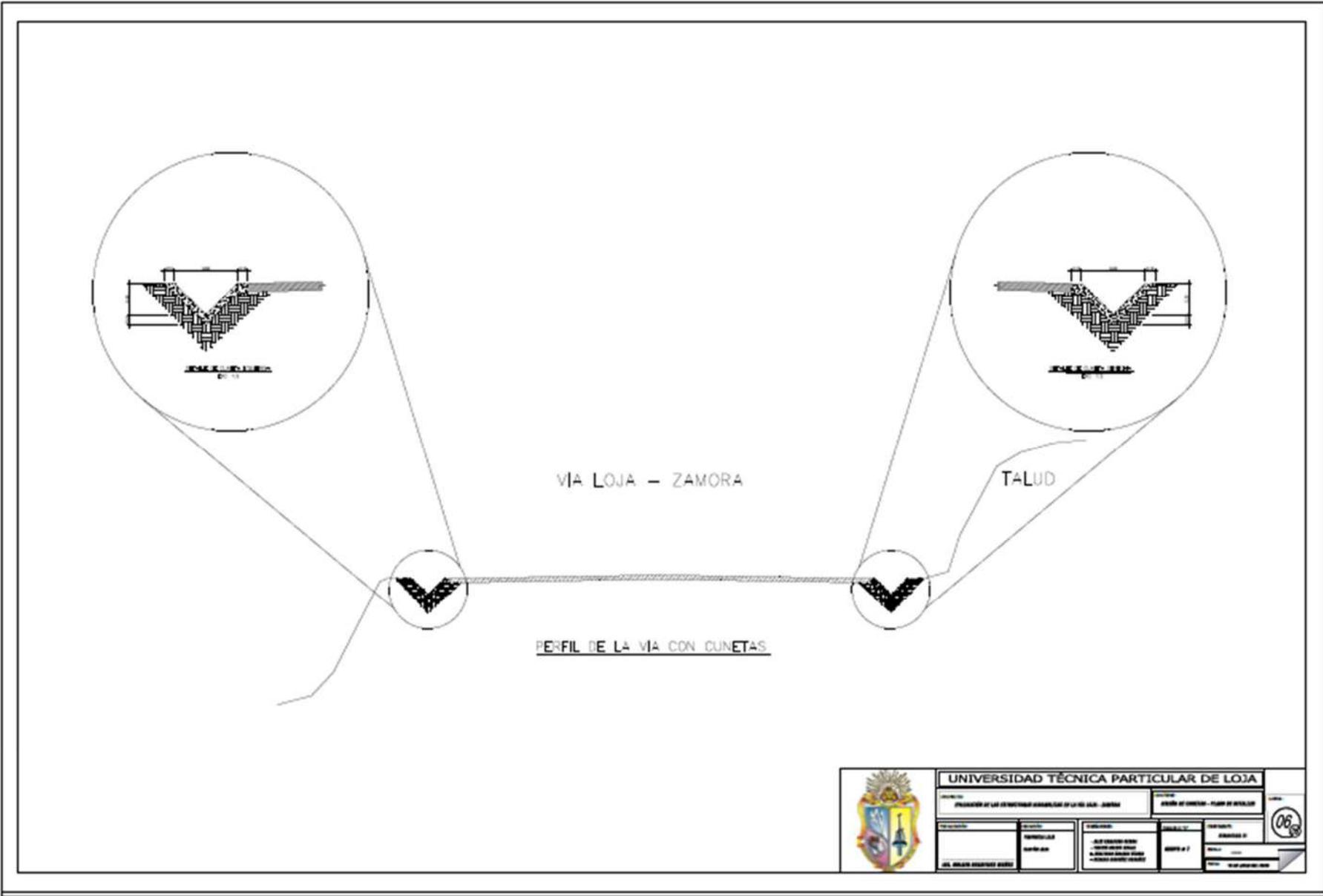
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</b>		
	RECTOR ING. OSCAR ALVARO GARCIA	VICE RECTOR ING. OSCAR ALVARO GARCIA	
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL	PROFESOR ING. OSCAR ALVARO GARCIA	ESTUDIANTE ING. OSCAR ALVARO GARCIA	FECHA 2023-03-03



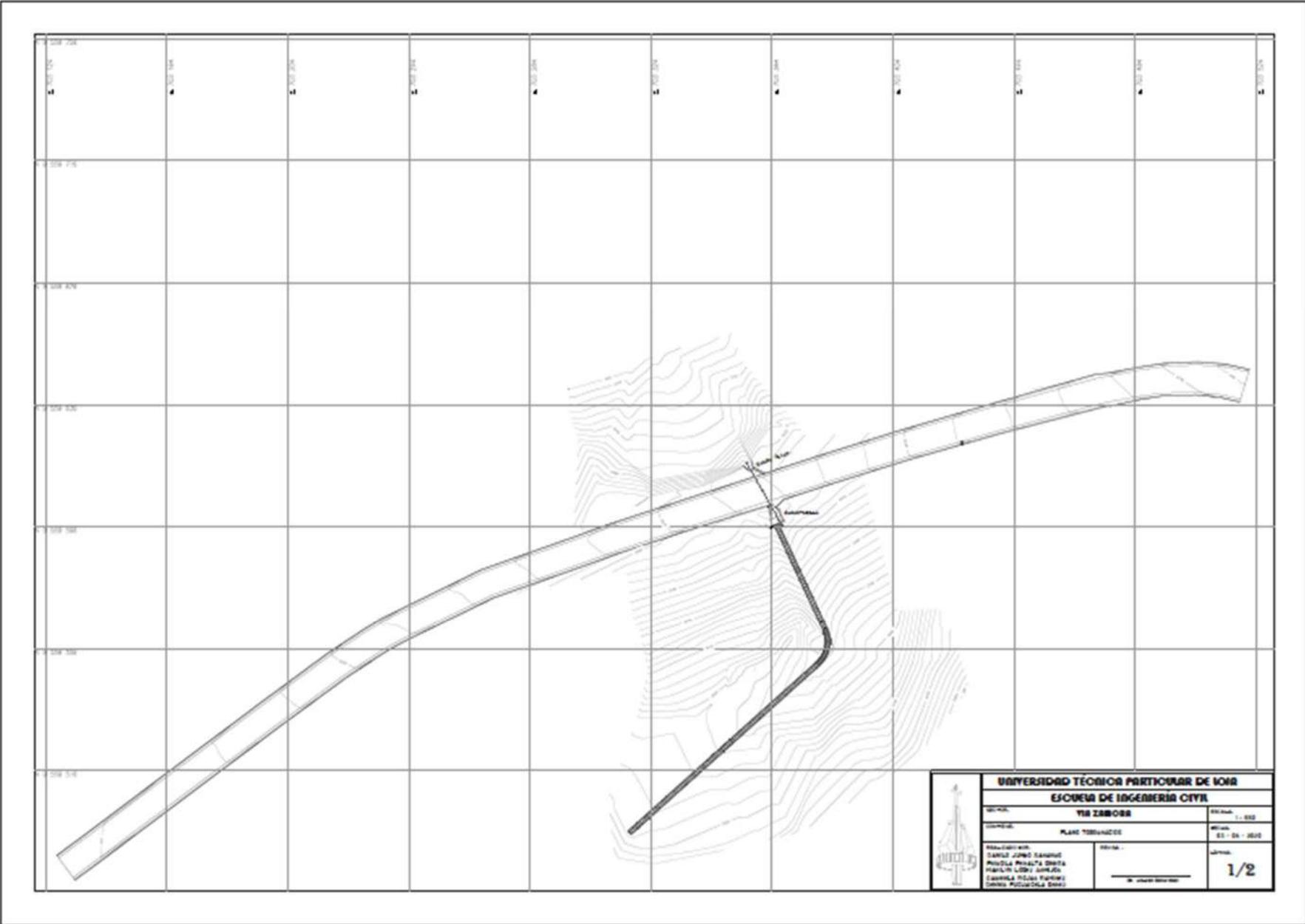


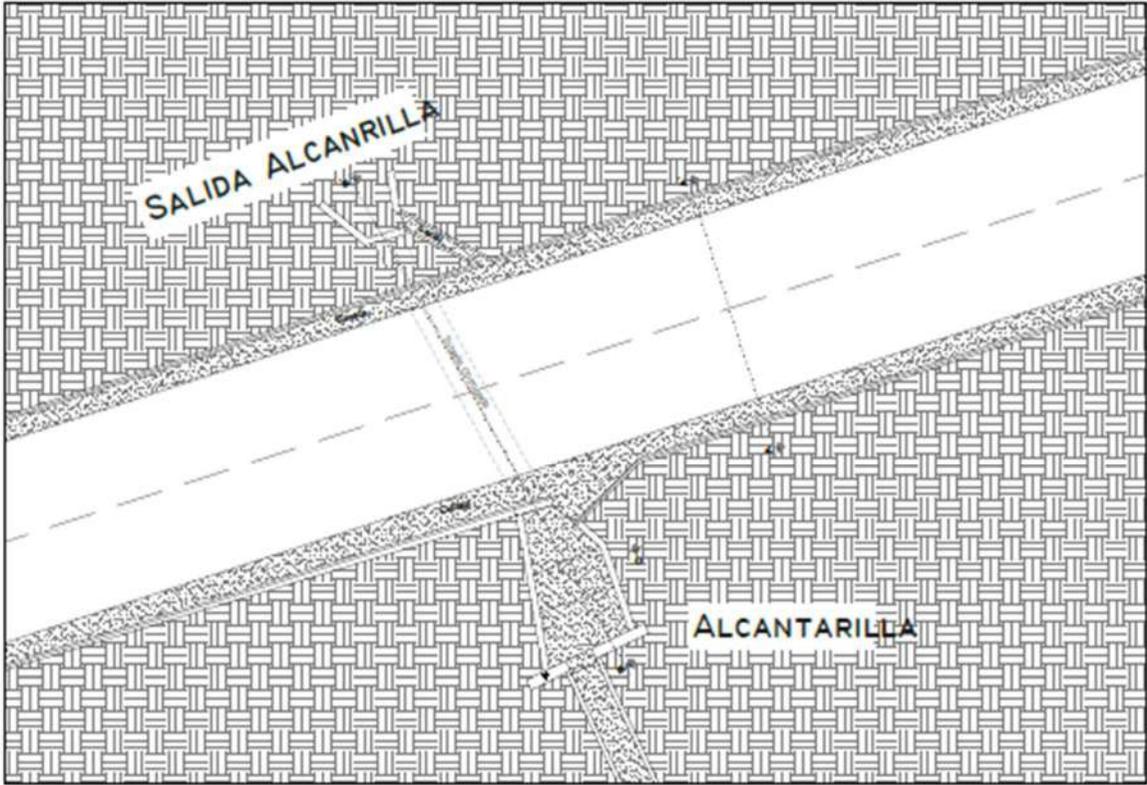
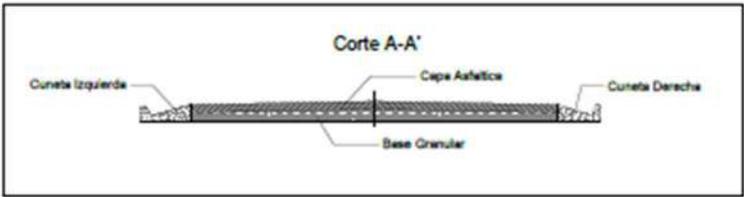
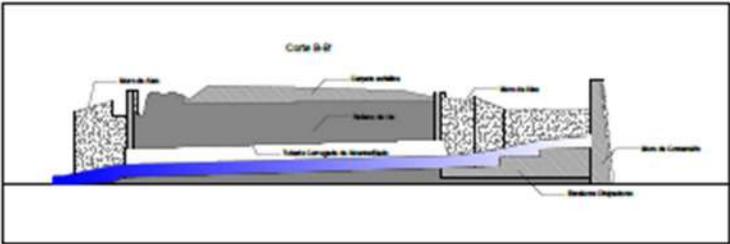






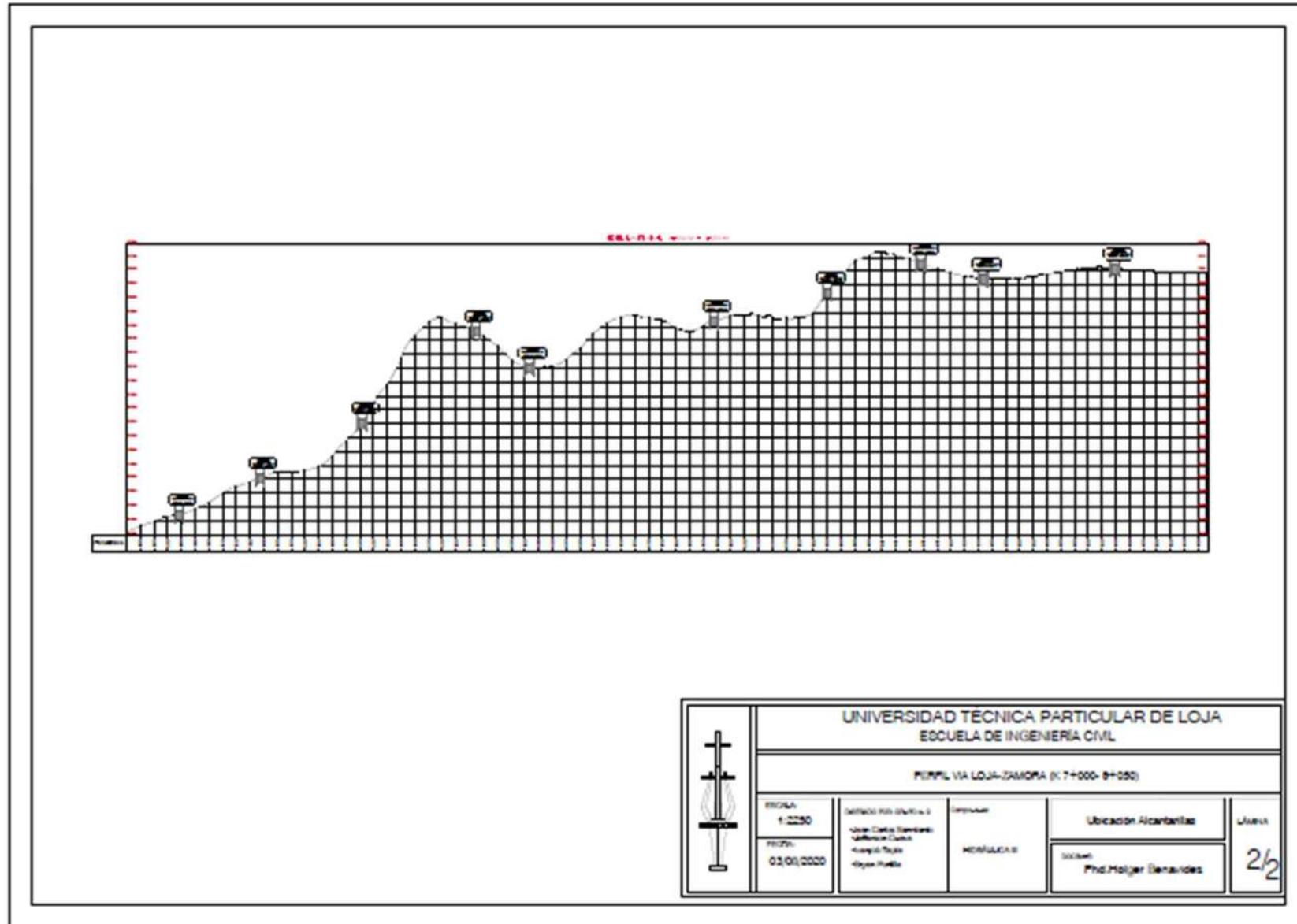
ANEXO I. TRAMO 5



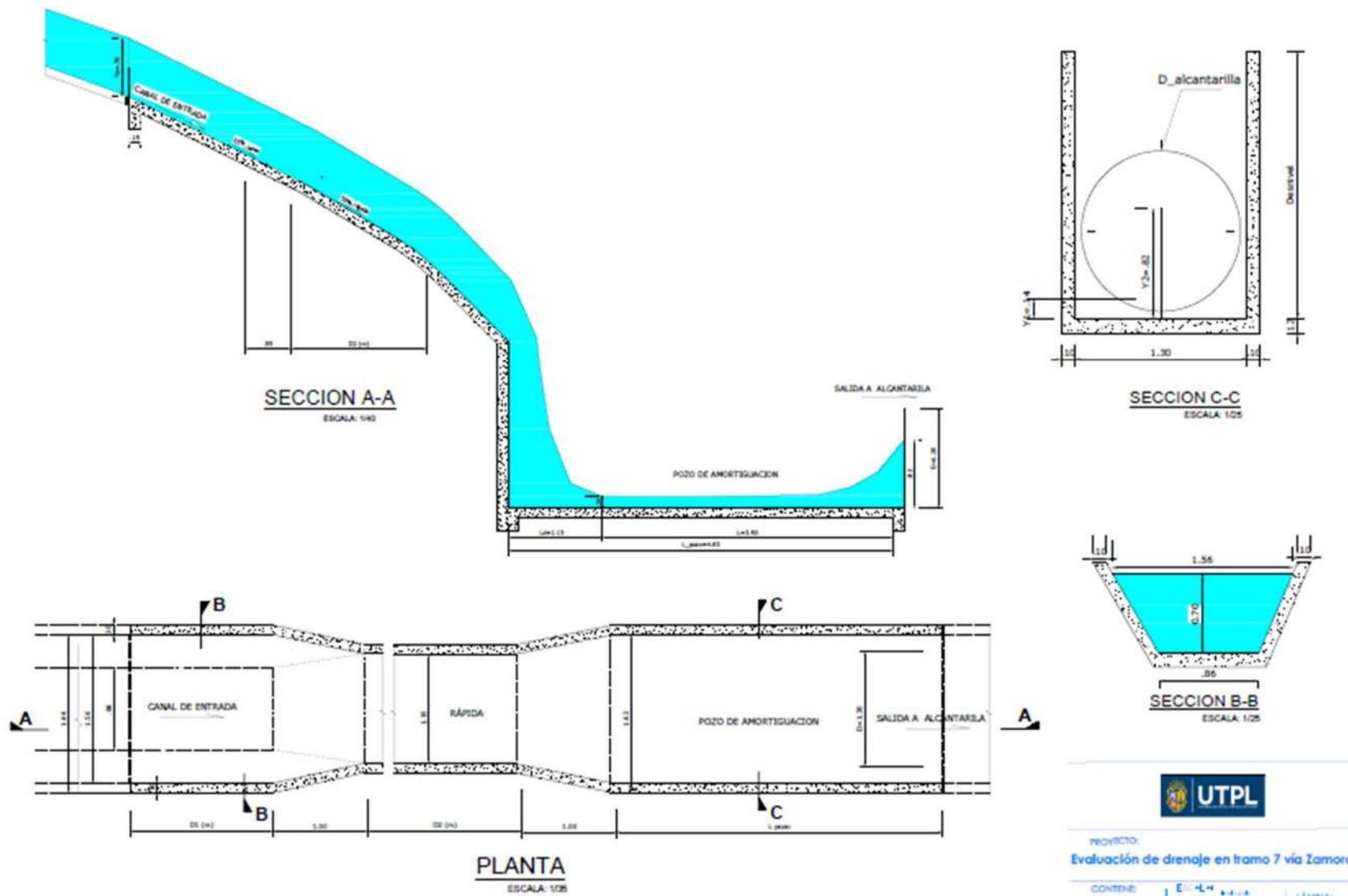


<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</b>	
<b>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
SECCIÓN: <b>VIA ZAMORA</b>	ESCALA: 1 : 500
CARTERA: DETALLE DE ALCANTARILLA	FECHA: 02 - 04 - 2008
INGENIERO CIVIL: DANIEL JAMES SAGUINO PABLO LÓPEZ AGUIRRE ROSALBA PROCELTA SUAREZ DENNIS PULCINELA SUAREZ SANDRA YOLANDA SUAREZ	LÍNEA: <b>2/2</b>

ANEXO I. TRAMO 6

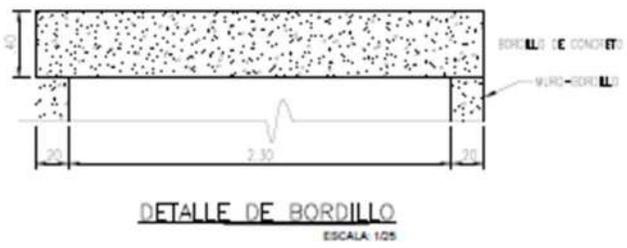
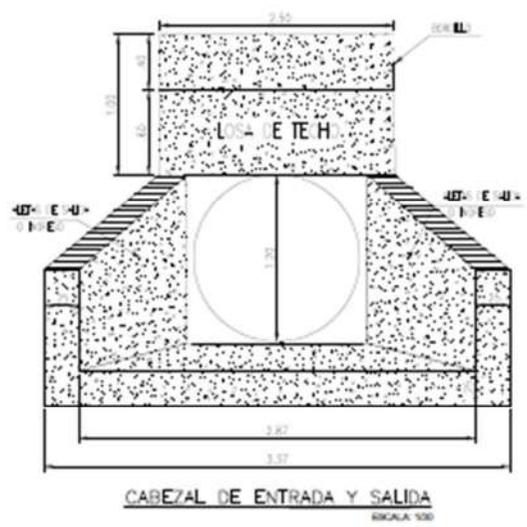
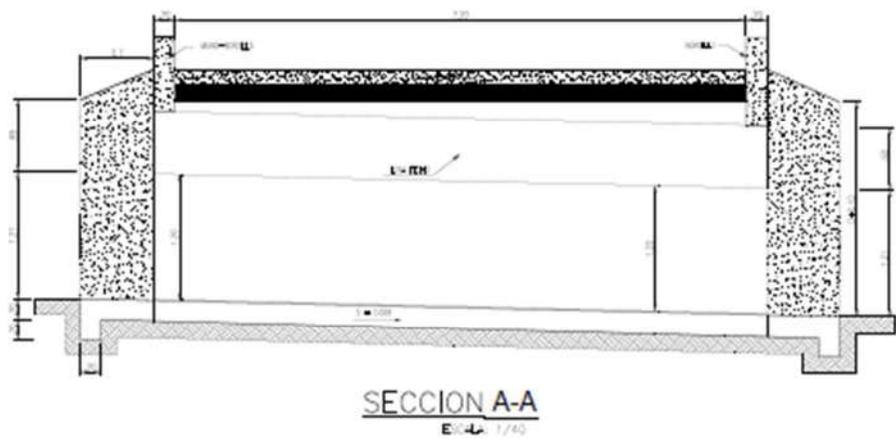
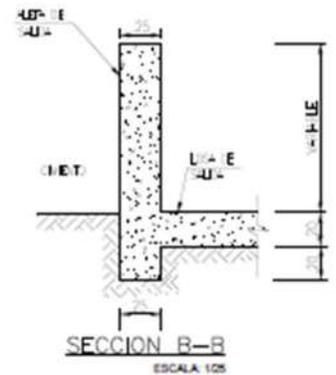
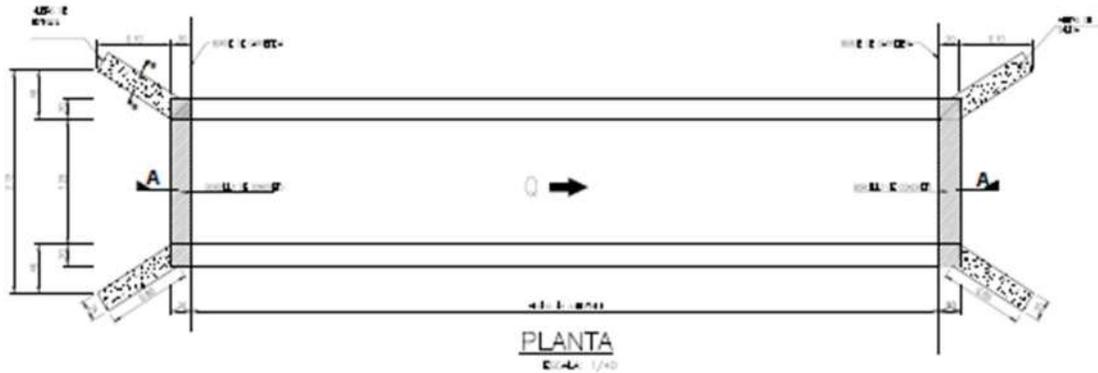


ANEXO I. TRAMO 7



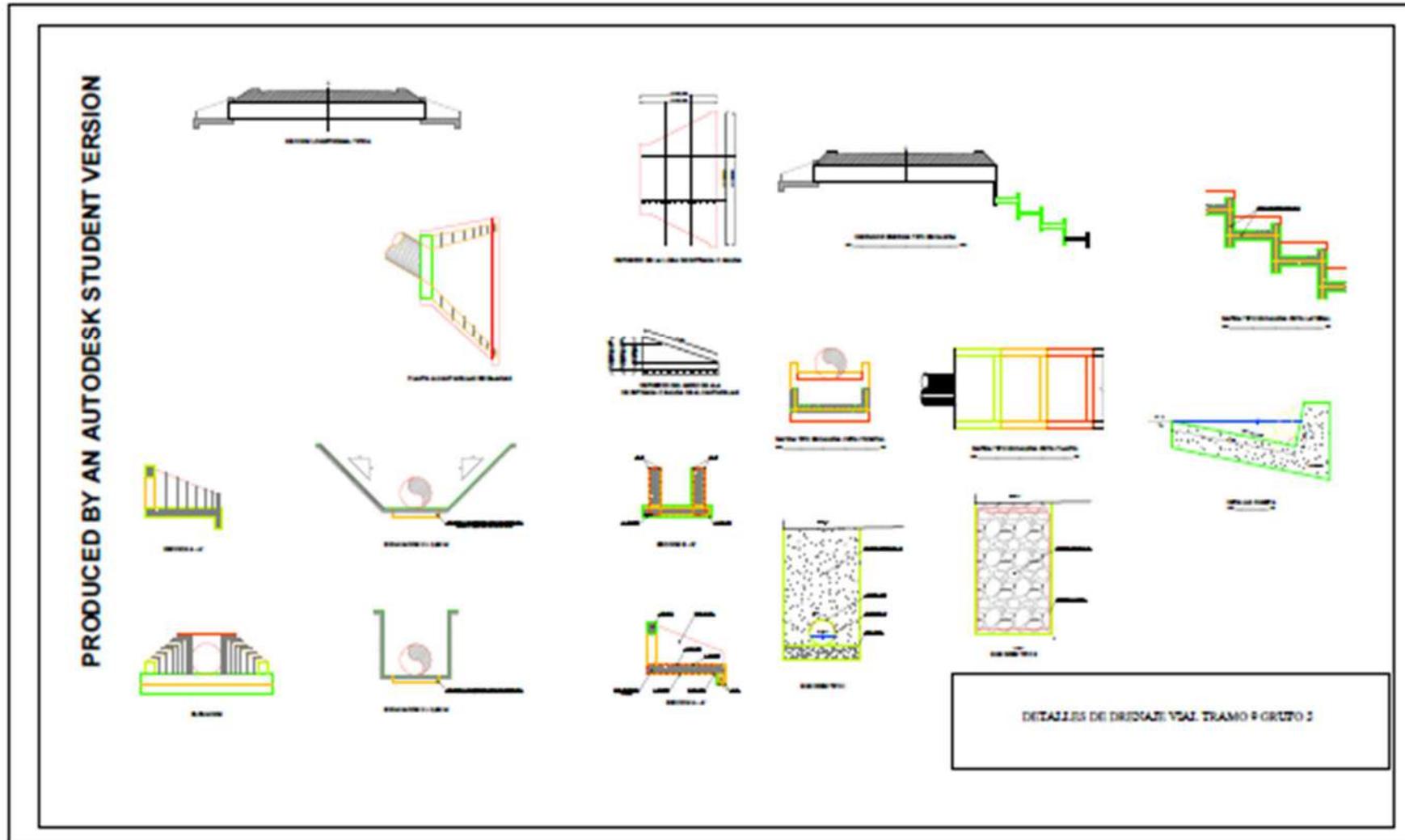
PROYECTO:  
Evaluación de drenaje en tramo 7 vía Zamora

CONTIENE:	ESTUDIO PRELIMINAR	LÁMINA:
ESTUDIO DE DISEÑO	ESTUDIO DE DISEÑO	1 2
ESTUDIO DE CONSTRUCCIÓN	ESTUDIO DE CONSTRUCCIÓN	

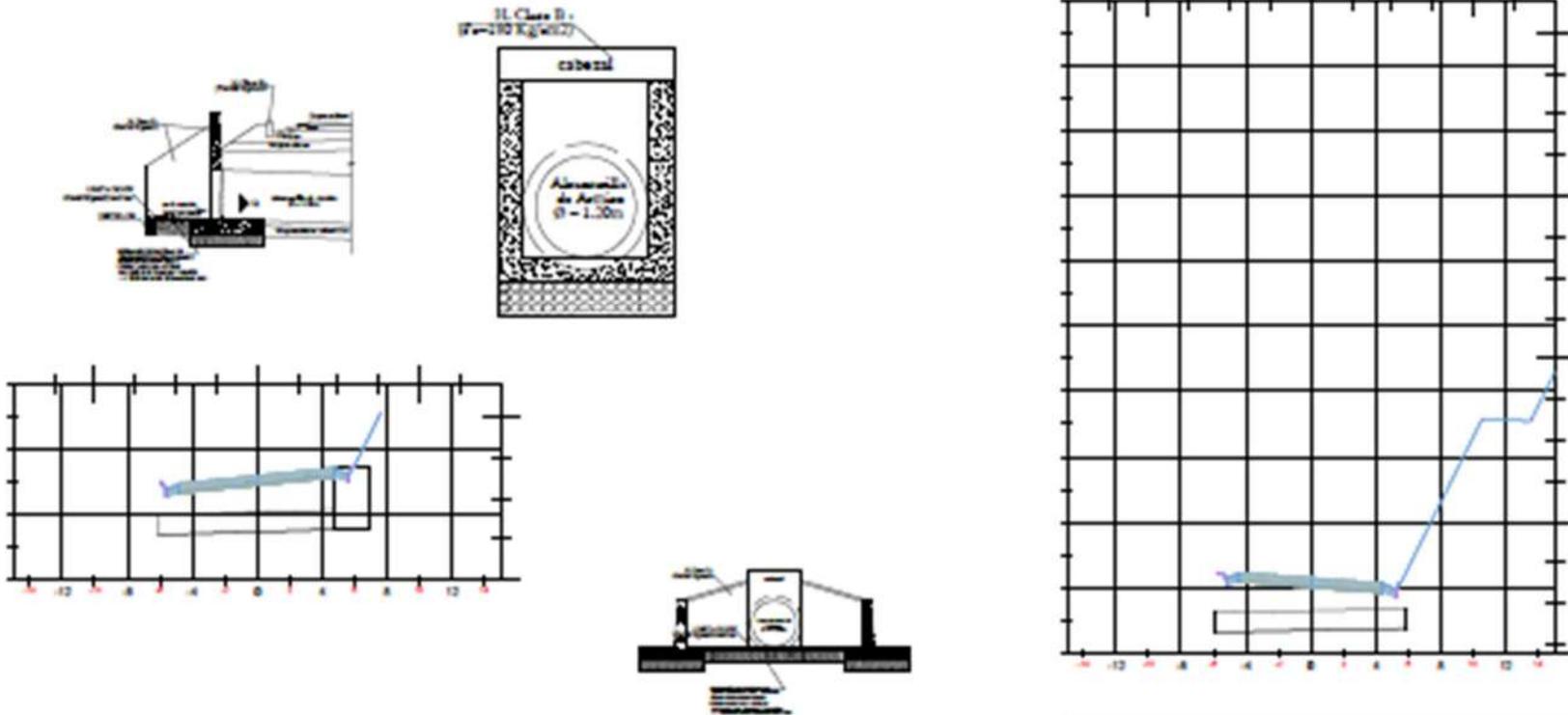


PROYECTO:  
 Evaluación de drenaje en tramo 7 vía Zamora

CONTENIDO: EVALUACIÓN DE DRENAJE	E-1-H-1 E-1-D-1-H-1 E-1-H-2	LÁMINA: <b>3 3</b>
-------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



DETALLES DE DISEÑO VIAL TRAMO R GRUPO 2