



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

“ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRÁULICO EN EL
SISTEMA DE DRENAJE EN LA VÍA VALDIVIA-LIBERTADOR
BOLÍVAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

MONCADA VERA JENRY JEFFERSON
VENTURA ANCHUNDIA MELANIE MARIUXI

TUTOR:

ING. GUIDO MOISÉS ORTIZ SAFADI, Mg

LA LIBERTAD, ECUADOR

2024

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

“ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRÁULICO EN EL
SISTEMA DE DRENAJE EN LA VÍA VALDIVIA-LIBERTADOR
BOLÍVAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

MONCADA VERA JENRY JEFFERSON
VENTURA ANCHUNDIA MELANIE MARIUXI

TUTOR:

ING. GUIDO MOISÉS ORTIZ SAFADI, Mg

LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



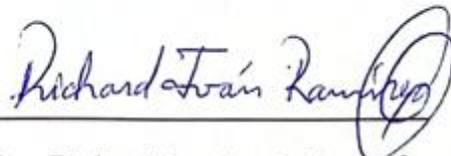
Ing. Lucrecia Cristina Moreno Ph.D
DIRECTOR DE CARRERA



Ing. Guido Ortiz Safadi, Mg
DOCENTE TUTOR



Ing. Nestor Orrala Vera, MSc
DOCENTE ESPECIALISTA



Ing. Richard Ramírez Palma, MSc
DOCENTE UIC

DEDICATORIA

Dedico esta tesis con amor y gratitud a mis padres, Sonia Vera y Jenry Moncada, a mi hermano Christian Moncada, cuñada Narcisa Bacilio y sobrino Leonel Moncada por siempre motivarme a seguir adelante, a mi tía Elizabeth Vera, y a todas las personas que me brindaron su apoyo incondicional en este camino. Su aliento y confianza han sido mi mayor inspiración.

JENRY JEFFERSON MONCADA VERA

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por guiarme en cada paso de esta etapa académica, por darme la fuerza y no desistir en este logro académico.

A mis padres Enry Ventura y Mariuxi Anchundia sin su apoyo incondicional nada de esto hubiera sido posible, por apoyarme en esta aventura que decidí emprender lejos de casa, lejos de mi ciudad Paján-Manabí a través de llamadas brindándome sus palabras de aliento los cuales han sido mi fuente inagotable de fortaleza.

A mis hermanos Henry, Dayana, Diego por motivarme a no rendirme; a mi cuñada y mi sobrino Dylan los cuales son mi impulso para ser una mejor persona cada día y ser ese ejemplo para ustedes.

A mis padrinos Joffre Saltos y Maribel Ventura por abrirme las puertas de su hogar y apoyarme todos estos años en lo largo de mi carrera universitaria.

MELANIE MARIUXI VENTURA ANCHUNDIA

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema **“ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRÁULICO EN EL SISTEMA DE DRENAJE EN LA VÍA VALDIVIA-LIBERTADOR BOLÍVAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA”**, elaborado por los estudiantes **MONCADA VERA JENRY JEFFERSON** y **VENTURA ANCHUNDIA MELANIE MARIUXI** con **C.I. 0927088310** y **1315030856**, estudiantes egresados de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio **COMPILATIO**, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un **7%** de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente:

FIRMA DEL TUTOR



Ing. Guido Moisés Ortiz Safadi, Mg

C.I.0904149481

DOCENTE TUTOR

REPORTE DE SIMILITUD



TESIS COMPLETA MONCADA Y VENTURA

7%
Textos sospechosos



- 2% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
< 1% entre las fuentes mencionadas
- 4% Idiomas no reconocidos
- < 1% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: TESIS COMPLETA MONCADA Y VENTURA.pdf
ID del documento: 49416aa9bcd1175f90dc31fc89a7f906c7fa8edf
Tamaño del documento original: 448,73 kB
Autores: []

Depositante: GUIDO MOISES ORTÍZ SAFADI
Fecha de depósito: 22/11/2024
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 22/11/2024

Número de palabras: 9324
Número de caracteres: 65.165

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10586/1/UPSE-TIC-2023-0030.pdf 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (71 palabras)
2	hebmerma.com https://hebmerma.com/wp-content/uploads/2020/11/CAP-06.-CAUDALES-MAXIMOS-1.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (47 palabras)
3	core.ac.uk https://core.ac.uk/download/pdf/43680337.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (47 palabras)
4	repositorio.ugc.edu.co https://repositorio.ugc.edu.co/bitstreams/766105a2-ec2c-4921-b045-62768f93e57f/download	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10785/1/UPSE-TIP-2024-0019.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (15 palabras)
2	Documento de otro usuario #61c923 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)
3	dspace.ups.edu.ec Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana... https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17737	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)
4	repositorio.ucv.edu.pe https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/20.500.12692/65074/1/Llanos_CUC-SD.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
5	es.slideshare.net S01.s1-CAUDALES MÁXIMOS- MÉTODOS RACIONALES Y ESTADÍST... https://es.slideshare.net/IngenieriaYConstrucc1/s01s1-caudales-mximos-mtdos-rationales-y-esta...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

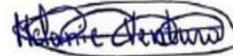
Nosotros, **MONCADA VERA JENRY JEFFERSON** y **VENTURA ANCHUNDIA MELANIE MARIUXI**, declaramos bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado “**ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRÁULICO EN EL SISTEMA DE DRENAJE EN LA VÍA VALDIVIA-LIBERTADOR BOLÍVAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA**”, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**, Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**, por lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente a nuestra autoría.

Por medio de la presente declaración cedemos los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,



Moncada Vera Jenry Jefferson
C.I. 0927088310
AUTOR DE TESIS



Ventura Anchundia Melanie Mariuxi
C.I. 1315030856
AUTOR DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Guido Moisés Ortiz Safadi, PhD/Mg

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo “ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRÁULICO EN EL SISTEMA DE DRENAJE EN LA VÍA VALDIVIA-LIBERTADOR BOLÍVAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA” previo a la obtención del Título de **INGENIEROS CIVILES** elaborado por el Sr. **MONCADA VERA JENRY JEFFERSON** Y la Srta. **VENTURA ANCHUNDIA MELANIE MARIUXI**, egresados de la **CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**, Facultad **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA** de la **UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

FIRMA DEL TUTOR



Ing. Guido Moisés Ortiz Safadi, Mg

C.I.0904149481

DOCENTE TUTOR

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
Celular: 0962183538
Correo: bettyruthgomez@educacion.gob.ec

CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, **BETTY RUTH GÓMEZ SUÁREZ**, en mi calidad de **LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS**, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, denominado "**ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRÁULICO EN EL SISTEMA DE DRENAJE EN LA VÍA VALDIVIA-LIBERTADOR BOLÍVAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA**", de los estudiantes: **MONCADA VERA JENRY JEFFERSON** y **VENTURA ANCHUNDIA MELANIE MARIUXI**.

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

En cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo a los interesados hacer uso del presente como estime conveniente.

Santa Elena, 21 de Noviembre del 2024



Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
C.I. 0915036529

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS
Nº DE REGISTRO DE SENECYT 1050-2014-86052892

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, quien me ha brindado la fortaleza y sabiduría necesarias para completar esta investigación. Su guía y bendiciones han sido esenciales en cada fase de este viaje académico.

A mis amados padres, Sonia Vera Suárez y Jenry Moncada Arévalo, les agradezco profundamente por su amor incondicional, su constante apoyo y los sacrificios que han hecho para ofrecerme la oportunidad de educarme. Su confianza en mí ha sido el motor que me ha impulsado a alcanzar este logro, y este trabajo es un reflejo de los valores que me han inculcado.

A mi hermano Christian Moncada y a mi cuñada Narcisa Bacilio, les agradezco por sus valiosos consejos y apoyo incondicional. Su aliento ha sido vital en este proceso.

A mi querida tía Elizabeth Vera, gracias por estar siempre a mi lado y por su inestimable apoyo.

También quiero extender mi agradecimiento a mi enamorada, Melanie Ventura, quien es además mi compañera de tesis. Tu confianza en mis capacidades y tu amor han sido un pilar en la realización de este sueño académico.

Por último, expreso mi gratitud a mis respetados profesores y a mi tutor, el Ing. Guido Moisés Ortiz Safadi, MSc, por su orientación experta, paciencia y valiosas enseñanzas que han enriquecido mi conocimiento y desarrollo académico. Sus consejos y retroalimentación han sido fundamentales para mejorar este trabajo.

JENRY JEFFERSON MONCADA VERA

AGRADECIMIENTOS

Me llena de emoción y gratitud expresar mis sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que han sido pilares fundamentales en el desarrollo de esta tesis de pregrado.

En primer lugar, a Dios por haberme dado sabiduría e inteligencia por guiarme en el camino del bien y nunca haberme abandonado. A mis queridos padres por haber forjado una mujer fuerte y luchadora que no se rinde por más difícil que se ponga el camino, les agradezco por su invaluable sacrificio y dedicación, brindándome las herramientas necesarias para poder seguirme superando. A ustedes, mis padres, les debo mi éxito y cada logro a lo largo de mi vida académica.

A mis hermanos, cuñada y sobrino, por brindarme su cariño y consejos los cuales se volvieron mi fortaleza para seguir adelante. A mis padrinos, porque han sido mi segunda familia, desde el momento en que decidí dejar mi ciudad natal para embarcarme en esta aventura académica, gracias por creer en mí y brindarme la oportunidad de crecer y aprender en un entorno nuevo.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi enamorado, Jenry Moncada, por su apoyo incondicional y su motivación constante han sido esenciales para superar los desafíos que se han presentado en nuestro camino. Haberlo tenido como compañero de tesis ha sido una experiencia enriquecedora; juntos hemos compartido ideas y resueltos problemas.

A mi estimado docente tutor, el Ing. Guido Moisés Ortiz Safadi, MSc, por su invaluable orientación a lo largo de este proceso, su dedicación, paciencia y experiencia han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo. Estoy verdaderamente agradecida por haber tenido la oportunidad de trabajar bajo su tutela.

A los docentes, quienes han sido una fuente constante de conocimiento e inspiración. Así mismo agradezco a la universidad por brindarme la oportunidad de crecer en un entorno académico enriquecedor, donde he podido aprender, explorar y desarrollar mis habilidades. Cada experiencia vivida aquí ha sido esencial para mi formación. No puedo dejar de mencionar a la Provincia de Santa Elena, que ha sido mi hogar durante estos años, su cultura, su gente y su ambiente han influido positivamente en mi vida y en mi trayectoria académica, estoy profundamente agradecida por todo lo que este lugar me ha aportado.

A todas las personas que, de alguna manera, contribuyeron a mi crecimiento personal y académico, les agradezco sinceramente, su fe en mis capacidades ha sido una fuente de inspiración y fuerza en este viaje, sin ustedes, este logro no habría sido posible.

MELANIE MARIUXI VENTURA ANCHUNDIA

TABLA DE CONTENIDO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	<i>i</i>
DEDICATORIA	<i>ii</i>
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	<i>iv</i>
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	<i>vi</i>
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	<i>vii</i>
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA	<i>viii</i>
AGRADECIMIENTOS	<i>ix</i>
TABLA DE CONTENIDO	<i>xii</i>
LISTA DE FIGURAS	<i>xvii</i>
LISTA DE TABLAS	<i>xxii</i>
RESUMEN	<i>xxiv</i>
ABSTRACT	<i>xxv</i>
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	<i>1</i>
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	<i>4</i>
1.2. ANTEDECENTES	<i>5</i>
1.3. HIPÓTESIS	<i>9</i>
1.3.1. Hipótesis General.....	<i>9</i>
1.3.2. Hipótesis Especificas.	<i>9</i>
1.4. OBJETIVOS	<i>9</i>
1.4.1. Objetivo General.....	<i>9</i>
1.4.2. Objetivos Específicos.....	<i>9</i>
1.5. ALCANCE	<i>10</i>
1.6. VARIABLES	<i>10</i>
1.6.1. Variables Dependientes.	<i>10</i>
1.6.2. Variables Independientes.....	<i>10</i>
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	<i>11</i>

2.1. INTRODUCCION AL SISTEMA DE DRENAJE.....	11
2.1.1. Importancia del Drenaje en la Infraestructura Vial	12
2.1.1.1. Evita que el agua subterránea ascienda hasta la subrasante.....	12
2.1.2. Tipos de Sistema de Drenaje.....	12
2.1.2.1. Drenes longitudinales.....	13
2.1.2.2. Drenes transversales.....	14
2.1.2.3. Drenes horizontales.....	15
2.2. CUENCA HIDROGRAFICA.....	16
2.2.1. Afluentes.....	16
2.2.2. Delimitación de una cuenca.....	17
2.2.3. Densidad de drenaje.....	17
2.2.4. Precipitación.....	17
2.2.4.1. Ecuación de Balance Hídrico.....	17
2.2.4.2. Fundamentos de escorrentía superficial en problemas de drenaje vial.....	18
2.2.5. Ecuación de Manning.....	18
2.2.5.1. Coeficiente de Manning (n).....	19
2.3. HIDRÁULICA.....	20
2.3.1. Empleo de la hidráulica en obras de ingeniería civil.....	20
2.3.2. Área Hidráulica (Ah).....	20
2.3.3. Perímetro Mojado (Pm).....	21
2.3.4. Radio hidráulico.....	21
2.3.5. Zanjas de coronación o contracunetas.....	22
2.3.6. Tipos de cuneta.....	22
2.3.7. Bombeo.....	23
2.3.8. Subdrenaje.....	24
2.4. PARÁMETROS DE DISEÑO.....	25
2.4.1. Caudal de Diseño para Alcantarilla Circular.....	25
2.4.2. Caudal de Diseño para Alcantarilla Ducto Cajón.....	25
2.4.3. Curvas Intensidad –Duración– Frecuencia (IDF).....	25
2.4.4. Software Q-GIS.....	26
2.4.5. Software CALDREN.....	26
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	27
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.1.1. Tipo de investigación.....	27

3.1.2.	Nivel de Investigación.....	27
3.2.	MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
3.2.1.	Método.....	28
3.2.2.	Enfoque.....	28
3.2.3.	Diseño de la investigación.....	28
3.3.	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	29
3.3.1.	Población.....	29
3.3.2.	Muestra.....	29
3.3.3.	Muestreo.....	29
3.4.	UBICACIÓN Y SECTOR DE ESTUDIO.....	30
3.5.	METODOLOGÍA DEL O.E.1: EVALUAR LAS CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS E HIDROLÓGICAS DE LAS ÁREAS DE LA CUENCA QUE ATRAVIESA LA VÍA VALDIVIA – LIBERTADOR BOLÍVAR.....	31
3.5.1.	Cuencas hidrográficas.....	32
3.5.2.	Calzada de vía.....	36
3.6.	METODOLOGÍA DEL O.E.2: INTENSIDAD DE LLUVIA Y ESCORRENTÍA.	37
3.6.1.	Precipitaciones diarias máximas.....	37
3.6.2.	Curvas intensidad duración frecuencia estación: El Suspiro.....	38
3.6.3.	Fórmula de intensidad de lluvia.....	39
3.6.4.	Coefficiente de escorrentía (C) de las áreas de drenaje.....	42
3.6.5.	Cobertura Vegetal.....	43
3.6.6.	Permeabilidad.....	44
3.6.7.	Pendiente Media (S).....	45
3.6.8.	Coefficiente C.....	45
3.6.9.	Cálculo de caudales probables.....	46
3.6.10.	Tiempo de concentración (tc).....	46
3.6.11.	Caudal Tributado por las cunetas.....	46
3.6.12.	Caudal Tributado por cuencas y subcuencas.....	47
3.6.13.	Caudal total a puntos de drenaje principales.....	47
3.7.	METODOLOGÍA DEL O.E.3: DISEÑO DE CUNETAS Y ALCANTARILAS.....	47
3.7.1.	Sección típica de cuneta.....	47
3.7.2.	Caudal de diseño.....	47
3.7.2.1.	Velocidad de diseño del flujo.....	48
3.7.2.2.	Coefficiente de Manning (n).....	48

3.7.2.3.	Radio hidráulico (R).	48
3.7.3.	Sección de cuneta.	49
3.7.4.	Diseño de alcantarillas.	50
3.7.5.	Estimación del caudal de diseño para Alcantarilla Circular.	50
3.7.5.1.	Velocidad de diseño del flujo.	50
3.7.5.2.	Coeficiente de Manning.	50
3.7.5.3.	Radio hidráulico.	50
3.1.1.1.	Características de sección de entrada de la alcantarilla.	51
3.7.6.	Caudal de diseño para Alcantarilla Ducto Cajón.	53
3.7.6.1.	Velocidad de diseño del flujo.	53
3.7.6.2.	Coeficiente de Manning.	53
3.7.6.3.	Radio Hidráulico.	53
3.7.6.4.	Características de sección de entrada de la alcantarilla.	54
3.7.7.	Regulación del flujo de entrada en el sistema de alcantarillado.	54
3.7.8.	Regulación del flujo de salida en el sistema de alcantarillado.	58
3.7.8.1.	Cálculos para el flujo de control de salida.	59
3.7.8.2.	Caso 1 para A.	60
3.7.8.3.	Caso 2 para B, C y D.	61
3.8.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	64
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		66
4.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS OE1: DATOS GEOGRÁFICOS DE LA REGIÓN ADYACENTE A LA VÍA VALDIVIA-LIBERTADOR BOLIVAR.	66
4.1.1.	Datos de las cuencas hidrográficas.	66
4.1.2.	Datos de los cauces principales de las cuencas hidrográficas.	66
4.2.	ANÁLISIS DE RESULTADOS OE2: DATOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS PARA LA VÍA VALDIVIA-LIBERTADOR BOLIVAR.	67
4.2.1.	Intensidades de lluvia.	67
4.2.2.	Caudales tributados a cunetas.	68
4.2.3.	Caudales tributados por las subcuencas hidrográficas.	69
4.2.4.	Caudales totales a alcantarillas.	70
4.3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS OE3: DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PARA LA VÍA VALDIVIA-LIBERTADOR BOLIVAR	71
4.3.1.	Diseño de cuneta.	71
4.3.2.	Diseño de alcantarillas tubulares de concreto.	73

4.3.2.1.	Esquema de diseño para abscisa 2+662.....	74
4.3.2.2.	Esquema de diseño para abscisa 4+134.....	76
4.3.2.3.	Esquema de diseño para abscisa 6+436.....	78
4.3.3.	Diseño de alcantarillas de concreto tipo cajón.	80
4.3.3.1.	Esquema de diseño para abscisa 2+341, 4+756 y 4+983	81
4.3.3.2.	Esquema de diseño para abscisa 3+413.....	84
4.3.3.3.	Esquema de diseño para abscisa 3+710.....	85
<i>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</i>		88
5.1.	CONCLUSIONES	88
5.2.	RECOMENDACIONES	89
<i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</i>		90
<i>ANEXOS</i>		97

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Drenes interceptores transversales en carretera.....	13
Figura 2 <i>Instalación múltiple para abatimiento del nivel freático.</i>	13
Figura 3 <i>Drenes interceptores transversales en carretera.</i>	14
Figura 4 <i>Drenes horizontales en un corte a media ladera.</i>	15
Figura 5 <i>Coefficientes de Manning para los diferentes materiales usados.</i>	19
Figura 6 <i>Área hidráulica.</i>	21
Figura 7 <i>Perímetro mojado.</i>	21
Figura 8 <i>Zanja de coronación.</i>	22
Figura 9 <i>Sección de balcón.</i>	23
Figura 10 <i>Sección en cajón.</i>	23
Figura 11 <i>Bombeo en sección tangente</i>	24
Figura 12 <i>Infraestructura subterránea (subdrenaje).</i>	24
Figura 13 <i>Ubicación de las comunas Valdivia y Libertador Bolívar. Latitud: 530749.01 m E y Longitud: 9785616.94 m S.</i>	30
Figura 14 <i>Imagen satelital del segmento de la Vía Valdivia-Libertador Bolívar.</i>	31
Figura 15 <i>Carta topográfica para la región de Manglaralto en Santa Elena.</i>	32
Figura 16 <i>Modelo DEM de la región con el trayecto de la vía de estudio.</i>	33
Figura 17 <i>Capa de dirección de drenajes con los esteros que desembocan en la vía.</i>	34

Figura 18 Perfil de elevación de la vía con los puntos de desembocadura de los cauces.....	34
Figura 19 Cuencas y subcuencas hidrográficas junto a la vía.	35
Figura 20 Sección típica de la vía Valdivia-Libertador Bolívar.....	36
Figura 21 Curva intensidad duración frecuencia estación: El Suspiro.....	39
Figura 22 Curva intensidad duración frecuencia estación: El Suspiro. Para un tiempo de retorno de 30 años.....	41
Figura 23 Mapa de cobertura vegetal de Santa Elena.....	43
Figura 24 Permeabilidad de las rocas y sedimentos.....	44
Figura 25 Sección típica para diseño de cunetas triangulares.	47
Figura 26 Fórmulas para las secciones mojadas de diferente tipo de canales. ..	48
Figura 27 Modelo de referencia para el diseño de sección de cuneta.....	49
Figura 28 Modelo para el diseño de cabezal de alcantarilla circular,.....	51
Figura 29 Modelo para el diseño de cabezal de alcantarilla circular.....	52
Figura 30 Dimensionamiento de diferentes cabezales.....	52
Figura 31 Sección para alcantarilla tipo cajón.	53
Figura 32 Flujo con control de entrada: entrada descubierta y pendiente supercrítica.	54
Figura 33 Flujo con control de entrada: entrada sumergida y conducto sin llenado completo.	55
Figura 34 Altura de entrada para alcantarillas de tubos de concreto bajo control de flujo.....	56
Figura 35 Altura de entrada para alcantarillas de cajón bajo control de flujo. .	57
Figura 36 Flujo con control de salida: altura del agua no sumerge la entra.....	58

Figura 37 <i>Flujo con control de salida: alcantarilla operando a capacidad total.</i>	58
Figura 38 <i>Flujo con control de salida: alcantarilla operando a capacidad total.</i>	59
Figura 39 <i>Coeficiente C_e para tubos de concreto.</i>	60
Figura 40 <i>Coeficiente C_e para cajones de concreto.</i>	61
Figura 41 <i>Altura de carga H para alcantarillas de tubo circular con escurrimiento lleno con valor de $n=0.012$.</i>	62
Figura 42 <i>Altura de carga H para alcantarillas de cajón con escurrimiento lleno con valor de $n=0.012$.</i>	63
Figura 43 <i>Curvas IDF para los diferentes periodos de retorno.</i>	68
Figura 44 <i>Diseño de cuneta para la vía Valdivia-Libertador Bolívar.</i>	71
Figura 45 <i>Elevación frontal del cabezal para alcantarilla tipo tubular.</i>	74
Figura 46 <i>Vista superior del cabezal de la alcantarilla de tipo tubular.</i>	74
Figura 47 <i>Vista en planta de una alcantarilla tipo tubular.</i>	75
Figura 48 <i>Vista lateral del cabezal de la alcantarilla tipo tubular.</i>	75
Figura 49 <i>Corte transversal de la sección longitudinal de la alcantarilla de tipo tubular abscisa 2+662.</i>	75
Figura 50 <i>Elevación frontal del cabezal para alcantarilla tipo tubular.</i>	76
Figura 51 <i>Vista superior del cabezal de la alcantarilla de tipo tubular.</i>	76
Figura 52 <i>Vista en planta de una alcantarilla tipo tubular.</i>	77
Figura 53 <i>Vista lateral del cabezal de la alcantarilla tipo tubular.</i>	77
Figura 54 <i>Corte transversal de la sección longitudinal de la alcantarilla de tipo tubular abscisa 4+134.</i>	77

Figura 55	<i>Elevación frontal del cabezal para alcantarilla tipo tubular.</i>	78
Figura 56	<i>Vista superior del cabezal de la alcantarilla de tipo tubular.</i>	78
Figura 57	<i>Vista en planta de una alcantarilla tipo tubular.</i>	79
Figura 58	<i>Vista cabezal de la alcantarilla tipo tubular.</i>	79
Figura 59	<i>Corte transversal de la sección longitudinal de la alcantarilla de tipo tubular abscisa 6+436.</i>	79
Figura 60	<i>Elevación frontal del cabezal para alcantarilla tipo cajón.</i>	81
Figura 61	<i>Vista superior del cabezal de la alcantarilla de tipo cajón.</i>	81
Figura 62	<i>Vista en planta de una alcantarilla tipo cajón.</i>	82
Figura 63	<i>Vista lateral del cabezal de la alcantarilla tipo cajón.</i>	82
Figura 64	<i>Corte transversal de la sección longitudinal de la alcantarilla de tipo cajón abscisa 2+341.</i>	83
Figura 65	<i>Corte transversal de la sección longitudinal de la alcantarilla de tipo cajón abscisa 4+756.</i>	83
Figura 66	<i>Corte transversal de la sección longitudinal de la alcantarilla de tipo cajón abscisa 4+983.</i>	83
Figura 67	<i>Elevación frontal del cabezal para alcantarilla tipo cajón.</i>	84
Figura 68	<i>Vista superior del cabezal de la alcantarilla de tipo cajón.</i>	84
Figura 69	<i>Vista en planta de una alcantarilla tipo cajón.</i>	84
Figura 70	<i>Vista lateral del cabezal de la alcantarilla tipo cajón.</i>	85
Figura 71	<i>Corte transversal de la sección longitudinal de la alcantarilla de tipo cajón abscisa 3+413.</i>	85
Figura 72	<i>Elevación frontal del cabezal para alcantarilla tipo cajón.</i>	85
Figura 73	<i>Vista superior del cabezal de la alcantarilla de tipo cajón.</i>	86

Figura 74 Vista en planta de una alcantarilla tipo cajón.	86
Figura 75 Vista lateral del cabezal de la alcantarilla tipo cajón.	86
Figura 76 Corte transversal de la sección longitudinal de la alcantarilla de tipo cajón abscisa 3+710.	87

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 <i>Drenaje principales en la vía de estudio</i>	35
Tabla 2 <i>Datos Geométricos de la Vía Valdivia – Libertador Bolívar</i>	37
Tabla 3 <i>Datos de precipitación máxima en 24hr en mm</i>	38
Tabla 4 <i>Datos de Curvas de intensidad (mm/hora), duración (minutos), frecuencia (años)</i>	40
Tabla 5 <i>Datos de Curvas de intensidad(mm/hora), duración(minutos), frecuencia(años) para un tiempo de retorno de 30 años hallada por interpolación línea</i>	40
Tabla 6 <i>Coefficientes de escorrentía en función de la cobertura vegetal, permeabilidad y pendiente</i>	42
Tabla 7 <i>Coefficientes de escorrentía de las áreas de drenaje en función de la cobertura vegetal presente, la permeabilidad del suelo y la pendiente de los cauces</i>	45
Tabla 8 <i>Cuadro de operacionalización de la variable independiente</i>	64
Tabla 9 <i>Cuadro de operacionalización de la variable dependiente</i>	65
Tabla 10 <i>Áreas de drenaje en zona de estudio</i>	66
Tabla 11 <i>Datos de los cauces principales de las áreas de drenaje</i>	67
Tabla 12 <i>Intensidades de lluvia, duración y frecuencia</i>	67
Tabla 13 <i>Caudales probable de cunetas a puntos de descarga para un periodo de retorno de 30 años</i>	69
Tabla 14 <i>Caudales probables por drenaje de las cuencas hidrográficas</i>	70

Tabla 15 <i>Caudales probables totales a los puntos de descarga para un periodo de retorno de 30 años.</i>	70
Tabla 16 Datos generales de diseño de la cuneta.....	72
Tabla 17 <i>Cálculos hidráulicos para alcantarillas tipo tubular en cada punto....</i>	73
Tabla 18 <i>Cálculos hidráulicos para alcantarillas tipo cajón en cada punto.....</i>	80

“ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO HIDRÁULICO EN EL SISTEMA DE DRENAJE EN LA VÍA VALDIVIA-LIBERTADOR BOLÍVAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA”

Autores: Moncada Vera Jenry Jefferson

Ventura Anchundia Melanie Mariuxi

Tutor: Ing. Guido Moisés Ortiz Safadi, Mg

RESUMEN

Esta tesis aborda el diseño hidráulico del sistema de drenaje para la vía E-15 entre Valdivia y Libertador Bolívar, con el fin de proteger la infraestructura vial y reducir el riesgo de inundaciones. Se realizó un análisis detallado de las características topográficas e hidrológicas de la región, apoyado en herramientas como QGIS, Google Earth para delimitar cuencas y determinar las áreas y cauces principales.

Para ocho puntos de drenaje, el estudio hidrológico identificó caudales críticos para las cuencas más relevantes (54.14 m³/s y 26.1 m³/s) mediante modelos estadísticos, los cuales fueron fundamentales para el diseño de elementos como alcantarillas y cunetas. El diseño contempla un tiempo de retorno de 30 años, garantizando seguridad ante posibles eventos extremos.

Adicionalmente, se recomienda actualizar los estudios topográficos e hidrológicos para adaptarse a cambios climáticos y realizar pruebas del sistema para garantizar su eficacia. Este proyecto representa una contribución al desarrollo de infraestructura vial sostenible y resiliente en la región.

Palabras clave: Hidrología, drenaje, precipitaciones, diseño hidráulico, caudales.

**“ANALYSIS OF HYDRAULIC IMPROVEMENT IN THE
DRAINAGE SYSTEM ON THE VALDIVIA – LIBERTADOR
BOLÍVAR ROAD, SANTA ELENA PROVINCE”**

Authors: Moncada Vera Jenry Jefferson

Ventura Anchundia Melanie Mariuxi

Tutor: Ing. Guido Moisés Ortiz Safadi, MSc

ABSTRACT

This thesis addresses the hydraulic design of the drainage system for the E-15 highway between Valdivia and Libertador Bolívar, in order to protect the road infrastructure and reduce flood risks. A detailed analysis of the topographic and hydrological characteristics of the region was carried out, using tools such as QGIS and Google Earth to delineate watersheds and determine the main areas and channels.

For eight drainage points, the hydrological study identified critical flows for the most relevant watersheds (54.14 m³/s and 26.1 m³/s) through statistical models, which were essential for the design of elements such as culverts and ditches. The design considers a return period of 30 years, ensuring safety against potential extreme events.

Additionally, it is recommended to update the topographic and hydrological studies to adapt to climate changes and conduct system testing to ensure its effectiveness. This project represents a contribution to the development of sustainable and resilient road infrastructure in the region.

Keywords: Hydrology, drainage, precipitation, hydraulic design, flow rates.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

Un buen drenaje previene la formación de charcos e inundaciones, y mejora la seguridad en las vías terrestres, para los usuarios, debido a que el agua puede causar erosión, filtraciones y asentamientos en las estructuras viales. Por ende, una correcta gestión del agua ayuda a prevenir inundaciones en áreas adyacentes a las infraestructuras viales.

En este marco, la presente tesis se centra en una zona de la provincia de Santa Elena-Ecuador: la Vía E-15 entre Valdivia-Libertador Bolívar. Esta investigación se realizará mediante una serie de consultas bibliográficas y actividades de campo para asegurar una ejecución eficaz y apropiada del diseño hidráulico a ser propuesto. El objetivo es abordar esta problemática para prevenir futuros daños e inconvenientes provocados por inundaciones en una zona específica, con el fin de mejorar la calidad de vida de la población y promover oportunidades de desarrollo (Paucar Ipiates, 2019).

Las carreteras juegan un papel crucial al conectar centros de población con áreas comerciales, pesqueras, agrícolas y ganaderas. Además, también conectan puntos de producción y consumo a nivel nacional e internacional, así como el turismo, siendo un factor crucial para el desarrollo del país. Los sistemas de drenaje desempeñan un papel crucial en diversos aspectos, tales como el control de inundaciones, la gestión de aguas pluviales, el saneamiento y el tratamiento de aguas residuales.

Los sistemas de drenaje son fundamentales para garantizar la seguridad y funcionalidad de las carreteras, así como para proteger el medio ambiente y la salud pública al controlar las inundaciones, gestionar las aguas pluviales, tratar las aguas residuales y mantener un entorno limpio y seguro para la circulación vehicular y peatonal.

Constantemente, la naturaleza nos recuerda nuestra vulnerabilidad ante diversos fenómenos climáticos que ocurren a nivel mundial. Las lluvias, deslizamientos de

tierra y sequías son parte de nuestra realidad estacional. Cada año, especialmente, entre diciembre y abril, estos eventos afectan significativamente nuestra variada geografía, representando incluso una amenaza para quienes viven en determinada región.

Esta situación se complica aún más debido a la ausencia de planes de prevención y reducción de riesgos, lo que nos deja en una posición de fragilidad frente a estos inevitables eventos climáticos. Es fundamental abordar estos desafíos y fortalecer nuestra capacidad de recuperación frente a ellos.

Por otro lado, José Dolz y Manuel Gómez (1994) menciona que: “El crecimiento de las ciudades exige notables inversiones en infraestructuras, siendo la mayoría de ellas utilizadas diariamente por el ciudadano. Este es el caso de las vías de comunicación, zonas verdes, centros hospitalarios, redes para el suministro de fluidos, etc. No obstante, el uso de estas infraestructuras y el normal desarrollo de la actividad ciudadana están, en ciertos momentos, condicionados por el correcto funcionamiento de otra infraestructura: la red de drenaje de aguas pluviales”.

El empleo de sistemas de drenaje es esencial para garantizar el adecuado desempeño de una carretera, pues desempeñan un papel crucial en la protección de la vía al dirigir los flujos superficiales de agua y así prevenir situaciones potencialmente peligrosas tanto para la integridad del pavimento como para la seguridad de los usuarios. El exceso de líquidos en los suelos o en la estructura de la carretera afecta diversos aspectos, como las propiedades geomecánicas, los mecanismos de transferencia de carga, las presiones de poros y la susceptibilidad a cambios volumétricos, siendo una de las principales causas del deterioro prematuro de la infraestructura vial.

El diseño y la construcción de un sistema de drenaje requieren estudios exhaustivos del clima, suelo, hidrología y geología. Los objetivos principales del drenaje de las carreteras incluyen preservar la integridad de la vía, dada su importancia económica y social y los altos costos asociados a su construcción, así como minimizar el impacto ambiental al mantener al mínimo las alteraciones en el patrón de drenaje natural y reducir la erosión causada por cambios en el transporte del agua.

Los tipos de sistemas de drenaje abarcan una variedad de estructuras, como transversales, naturales, cruces, superficiales y subterráneas. Estas estructuras tienen como objetivo dispersar, reducir la velocidad o transportar el agua, así como evitar la acumulación y mitigar la fuerza erosiva del agua.

Para que un camino tenga un buen drenaje, es esencial evitar que el agua circule en grandes cantidades, ya que esto podría destruir el pavimento y causar la formación de baches. También es crucial que el agua que debe escurrir por las cunetas no se estanque, ya que esto podría ablandar las vías de tierra, provocando la pérdida de estabilidad y asentamientos perjudiciales.

Prever un buen drenaje es uno de los factores más importantes en el diseño de un camino, por lo que debe considerarse desde la etapa de localización, procurando siempre situar el camino sobre suelos estables, permanentes y naturalmente drenados.

Por ello, las obras de drenaje tienen la función de gestionar y redirigir el exceso de agua proveniente de las lluvias para prevenir daños estructurales que puedan causar interrupciones en el tráfico, así como daños al entorno y al pavimento. Estas obras se diseñan y construyen en función del caudal esperado y del riesgo de obstrucción debido a los materiales que puedan ser arrastrados por la corriente.

La correcta implementación de estas obras de drenaje es esencial para mantener la integridad de las infraestructuras viales y urbanas. Un sistema de drenaje bien diseñado y construido no solo protege contra inundaciones y daños inmediatos, sino que también contribuye a la durabilidad a largo plazo de carreteras y áreas urbanas, reduciendo los costos de reparación y mantenimiento. Además, es importante considerar la capacidad de adaptación de estos sistemas a cambios climáticos y eventos meteorológicos extremos, que pueden aumentar la frecuencia e intensidad de las precipitaciones.

Esta investigación se desarrollará en cinco capítulos; el primero se centra en la problemática, examina los antecedentes, establecerá la hipótesis y los objetivos, el segundo capítulo contiene las bases teóricas esenciales para el estudio de mejoramiento hidráulico en el sistema de drenaje, el tercero describe los fundamentos metodológicos aplicados en la investigación, el cuarto capítulo

incluye el análisis y discusión de los resultados obtenidos, en el quinto capítulo se presentaran las conclusiones de esta investigación y sugiere recomendaciones para futuras líneas de investigación.

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El sistema de drenaje en la vía E-15 entre Valdivia y Libertador Bolívar, situada en la provincia de Santa Elena, presenta importantes deficiencias que afectan tanto la movilidad de los vehículos como la seguridad de los habitantes de la zona. La insuficiente capacidad del sistema de drenaje ha provocado inundaciones recurrentes durante la temporada de lluvias, lo que resulta en daños significativos a la infraestructura vial y serios inconvenientes para la comunidad.

Investigaciones previas en contextos similares han demostrado que un diseño eficiente de los sistemas de drenaje es fundamental para mitigar los efectos adversos de las precipitaciones intensas. Por ejemplo, (Llanos Choque, 2021) concluyeron en su estudio sobre el sistema de drenaje pluvial en Ayaviri que "la determinación del comportamiento hidráulico del sistema es clave para el diseño de soluciones efectivas que prevengan inundaciones". De manera similar, (Aguilar Morocho, 2016) destacó en su análisis de Santa Rosa que "la simulación y el análisis de redes de drenaje permiten identificar áreas críticas y optimizar el rendimiento del sistema, lo cual es esencial para garantizar un adecuado manejo de aguas pluviales".

Sin embargo, en el caso específico de la vía E-15 entre Valdivia y Libertador Bolívar, se carece de un análisis exhaustivo que considere las características hidrológicas locales y el comportamiento histórico de las lluvias. Esta escasez de información dificulta la implementación de soluciones adecuadas para mitigar los problemas de inundación. Como se ha observado, "la ineficiencia del sistema de drenaje puede llevar a la saturación de las vías, afectando no solo el tráfico, sino también la calidad de vida de los residentes" (Llanos Choque, 2021).

Por lo tanto, es imperativo llevar a cabo un estudio detallado que permita determinar la capacidad actual del sistema de drenaje, identificar las áreas más vulnerables a inundaciones y proponer un diseño mejorado que garantice un drenaje óptimo. Esto incluye el análisis de parámetros hidráulicos relevantes, como el tiempo de concentración y la intensidad de las lluvias, Además, es fundamental para asegurar

que las obras funcionen correctamente. Por eso, es vital tener en cuenta estos factores al planear y construir infraestructuras.

Este estudio busca no solo contribuir a la mejora de la infraestructura vial, sino también a la seguridad de la población local, asegurando así la sostenibilidad del entorno. Tal como concluyó (Aguilar Morocho, 2016), "es esencial entender el comportamiento hidráulico de las lluvias para diseñar soluciones efectivas que protejan a las comunidades de inundaciones".

La pregunta general de esta investigación se formula de la siguiente manera:

PG. ¿Qué factores hidráulicos y geográficos influirán en el diseño del sistema de drenaje de la vía E-15 entre Valdivia y Libertador Bolívar?; A partir de esta interrogante general, se derivan tres problemas específicos (PE):

PE.1. ¿Cuáles son las características topográficas e hidrológicas de las áreas de la cuenca que atraviesa la vía E-15 entre Valdivia y Libertador Bolívar?

PE.2. ¿Qué caudales se generan en las cuencas adyacentes durante el análisis hidrológico de la región?

PE.3. ¿Qué diseño hidráulico del sistema de drenaje es necesario para asegurar la integridad estructural de la vía y reducir el riesgo de inundaciones?

1.2. ANTEDECENTES

Como lo indica el Dr. José Supo (2015), todo estudio debe realizarse en el punto de nuestra línea de investigación donde aparecen los primeros vacíos de conocimiento, los cuales se identifican tras llevar a cabo una búsqueda exhaustiva de antecedentes investigativos. Este enfoque es crucial para contribuir de manera eficiente a la línea de investigación, asegurando que el trabajo sea relevante y pertinente. Por esta razón, el estudio se fundamenta en investigaciones previas sobre el tema a nivel internacional, nacional y local, lo que proporciona un contexto sólido y una base teórica adecuada. Para ello, se tomarán en cuenta los siguientes estudios relacionados, que ofrecen perspectivas valiosas y hallazgos significativos que enriquecerán nuestro análisis y desarrollo del tema.

En el ámbito internacional se puede citar el trabajo de tesis de Larry Lao (2019), titulado "Diseño hidráulico del drenaje pluvial para mejorar la calidad de vida de las

Asociación de vivienda Óvalo del Sur – Distrito de la Banda de Shilcayo - San Martín”, el tipo y nivel de investigación es experimental su muestra son las Asociaciones de Vivienda Óvalo del Sur y su población que lo conforma, los resultados obtenidos se alinean con las normas de la construcción.

El proceso comenzó con la recopilación de información topográfica, lo que permitió obtener información hidrológica que ocurre la precipitación en este sector en el cual se obtuvieron resultados estadísticos de información pluviométrica de la zona. Se logró recolectar informaciones estadísticas sobre la lluvia y determinar el coeficiente de escorrentía. Con esta información, se definieron las dimensiones hidráulicas de colectores, alcantarillas y cunetas. Las conclusiones del estudio destacan la importancia de conocer la avenida máxima que podría afectar el área, lo que facilitará la elección de la sección transversal adecuada para el diseño del drenaje pluvial.

De acuerdo con la tesis del autor Ubaldo Llanos (2021) , con el título “Análisis del comportamiento hidráulico del sistema de drenaje pluvial para mejorar el camino vecinal de Ayaviri, Puno – 2021, se tuvo como objetivo general en determinar el análisis del comportamiento Hidráulico del sistema de drenaje pluvial, Esta indagación es de tipo aplicada, el diseño de investigación es no experimental de diseño correlacional – causal y enfoque cuantitativo. Para ello ante una intensa lluvia como resultados se obtuvo el tiempo de concentración es de 96.6 min, la intensidad es de 32.90 mm/hr y el caudal se tubo 26.74 m³/seg, en conclusión se determinó el comportamiento hidráulico de conocer la intensidad de las máximas precipitaciones de los últimos 40 años y de esta manera se tuvo como resultado el diseño de un Pontón para un periodo de retorno de 100 años y de esta manera generar un drenaje óptimo para el lugar de estudio del camino vecinal para el tránsito de vehículos y pobladores de la zona.

Como indica Gerardo Pesantes (2017) , en el tema de investigación tuvo como objetivo determinar el análisis del comportamiento hidráulico empleado en el sistema de drenaje pluvial ubicado en la Carretera Central, para su estabilidad en el tramo del (km 473.50 al km 486.70), Junín – 2017, el tipo de investigación es aplicado de alcance explicativo su diseño fue no – Experimental, la población se estableció en la carretera central que tiene 13.20 km en el departamento de Junín, en la muestra se utilizó a la población del departamento de Junín por lo tanto hizo un muestreo no probabilístico – intencional que se adquirió el tamaño de muestra para su análisis de comportamiento hidráulico que utilizo 01 unidad se encuentra el tramo del km 473.50 al km 486.70, los

instrumento que utilizo fue de recolección de datos de este procedimiento obtuvo las siguientes conclusiones determino su análisis que fue una fuerte intensidad de lluvias que genero fallas en esta carpeta asfáltica de la carretera que se trabajó con el software Hidroesta 2.

El programa permitió identificar las máximas precipitaciones de 24 horas que es de los últimos 20 años, se tuvo resultados para construir cunetas triangulares en ambos lados y poder mejorar la conducción del flujo de drenaje en el tramo estudiado, para el caudal se hizo los estudios de coeficiente de rugosidad, pendiente y tipo de suelos para elaborar la investigación de los parámetros hidráulicos así tener una propuesta de diseño de estructura, por las intensas lluvias su tirante del agua máximo es de 0.40m para esta investigación utilizo la Estación de Satipo que se encuentra en el lugar más cercano del estudio y en los meses de noviembre a marzo se presentan las intensas lluvias de acuerdo a estos datos se pudo concluir los resultados del caudal un diseño de 0.97m³/seg utilizando el software de Hcanales v3.0 que le ayudo para definir la superficie según los parámetros de geometría, que realizo los estudios del tirante de flujo, el área hidráulica y espejo de agua de esta manera tomar un mejor criterio para la propuesta.

En el ámbito nacional, se presenta el trabajo de titulación del autor Diego Chimbo (2023) En el presente trabajo, se analiza el comportamiento hidráulico de la red de drenaje pluvial, en el sector de la Universidad del Azuay, ante implementar sistemas urbanos de drenaje sostenible. Para ello, se elaboró un modelo hidrológico – hidráulico en el software SWMM 5.2. Posteriormente, se implementan medidas de rehabilitación en tres escenarios diferentes, partiendo de un escenario 0, donde, se evidencia la incapacidad de la red ante una lluvia de diseño con un periodo de retorno de 10 años.

Por otro lado, el autor (Hidalgo Beltrán, 2012), con su tema de tesis “Estudio de drenaje en la vía Rumicucho – Loma Cabuyal, de San Antonio de Pichincha” nos dice que esta investigación tiene como objetivo principal desarrollar un diseño de drenaje para una nueva vía, adaptándolo a las condiciones actuales y cumpliendo normativas vigentes, con un enfoque en la mitigación de impactos ambientales. La metodología abarcó la identificación de áreas de microcuencas afectadas, recálculo y actualización de alcantarillas, diseño integral de drenaje considerando herramientas ambientales, y evaluación de la calidad de vida en el área. Como

resultado, el diseño propuesto cumple con las normas y se ajusta a condiciones económicas y constructivas, anticipando beneficios en calidad de vida y generación de empleo.

Como se menciona en la tesis de grado realizada por Aguilar Morocho (2016), el objetivo principal de esta investigación es analizar los sistemas de alcantarillado pluvial en la zona norte de la ciudad de Santa Rosa. Además, se propone diseñar las estaciones de bombeo para mejorar el funcionamiento de dichos sistemas de drenaje. Para llevar a cabo este estudio, los investigadores utilizaron el programa informático SWMM (Storm Water Management Model) con el fin de simular el comportamiento de las redes de drenaje existentes.

Para alimentar estas simulaciones, recopilaron información sobre los aspectos hidrológicos de la zona y los parámetros hidráulicos de los sistemas en cuestión. Mediante estas simulaciones, el equipo de investigación analizó la capacidad de drenaje de las redes de aguas lluvias, considerando eventos de precipitación con periodos de retorno de 5 y 10 años. El objetivo era identificar las posibles áreas que podrían verse afectadas por inundaciones, debido a la ineficiencia de los sistemas actuales.

En el ámbito local se cita el trabajo de los autores Mendoza Gómez y Mendoza Orrala (2023) , titulado “Evaluación y estudio hidráulico para los sistemas de drenaje existentes en la vía Sayá – el Azúcar de la provincia de Santa Elena”, con el objetivo de mitigar los problemas asociados con las inundaciones y mejorar la gestión del agua en la zona.

El estudio se basa en un análisis exhaustivo de las condiciones hidrológicas y topográficas locales, considerando factores climáticos y de uso del suelo. Se emplean herramientas avanzadas de modelado hidráulico para evaluar escenarios de lluvia y determinar las capacidades de drenaje requeridas. El estudio topográfico realizado mediante el software Q-GIS permitió una delimitación detallada de las cuencas aportantes de la región donde se encuentra la vía Sayá – El Azúcar. El diseño del sistema de drenaje superficial y subterráneo se basó en los caudales probables calculados para un período de retorno conservador, asegurando la integridad estructural de la vía Sayá – El Azúcar.

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis General.

La implementación de un diseño hidráulico adecuado para el sistema de drenaje de la vía E-15 entre Valdivia y Libertador Bolívar, basado en un análisis detallado de las características geográficas y los caudales de las cuencas adyacentes, reducirá significativamente el riesgo de inundaciones y garantizará la integridad estructural de la vía.

1.3.2. Hipótesis Específicas.

H.E.1.: Las características geográficas y topográficas de las áreas aledañas a la vía E-15 entre Valdivia y Libertador Bolívar, como la pendiente del terreno y el tipo de suelo, influyen significativamente en la escorrentía y en la efectividad del sistema de drenaje.

H.E.2.: La aplicación de modelos hidrológicos para estimar los caudales en las cuencas adyacentes permitirá identificar períodos críticos de escorrentía y diseñar un sistema de drenaje más eficiente.

H.E.3.: La implementación de un diseño hidráulico basado en la zonificación de la cuenca y el análisis de caudales permitirá reducir el riesgo de inundaciones y garantizar la integridad estructural de la vía a largo plazo.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General.

Desarrollar un diseño hidráulico óptimo para el sistema de drenaje de la vía E-15 entre Valdivia y Libertador Bolívar, que garantice la integridad estructural de la vía y minimice el riesgo de inundaciones, a partir de un análisis exhaustivo de las características geográficas, topográficas e hidrológicas de la región.

1.4.2. Objetivos Específicos.

O.E.1.: Evaluar las características topográficas e hidrológicas de las áreas de la cuenca que atraviesa la vía E-15 entre Valdivia y Libertador Bolívar, para identificar su impacto en la escorrentía y la efectividad del sistema de drenaje.

O.E.2.: Analizar los caudales generados en las cuencas adyacentes durante eventos de lluvias, utilizando modelos hidrológicos para determinar las condiciones críticas que afectan el sistema de drenaje.

O.E.3.: Diseñar un sistema de drenaje que contemple elementos como alcantarillas de diámetro apropiado y soluciones de drenaje sostenible, con el fin de mejorar la gestión de aguas pluviales y asegurar la durabilidad de la infraestructura vial.

1.5. ALCANCE

El alcance del proyecto consiste en realizar un análisis detallado del sistema de drenaje en la vía Valdivia – Libertador Bolívar, que incluirá inspecciones de campo y la recopilación de datos relevantes sobre las condiciones actuales del drenaje. Se llevará a cabo un estudio hidrológico exhaustivo para estimar los caudales en las cuencas adyacentes, lo que permitirá comprender mejor las dinámicas del agua en la región.

Además, se explorarán soluciones técnicas para mejorar el diseño hidráulico y prevenir inundaciones, considerando aspectos como la topografía y la permeabilidad del suelo.

Finalmente, se propondrá un diseño optimizado para una sección representativa de la vía, validado a través de simulaciones y análisis de flujo. Este diseño buscará mejorar la eficiencia del drenaje y minimizar los impactos negativos en la infraestructura y la seguridad vial, protegiendo a las comunidades cercanas ante eventos extremos de lluvia.

1.6. VARIABLES

1.6.1. Variables Dependientes.

- ✓ Diseño del sistema de drenaje requerido para la vía
- ✓ Caudales probables de zona para diferentes periodos de retorno

1.6.2. Variables Independientes.

- ✓ Características geográficas de la zona
- ✓ Información sobre los recursos hídricos de la zona

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

El diseño hidráulico de sistemas de drenaje en vías es un aspecto fundamental que se basa en los principios de la hidráulica. En este capítulo, exploraremos conceptos esenciales como el período de retorno, las intensidades máximas de precipitación y la fórmula de Manning. Estos conceptos son más que simples fórmulas matemáticas; son herramientas clave que nos permiten calcular el caudal, la velocidad de flujo y la capacidad de carga de los canales.

Comprender estos elementos es crucial para asegurar que los sistemas de drenaje puedan gestionar adecuadamente las aguas pluviales. Cuando el drenaje está bien diseñado, se puede evitar la acumulación de agua que podría resultar en inundaciones, lo que no solo protege nuestras infraestructuras, sino también la seguridad de quienes transitan por ellas.

Además, estos principios hidráulicos son vitales para mantener la estabilidad del flujo y garantizar la durabilidad de las vías. Un diseño sólido puede prevenir daños estructurales y minimizar los riesgos asociados con eventos climáticos extremos, la correcta aplicación de estos conceptos no solo es importante desde un punto de vista técnico, sino que también es esencial para la protección de nuestras comunidades y el bienestar de sus habitantes.

2.1. INTRODUCCION AL SISTEMA DE DRENAJE

Las primeras ciudades no contaban con sistemas de saneamiento, lo que provocaba que los desechos humanos se arrojaran a las calles. Esto generaba un ambiente insalubre, lleno de malos olores y con un alto riesgo de enfermedades infecciosas. El sistema de alcantarillado de los asentamientos urbanos surge para evacuar las aguas albañales y mejorar la sanidad urbana. Habitualmente, se integran los escurrimientos pluviales de las calles para evitar inundaciones que causan alteraciones a las actividades cotidianas de la población y daños a sus bienes (Breña Puyol & Breña Naranjo, 2009).

Las solicitudes hídricas para los sistemas de drenaje incrementan de forma proporcional a los procesos de urbanización. A la par del desarrollo urbano es

necesario que exista un acondicionamiento de los sistemas de drenaje pluvial para ajustar las solicitaciones a las crecientes demandas. De este modo se evitará que estos sistemas superen su capacidad y se desborden; ocasionando las inundaciones (Tutiven Galvez, 2017).

2.1.1. Importancia del Drenaje en la Infraestructura Vial.

La infraestructura vial es crítica para el desarrollo económico y social de cualquier región. Las vías no solo facilitan el transporte de personas y mercancías, sino que también son esenciales para garantizar el acceso a servicios básicos como educación, salud y otros recursos vitales. Un sistema de drenaje efectivo es, por lo tanto, fundamental para mantener la operatividad de estas vías, especialmente en áreas propensas a fuertes precipitaciones, donde el riesgo de inundaciones y daños es mayor. Además, un buen sistema de drenaje resulta efectivo para lo siguiente:

2.1.1.1. Evita que el agua subterránea ascienda hasta la subrasante.

Se logra mediante un drenaje subsuperficial o drenaje subterráneo, que previene daños en las carreteras, como grietas, baches y deslizamientos. Este sistema suele consistir en zanjas drenantes que, por lo general, se ubican debajo de cunetas revestidas en los bordes de la carretera (Emesa-30, 2023). Al mantener la humedad del suelo bajo control, se asegura la integridad estructural de la vía y se prolonga su vida útil.

2.1.2. Tipos de Sistema de Drenaje.

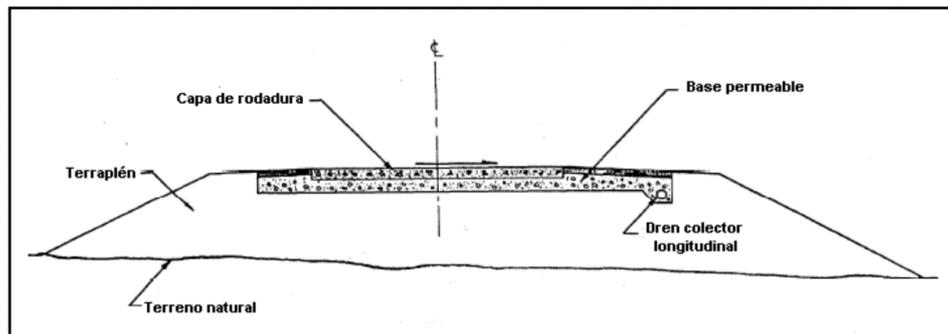
Desde el punto de vista funcional, los elementos del sistema de drenaje subsuperficial se pueden clasificar en dos categorías: (i) los que controlan la infiltración y (ii) los que controlan el agua subterránea. Los primeros se diseñan y construyen para interceptar y remover el agua que ingresa en la corona debido a la precipitación o al flujo superficial, en tanto que los segundos tiene como propósito abatir el nivel freático y reducir el movimiento de agua en las subrasantes y las capas del pavimento. La manera más común de identificar los elementos del sistema de subdrenaje es en términos de su localización y su geometría. Las clasificaciones familiares de este tipo incluyen: drenes longitudinales, drenes transversales, drenes horizontales. (Flóres & Bolaños , 2009)

2.1.2.1. Drenes longitudinales.

Como lo indica su nombre, un dren longitudinal se coloca en una dirección esencialmente paralela al eje de la carretera tanto horizontal como verticalmente. Está constituido por una zanja de cierta profundidad, un filtro protector de alguna clase y, eventualmente, un tubo colector. El grado de sofisticación empleado en el diseño de estos drenes dependerá de la fuente de agua que deba ser drenada y de la manera como se espera que ellos funcionen. Cuando se instalan para contribuir específicamente en la evacuación del agua que se infiltra en el pavimento, se llaman drenes laterales de base o drenes colectores longitudinales. Cuando se usan para cortar la filtración en taludes o abatir el nivel freático se conocen como drenes interceptores longitudinales o, simplemente, como drenes longitudinales. (Flóres & Bolaños , 2009)

Figura 1

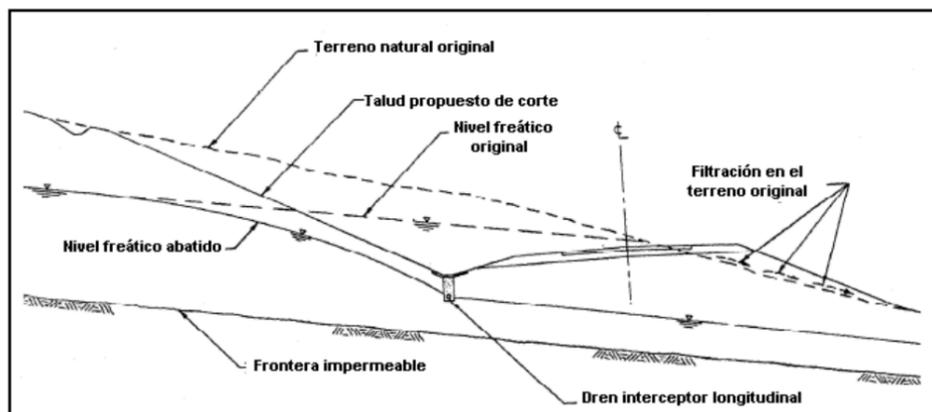
Drenes interceptores transversales en carretera.



Nota. Tomado del Manual de Drenaje para Carreteras (2009).

Figura 2

Instalación múltiple para abatimiento del nivel freático.



Nota. Tomado del Manual de Drenaje para Carreteras (2009).

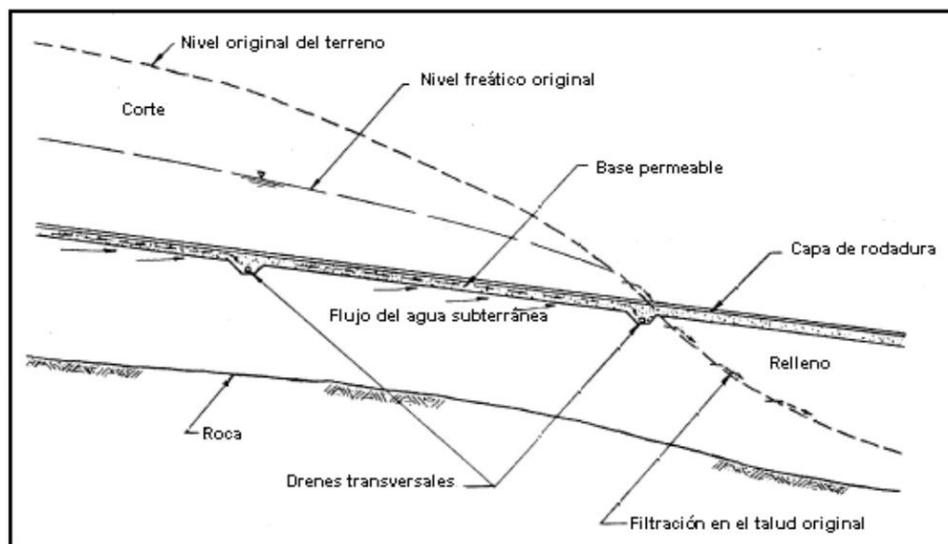
2.1.2.2. Drenes transversales.

Los drenes subsuperficiales que cruzan la carretera se clasifican como transversales. Generalmente, estos drenes realizan el cruce en un sentido perpendicular, aunque en algunas ocasiones lo hacen de manera sesgada o en forma de espina de pescado. La estructura de un dren transversal es comparable a la de un dren longitudinal e incluye una zanja, una tubería colectora y un filtro protector. Esta configuración es esencial para garantizar un adecuado manejo del agua subterránea y prevenir problemas de acumulación que puedan afectar la carretera.

Los drenes transversales son útiles en las juntas de los pavimentos, ya que permiten drenar la infiltración y el agua subterránea en las bases y subbases. Esto resulta especialmente beneficioso en áreas de la carretera donde la relación entre las pendientes longitudinal y transversal favorece un flujo mayor en dirección longitudinal. Al implementar estos drenes, se minimiza el riesgo de acumulación de agua, lo que contribuye a la estabilidad y durabilidad del pavimento. Cuando la dirección general del flujo de agua freática sea paralela a la carretera (lo que sucede cuando la vía es cortada en forma más o menos perpendicular al contorno del terreno), estos drenes pueden ser más efectivos que los longitudinales en la intercepción o el abatimiento del nivel freático. (Flóres & Bolaños , 2009)

Figura 3

Drenes interceptores transversales en carretera.



Nota. Tomado del Manual de Drenaje para Carreteras (2009).

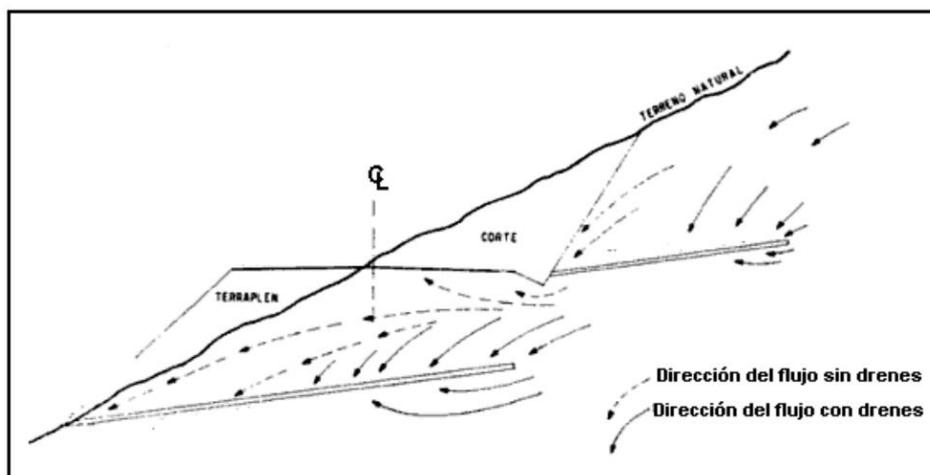
2.1.2.3. Drenes horizontales.

Los drenes horizontales, también conocidos como drenes sub-horizontales o de penetración, están constituidos por tuberías de poco diámetro con pequeñas perforaciones o ranuras, las cuales se instalan con una ligera inclinación ascendente en los taludes de cortes o terraplenes para drenar aguas internas y aliviar presiones de poros, lo que trae como consecuencia un incremento en su estabilidad (Figura 5.7). Una de las ventajas de los drenes horizontales es su posibilidad de drenar el agua y/o abatir las presiones de poros a profundidades inaccesibles para otros elementos de subdrenaje más convencionales.

El efecto práctico de un sistema de drenes horizontales es introducir dentro del terreno una frontera con presión nula. Si la presión del agua en la zona donde se instalan los drenes es superior a la atmosférica, se crea entre la fila de drenes y su zona aledaña un gradiente hidráulico que hace fluir el agua hacia los drenes, los cuales la trasladan luego hacia el exterior por el efecto gravitacional. En su salida al exterior, se puede dejar que los drenes proyecten el agua hacia la cuneta. Sin embargo, en instalaciones más elaboradas, se pueden conectar a mangueras o tubos colectores que se encargan de disponer el agua fuera de los límites de la carretera. (Flóres & Bolaños , 2009).

Figura 4

Drenes horizontales en un corte a media ladera.



Nota. Tomado del Manual de Drenaje para Carreteras (2009).

2.2. CUENCA HIDROGRAFICA

La naturaleza es una unidad indivisible, en donde los elementos naturales, el suelo, el agua, la vegetación, la fauna, el clima y el hombre, se encuentran íntimamente relacionados. Un enfoque integral y del conocimiento sistémico del hombre y la naturaleza permite establecer que una cuenca proporciona un marco de referencia para proyectar el desarrollo sustentable regional. Una cuenca hidrográfica es una unidad morfológica integral, que se define en un territorio donde las aguas superficiales convergen hacia un cauce o unidad natural delimitada por la existencia de la divisoria de las aguas, las cuales fluyen al mar a través de una red de cauces principales. En una cuenca hidrológica, además se incluye toda la estructura hidrogeológica subterránea del acuífero como un todo, conformando un sistema integral, constituyendo un conjunto de componentes que están conectados e interactúan formando una unidad. La estabilidad y permanencia de todos sus componentes estructurales son propiedades y formas de comportamiento del sistema. (Gaspari et al., 2010).

2.2.1. Afluentes.

Los afluentes de una cuenca hidrográfica constituyen los ríos secundarios que vierten sus aguas al cauce principal, uno de los problemas de mayor recurrencia es la contaminación de sus aguas especialmente por laborar agrícolas y ganaderas. Se puede clasificar los ríos de acuerdo con su incidencia temporal en tres tipos (Vásconez, y otros, 2019)

- Perennes: Son ríos que mantienen un flujo constante de agua durante todo el año. Su caudal se sostiene mediante la alimentación de aguas subterráneas.
- Intermitentes: Son ríos que solo fluyen durante las estaciones lluviosas, según las condiciones climáticas. Su caudal depende directamente de las precipitaciones.
- Efímeros: son respuestas inmediatas a periodos de precipitación. Se forman debido al escurrimiento superficial.

2.2.2. Delimitación de una cuenca.

La delimitación de una cuenca se puede hacer a partir de fotografías aéreas, sin embargo, lo más común es utilizando los mapas topográficos (escala 1:100,000). Consiste en trazar la línea divisoria que se denomina parteaguas y se ubica en las partes más altas dividiendo el curso de la escorrentía hacia una u otra cuenca (Ordoñez, 2011).

2.2.3. Densidad de drenaje.

Es el reflejo de la dinámica de la cuenca, la estabilidad de la red hidrográfica y del tipo de escorrentía de superficie, así como de la respuesta de la cuenca a una precipitación. Se define como la relación entre la longitud total de los cursos de agua y su área total. (Ordoñez, 2011)

2.2.4. Precipitación.

La precipitación abarca no solo la lluvia, sino también otros procesos mediante los cuales el agua se deposita en la superficie terrestre, incluyendo fenómenos como el granizo y la nevisca. Para que se forme la precipitación, es necesario que una masa de aire se eleve en la atmósfera, lo que provoca su enfriamiento. Este enfriamiento permite que parte de la humedad contenida en el aire se condense, formando gotas de agua o cristales de hielo. Los tres mecanismos principales para la elevación de masas de aire son la elevación frontal, donde el aire caliente es elevado sobre aire frío por un pasaje frontal; la elevación orográfica. Mediante la cual una masa de aire se eleva para pasar por encima de una cadena montañosa; y la elevación convectiva, donde el aire se arrastra hacia arriba por una acción convectiva, como ocurre en el centro de una celda de una tormenta eléctrica. (Zuñiga, 2013).

2.2.4.1. Ecuación de Balance Hídrico

Formula de Balance Hídrico para una cuenca, referida a un periodo corto muestra la siguiente fórmula:

$$P = I + S + E + F + P_n$$

Donde:

P: Lluvia Total

I: Intercepción

S: Almacenamiento Superficial

E: Evaporación desde el suelo

F: Infiltración

P_n : Escorrentía directa

El cálculo considera el agua retenida en la vegetación, la evaporación desde la superficie del suelo, la infiltración en el subsuelo y la escorrentía que fluye por la pendiente del terreno.

2.2.4.2. *Fundamentos de escorrentía superficial en problemas de drenaje vial.*

La escorrentía superficial en problemas de drenaje, y particularmente en problemas de drenaje vial, parte del hecho desde el punto de vista conservador de que las cuencas hidrográficas se encuentran húmedas cuando acontece la lluvia de diseño, de tal manera que la intercepción y la detención superficial ya han sido ocupadas por lluvias previas, y el único elemento que descuenta agua de la precipitación es el proceso de infiltración (Flóres & Bolaños , 2009).

Tampoco se tienen en cuenta los fenómenos de evaporación y transpiración de las plantas debido a que, las lluvias intensas que producen grandes caudales pico para diseño de obras de drenaje son de muy corta duración (horas), y los referidos fenómenos en estos eventos son muy pequeños. Tampoco es usualmente tenido en cuenta el fenómeno de escorrentía subterránea afluente a los cauces durante y después del aguacero de diseño, pues es un fenómeno de movimiento del agua en un medio poroso, que usualmente es pequeño en comparación con la escorrentía superficial producida por la hoya hidrográfica (Flóres & Bolaños , 2009).

2.2.5. Ecuación de Manning.

La ecuación de Manning es el resultado del proceso de un ajuste de curvas y debido a su simplicidad de forma y a los resultados satisfactorios que arroja para aplicaciones prácticas, la fórmula Manning se ha hecho la más usada de todas las fórmulas de flujo uniforme para cálculos de escurrimiento en canal abierto. (Pastora, 2010)

$$Q(h) = \frac{1}{n} (A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}})$$

Q: Caudal de diseño, en metros cúbicos por segundo

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

A: Área mojada respetando un borde libre equivalente al 30% de la altura total, en metros cuadrados (m²)

R: Radio hidráulico el cual se calcula con base en la geometría de la estructura, en metro (m)

S: Pendiente, en metros por metro (m/m)

2.2.5.1. Coeficiente de Manning (n).

El coeficiente de Manning estará determinado por la figura 5, donde se aprecian los diferentes materiales utilizados en la construcción de las vías, según lo establecido por la (MTO, 2003). Esta figura es fundamental para seleccionar el valor adecuado del coeficiente, ya que este influye directamente en el cálculo de la velocidad del flujo y, por ende, en el diseño del sistema de drenaje.

Figura 5

Coeficientes de Manning para los diferentes materiales usados.

DESCRIPCION	"n"
TUBOS DE HORMIGON	0.012
Tubos de metal corrugado o tubos en arco:	
a) Simple o revestido	0.024
b) Solera pavimentada	0.019
Tubo de arcilla vitrificada	0.012
Tubo de hierro fundido	0.013
Alcantarilla de ladrillo	0.015
Pavimento asfáltico	0.015
Pavimento de hormigón	0.014
Parterre de césped	0.05
Tierra	0.02
Grava	0.02
Roca	0.035
Areas cultivadas	0.03-0.05
Matorrales espesos	0.07-0.14
Bosques espesos-poca maleza	0.10-0.15
Cursos de agua	
a) Algo de hierba y maleza-poco o nada de matorrales	0.03-0.035
b) Maleza densa	0.035-0.05
c) Algo de maleza-matorrales espesos a los costados	0.05-0.07

Nota. Tomado MTO (2003).

2.3. HIDRÁULICA

Parte de la Mecánica de Fluidos que trata de las leyes que rigen los movimientos de los líquidos, y de las técnicas destinadas al aprovechamiento de las aguas o a la defensa y protección contra las mismas (Alvarez, y otros, 2018)

Las reglas de la hidráulica se fundamentan en las leyes de la hidrodinámica y de la hidrostática y también en las siguientes suposiciones: los líquidos son isótropos, incompresibles y perfectamente fluidos, circulan en régimen permanente y continuo. El cálculo, apoyado por experimentos hechos con modelos reducidos, permite determinar con mucha precisión las características de los canales, presas, puertos, cañerías, sifones, etc.; calcular los roces con las paredes, las pérdidas de carga, los golpes de ariete, el régimen de los ríos, las mareas, etc.; diseñar y utilizar en condiciones óptimas las máquinas hidráulicas. (Alvarez, y otros, 2018)

2.3.1. Empleo de la hidráulica en obras de ingeniería civil.

Se entiende por obra o infraestructura hidráulica a una construcción, en el campo de la ingeniería civil, donde el elemento dominante tiene que ver con el agua, en este caso el sistema de drenaje pluvial vial. Las obras hidráulicas constituyen uno de los importantes en la trayectoria en la construcción desde los tiempos antiguos de las culturas en Europa en Asia con las primeras obras hidráulicas canales de irrigaciones. Ejemplo: Las presas han representado un capítulo destacado, con el fin de satisfacer las crecientes necesidades hidráulicas de culturas antiguas de Europa y Asia. La ejecución de estas infraestructuras hidráulicas utilizó la tecnología más innovadora, dentro de un contexto de respeto al medio ambiental (Cruz, 2018).

2.3.2. Área Hidráulica (Ah).

Es el área de la sección transversal ocupada por el líquido dentro del conducto, también conocida como área de flujo. Un área de flujo mayor permite que un mayor volumen de líquido pase a través del conducto en un tiempo determinado, lo que influye directamente en la velocidad y la presión del líquido. Según Jimenez y otros (2018), la optimización de esta área es crucial para el diseño eficiente de sistemas hidráulicos, ya que garantiza un transporte adecuado del fluido y minimiza el riesgo de obstrucciones o pérdidas de presión en el sistema.

Figura 6

Área hidráulica.



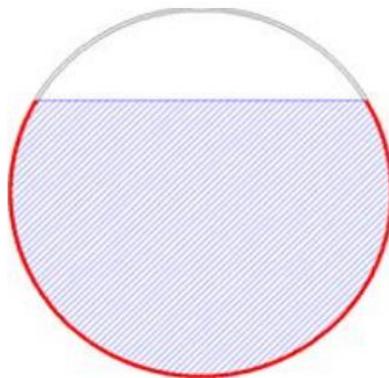
Nota. Tomado Jiménez, y otros, (2018).

2.3.3. Perímetro Mojado (Pm).

Es el perímetro de la sección transversal del conducto en el que hay contacto de líquido con la pared sin incluir la superficie libre si ésta existe (Jimenez, y otros, 2018).

Figura 7

Perímetro mojado.



Nota. Tomado Jiménez, y otros, (2018).

2.3.4. Radio hidráulico.

Es la relación del área hidráulica entre el perímetro mojado. Esta relación es fundamental en el análisis del flujo en canales y conductos, ya que influye en la resistencia al flujo y en la eficiencia hidráulica del sistema. (Jimenez, y otros, 2018).

$$Rh = \frac{Ah}{Pm}$$

A tubería llena:

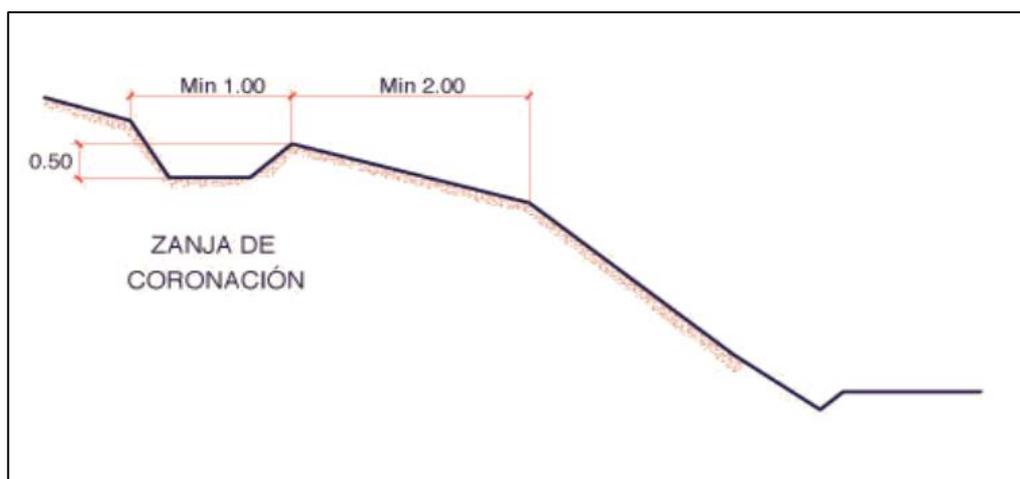
$$Rh = \frac{D}{4}$$

2.3.5. Zanjas de coronación o contracunetas.

Son zanjas interceptoras de la escorrentía en la parte alta del talud de corte o en proximidades de la base del terraplén, respectivamente. Las zanjas de coronación son utilizadas para interceptar las aguas lluvias, evitando su paso por el talud. Se recomienda que las zanjas de coronación sean totalmente impermeabilizadas para evitar infiltraciones que puedan afectar el talud de la vía y que la impermeabilización se complemente con un correcto mantenimiento en el que, cuando menos cada dos años, se reparen las fisuras y las grietas que se presenten.

Figura 8

Zanja de coronación.



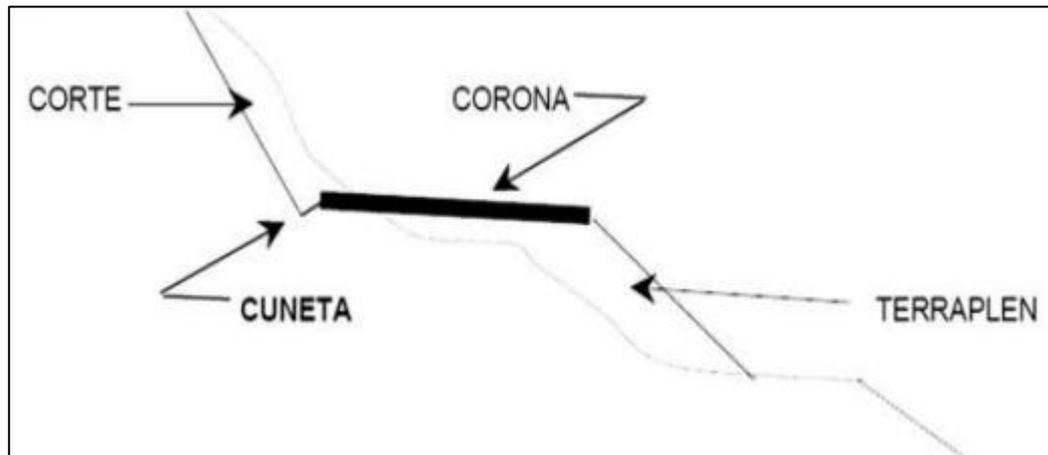
Nota. Tomado Ponce (2018).

2.3.6. Tipos de cuneta.

Se pueden presentar en dos tipos: en cortes en balcón donde hay cuneta en un solo lado, al contar con una sola cuneta, canalizan el agua de escorrentía hacia un lado de la carretera, permitiendo su evacuación adecuada y reduciendo el riesgo de erosión y daños en la infraestructura vial y en cortes en cajón, donde hay cuneta en ambos lados, esta configuración puede manejar volúmenes de agua más significativos y asegurar un flujo eficiente de las aguas pluviales a lo largo de la carretera (Romero , Sabogal, & Gomez, 2017).

Figura 9

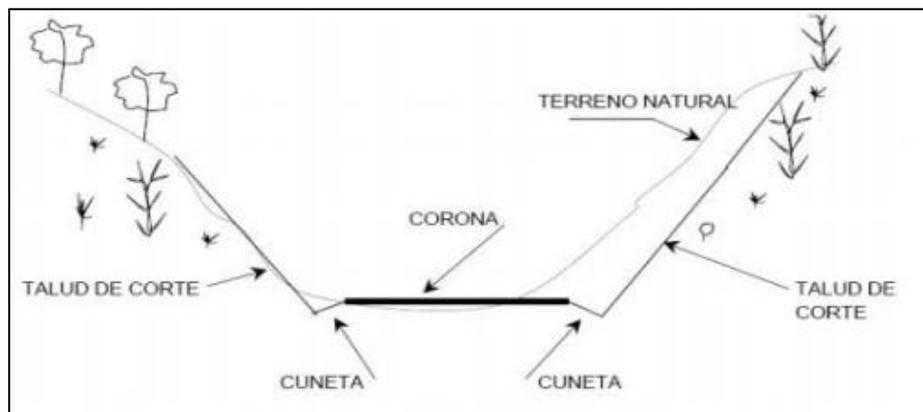
Sección de balcón.



Nota. Tomado Romero, Sabogal & Gómez (2017).

Figura 10

Sección en cajón.



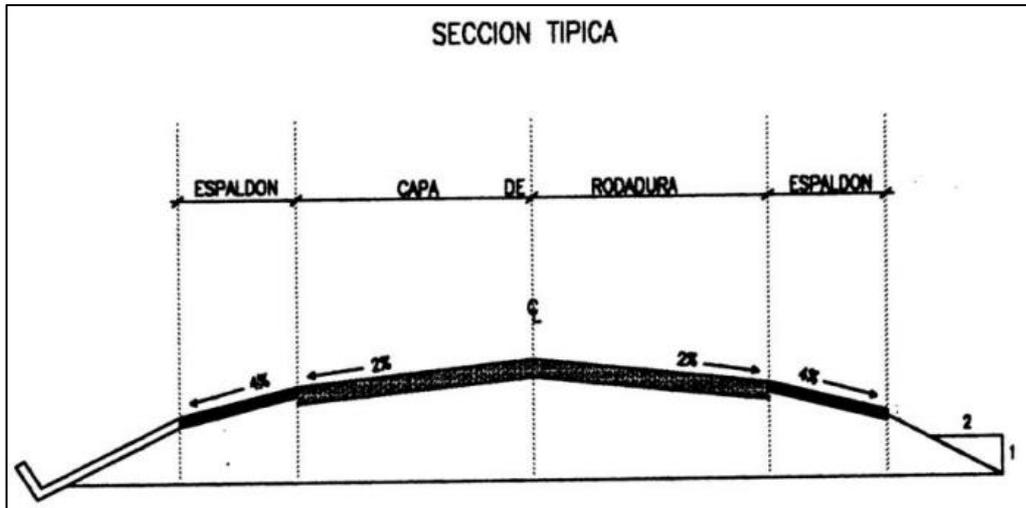
Nota. Tomado Romero, Sabogal & Gómez (2017).

2.3.7. Bombeo.

Se denomina bombeo a la pendiente transversal que se proporciona a la corona de la carretera para permitir que el agua que cae directamente, sobre esta, escurra hacia sus espaldones. En las carreteras de dos carriles de circulación y en secciones en tangente es común que el bombeo de la capa de rodadura sea del 2% de pendiente y en los espaldones sea del 4%; en las secciones en curva, el bombeo se superpone con la sobrelevación necesaria, de manera que la pendiente transversal se desarrollará sin discontinuidades, desde el espaldón más elevado al más bajo (MTO, 2003).

Figura 11

Bombeo en sección tangente.



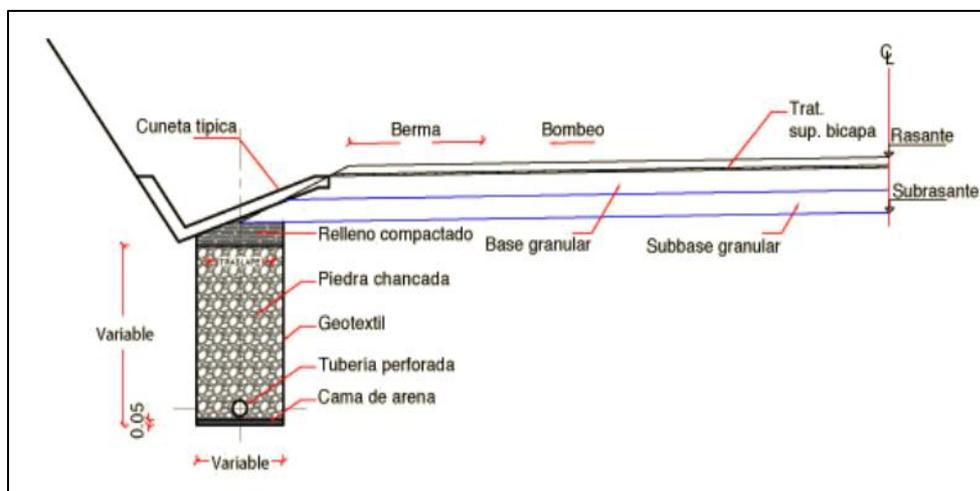
Nota. Tomado MTOP (2003).

2.3.8. Subdrenaje.

El drenaje subterráneo se proyecta con el objetivo de interceptar, conducir y/o desviar los flujos sub-superficiales (subterráneos) que se encuentran en el suelo de fundación de la carretera o provienen de los taludes adyacentes. Según Zuñiga (2013), este sistema es esencial para prevenir la acumulación de agua, lo que podría comprometer la estabilidad de la infraestructura y generar problemas como deslizamientos. Su implementación asegura la integridad de la carretera y mejora su durabilidad a largo plazo.

Figura 12

Infraestructura subterránea (subdrenaje).



Nota. Tomado Romero Vanegas et al (2017).

2.4. PARÁMETROS DE DISEÑO

Los parámetros de diseño en sistemas de drenaje son fundamentales para garantizar capacidad adecuada, cumplimiento normativo, desempeño hidráulico óptimo, y adaptación a condiciones específicas del sitio, asegurando funcionalidad y seguridad frente a eventos extremos. Esto maximiza beneficios para la comunidad servida.

2.4.1. Caudal de Diseño para Alcantarilla Circular.

El caudal de diseño es un parámetro fundamental en el dimensionamiento de alcantarillas circulares en sistemas de drenaje pluvial.

Para calcularlo, se deben considerar aspectos clave como el área de la cuenca, la intensidad de lluvia, el coeficiente de escorrentía, el tiempo de concentración y fórmulas hidráulicas.

2.4.2. Caudal de Diseño para Alcantarilla Ducto Cajón.

El cálculo del caudal de diseño es fundamental para dimensionar adecuadamente alcantarillas tipo ducto cajón en sistemas de drenaje pluvial, ya que representa el volumen máximo que deben poder transportar de manera eficiente, el cual es un tipo particular de alcantarilla con una forma rectangular.

2.4.3. Curvas Intensidad –Duración– Frecuencia (IDF).

Las curvas (IDF) son la representación gráfica de la relación que existe entre la intensidad, la duración y la frecuencia o periodo de retorno de la precipitación. Constructivamente se las podría expresar como curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o periodo de retorno. Permiten estimar la intensidad de lluvia esperada en función de su duración y la probabilidad de que ocurra en un período determinado. La elaboración de este tipo de curvas requiere de un extenso conocimiento de las intensidades de precipitación de la zona para distintos periodos de retorno. Existen una gran variedad de métodos con los que se podría realizar este tipo de gráficos, los más destacados son: Aparico,

Varas y Sánchez o Wenzel. Dichas curvas son una base que permite elaborar a futuro el hidrógrafo triangular unitario y posteriormente el Histograma de diseño (Facundo J, 2005).

Para la aplicación práctica de los datos de lluvia en ingeniería, es fundamental entender la relación entre las cuatro características clave de las precipitaciones: intensidad, duración, frecuencia y distribución. Además, el conocimiento sobre la distribución espacial de las lluvias se obtiene a través del análisis regional de los registros de las estaciones pluviográficas y pluviómetros, lo cual permite a los ingenieros utilizar de manera efectiva esta información en sus diversos campos de aplicación, mejorando así la planificación y el diseño de infraestructuras.

2.4.4. Software Q-GIS

Quantum Geographic Information System, es un sistema de información geográfica (SIG) de código abierto ampliamente utilizado en el campo de la ingeniería civil y muchas otras disciplinas relacionadas con la geografía y la cartografía. Q-GIS se destaca por su capacidad para gestionar, analizar y visualizar datos geoespaciales, lo que lo convierte en una herramienta esencial en la toma de decisiones y la planificación en proyectos de ingeniería civil, entre las características más destacadas se encuentran la capacidad para crear y editar mapas, realizar análisis de datos espaciales, generar informes y gráficos, y llevar a cabo procesos de geoprocetamiento, es especialmente valioso en la ingeniería civil para tareas como la planificación urbana, la gestión de recursos hídricos, la optimización de rutas de carreteras, el diseño de infraestructuras, la evaluación de impacto ambiental y muchas otras aplicaciones relacionadas con la geolocalización y el análisis espacial (QGIS Project, 2020).

2.4.5. Software CALDREN

CALDREN facilita el diseño hidrológico e hidráulico de sistemas de drenaje superficial para carreteras y calles urbanas, logrando resultados óptimos en poco tiempo. Los cálculos se basan en los criterios de la FHWA (Federal Highway Administration), así como en normas, reglamentos y directrices de diversos autores. (Lazo, 2021)

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El tipo y nivel de investigación son factores determinantes que establecen el enfoque metodológico y la profundidad del estudio. Esta clasificación no solo define el propósito del análisis, sino que también orienta el diseño de la investigación y la elección de técnicas adecuadas para alcanzar los objetivos planteados. Al hacerlo, se asegura que los métodos seleccionados sean coherentes y efectivos en la recolección y análisis de datos, lo que contribuye a la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos. Así, se facilita una interpretación más precisa y fundamentada de los hallazgos.

3.1.1. Tipo de investigación.

Esta investigación es de tipo aplicada. Según Suárez (Suárez, Experto Universitario, 2023), este enfoque se centra en desarrollar estrategias específicas para alcanzar objetivos establecidos, orientándose a la resolución de problemas prácticos en lugar de limitarse a ampliar el conocimiento teórico. En este caso, el estudio busca optimizar el sistema de drenaje en la vía E-15, que conecta Valdivia y Libertador Bolívar. Al mejorar esta infraestructura, se pretende reducir el riesgo de inundaciones y garantizar la integridad de la vía, lo que contribuye a la seguridad vial y al bienestar de la comunidad.

3.1.2. Nivel de Investigación.

La investigación es de nivel aplicativo; (José Supo, 2023) establece este nivel de investigación ya que se orienta al estudio de los procesos, resultados e impacto de una intervención específica en la población de estudio, buscando mejorar ciertas condiciones sin manipulación experimental directa. En este caso, se pretende aplicar modelos hidráulicos adaptados a las características de la vía E-15 entre Valdivia y Libertador Bolívar, optimizando el sistema de drenaje para reducir el riesgo de inundaciones y mejorar la seguridad de la infraestructura vial en beneficio de la comunidad local.

3.2. MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Método.

El método utilizado es el deductivo, que, de acuerdo con Suárez (2024), parte de principios generales para llegar a conclusiones específicas mediante un proceso lógico. Este enfoque se aplica al analizar datos como la intensidad de lluvia y las características de la vía E-15 entre Valdivia y Libertador Bolívar. A través de este análisis, se calculará el caudal que podría afectar el sistema de drenaje, lo que permitirá desarrollar un diseño hidráulico adecuado para enfrentar posibles lluvias. Así, se busca garantizar la eficacia del sistema y reducir el riesgo de inundaciones en la zona.

3.2.2. Enfoque.

El enfoque del estudio es cuantitativo. Según (Mata Solís, 2019), este tipo de investigación se centra en la recopilación y análisis de datos numéricos, lo que permite obtener resultados precisos y medibles. En este caso, se llevará a cabo un análisis exhaustivo de la topografía e hidrología de la zona, lo que es esencial para estimar los datos necesarios. Además, se aplicarán cálculos específicos y se realizará un estudio hidráulico para llevar a cabo un análisis final que permita evaluar la efectividad del sistema de drenaje y proponer mejoras fundamentadas.

3.2.3. Diseño de la investigación.

En esta investigación se aplica un diseño experimental, ya que, según (Velázquez, 2019) este tipo de diseño permite un control elevado sobre las variables y facilita establecer relaciones causales entre ellas. Este enfoque es adecuado para observar el efecto de variables independientes, como las características geográficas e hidrológicas de la región, sobre variables dependientes, tales como el diseño del sistema de drenaje y los caudales estimados. En este contexto, se pretende establecer cómo las condiciones geográficas influyen en el rendimiento del sistema de drenaje de la vía E-15 entre Valdivia y Libertador Bolívar, optimizando el diseño para asegurar su capacidad frente a las lluvias y caudales proyectados.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.3.1. Población.

La población se refiere al conjunto completo de elementos o fenómenos sobre los cuales se desea obtener información en una investigación, según (Guzmán, 2023). En este contexto específico, la población de estudio está conformada por el sistema de drenaje de la vía E-15, que se extiende entre Valdivia y Libertador Bolívar. Este sistema de drenaje no solo incluye las estructuras principales diseñadas para la gestión del agua, sino también las áreas aledañas que se ven afectadas por su funcionamiento. Es fundamental considerar estos espacios, ya que su interacción con el sistema de drenaje puede influir en la eficacia del manejo del agua, así como en la salud ambiental y la seguridad de la infraestructura vial. Por lo tanto, el análisis de esta población permitirá obtener una visión integral de los desafíos y oportunidades relacionados con el drenaje en esta importante vía.

3.3.2. Muestra.

La muestra es un subconjunto representativo de la población total, seleccionado para ser analizado, según (Guzmán, 2023). En el contexto de este estudio, la muestra se compone de las secciones específicas del sistema de drenaje de la vía E-15 que conecta Valdivia y Libertador Bolívar. Estas secciones han sido elegidas cuidadosamente para realizar el análisis, asegurando que los resultados obtenidos sean representativos y relevantes para la evaluación del sistema de drenaje en su conjunto.

3.3.3. Muestreo.

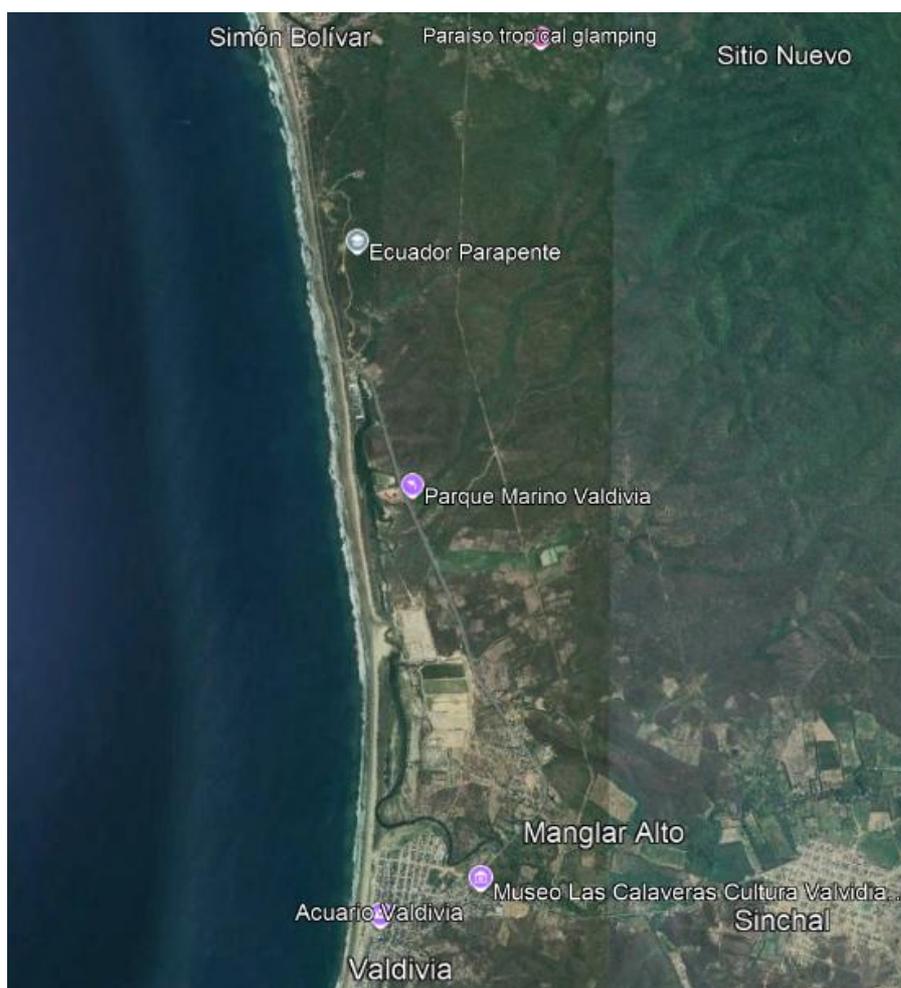
El muestreo es el proceso mediante el cual se seleccionan los elementos de la población que formarán la muestra, basándose en ciertos criterios y procedimientos, según (Guzmán, 2023). En esta investigación, se utilizarán datos topográficos y herramientas como CALDREN y Q-GIS para identificar las cuencas y subcuencas más relevantes para el análisis y diseño del sistema de drenaje. Este enfoque asegurará que la muestra sea representativa y permita obtener resultados precisos que contribuyan a mejorar la gestión del agua en la región.

3.4. UBICACIÓN Y SECTOR DE ESTUDIO

El área de influencia abarca toda la región que incluye las cuencas y subcuencas que drenan hacia la vía E-15, y se estima que comprende aproximadamente 30 km². Esta extensión es fundamental para entender cómo las características hidrológicas de la zona impactan el sistema de drenaje de la vía. Como se ilustra en la figura 13, el análisis de esta área no solo permitirá evaluar mejor la relación entre las precipitaciones y el comportamiento del drenaje, sino que también facilitará la identificación de puntos críticos donde puedan surgir problemas de inundación. Esto es esencial para implementar estrategias adecuadas de gestión de recursos hídricos y garantizar la seguridad vial y ambiental en la región.

Figura 13

Ubicación de las comunas Valdivia y Libertador Bolívar. Latitud: 530749.01 m E y Longitud: 9785616.94 m S.



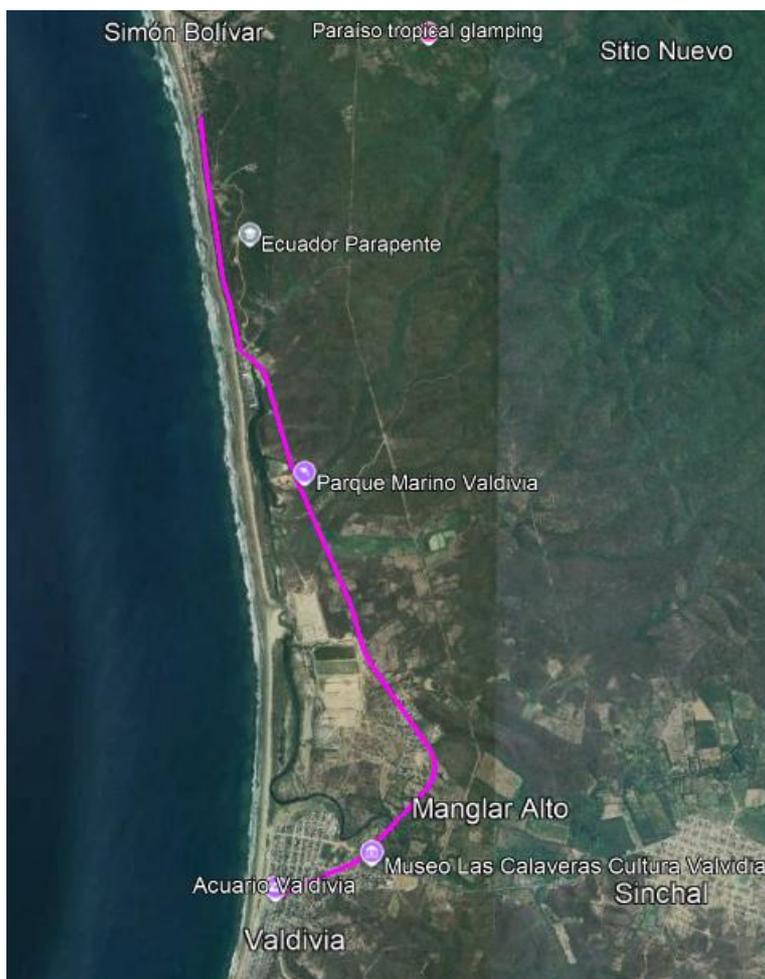
Nota. Tomado de Google Earth (2023).

3.5. METODOLOGÍA DEL O.E.1: EVALUAR LAS CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS E HIDROLÓGICAS DE LAS ÁREAS DE LA CUENCA QUE ATRAVIESA LA VÍA VALDIVIA – LIBERTADOR BOLÍVAR

La vía E-15, en el tramo entre Valdivia y Libertador Bolívar, cuenta con una longitud de 7.1 km y se ubica en la zona costera de Santa Elena, al oeste de Loma Alta. Esta carretera es de vital importancia para la conexión entre las localidades cercanas y el transporte de bienes y servicios en la región. Su proximidad al litoral la hace susceptible a fenómenos climáticos, lo que resalta la necesidad de un sistema de drenaje eficiente para prevenir inundaciones y garantizar la seguridad de los usuarios.

Figura 14

Imagen satelital del segmento de la Vía Valdivia-Libertador Bolívar.



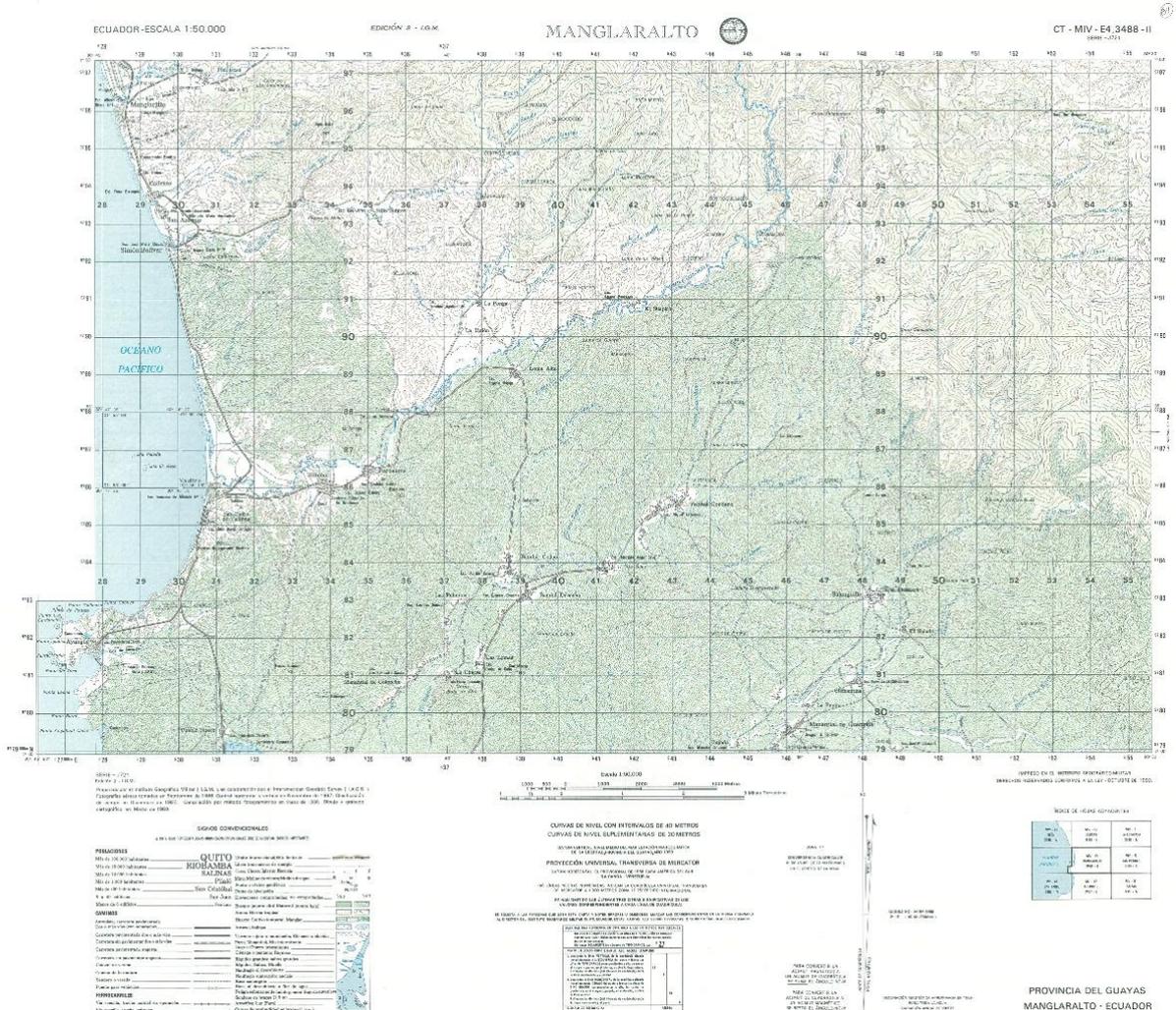
Nota. Tomado de Google Earth (2023).

3.5.1. Cuencas hidrográficas

Se utilizará la carta topográfica obtenida del Instituto Geográfico Militar (IGM) con la serie J721, como se muestra en la figura 15. Esta carta es fundamental para proporcionar información detallada sobre el relieve y las características geográficas de la zona, lo que permitirá un análisis más preciso del sistema de drenaje en la vía E-15.

Figura 15

Carta topográfica para la región de Manglaralto en Santa Elena.



Nota. Tomado del Instituto Geográfico Militar (IGM).

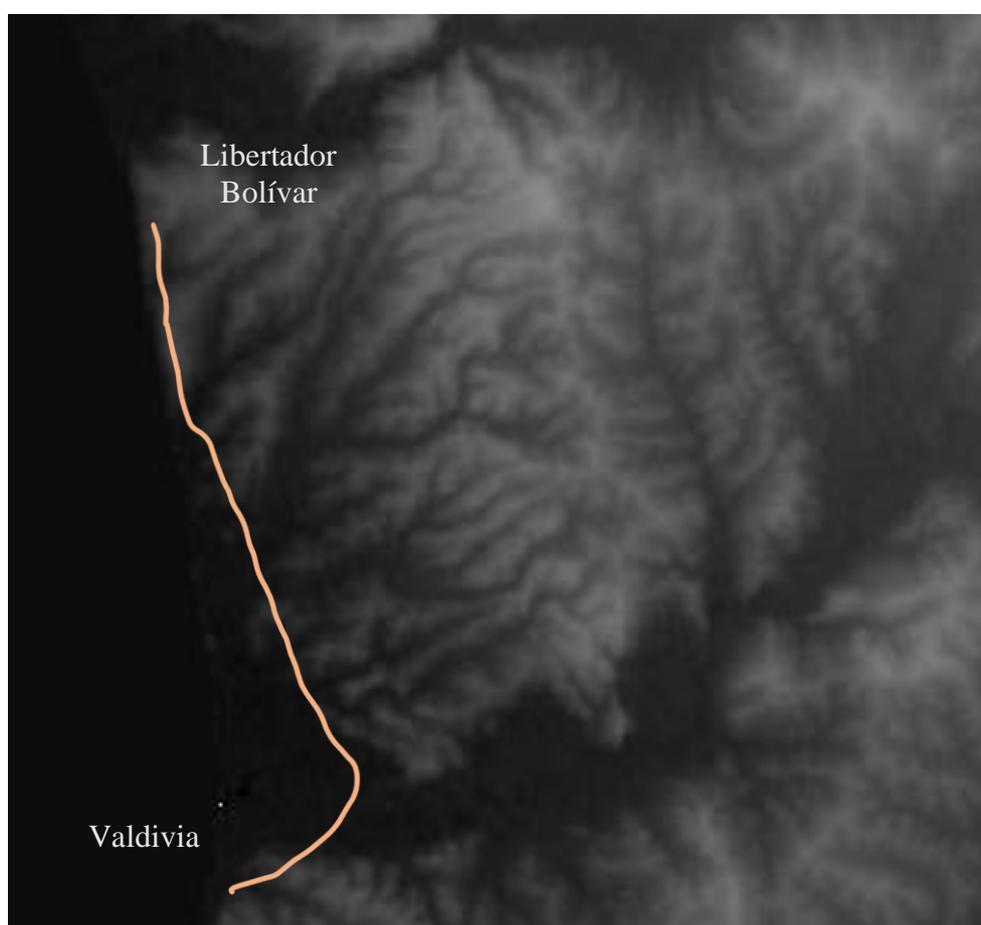
Mediante el uso del software Q-GIS se obtendrán de las cuencas y subcuencas los perímetros, las áreas y las elevaciones además de los cauces del área de estudio junto con las longitudes de ríos y cauces que desembocan en la vía.

Para la obtención de los parámetros, se generará un Modelo Digital de Elevación (DEM) con el complemento SRTM, que permite acceder a una fuente de mapas con datos sobre las elevaciones del área de estudio. De esta manera facilitara el análisis y las características del terreno.

A continuación, en la figura 16 se presenta el modelo DEM de la zona, junto a la vía que se está analizando.

Figura 16

Modelo DEM de la región con el trayecto de la vía de estudio.



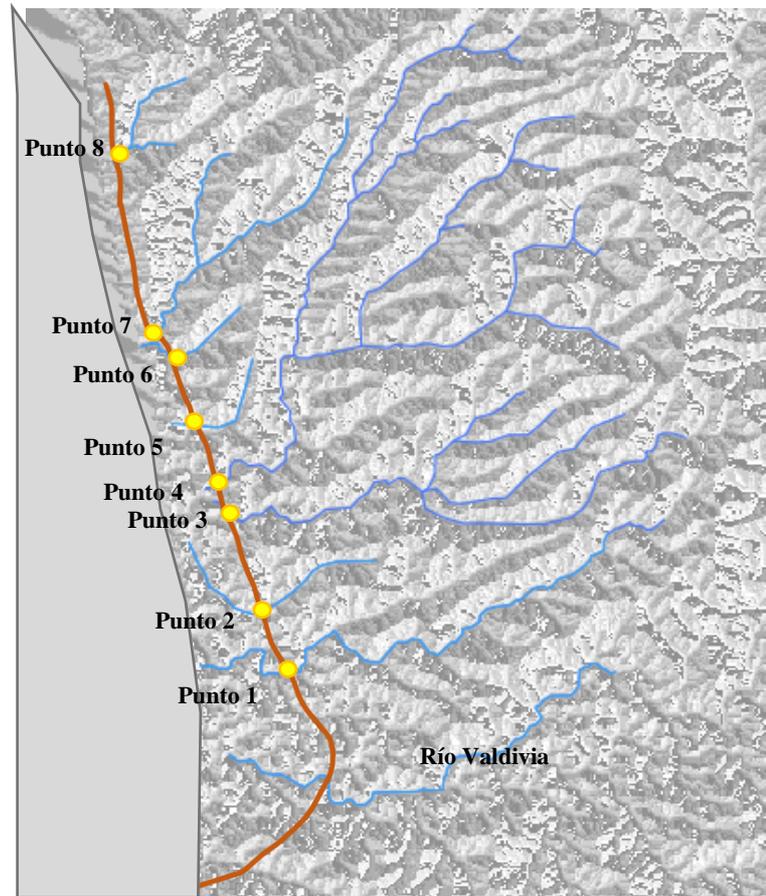
Nota. Elaborado y obtenido de QGIS.

Utilizando la herramienta de complemento r.watershed del Q-GIS, se generarán las capas para delimitar las cuencas, la dirección del drenaje, los cauces y esteros de la zona.

Así mismo se localizarán los puntos para poder identificar los cauces representados en la figura 17.

Figura 17

Capa de dirección de drenajes con los esteros que desembocan en la vía.

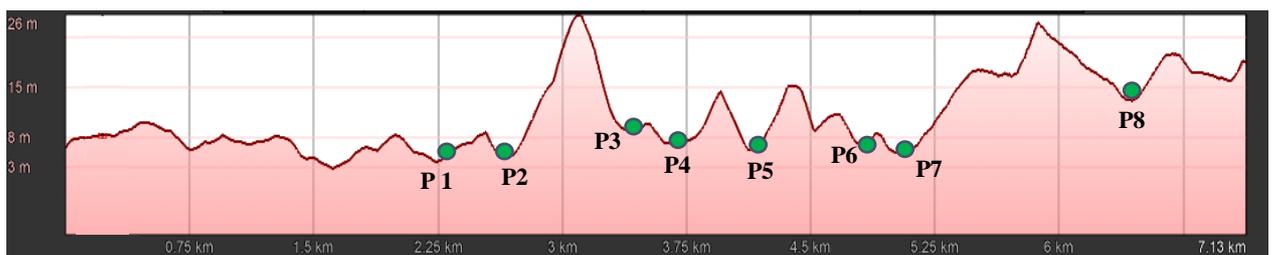


Nota. Elaborado y obtenido de QGIS.

Mediante Google Earth Pro se presenta el perfil de la vía, destacando los puntos donde desembocan los esteros, como se puede observar en la figura 18. Esta visualización es útil para identificar las interacciones entre la vía y los cuerpos de agua circundantes, facilitando el análisis del sistema de drenaje.

Figura 18

Perfil de elevación de la vía con los puntos de desembocadura de los cauces.



Nota. Obtenido de Google Earth Pro.

Para el diseño de los drenajes principales en la vía se establecerán las abscisas y cotas en la siguiente tabla:

Tabla 1

Drenaje principales en la vía de estudio.

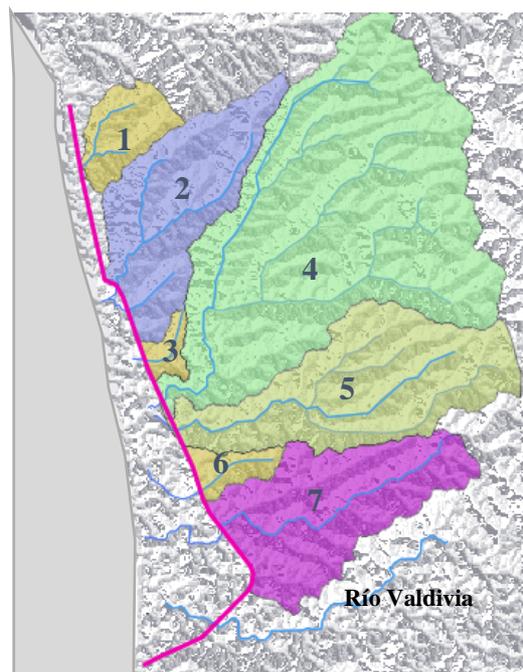
PUNTOS	ABSCISA	COTAS (m)
INICIO	0+000	8.55
P1	2+341	6.12
P2	2+662	6.08
P3	3+413	7.06
P4	3+710	7.08
P5	4+134	6.11
P6	4+756	6.67
P7	4+983	5.6
P8	6+436	14.98
FINAL	7+092	15.03

Nota. Elaboración propia

En la figura 19 se aprecian las cuencas obtenidas con el comando `r.watershed` mencionado anteriormente; y se han enumerado para identificarlas con mayor facilidad para los análisis posteriores.

Figura 19

Cuencas y subcuencas hidrográficas junto a la vía.



Nota. Elaborado y obtenido de QGIS.

3.5.2. Calzada de vía

Por medio de la calzada de la vía, la lluvia se transportará hacia las cunetas, lo que implica que será necesario considerar la calzada como un área de drenaje crucial para el manejo del agua. Este aspecto es fundamental para garantizar que el sistema funcione adecuadamente y se eviten problemas de acumulación de agua. En el trabajo de campo, se tomaron medidas precisas de esta sección, las cuales son:

Figura 20

Sección típica de la vía Valdivia-Libertador Bolívar.



Nota. Tomado de Google Earth.

- a) Ancho de vía de 16 m
- b) La vía cuenta con cuatro carriles, 2 en cada dirección
- c) Ancho de espaldones de 2m
- d) Pendiente transversal o bombeo del 2%

Es necesario conocer la pendiente longitudinal de la vía, ya que esta información nos permitirá entender cómo el agua deberá fluir por gravedad hacia los puntos de descarga establecidos. La pendiente adecuada es crucial para garantizar un drenaje eficiente y evitar problemas de acumulación. En la tabla 2 se presenta información detallada sobre la vía, que será fundamental para desarrollar el cálculo del caudal que se generará en estas condiciones.

Tabla 2*Datos Geométricos de la Vía Valdivia – Libertador Bolívar.*

ABSCISA			CALZADA				AREA PAVIMENTO
INICIO	FINAL	LONGITUD	ANCHO	BOMBEO	PENDIENTE		
km	km	m	m	%	%	m ²	
0+000	2+341	2340	20	2%	0.10%	46800	
2+341	2+662	321	20	2%	0.012%	6420	
2+662	3+413	751	20	2%	0.13%	15020	
3+413	3+710	297	20	2%	0.0067%	5940	
3+710	4+134	424	20	2%	0.23%	8480	
4+134	4+756	622	20	2%	0.09%	12440	
4+756	4+983	227	20	2%	0.47%	4540	
4+983	6+436	1453	20	2%	0.64%	29060	
6+436	7+092	656	20	2%	0.007%	13120	

Nota. Elaboración propia.

Se debe especificar que no todas las abscisas permitirán que el agua llegue de manera directa a los puntos de descarga de la vía, debido a la elevación del terreno. Por lo tanto, se identificarán puntos de descarga precisos en su localización, utilizando el perfil de elevación de la vía mostrado en la figura 18 de la sección. Esto es esencial para optimizar el drenaje y asegurar que el agua fluya adecuadamente hacia los lugares designados.

3.6. METODOLOGÍA DEL O.E.2: INTENSIDAD DE LLUVIA Y ESCORRENTÍA.

3.6.1. Precipitaciones diarias máximas.

Jacinto Rivero Solorzano (2024) realizó el cálculo de precipitación máxima de diseño para el GAD Provincial de Santa Elena. Para los cuales su estudio hidrológico se basó en 5 estaciones El Suspiro (M245), Colonche (M780), El Corozo (M785), Barcelona (M782), Manglaralto (M619), pero el estudio de precipitación máxima diarias que compete es la estación El suspiro por lo que está se encuentra cercana a la zona de estudio y la cual tiene una latitud de 1° 54' 0" y longitud 80° 38' 48". A continuación, en la tabla 3 se dispone las precipitaciones máximas en 24 horas de la estación en mm.

Tabla 3*Datos de precipitación máxima en 24hr en mm.*

AÑO	EL SUSPIRO
1971	46.7
1973	50.7
1975	69.1
1976	82.2
1977	62.5
1978	34.1
1979	56.6
1980	72.3
1981	27.8
1982	40.6
1983	133.8
1984	116.5
1985	37.4
1986	56.1
1987	75.6
1989	152.3
1990	21.6
1991	44.8
1993	56.7
1994	90.5
1995	35.3
1996	79.3
1999	63.2
2000	37.4
2001	74.7
2002	79.5
2004	41.3
2005	39.1
2006	53.5
2007	20.6
Σ	1851.8
x	61.73
Sx	31.10

Nota. Datos de la Estación El Suspiro (M245), tomado de Jacinto Rivero Solorzano.

3.6.2. Curvas intensidad duración frecuencia estación: El Suspiro.

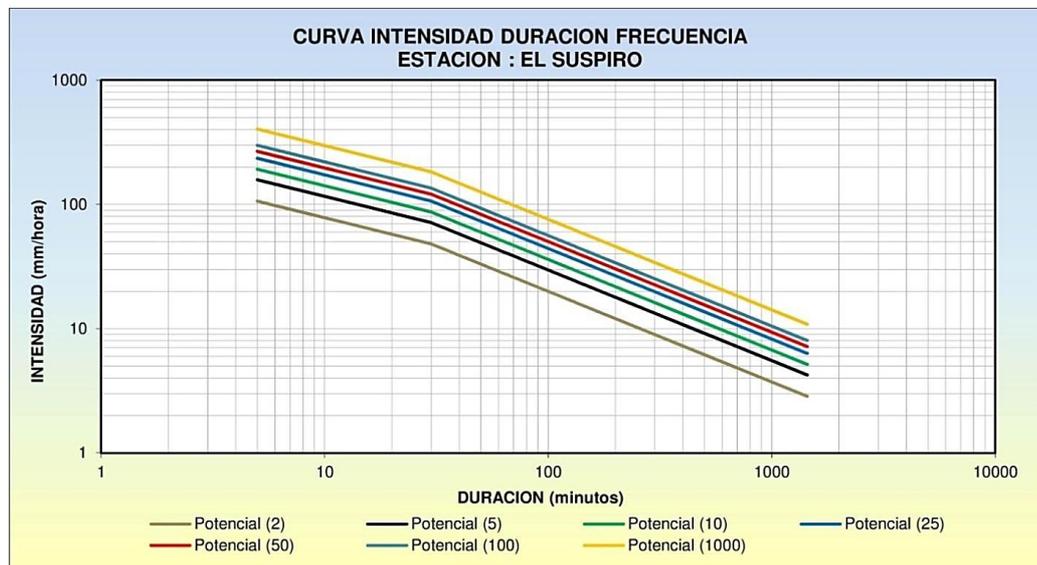
Jacinto Rivero Solorzano (2024) nos proporciona directamente la curva de intensidad, duración y frecuencia de la estación El Suspiro, donde se encuentra la intensidad de lluvia para diferentes tiempos de concentración determinados y para cada tiempo de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 1000 años. Esta información será crucial para identificar la intensidad de lluvia en mm/hora para un tiempo de

concentración específico, especialmente a un tiempo de retorno de 30 años. Con estos datos, se podrá realizar un análisis más detallado del comportamiento del drenaje y la gestión del agua en la vía E-15.

A continuación, se muestra la figura 21, que presenta los tiempos de retorno predeterminados. Esta gráfica es clave para entender las intensidades de lluvia asociadas a cada periodo de retorno, lo que ayudará en el análisis del sistema de drenaje.

Figura 21

Curva intensidad duración frecuencia estación: El Suspiro.



Nota. Datos de la estación el Suspiro (M245), proporcionado por Jacinto Rivero Solorzano.

3.6.3. Fórmula de intensidad de lluvia.

En el cálculo de intensidades de lluvia relacionadas con un tiempo de concentración y un periodo de retorno determinado, se utiliza una fórmula predictiva mediante interpolación lineal. Esto permite determinar los valores que se muestran en la figura 21 de la sección 3.6.2. A partir de esta información, se formulará una tabla que incluya los valores correspondientes necesarios para realizar la interpolación entre los tiempos de retorno de 25 y 50 años. Este proceso es esencial para obtener estimaciones precisas de la intensidad de lluvia en función de los diferentes escenarios de retorno.

Tabla 4

Datos de Curvas de intensidad (mm/hora), duración (minutos), frecuencia (años).

T_c minutos	T_R 2 años	T_R 5 años	T_R 10 años	T_R 25 años	T_R 50 años	T_R 100 años
5	110	160	190	240	270	300
10	80	120	150	180	200	210
20	60	90	110	140	160	175
30	50	70	90	105	125	150
40	40	58	70	85	100	105
50	35	50	60	70	85	95
60	30	42	52	63	75	80
70	27	38	46	57	65	75
80	24	35	42	50	60	70
90	22	32	38	48	54	60
120	18	26	32	40	45	50
180	13	20	25	30	35	38

Nota. Datos de la estación el Suspiro (M245), proporcionado por Jacinto Rivero Solorzano.

Ahora usamos la fórmula de interpolación lineal para hallar los valores para un tiempo de retorno de 30 años con sus respectivos tiempos de concentración.

$$y = y_1 + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} (y_2 - y_1)$$

A continuación, se muestra la Tabla 5 con los valores correspondientes.

Tabla 5

Datos de Curvas de intensidad(mm/hora), duración(minutos), frecuencia(años) para un tiempo de retorno de 30 años hallada por interpolación línea.

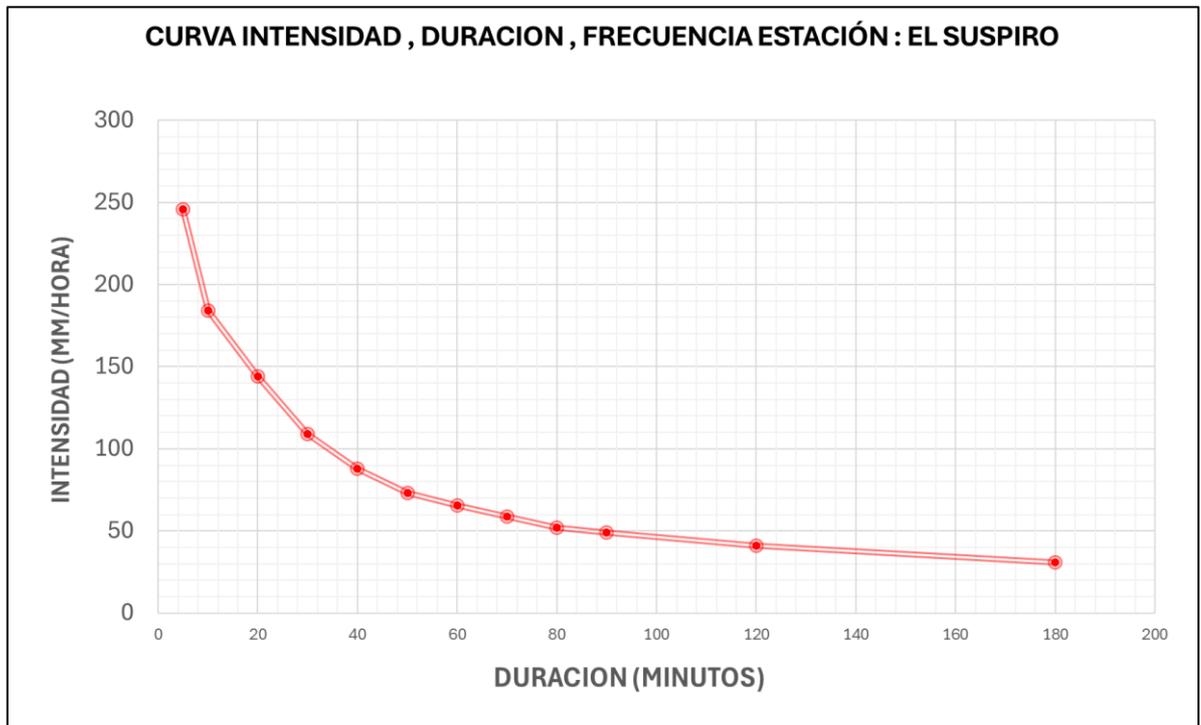
T_c minutos	T_R 30 años
5	246
10	184
20	144
30	109
40	88
50	73
60	65.4
70	58.6
80	52
90	49.2
120	41
180	31

Nota. Tomado de Jacinto Rivero Solorzano.

Ahora, mediante Excel, representamos estos datos en una gráfica, que utilizaremos para conocer los valores de intensidad correspondientes a un tiempo de concentración determinado. Además, incluiremos la representación de la fórmula de intensidad dependiente del tiempo de concentración para un periodo de 30 años. Esta visualización no solo facilitará la interpretación de los datos, sino que también permitirá realizar comparaciones directas entre las intensidades de lluvia observadas y las calculadas mediante la fórmula, enriqueciendo así el análisis del sistema de drenaje y su capacidad para manejar diferentes escenarios de lluvia.

Figura 22

Curva intensidad duración frecuencia estación: El Suspiro. Para un tiempo de retorno de 30 años.



Nota. Tomado de Jacinto Rivero Solorzano.

La fórmula de intensidad tendrá forma potencial y estará desarrollada para un tiempo de retorno de 30 años.

$$I = 745.01 * t_c^{-0.598}$$

Donde:

I: intensidad de lluvia en mm/hora

t_c: Tiempo de concentración en minutos

3.6.4. Coeficiente de escorrentía (C) de las áreas de drenaje

Es parte del agua de lluvia que circula por la superficie del terreno en lugar de ser absorbida por el suelo. Este fenómeno depende de varios factores, como el tipo de cobertura vegetal, la permeabilidad del suelo y la pendiente promedio del terreno o cuenca. Para identificar estos aspectos, se utilizará la tabla 6 de MTOP (2003), aunque primero será necesario determinar otros parámetros relevantes que permitan calcular el valor correspondiente de escorrentía superficial. Esto asegurará que el análisis sea preciso y refleje adecuadamente las condiciones del área estudiada.

Tabla 6

Coeficientes de escorrentía en función de la cobertura vegetal, permeabilidad y pendiente.

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA C						
COBERTURA VEGETAL		PENDIENTE DEL TERRENO				
	TIPO SUELO	PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
			>50%	>20%	>5%	>1%
SIN VEGETACION	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	0.65	0.50	0.45	0.40
PASTOS VEGETACIÓN	PERMEABLE	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
	IMPERMEABLE	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	SEMIPERMEABLE	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
LIGERA HIERBA, GRAMA	PERMEABLE	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
	IMPERMEABLE	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	SEMIPERMEABLE	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
BOSQUES	PERMEABLE	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
	IMPERMEABLE	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
DENSA VEGETACION	SEMIPERMEABLE	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	PERMEABLE	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

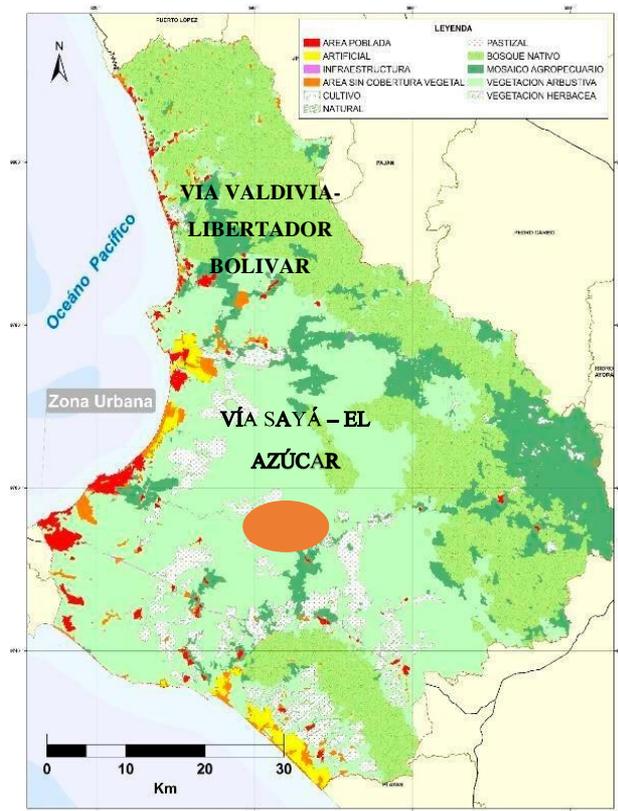
Nota. Obtenido de MTOP (2004)

3.6.5. Cobertura Vegetal

El plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Santa Elena (2014-2019), se interpone en capítulo 2.4 la cobertura del suelo de la región la cual la identifica como una cobertura vegetal natural, caracterizado por matorrales secos medianamente alterados, porciones de bosque seco poco alterado y matorral seco poco y muy alterado. Mendoza y Mendoza (2024). Se detalla el mapa con el estudio de la cobertura vegetal en Santa Elena.

Figura 23

Mapa de cobertura vegetal de Santa Elena.



Nota. Obtenido del PDOT del GAD Municipal (2014-2019)

Por lo tanto, Santa Elena presenta una cobertura vegetal del tipo arbustiva, como se detalla en el mapa adjunto. Esta clasificación se traduce en una categoría de hierba y grama, según la tabla 6 de MTOP (2003), la cual es relevante para la zona de estudio. Esta información es fundamental para comprender cómo la vegetación influye en la escorrentía y la absorción del agua de lluvia, impactando así en el sistema de drenaje local.

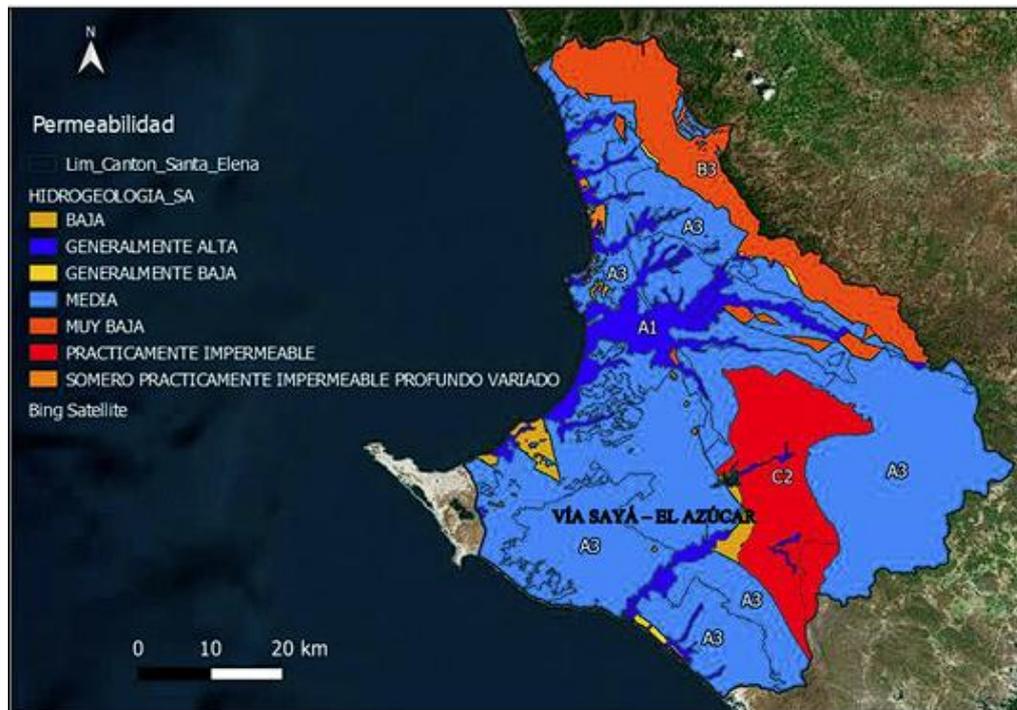
3.6.6. Permeabilidad.

Según Mendoza y Mendoza (2024), el PDOT de Santa Elena realizado por la empresa UPSE (2020-2030), indica en su sección 2.2.2.2 de Hidrogeología la permeabilidad de las rocas y sedimentos presentes en el cantón en base a la hidrografía representada por los ríos principales que nacen de la cordillera Chongón y Colonche.

Se presenta en la siguiente Figura 24 donde se observa el mapa hidrogeológico que presenta de permeabilidad de la provincia de Santa Elena.

Figura 24

Permeabilidad de las rocas y sedimentos.



Nota. Tomado del PDOT del GAD Municipal (2023-2030)

Tomando en cuenta las características del terreno, se puede determinar que toda la provincia de Santa Elena presenta una clasificación de "semipermeable" para su territorio. Esta clasificación implica que, aunque el suelo permite cierta absorción de agua, también hay una cantidad significativa de escorrentía superficial. Este factor es crucial para el análisis del manejo de agua en la región, ya que influye en la capacidad del suelo para retener agua y en el comportamiento del sistema de drenaje durante eventos de lluvia.

3.6.7. Pendiente Media (S)

Las pendientes medias que corresponden a los cauces de las cuencas de estudios se son calculados en Tabla 11, que indican la cota máxima y mínima del cauce al igual que su longitud horizontal, lo que nos proporcionara el siguiente dato por medio de la siguiente formula.

$$S = \frac{H_{MAX} - H_{MIN}}{L}$$

Donde:

L: Es la longitud horizontal del cauce de máxima distancia de la cuenca

H_{MAX} Y H_{MIN}: Cota máxima y mínima del cauce.

3.6.8. Coeficiente C.

En la Tabla 7 se representan los valores de C, correspondientes a cada una de las cuencas y subcuencas de estudio. Estos valores son fundamentales para el análisis de la escorrentía, ya que el coeficiente de escorrentía (C) indica la proporción de lluvia que se convierte en escorrentía superficial. Esta información es esencial para comprender cómo cada cuenca responde a las precipitaciones y para el diseño de sistemas de drenaje adecuados en la zona.

Tabla 7

Coeficientes de escorrentía de las áreas de drenaje en función de la cobertura vegetal presente, la permeabilidad del suelo y la pendiente de los cauces.

ÁREA	COBERTURA VEGETAL	PERMEABILIDAD	PENDIENTE	C
1			7%	0.4
2			2%	0.35
3	HIERBA Y GRAMA	SEMIPERMEABLE	6%	0.4
4			2%	0.35
5			3%	0.35
6			3%	0.35
7			2%	0.35

El valor de C varía entre 0.4 A 0.35 para el territorio de estudio, lo que es importante para el manejo de la escorrentía.

3.6.9. Cálculo de caudales probables.

Para el estudio correspondiente se usa el método racional para calcular los caudales probables que se desarrollan en cada cauce, además del caudal que llega por taludes y la calzada misma a las cunetas, donde estas desembocaran hacia los puntos de drenaje principal, la siguiente formula es:

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

Donde:

Q: Caudal probable en (m³/s)

I: Intensidad de precipitación (mm/hora)

C: Coeficiente de escorrentía

A: Área de drenaje en (km²)

3.6.10. Tiempo de concentración (tc).

En este estudio se usará la fórmula de Rowe para hallar la intensidad de lluvia que está representada por los siguientes parámetros.

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

Donde:

L: Longitud máxima de recorrido del agua precipitada (m)

H: Diferencia de altura entre cotas mínimas y máxima del recorrido

3.6.11. Caudal Tributado por las cunetas.

Los caudales de las cunetas se calcularán mediante el método racional, utilizando la ecuación de intensidad de lluvia y la fórmula de concentración de Rowe, como se detalla en las secciones correspondientes. Los resultados se presentan en la sección 4.2.2.

3.6.12. Caudal Tributado por cuencas y subcuencas.

Los caudales que se calculen por el método racional se presentan en sección 4.2 de los resultados.

3.6.13. Caudal total a puntos de drenaje principales.

La suma de los caudales de cunetas y cuencas para determinar el diseño del sistema de drenaje se presentan en la sección 4.2 de los resultados.

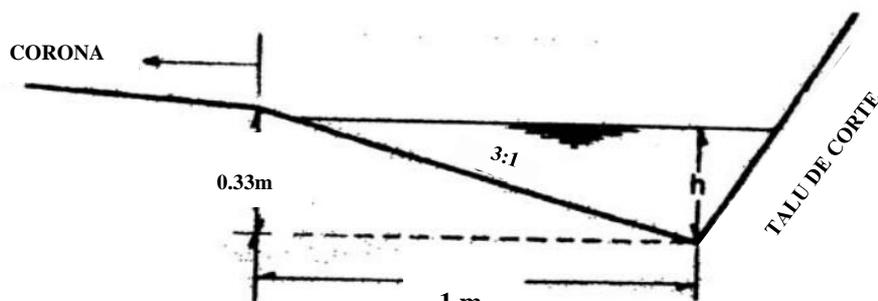
3.7. METODOLOGÍA DEL O.E.3: DISEÑO DE CUNETAS Y ALCANTARILAS

3.7.1. Sección típica de cuneta

Se tomará el modelo que propone la normativa MTOP como base para el diseño de las cunetas a lo largo de la vía.

Figura 25

Sección típica para diseño de cunetas triangulares.



Nota. Tomado de (MTOP, 2003).

3.7.2. Caudal de diseño.

Se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{dis} = A * V$$

En donde:

Q_{dis}: Caudal de diseño

A: Área de sección mojada

V: Velocidad de flujo

3.7.2.1. Velocidad de diseño del flujo.

Con la ecuación de Manning se obtiene la velocidad de flujo:

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

Donde:

n: Coeficiente de Manning

R: Radio hidráulico de la sección transversal del canal

S: Pendiente

3.7.2.2. Coeficiente de Manning (n).

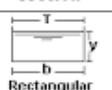
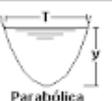
La norma MTOP proporciona estos coeficientes de rugosidad que dependen del material utilizado para el diseño. Se utilizará como material el hormigón para las cunetas por lo que el coeficiente n será de 0.012, el cual se detalla en la figura 5, (MTOP, 2003).

3.7.2.3. Radio hidráulico (R).

Las secciones transversales de los canales como se muestra en la figura 26 tienen diferentes fórmulas para la obtención del radio hidráulico dependiendo de la sección.

Figura 26

Fórmulas para las secciones mojadas de diferente tipo de canales.

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	b+2y	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	(b+zy)y	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	b + 2zy
 Triangular	zy ²	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	2zy
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\frac{\text{sen}\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3}Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Nota. Tomado de (García Rivera, 2020).

Por consiguiente, se elegirá tipo de sección circular para el drenaje tubular y rectangular para el drenaje tipo ducto cajón. Según la figura 26:

$$R = \frac{Am}{Pm}$$

Donde:

Am: Área mojada

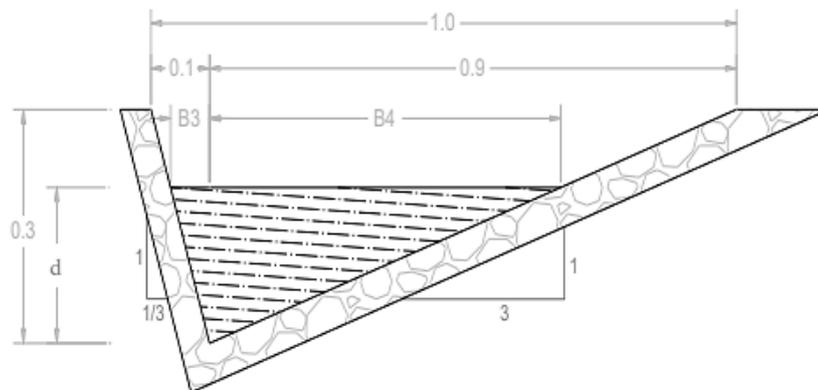
Pm: Perímetro mojado

3.7.3. Sección de cuneta.

Las dimensiones dependen del tirante de agua (d) que debe ser menor a la altura de la cuneta para el correcto diseño, véase la figura 27.

Figura 27

Modelo de referencia para el diseño de sección de cuneta.



Se obtiene B3 y B4 mediante:

$$B3 = \left(\frac{1}{3}\right) * d ;$$

$$B4 = 3 * d$$

Por consiguiente:

$$Am = \left(B3 * \frac{d}{2}\right) + \left(B4 * \frac{d}{2}\right);$$

$$Pm = (B3^2 + d^2)^{\frac{1}{2}} + (B4^2 + d^2)^{\frac{1}{2}}$$

Finalmente, se debe comprobar que el caudal de diseño (Q_{dis}) sea mayor al caudal probable (Q_{prob}). Esta verificación es fundamental para garantizar que el sistema de drenaje pueda manejar adecuadamente las precipitaciones esperadas y prevenir problemas de inundación en la zona.

3.7.4. Diseño de alcantarillas.

Con los caudales obtenidos en la sección 4.2.4 se optó por diseñar alcantarillas circulares y tipo ducto cajón junto con cabezales y alas y se tendrá que asegurar que $Q_{dis} > Q_{prob}$ para cumplir con los requisitos de capacidad y seguridad.

3.7.5. Estimación del caudal de diseño para Alcantarilla Circular.

Se empleará la fórmula especificada en la sección 3.7.2 para calcular el caudal, utilizando las variables definidas en la ecuación correspondiente. Este cálculo es esencial para evaluar el flujo de agua en el sistema de drenaje y su capacidad para manejar las precipitaciones en la zona.

3.7.5.1. Velocidad de diseño del flujo

Se aplicará la fórmula de Manning de la sección 3.7.2.1, utilizando todas las variables de la ecuación. Este método es fundamental para calcular la velocidad del flujo en los canales y evaluar el comportamiento del agua en el sistema de drenaje.

3.7.5.2. Coeficiente de Manning.

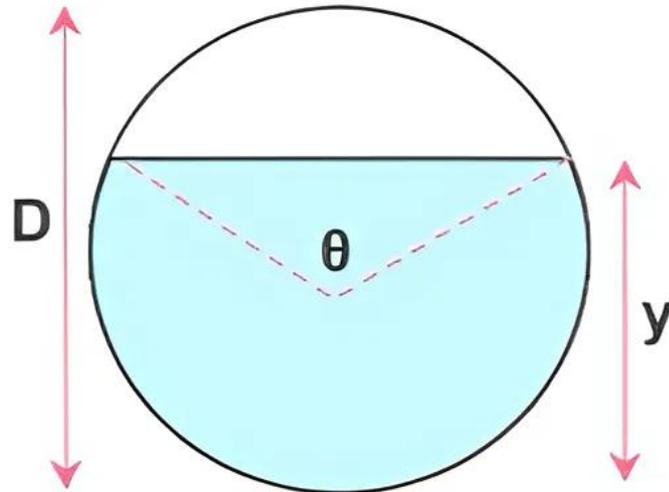
De acuerdo con la figura 5, el coeficiente n a utilizar es de 0.012 para alcantarillas de hormigón en este estudio. Este valor es crucial para el cálculo de la resistencia al flujo, lo que permitirá obtener resultados precisos en el análisis del sistema de drenaje.

3.7.5.3. Radio hidráulico.

Usando la sección circular de la figura 26, el perfil de la alcantarilla con sus variables para el cálculo del radio hidráulico se representa a continuación.

Figura 28

Modelo para el diseño de cabezal de alcantarilla circular,



Nota. Tomado de (Faneci, 2023).

Y tenemos que:

D: Diámetro de la sección circular

y: Tirante de agua

θ: Ángulo central

Por consiguiente, se tiene la formula:

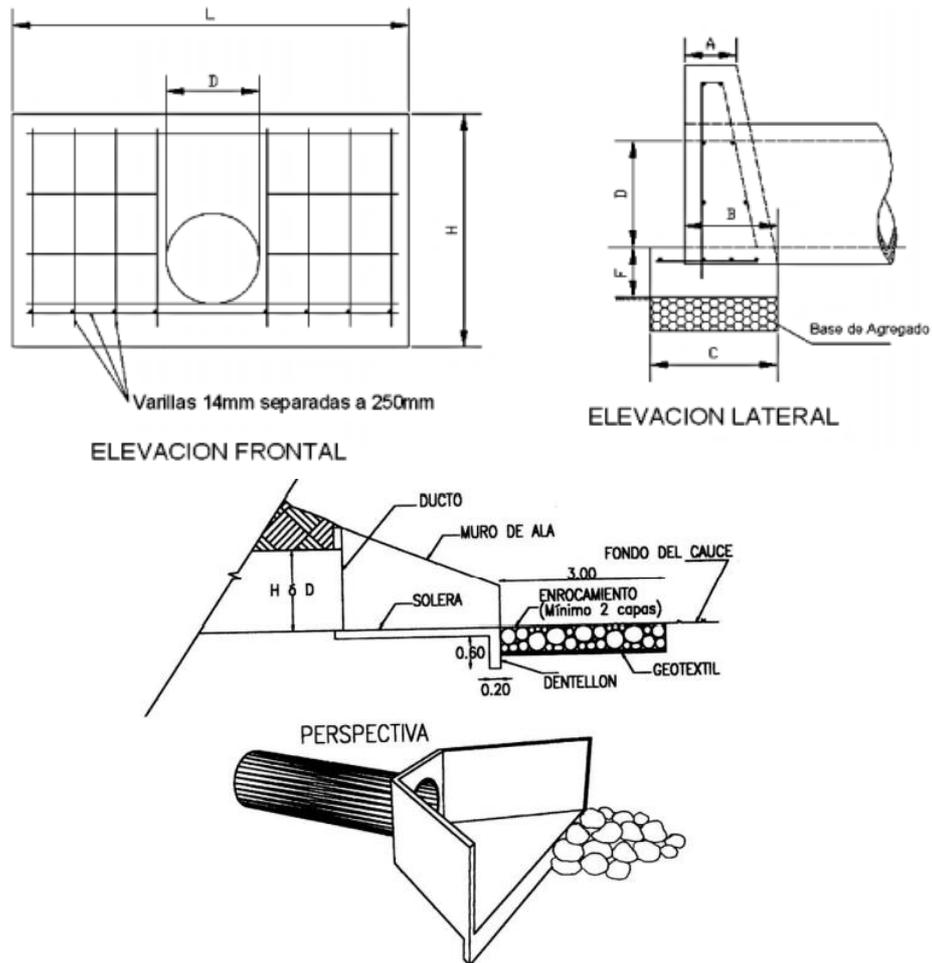
$$R = \left(1 - \frac{\text{sen}(\theta)}{\theta}\right) * \left(\frac{D}{4}\right)$$

3.1.1.1. Características de sección de entrada de la alcantarilla.

Para el esquema de cabezal, la norma MTOP proporciona una representación que se muestra en la figura 29, la cual se utilizará para el diseño. Este esquema es fundamental, ya que define las características y especificaciones necesarias para asegurar que el cabezal funcione de manera efectiva dentro del sistema de drenaje. Al seguir estas directrices, se optimiza el flujo de agua y se minimizan los riesgos de obstrucción o desbordamiento, garantizando así un manejo adecuado del agua en la infraestructura vial.

Figura 29

Modelo para el diseño de cabezal de alcantarilla circular.



Nota. Tomado de (MTOP, 2003).

Del esquema de la figura 29, se proporcionan las dimensiones de cabezales para alcantarilla de varios diámetros, véase la Figura 30

Figura 30

Dimensionamiento de diferentes cabezales.

		Diámetro de Tubería (m)							
		ϕ	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	2	2.2
Dimensiones (m)	A	0.35	0.38	0.38	0.4	0.42	0.45	0.48	0.5
	B	0.75	0.85	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4
	C	1	1.1	1.15	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
	D	1.15	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2	2.2
	F	0.25	0.28	0.28	0.3	0.32	0.33	0.35	0.38
	H	1.8	2	2.1	2.2	2.4	2.6	2.8	3
	L	5	5.6	6	6.3	7.1	8	8.6	9.4

Nota. Tomado de (MTOP, 2003).

3.7.6. Caudal de diseño para Alcantarilla Ducto Cajón.

Se usará la misma fórmula del literal 3.7.2 para calcular el caudal empleando las variables de su ecuación.

3.7.6.1. Velocidad de diseño del flujo.

Al igual que la alcantarilla circular, usaremos la fórmula de Manning de la sección 3.7.2.1 empleando todas sus variables de la ecuación.

3.7.6.2. Coeficiente de Manning.

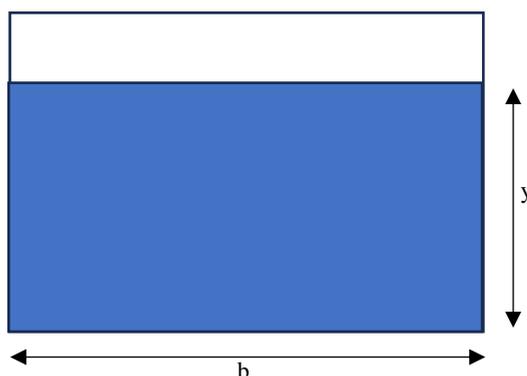
Dado que se manejará el mismo material, el coeficiente de Manning n es 0.012 para tuberías ducto cajón en este estudio.

3.7.6.3. Radio Hidráulico.

Así mismo usando la sección rectangular de la figura 31, el perfil de la alcantarilla con sus variables para el cálculo del radio hidráulico la podemos ver representada de la siguiente manera:

Figura 31

Sección para alcantarilla tipo cajón.



Nota. Elaboración propia.

Y tenemos que:

y: Tirante de agua

b: Ancho de la sección

Por lo tanto:

$$R = \frac{by}{2y + b}$$

3.7.6.4. Características de sección de entrada de la alcantarilla.

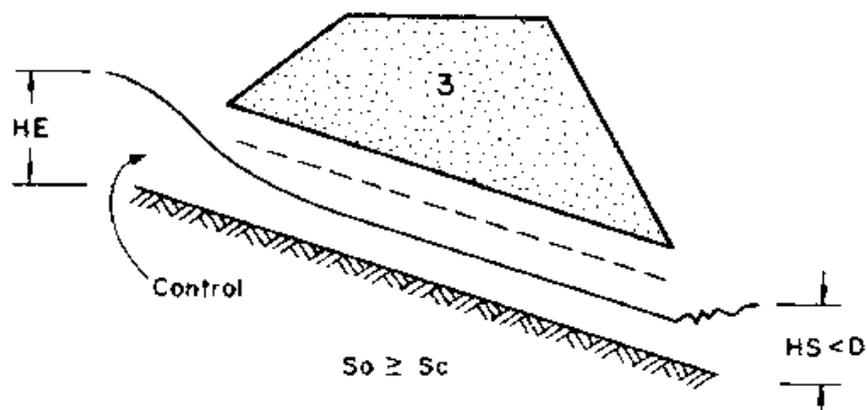
Las mismas medidas sugeridas para la sección circular de la alcantarilla se adaptarán para la sección tipo cajón en el diseño. Esta adaptación asegura que el sistema mantenga un rendimiento adecuado y que cumpla con los requisitos hidráulicos necesarios para el manejo efectivo del flujo de agua. Al aplicar criterios similares, se busca optimizar la funcionalidad y la eficiencia del sistema de drenaje.

3.7.7. Regulación del flujo de entrada en el sistema de alcantarillado.

Los controles de entrada en el flujo para los escenarios más comunes se realizan en condiciones específicas, como cuando la entrada está descubierta y presenta una pendiente supercrítica, como se muestra en la figura 32. También se consideran las situaciones en las que la entrada está sumergida, pero sin que el conducto esté completamente lleno, tal como se ilustra en la figura 33. Estos escenarios son cruciales para el análisis del comportamiento del flujo y para garantizar un diseño adecuado del sistema de drenaje.

Figura 32

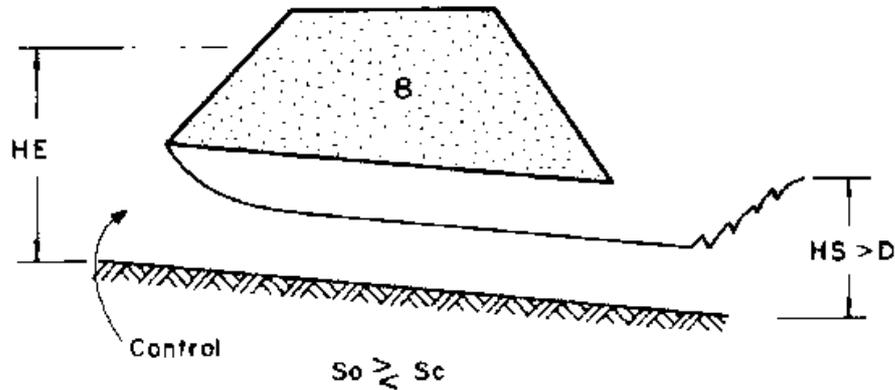
Flujo con control de entrada: entrada descubierta y pendiente supercrítica.



Nota. Tomado de Alonso (2005).

Figura 33

Flujo con control de entrada: entrada sumergida y conducto sin llenado completo.



Nota. Tomado de Alonso (2005).

Para el análisis, se pueden emplear los siguientes pasos:

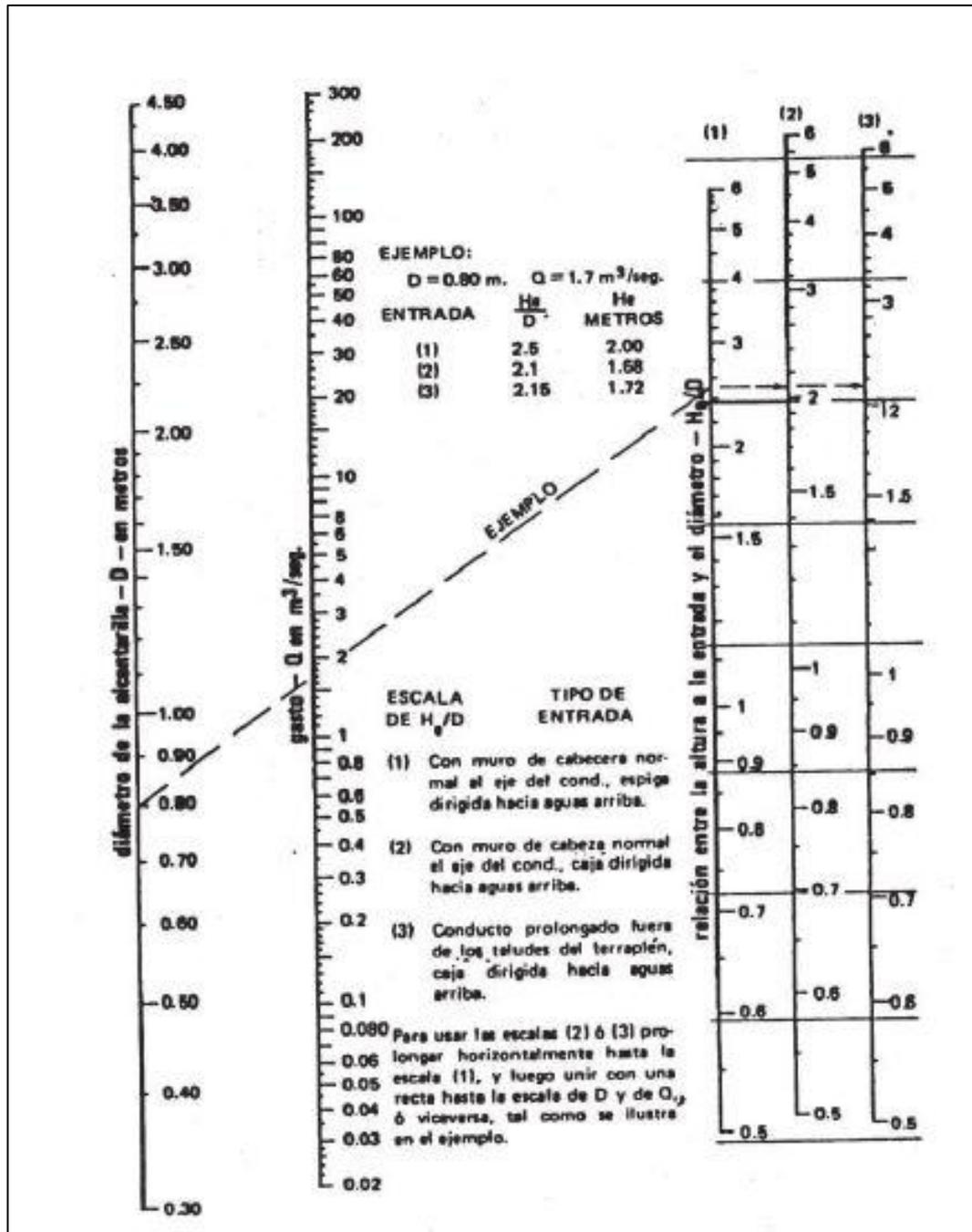
1. Seleccionar el caudal de diseño. Este paso es crucial, ya que determina las dimensiones y características del sistema de drenaje.
2. Proponer dimensiones y forma de la alcantarilla, ya sea circular o tipo ducto cajón. La elección de la forma y las dimensiones adecuadas es fundamental para garantizar un flujo eficiente y prevenir obstrucciones.
3. Elegir el tipo de entrada. La entrada seleccionada influye en cómo el agua ingresa al sistema y afecta su rendimiento.
4. Calcular el nivel de entrada (H_e) y verificar que cumpla con el diseño. Si no se ajusta, se debe realizar un ajuste en las dimensiones propuestas en el paso #2.
5. Verificar que (H_e) no sea demasiado bajo para evitar sobredimensionamiento y costos adicionales. Un nivel de entrada inadecuado puede resultar en un diseño ineficiente.

Para continuar con el cálculo y el diseño de la alcantarilla, se deberán utilizar los nomogramas de las figuras 34 y 35, seleccionados de acuerdo con el tipo de alcantarilla y el material considerado. Estos nomogramas son herramientas valiosas que facilitan la determinación de parámetros clave, como el caudal y el nivel de entrada, y ayudan a optimizar el diseño del sistema de drenaje. Al emplear estos

recursos, se puede asegurar un diseño más eficiente y efectivo, adaptado a las condiciones específicas del proyecto.

Figura 34

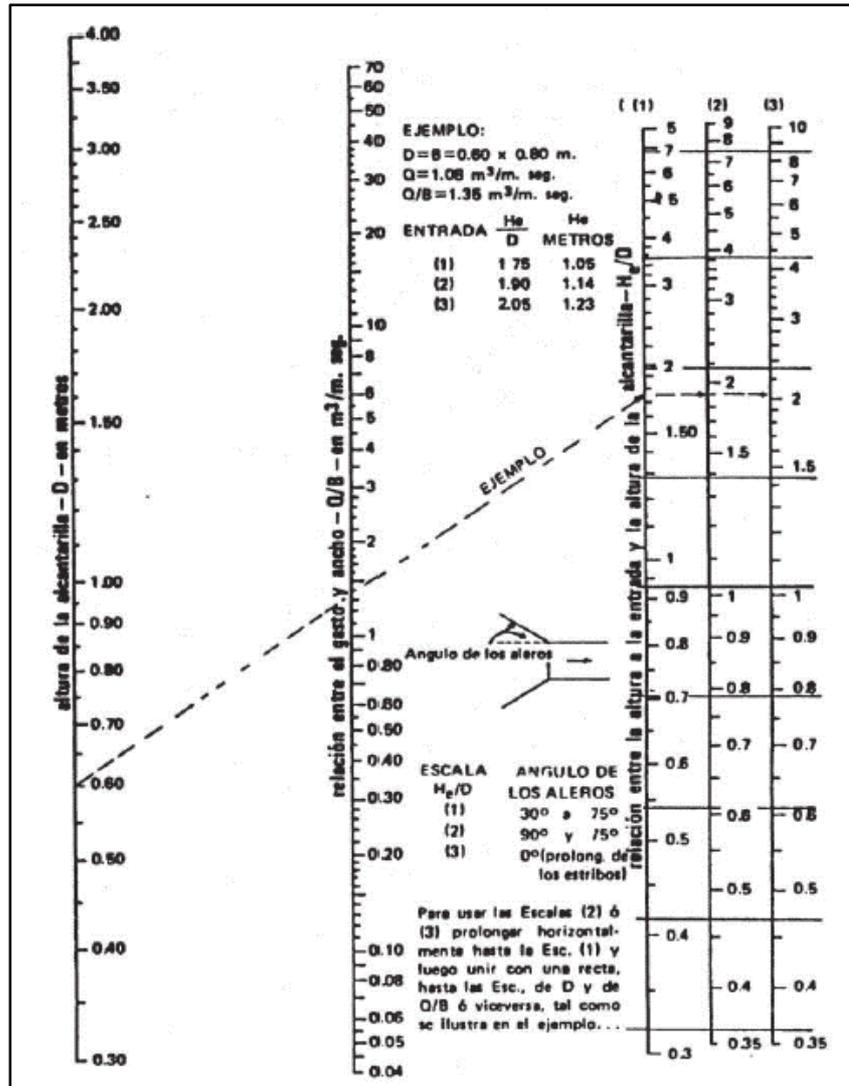
Altura de entrada para alcantarillas de tubos de concreto bajo control de flujo.



Nota. Tomado de MOP (2003).

Figura 35

Altura de entrada para alcantarillas de cajón bajo control de flujo.



Nota. Tomado de MOP (2003).

El uso correcto de los nomogramas anteriores se reduce en los siguientes pasos:

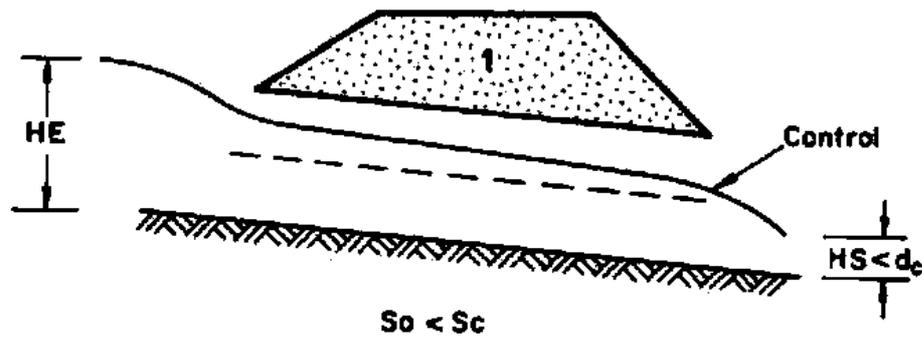
1. Selecciona el diámetro de la alcantarilla en la primera línea vertical del nomograma.
2. Marcar el caudal de diseño en la segunda línea.
3. Traza una línea desde el diámetro hasta el caudal, extendiéndola hasta la tercera línea vertical; luego, traza una línea horizontal que cruce las dos últimas líneas del nomograma para obtener el valor de (H_e/D) .
4. Confirma que H_e esté dentro del rango de diseño, siendo menor que D , pero no excesivamente bajo.

3.7.8. Regulación del flujo de salida en el sistema de alcantarillado.

Los controles de entrada en el flujo son similares a los de los flujos de salida, por lo que para los escenarios más comunes se realizan en condiciones específicas. Esto incluye situaciones en las que la altura del agua (H_e) no cubre por completo la entrada y la pendiente del conducto es subcrítica, como se muestra en la figura 36. También se consideran los casos en los que la alcantarilla opera a capacidad total, ilustrados en la figura 37. Estos análisis son cruciales para garantizar un funcionamiento adecuado del sistema de drenaje y prevenir problemas de obstrucción o desbordamiento.

Figura 36

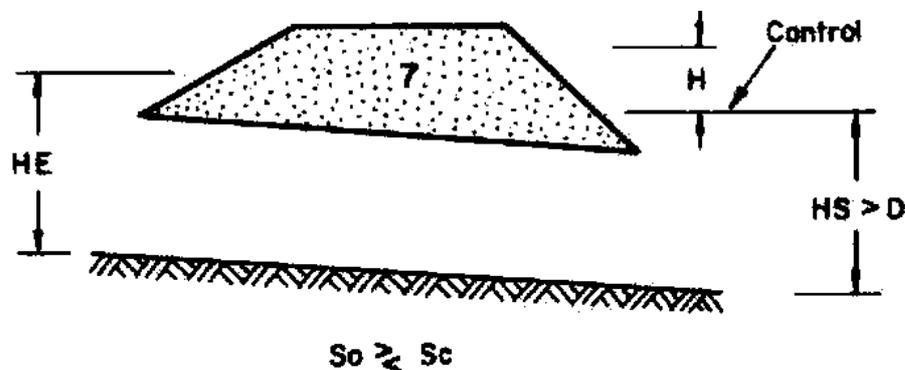
Flujo con control de salida: altura del agua no sumerge la entra.



Nota. Tomado de Alonso (2005).

Figura 37

Flujo con control de salida: alcantarilla operando a capacidad total.



Nota. Tomado de Alonso (2005).

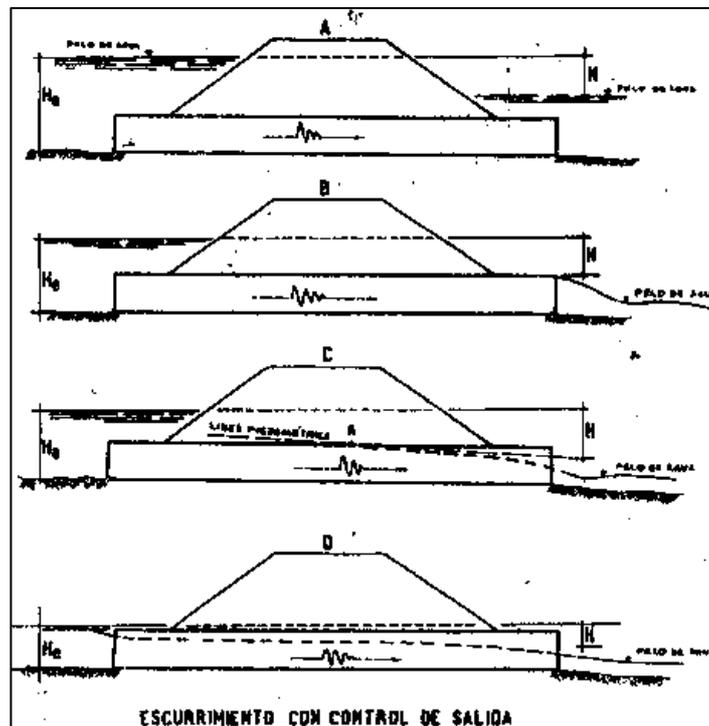
En el flujo con control de salida, el cálculo debe considerar las características del flujo tanto dentro de la alcantarilla como en su salida. Es útil distinguir los distintos tipos de escurrimiento en alcantarillas con este control, que muestra cuatro variantes de flujo con control de salida, véase la figura 38.

Para las figuras se tiene que:

- A) Sección completamente llena, con el nivel de agua en la salida por encima del borde superior.
- B) Sección llena, con el nivel de agua en la salida por debajo del borde superior.
- C) Sección parcialmente llena en un segmento del conducto.
- D) Sección parcialmente llena a lo largo de todo el conducto.

Figura 38

Flujo con control de salida: alcantarilla operando a capacidad total.



Nota. Tomado de Alonso (2005).

3.7.8.1. Cálculos para el flujo de control de salida.

La fórmula de energía entre entrada y salida es la siguiente:

$$H_e = H_e + H_1 - L * i$$

En donde:

H_e: Nivel en la entrada

H₁: Nivel en la salida

H: Energía necesaria para alcanzar la velocidad en la salida

L: Longitud del conducto

i: Pendiente del conducto

Existen 2 casos para encontrar el valor de H:

3.7.8.2. Caso 1 para A.

Para H en la salida se tiene la siguiente ecuación:

$$H = \left(1 + K_e + \frac{2gn^2L}{R^{\frac{4}{3}}} \right) * \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

Y la velocidad es:

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

Para las condiciones de entrada de la alcantarilla, podemos obtener Ke o también conocido como Ce mediante la siguiente figura 39 y 40.

Figura 39

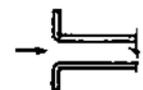
Coficiente Ce para tubos de concreto.

DESCRIPCION		C _e
	CAMPANA SALIENTE	0.2
	ESPIGA SALIENTE (No se recomienda su uso)	0.5
	CON ALETAS (α 0° a 90°) CAMPANA EN EL EXTREMO	0.2
	CON ALETAS (α 0° a 90°) ESPIGA EN EL EXTREMO (No se recomienda su uso)	0.5
	CON ALETAS (α 0° a 90°) REDONDEADA (Radio = D/12)	0.2
	SECCION TERMINAL PREFABRICADA DE ACUERDO CON TALUD	0.5

Nota. Tomado de Alonso (2005).

Figura 40

Coefficiente C_e para cajones de concreto.

	ALETAS O MUROS DE CABECERAS $\alpha = 0^\circ$	0.7 0.6 0.4 0.3
	ARISTAS SIN REDONDEAR $10^\circ < \alpha < 25^\circ$ $30^\circ < \alpha < 75^\circ$ $\alpha = 90^\circ$	
	MURO DE CABECERA TRES ARISTAS REDONDEADAS (Radio = 1/12 dimensión cajón)	0.2
	ALETA, α ENTRE 30° Y 75° ARISTA SUPERIOR REDONDEADA (Radio = 1/12 dimensión cajón)	0.2

Nota. Tomado de Alonso (2005).

3.7.8.3. Caso 2 para B, C y D.

Se utiliza la misma fórmula del literal 3.7.8.1, considerando que para H_1 se toma el mayor valor de:

- 1) H_s que es el nivel de agua a la salida
- 2) El promedio entre $\left(\frac{hc+D}{2}\right)$, en donde,

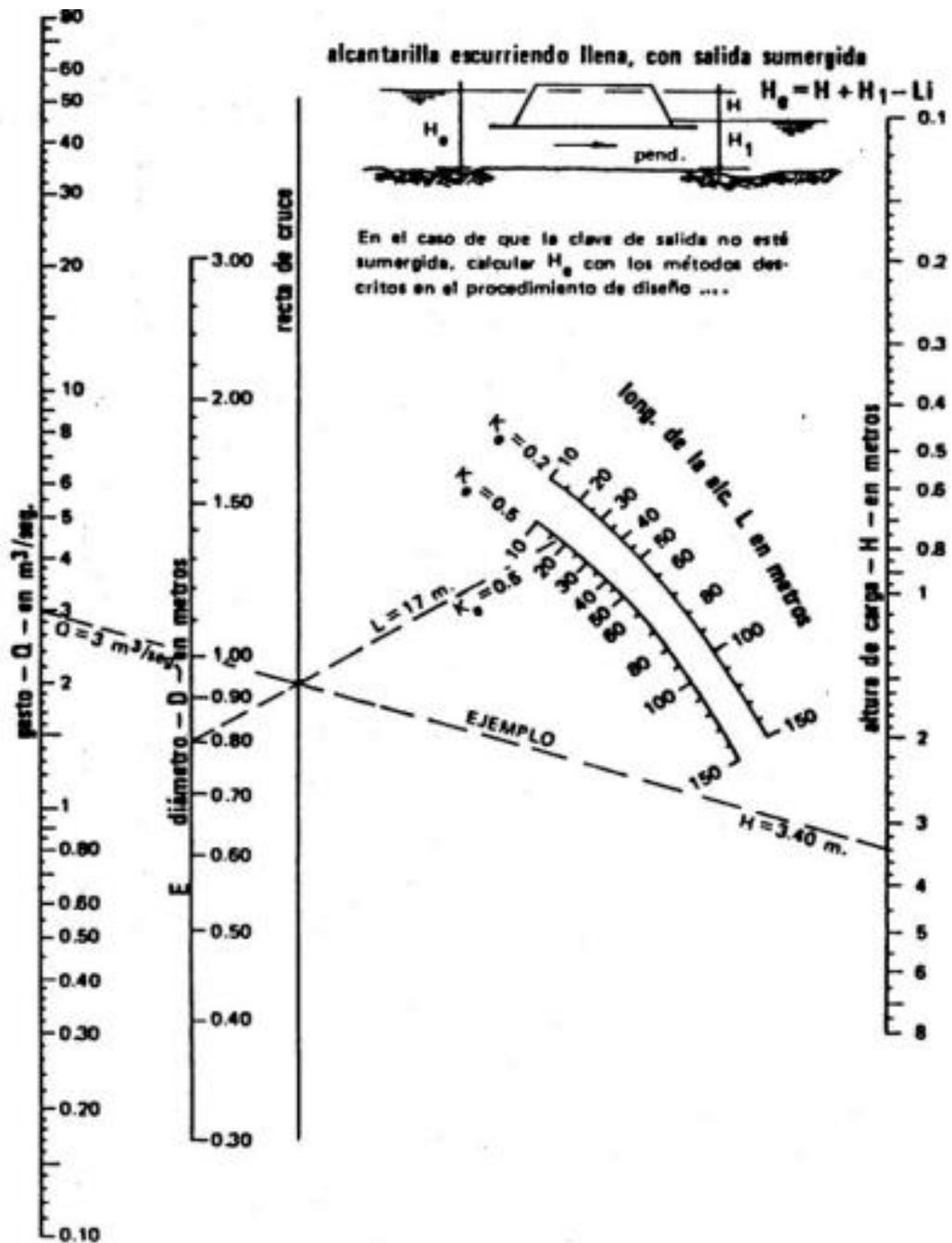
hc: Tirante crítico para caudal de diseño

D: Diámetro o altura de la alcantarilla

Para determinar H, se aplicará el uso de los nomogramas de la figura 41 y figura 42. Estos nomogramas ayudan a facilitar el cálculo y asegurar que los valores sean precisos, optimizando así el diseño del sistema de drenaje.

Figura 41

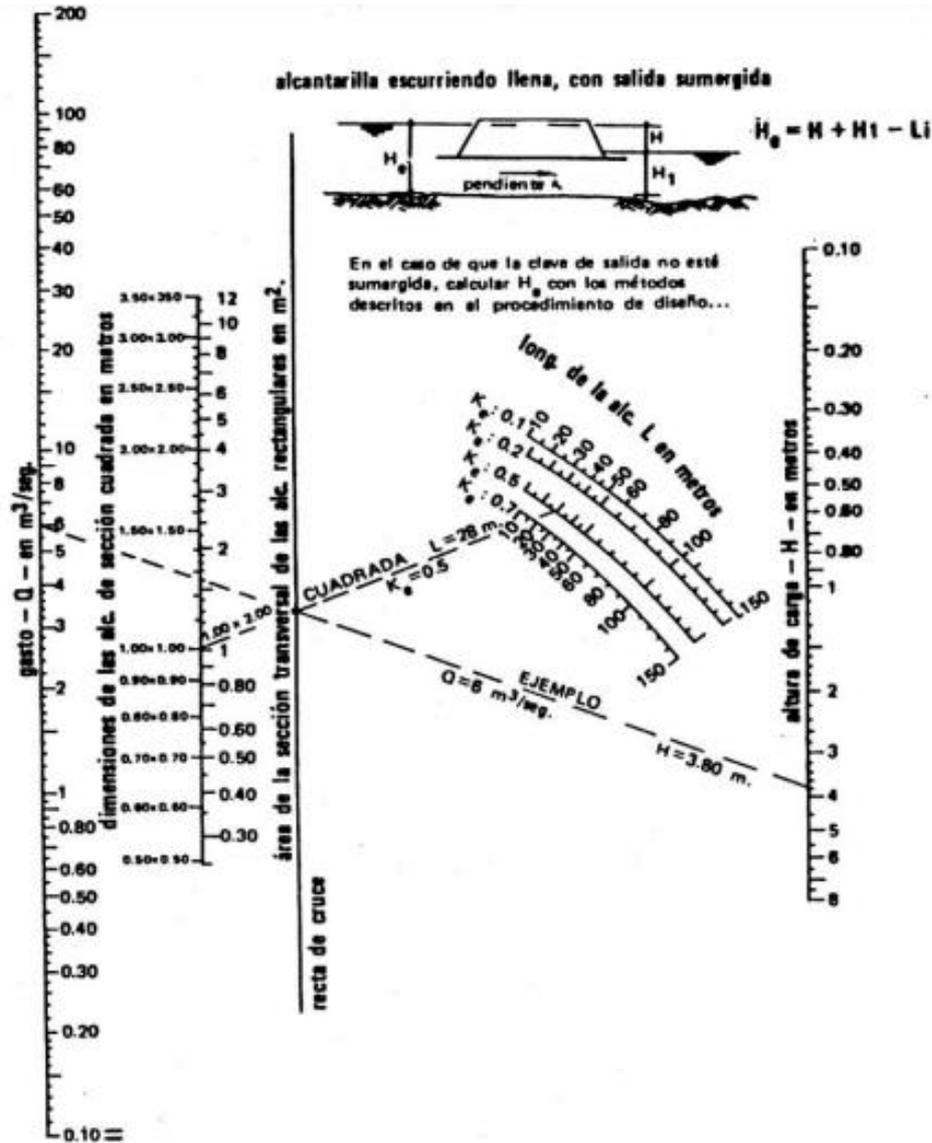
Altura de carga H para alcantarillas de tubo circular con escurrimiento lleno con valor de $n=0.012$.



Nota. Tomado de MOP (2003).

Figura 42

Altura de carga H para alcantarillas de cajón con escurrimiento lleno con valor de $n=0.012$.



Nota. Tomado de MOP (2003).

Para obtener el valor de H se debe seguir la siguiente secuencia de pasos:

- 1) Trazar una línea entre las dimensiones de la sección transversal y la longitud de la alcantarilla, marcando un punto en la línea de paso; selecciona la curva de longitud que corresponda al diseño.
- 2) Se une el caudal de diseño con ese punto en la línea de paso hasta cortar la línea de altura H .

Finalmente resolviendo las ecuaciones, se compara el valor H_e con el del control de entrada y selecciona el mayor.

3.8. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 8

Cuadro de operacionalización de la variable independiente.

Variab	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	
Variab Independientes:	<i>Características geográficas de la zona</i>	<i>Extensión territorial con características como son el clima, la hidrografía, la población, el relieve y la extensión, entre otros. (Morales, 2020)</i>	<i>Evaluación de parámetros topográficos basados en mapas y modelos digitales de elevación</i>	<i>Área de las cuencas y relieves</i>	<i>Mapas digitales y análisis en software GIS</i>	<i>m²</i>
				<i>Pendiente de cauces</i>	<i>Altitud relativa de la zona</i>	<i>%</i>
				<i>Longitud de cauces</i>	<i>Medición lineal</i>	<i>m</i>
				<i>Tipo de suelo</i>	<i>Clasificación por cobertura vegetal</i>	<i>Bajo, medio, alto</i>
	<i>Información sobre los recursos hídricos de la zona</i>	<i>Son los datos que brindan conocimiento sobre el estado del recurso hídrico como precipitación y caudales. (Sosa Sarmiento, 2023)</i>	<i>Análisis de registros meteorológicos y precipitación histórica</i>	<i>Intensidad de precipitación</i>	<i>Modelo estadístico Gumbel tipo 1</i>	<i>mm/h</i>
				<i>Tiempo de concentración</i>	<i>Cálculo mediante la fórmula de Rowe</i>	<i>min</i>
<i>Tiempo de retorno</i>				<i>Criterio de diseño de infraestructura</i>	<i>años</i>	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 9

Cuadro de operacionalización de la variable dependiente.

Variab les	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	
Variab les Dependientes:	<i>Diseño del sistema de drenaje requerido para la vía</i>	<i>Su fin es recoger y evacuar líquidos del terreno para evitar accidentes, interrupciones en el tráfico y daños al pavimento o al entorno. (IFAN, 2022)</i>	<i>Diseño y especificación de cunetas y alcantarillas</i>	<i>Velocidad del flujo del agua</i>	<i>Cálculo mediante la ecuación de Manning</i>	<i>m/sg</i>
				<i>Área de sección transversal</i>	<i>Geometría de sección óptima</i>	<i>m²</i>
				<i>Diámetro de las secciones</i>	<i>Tipo de conducto</i>	<i>m</i>
				<i>Inclinación del canal</i>	<i>Estudio topográfico</i>	<i>%</i>
	<i>Caudales probables de zona</i>	<i>permite determinar la demanda con la cual diseñar el sistema de drenaje. (Barra Romero, 2022)</i>	<i>Demanda de flujo máxima basada en la precipitación histórica</i>	<i>Permeabilidad del suelo</i>	<i>Coficiente de permeabilidad</i>	<i>%</i>
				<i>Intensidad de lluvias</i>	<i>Modelo Gumbel tipo 1</i>	<i>mm/h</i>
				<i>Área de cobertura de drenaje</i>	<i>Análisis de área geográfica</i>	<i>m²</i>
				<i>Tiempo de concentración</i>	<i>Cálculo mediante la fórmula de Rowe</i>	<i>min</i>

Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. ANALISIS DE RESULTADOS OE1: DATOS GEOGRAFICOS DE LA REGIÓN ADYACENTE A LA VÍA VALDIVIA-LIBERTADOR BOLIVAR.

4.1.1. Datos de las cuencas hidrográficas.

Se observa en la siguiente tabla, que se refiere a las alcantarillas existentes, las áreas y perímetros calculado con el programa Q-GIS de la zona adyacente a la Vía E-15 entre Valdivia y Libertador Bolívar.

Tabla 10

Áreas de drenaje en zona de estudio.

SUPERFICIE	CLASIFICACIÓN	ÁREA (km ²)	PERÍMETRO (km)
1	subcuenca	0.753	4.028
2	subcuenca	2.712	9.395
3	subcuenca	0.284	3.079
4	subcuenca	8.638	16.949
5	subcuenca	3.593	11.675
6	subcuenca	0.606	4.278
7	subcuenca	3.573	11.622
	Σ	20.159	ÁREA TOTAL DE DRENAJE

Nota. Elaboración propia.

Se determina que las cuencas 4 y 5 son las más importantes con respecto área que las otras cuencas, por lo tanto, aportarán más caudal a las zonas de drenaje, además la cuenca 2 proporciona 2 desembocaduras la cual se distribuirán en zonas de drenaje por separado como se muestra en la figura 17 de la sección 3.5.1.

4.1.2. Datos de los cauces principales de las cuencas hidrográficas.

En la tabla 11 se muestra datos de la red hídrica obtenida de Q-GIS a través de las cuencas y Google Earth.

Tabla 11*Datos de los cauces principales de las áreas de drenaje.*

ÁREA	LONGITUD CAUCE PRINC. (m)	COTA MÁX. CAUCE PRINC. (msnm)	COTA MIN. CAUCE PRINC. (msnm)
1	986	82	14.98
2	2762	65	5.6
3	1022	67	6.11
4	4930	112	7.08
5	3905	106	7.06
6	1642	53	6.08
7	4484	75	6.12

Nota. Elaboración propia. Aquí se muestra que las cuencas 4 y 7 son las más extensas en longitud.

4.2. ANALISIS DE RESULTADOS OE2: DATOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS PARA LA VÍA VALDIVIA-LIBERTADOR BOLIVAR.

4.2.1. Intensidades de lluvia.

Se muestra en la siguiente tabla los valores correspondientes a la intensidad de lluvia que dependen del periodo de retorno y el tiempo de concentración.

Tabla 12*Intensidades de lluvia, duración y frecuencia.*

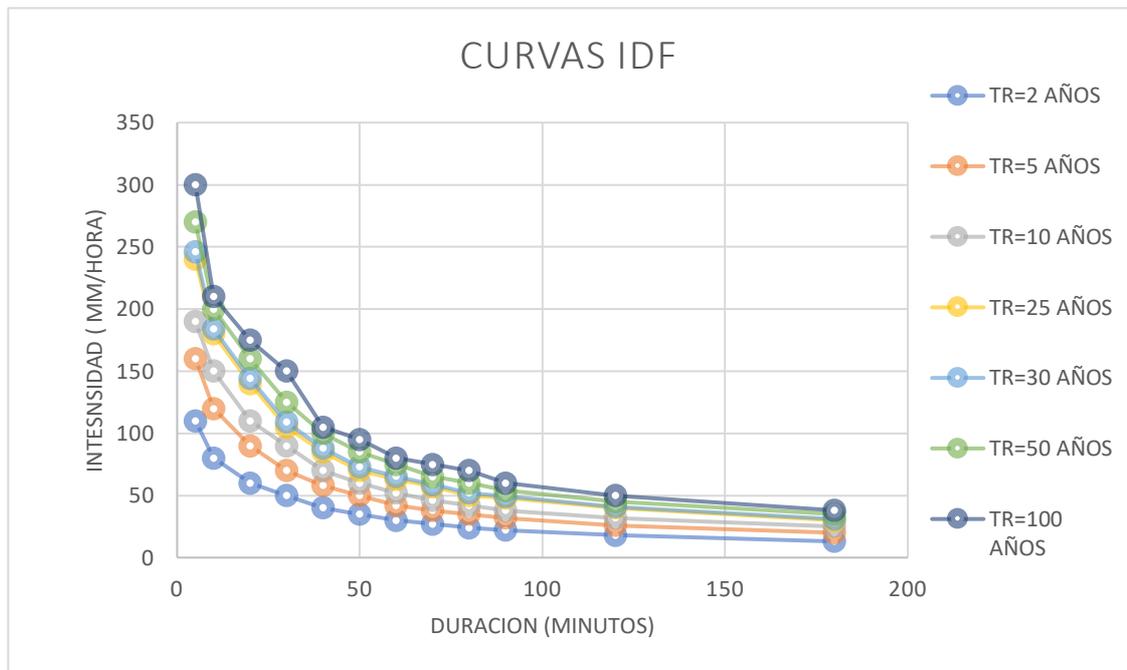
t _c	INTENSIDAD DE LLUVIA (mm/hr)						
	T _R =2 años	T _R =5 años	T _R =10 años	T _R =25 años	T _R =30 años	T _R =50 años	T _R =100 años
5	110	160	190	240	246	270	300
10	80	120	150	180	184	200	210
20	60	90	110	140	144	160	175
30	50	70	90	105	109	125	150
40	40	58	70	85	88	100	105
50	35	50	60	70	73	85	95
60	30	42	52	63	65	75	80
70	27	38	46	57	59	65	75
80	24	35	42	50	52	60	70
90	22	32	38	48	49	54	60
120	18	26	32	40	41	45	50
180	13	20	25	30	31	35	38

Nota. Obtenido de Jacinto Rivero Solorzano

Se muestra la figura 43 de las diferentes intensidades de lluvia vs tiempo de concentración dependientes al periodo de retorno.

Figura 43

Curvas IDF para los diferentes periodos de retorno.



Nota. Obtenido de Jacinto Rivero Solorzano.

4.2.2. Caudales tributados a cunetas.

Se han calculado los caudales tributados a las cunetas por influencia de la calzada en primera instancia. Este cálculo permite evaluar cómo el agua de lluvia fluye desde la carretera hacia las cunetas, lo que es esencial para el diseño de un sistema de drenaje eficiente. Además, se han representado los puntos de descarga, es decir, las alcantarillas, que son cruciales para la evacuación del agua.

Este análisis no solo ayuda a entender la dinámica del flujo, sino que también permite identificar áreas potencialmente problemáticas donde la acumulación de agua podría ocurrir. Al conocer estos caudales y puntos de descarga, se puede optimizar el diseño del sistema de drenaje, garantizando su efectividad y la prevención de inundaciones en la carretera, lo que a su vez contribuye a la seguridad vial y la durabilidad de la infraestructura.

Tabla 13

Caudales probable de cunetas a puntos de descarga para un periodo de retorno de 30 años.

ABCISA DE UBICACIÓN DE DESCARGA	CALZADA										
	INICIO	FINAL	LONGITUD	ANCHO	BOMBEO	S	H	AREA	T _c	I	Q
	km	km	m	m	%	%	m	m ²	min	mm/hora	m ³ /s
2+341	0+000	2+341	2341	20	2%	0.0010	2.43	46820	108	45	0.47
2+662	2+341	2+662	321	20	2%	0.0001	0.04	6420	53	69	0.10
3+413	2+662	3+413	751	20	2%	0.0013	0.98	15020	41	81	0.27
3+710	3+413	3+710	297	20	2%	0.0001	0.02	5940	63	62	0.08
4+134	3+710	4+134	424	20	2%	0.0023	0.97	8480	21	119	0.22
4+756	4+134	4+756	622	20	2%	0.0009	0.56	12440	41	81	0.22
4+983	4+756	4+983	227	20	2%	0.0047	1.07	4540	10	188	0.19
6+436	4+983	6+436	1453	20	2%	0.0065	9.38	29060	37	86	0.56
6+436	6+436	7+092	656	20	2%	0.0001	0.05	13120	111	45	0.13

Nota. Elaboración propia.

Para el diseño de cuneta se tomará el caudal máximo determinado que es de 0.56 m³/s.

4.2.3 Caudales tributados por las subcuencas hidrográficas.

Se muestra a continuación en la Tabla 1 los datos de los caudales determinados con los parámetros mencionados en la sección 4.2.2, pero en este caso para las subcuencas hidrográficas que interceptan la vía. Estos datos son esenciales para evaluar la contribución de cada subcuenca al sistema de drenaje y para diseñar soluciones adecuadas que aseguren una evacuación eficiente del agua.

Tabla 14*Caudales probables por drenaje de las cuencas hidrográficas.*

ÁREA	LONGITUD CAUCE PRINC. (m)	COTA MÁX. CAUCE PRINC. (msnm)	COTA MIN. CAUCE PRINC. (msnm)	S %	C	t _c (MIN)	I (mm/hr)	Q (m ³ /s)
1	986	82	14.98	6.8%	0.4	11.08	176.73	14.78
2	2762	65	5.6	2.2%	0.35	38.17	84.38	22.25
3	1022	67	6.11	6.0%	0.4	11.99	168.64	5.32
4	4930	112	7.08	2.1%	0.35	59.87	64.47	54.14
5	3905	106	7.06	2.5%	0.35	46.78	74.716	26.10
6	1642	53	6.08	2.9%	0.35	22.92	114.47	6.74
7	4484	75	6.12	1.5%	0.35	63.10	62.479	21.70

Nota. Elaboración propia.

Se evidencia que efectivamente como se mencionó en sección 4.1.1 las cuencas que tendrán un mayor Caudal son las 4 y 5 con un caudal probable de 54.14 m³/s y de 26.1 m³/s respectivamente por lo tanto estas serán las que tengan una mayor dimensión respecto a las demás.

4.2.4 Caudales totales a alcantarillas.

Se realiza la suma de caudales proporcionados tanto por las cunetas como por las cuencas hidrográficas para el diseño de las alcantarillas donde se usan los valores de las tablas 13 y 14.

Tabla 15*Caudales probables totales a los puntos de descarga para un periodo de retorno de 30 años.*

PUNTOS DE DESCARGA	ABSCISA DE UBICACIÓN DE DESCARGA	CAUDAL PROBABLE TOTAL (m ³ /s)
1	2+341	22.65
2	2+662	6.94
3	3+413	26.64
4	3+710	54.31
5	4+134	5.77
6	4+756	22.70
7	4+983	22.63
8	6+436	16.16

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 15 se determina que los puntos 1, 3, 4, 6 y 7 son los de mayor caudal, por lo que para será necesario el cálculo de alcantarillas tipo cajón para el sistema de drenaje principal, en cambio para los demás puntos bastará con secciones tubulares de concreto.

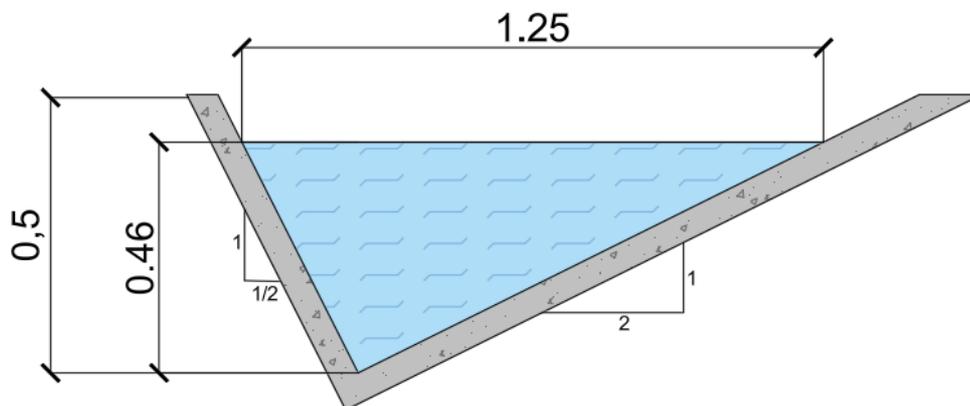
4.3. ANALISIS DE RESULTADOS OE3: DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PARA LA VÍA VALDIVIA-LIBERTADOR BOLIVAR

4.3.1. Diseño de cuneta.

A continuación, se muestra el diseño de la cuneta tipo B-I, el cual ha sido elaborado para cumplir con el caudal más crítico mencionado en la sección 4.2.2. Este diseño es específico para las abscisas que van desde 4+983 a 6+436, abarcando una longitud de vía de 1453 m y una pendiente longitudinal de 0.65%. La adecuada configuración de esta cuneta es esencial para garantizar una evacuación eficiente del agua de escorrentía, minimizando el riesgo de inundaciones y asegurando la integridad de la infraestructura vial a lo largo de este tramo.

Figura 44

Diseño de cuneta para la vía Valdivia-Libertador Bolívar



Nota. Elaboración propia.

El diseño de la figura 44 corresponde a los datos de la tabla 16.

Tabla 16

Datos generales de diseño de la cuneta.

PARÁMETROS DE DISEÑO DE CUNETA	
Coeficiente de Manning (n)	0.012
Tirante Máximo (d)	0.464 m
Pendiente más crítica (s)	0.65%
RESULTADOS HIDRÁULICOS	
Distancia B3	0.25 m
Distancia B4	1 m
Área mojada (Am)	0.269 m
Perímetro mojado	1.556 m
Radio hidráulico (R)	0.173 m
Velocidad Promedio (V)	2.081 m/s
Caudal de diseño (Qdis)	0.56 m ³ /s

Nota. Elaboración propia.

El diseño nos indica que el tirante máximo será un 93% de la capacidad total de la cuneta, lo que refleja una adecuada utilización del espacio disponible. Además, la velocidad promedio del flujo es de 2.081 m/s, cumpliendo con lo establecido por el MOP (2003), que señala que a partir de 4.5 m/s el material podría sufrir erosión. Esto asegura que el sistema de drenaje no solo es efectivo, sino que también previene daños a la estructura de la cuneta. Por último, el caudal de diseño se ha establecido en 0.56 m³/s, coincidiendo con los valores ya calculados, lo que refuerza la viabilidad del diseño propuesto y su capacidad para manejar las condiciones de escorrentía esperadas.

4.3.2. Diseño de alcantarillas tubulares de concreto.

Se diseñarán 3 alcantarillas tipo tubulares, ubicadas en las abscisas 2+662, 4+134 y 6+436. Los cálculos correspondientes para estos tres puntos se aprecian en la tabla 17. Estos diseños son fundamentales para garantizar una adecuada evacuación del agua de escorrentía, asegurando que el flujo se maneje de manera eficiente en cada uno de estos tramos. La correcta implementación de estas alcantarillas contribuirá a minimizar el riesgo de inundaciones y a mantener la integridad de la infraestructura vial a lo largo del recorrido.

Tabla 17

Cálculos hidráulicos para alcantarillas tipo tubular en cada punto.

ABCIS A	CAUDAL PROBABLE m ³ /s	BASE m	TUBERIA S #	PENDIENT E (S) m/m	AREA		TIRANT E CRITICO m	VELOCIDA D DE DISEÑO m/s	CAUDAL DE DISEÑO m ³ /s	COTAS DE ENTRADA			COTAS DE SALIDA		
					TOTAL m ²	MOJADA m ²				INF. msnm	SUP. msnm	CONTRO L (He) msnm	INF. msnm	SUP. msnm	CONTR OL (Hs) msnm
2+662	6.94	1.85	1	0.01	2.69	1.88	1.293	5.031	6.95	3.63	5.48	5.731	3.405	5.255	5.053
4+134	5.77	1.7	1	0.01	2.27	1.61	1.205	4.802	5.78	3.81	5.51	5.784	3.585	5.285	5.126
6+436	16.16	2.65	1	0.01	5.52	3.75	1.804	6.217	16.18	11.73	14.38	14.613	11.505	14.155	13.751

Nota. Elaboración propia.

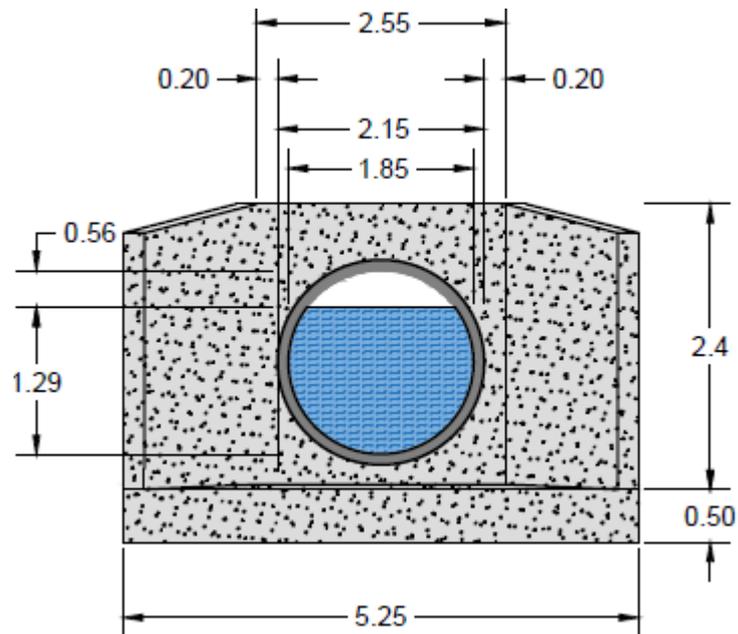
Con los cálculos realizados, identificamos que para las abscisas 2+662 se tiene una velocidad y caudal de diseño de 5.031 m/s y 6.95 m³/s respectivamente, para la abscisa 4+134 una velocidad y caudal de diseño de 4.802 m/s y 5.78 m³/s respectivamente, y por último en la abscisa 6+436 se obtiene una velocidad y caudal de diseño de 6.217 m/s y 16.18 m³/s respectivamente, de lo cual según con la norma (MTO, 2003) las velocidades que generan erosión en los materiales de hormigón oscilan entre 4.5 y 7.5 m/s, por lo tanto, las velocidades obtenidas en el diseño cumplen con dicho rango.

En la sección 4.3.2.1, 4.3.2.2, y 4.3.2.3 se presenta el detalle de predimensionamiento para las alcantarillas en cada abscisa.

4.3.2.1. Esquema de diseño para abscisa 2+662

Figura 45

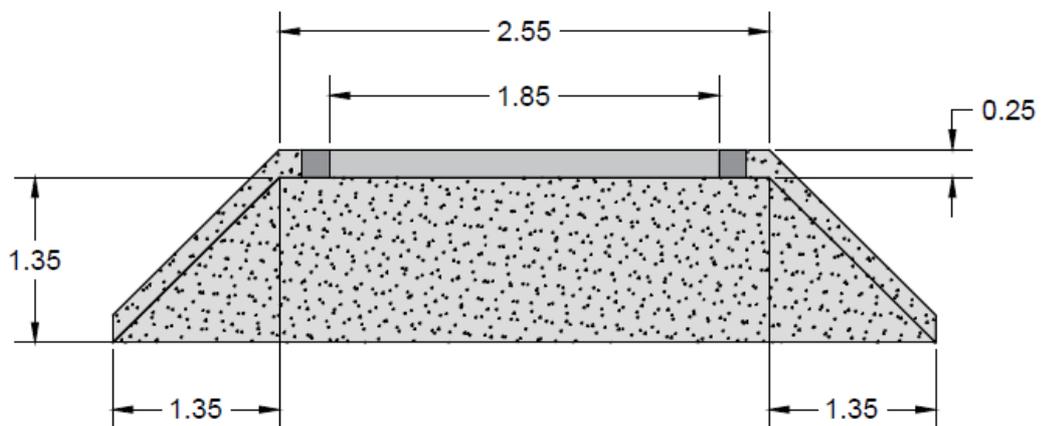
Elevación frontal del cabezal para alcantarilla tipo tubular.



Nota. Elaboración propia.

Figura 46

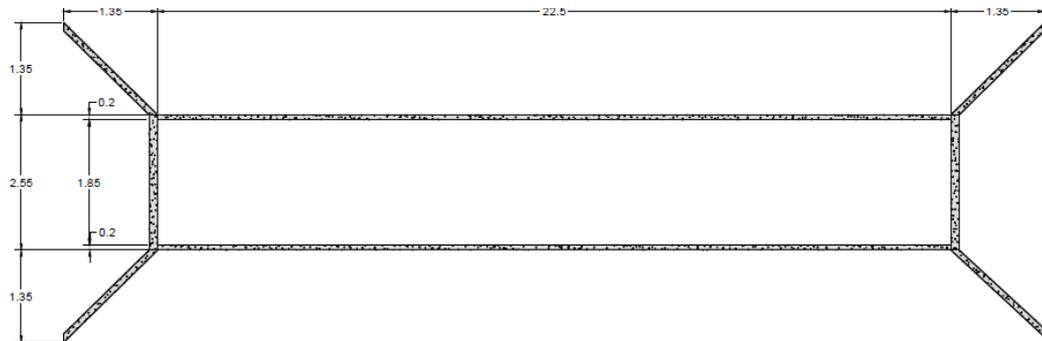
Vista superior del cabezal de la alcantarilla de tipo tubular.



Nota. Elaboración propia.

Figura 47

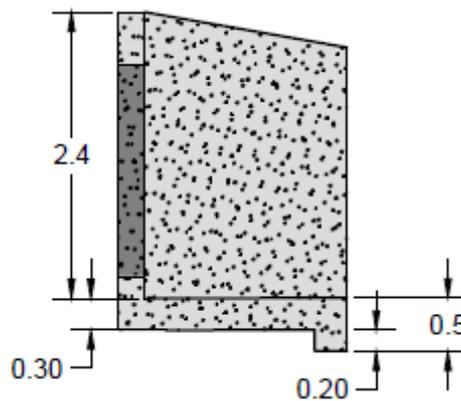
Vista en planta de una alcantarilla tipo tubular.



Nota. Elaboración propia.

Figura 48

Vista lateral del cabezal de la alcantarilla tipo tubular.

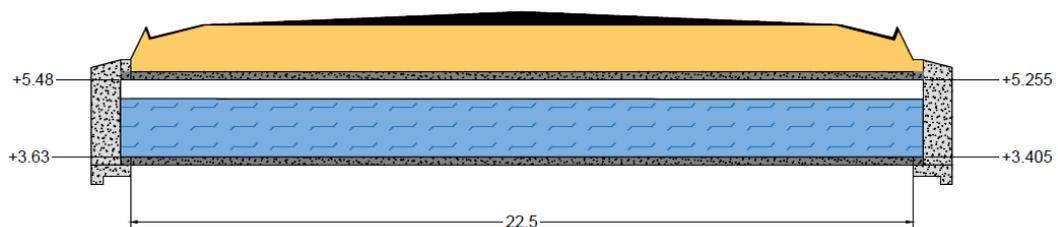


Nota. Elaboración propia.

En las figuras 48, 52, 56, se presentan los cortes transversales de forma longitudinal de las alcantarillas tipo tubular.

Figura 49

Corte transversal de la sección longitudinal de la alcantarilla de tipo tubular abscisa 2+662.

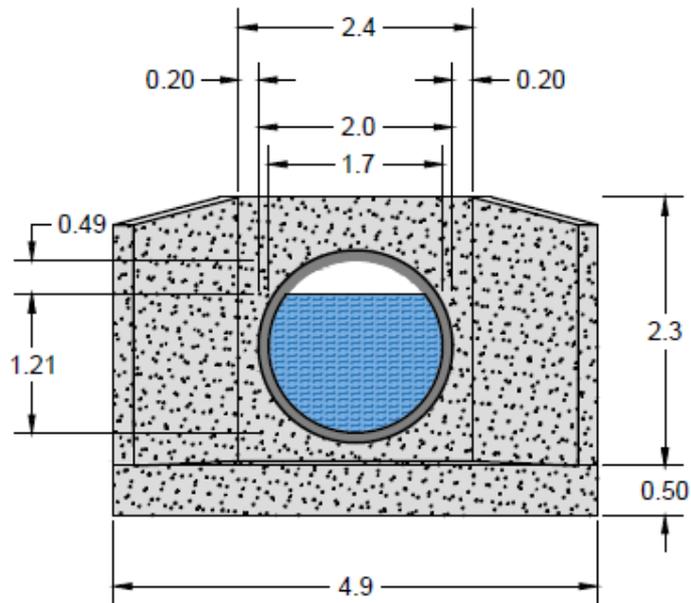


Nota. Elaboración propia.

4.3.2.2. Esquema de diseño para abscisa 4+134

Figura 50

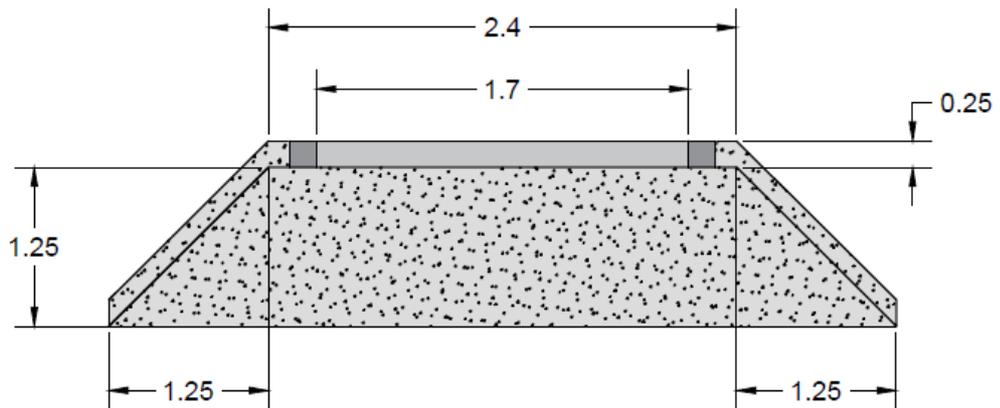
Elevación frontal del cabezal para alcantarilla tipo tubular



Nota. Elaboración propia.

Figura 51

Vista superior del cabezal de la alcantarilla de tipo tubular.



Nota. Elaboración propia.

Figura 52

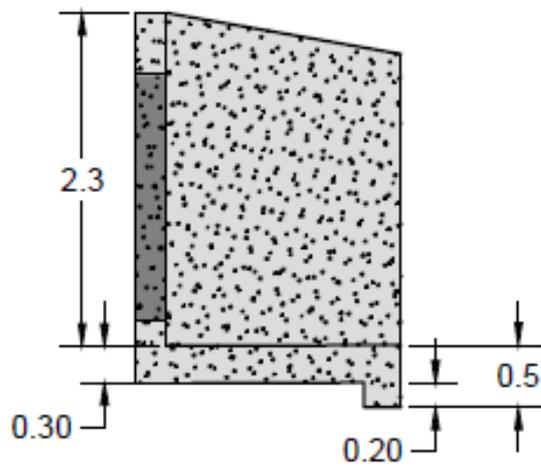
Vista en planta de una alcantarilla tipo tubular.



Nota. Elaboración propia.

Figura 53

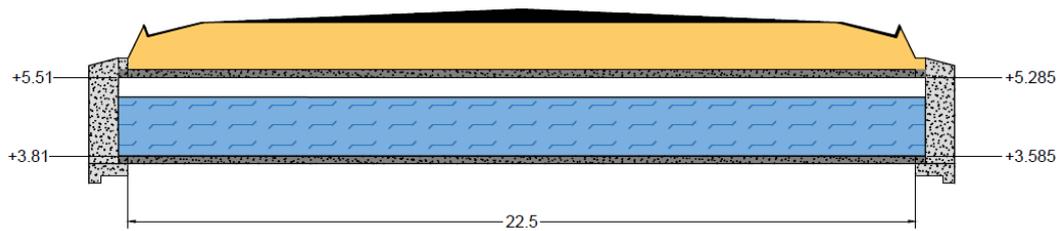
Vista lateral del cabezal de la alcantarilla tipo tubular.



Nota. Elaboración propia.

Figura 54

Corte transversal de la sección longitudinal de la alcantarilla de tipo tubular abscisa 4+134.

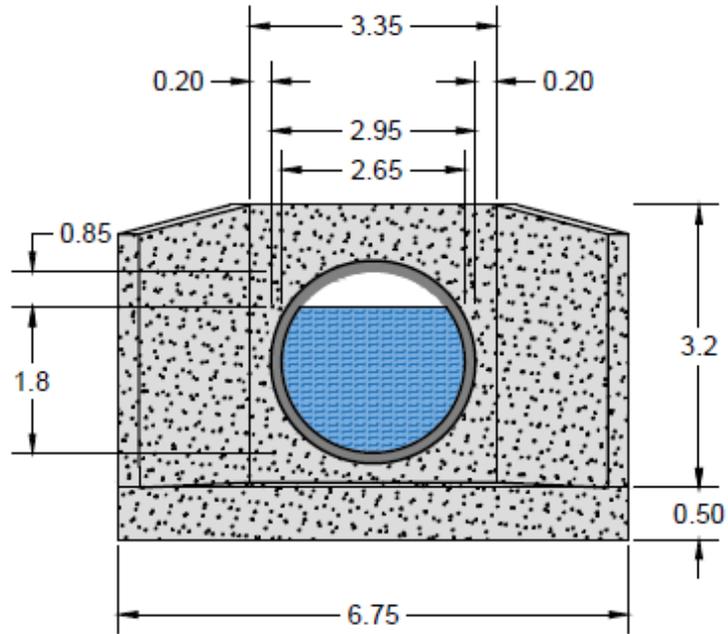


Nota. Elaboración propia.

4.3.2.3. Esquema de diseño para abscisa 6+436

Figura 55

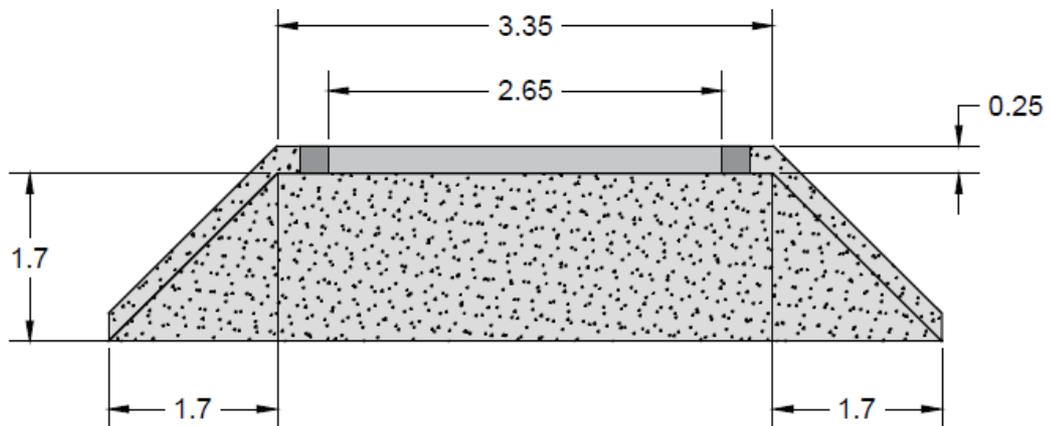
Elevación frontal del cabezal para alcantarilla tipo tubular.



Nota. Elaboración propia.

Figura 56

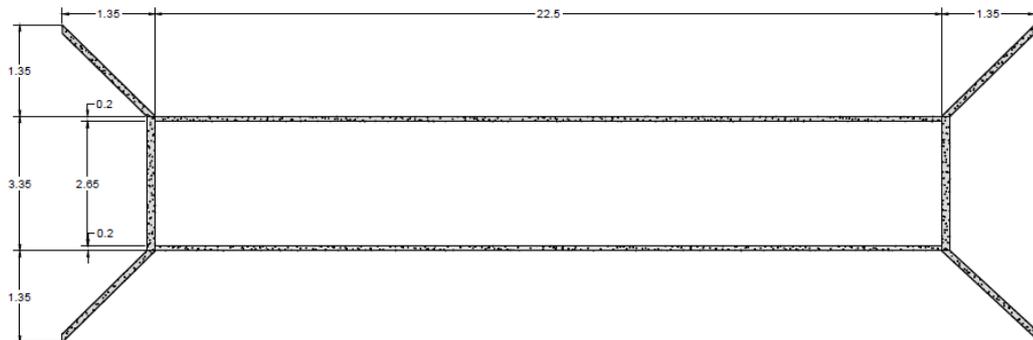
Vista superior del cabezal de la alcantarilla de tipo tubular.



Nota. Elaboración propia.

Figura 57

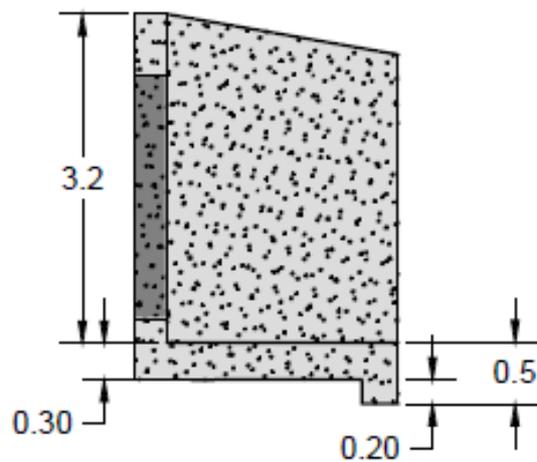
Vista en planta de una alcantarilla tipo tubular.



Nota. Elaboración propia.

Figura 58

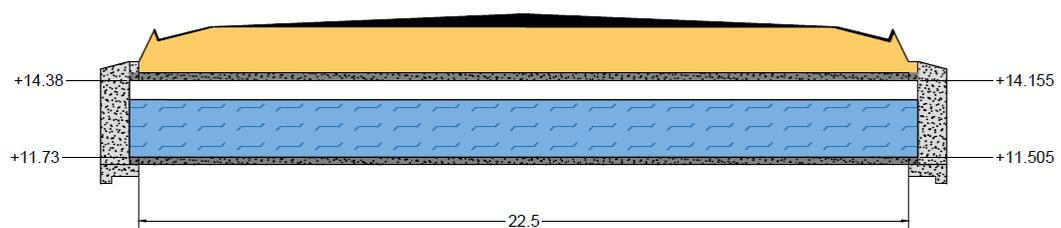
Vista cabezal de la alcantarilla tipo tubular.



Nota. Elaboración propia.

Figura 59

Corte transversal de la sección longitudinal de la alcantarilla de tipo tubular abscisa 6+436.



Nota. Elaboración propia.

4.3.3. Diseño de alcantarillas de concreto tipo cajón.

Se diseñarán 5 alcantarillas tipo cajón para los caudales más críticos, los cuales corresponden a las abscisas 2+341; 3+413, 3+710, 4+756 y 4+983 y cuyos cálculos se aprecian en la tabla 18 para estos 5 puntos:

Tabla 18

Cálculos hidráulicos para alcantarillas tipo cajón en cada punto.

ABCIS A	CAUDAL PROBABL E m ³ /s	ALTUR A m	BAS E m	CAJONE S #	PENDIENT E (S) m/m	AREA		TIRANT E CRITICO m	VELOCIDA D DE DISEÑO m/s	CAUDA L DE DISEÑO m ³ /s	COTAS DE ENTRADA			COTAS DE SALIDA		
						TOTA L m ²	MOJAD A m ²				INF. msn m	SUP. msn m	CONTROL (He) msnm	INF. msnm	SUP. msn m	CONTROL (Hs) msnm
2+341	22.65	1.5	2.4	3	0.01	10.8	7.2	1	4.745	7.55	4.02	5.52	5.79	3.795	5.295	5.203
3+413	26.64	1.5	2.8	3	0.01	12.6	8.4	1	4.868	8.88	4.96	6.46	6.739	4.735	6.235	6.149
3+710	54.31	2	3.9	3	0.01	23.4	17.55	1.5	5.749	18.1	4.48	6.48	6.777	4.28	6.28	6.061
4+756	22.7	1.5	2.4	3	0.01	10.8	7.2	1	4.748	7.56	4.57	6.07	6.342	4.345	5.845	5.753
4+983	22.63	1.5	2.4	3	0.01	10.8	7.2	1	4.743	7.54	3.50	5.00	5.269	3.275	4.775	4.683

Nota. Elaboración propia.

Con los cálculos realizados, identificamos que para las abscisas 2+341 se tiene una velocidad y caudal de diseño de 4.745 m/s y 7.55 m³/s respectivamente, para la abscisa 3+413 una velocidad y caudal de diseño de 4.868 m/s y 8.88 m³/s respectivamente, en la abscisa 3+710 se visualiza una velocidad y caudal de diseño de 5.749 m/s y 18.1 m³/s respectivamente, para la abscisa 4+756 encontramos una velocidad y caudal de diseño de 4.748 m/s y 7.56 m³/s respectivamente y por último para la abscisa 4+983 se obtuvo una velocidad y caudal de diseño de 4.743 m/s y 7.54 m³/s, de lo cual según con la norma (MTOP, 2003) las velocidad que generan erosión en los materiales de hormigón oscilan entre 4.5 y 7.5 m/s, por lo tanto, al igual que en las tuberías tubulares, las velocidades obtenidas en el diseño cumplen con dicho rango

Cabe recalcar que estos caudales son para cada ducto cajón por lo que el caudal final de diseño es multiplicado por la cantidad de cajones en cada abscisa.

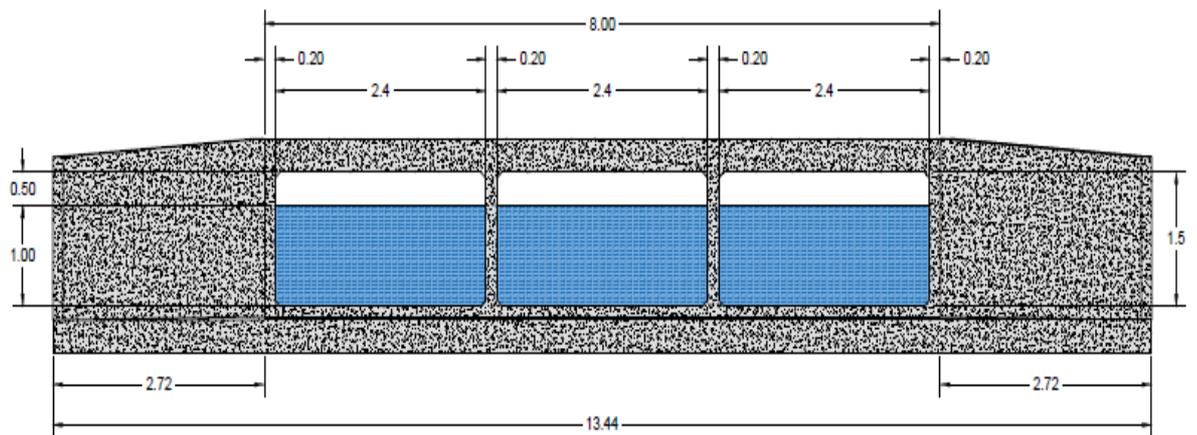
En la sección 4.3.3.1, 4.3.3.2, y 4.3.3.3 se presenta el detalle de predimensionamiento para las alcantarillas en cada abscisa.

4.3.3.1. Esquema de diseño para abscisa 2+341, 4+756 y 4+983

Para las abscisas 2+341, 4+756 y 4+983 se usarán las mismas dimensiones para el diseño de cabezales.

Figura 60

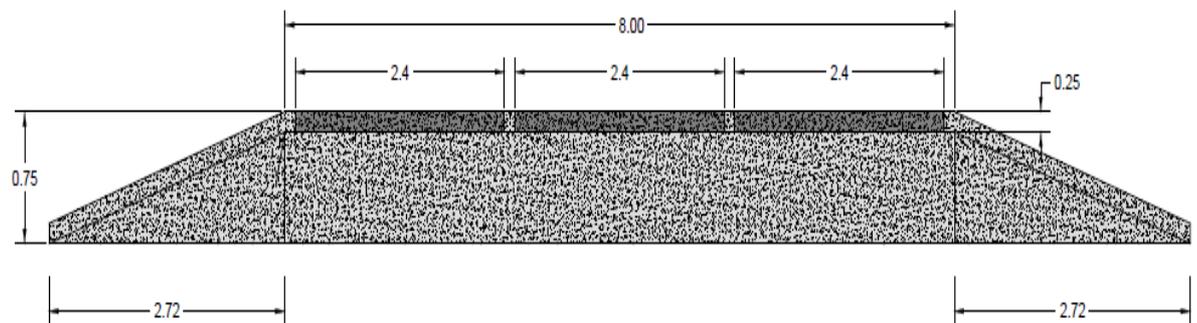
Elevación frontal del cabezal para alcantarilla tipo cajón.



Nota. Elaboración propia.

Figura 61

Vista superior del cabezal de la alcantarilla de tipo cajón.



Nota. Elaboración propia.

Figura 62

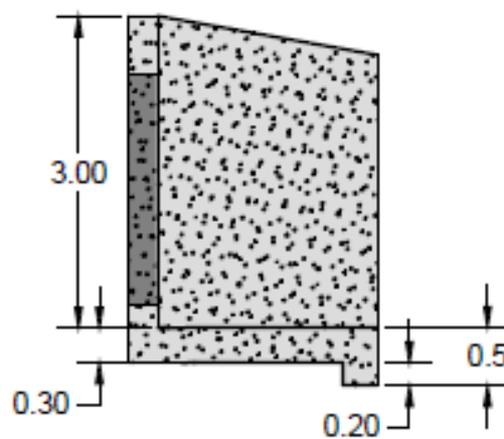
Vista en planta de una alcantarilla tipo cajón.



Nota. Elaboración propia.

Figura 63

Vista lateral del cabezal de la alcantarilla tipo cajón.

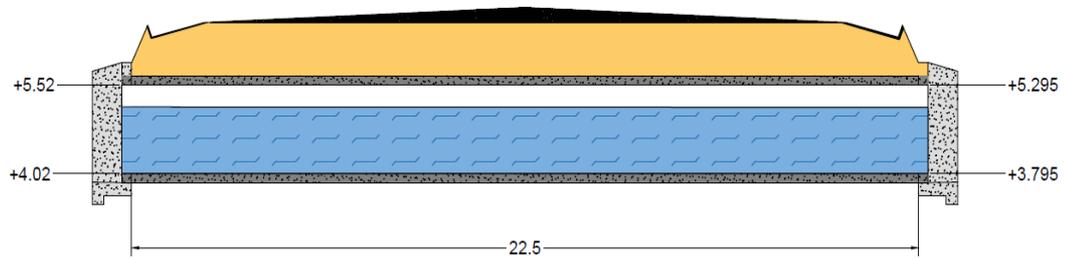


Nota. Elaboración propia.

En las figuras 60, 61, 62, 66 y 70 y se presentan los cortes transversales de forma longitudinal de las alcantarillas tipo cajón.

Figura 64

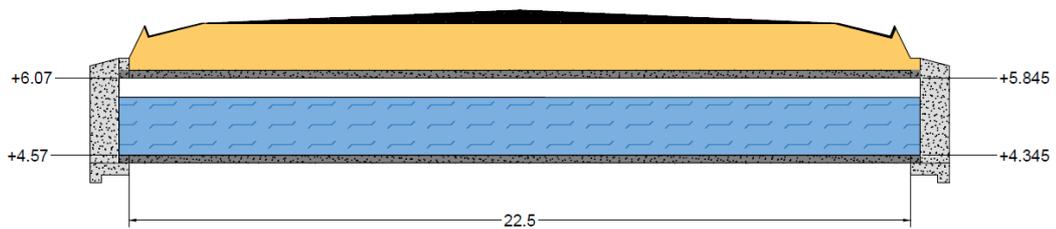
Corte transversal de la sección longitudinal de la alcantarilla de tipo cajón abscisa 2+341.



Nota. Elaboración propia.

Figura 65

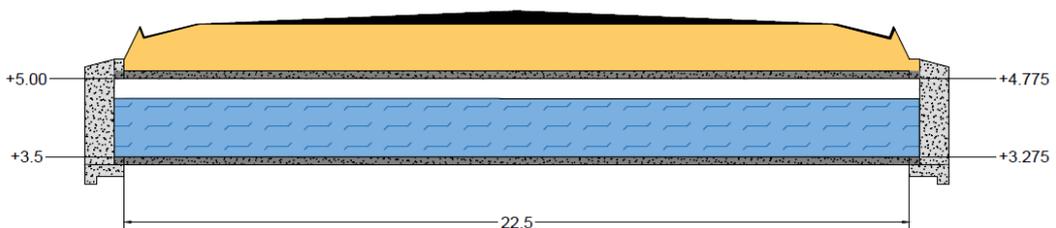
Corte transversal de la sección longitudinal de la alcantarilla de tipo cajón abscisa 4+756.



Nota. Elaboración propia.

Figura 66

Corte transversal de la sección longitudinal de la alcantarilla de tipo cajón abscisa 4+983.

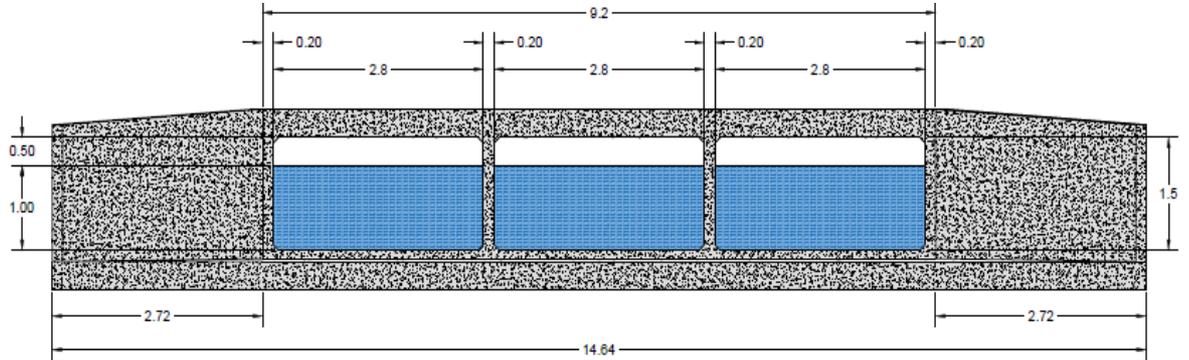


Nota. Elaboración propia.

4.3.3.2. Esquema de diseño para abscisa 3+413

Figura 67

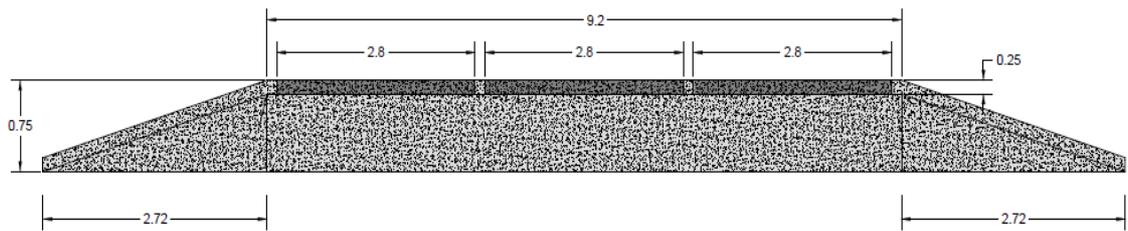
Elevación frontal del cabezal para alcantarilla tipo cajón.



Nota. Elaboración propia.

Figura 68

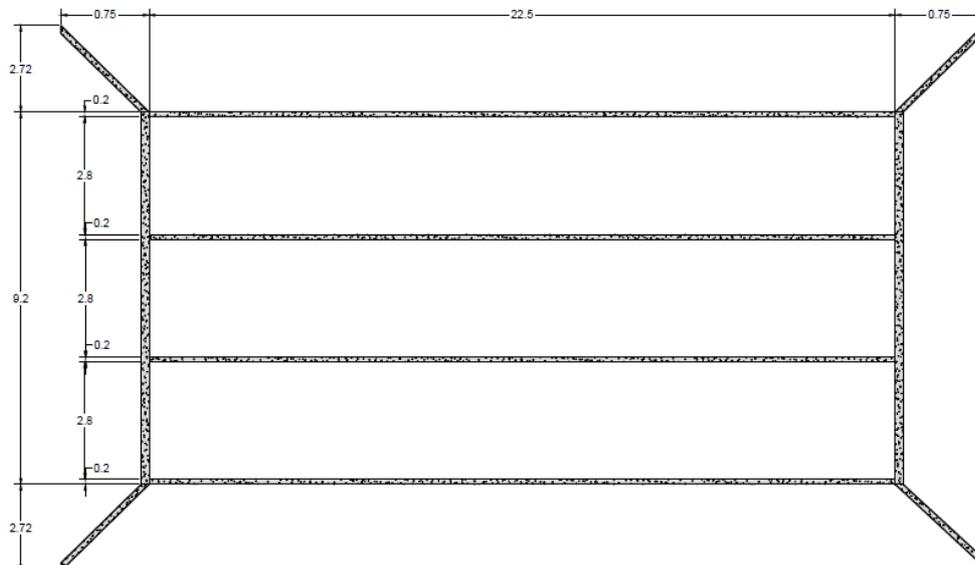
Vista superior del cabezal de la alcantarilla de tipo cajón.



Nota. Elaboración propia.

Figura 69

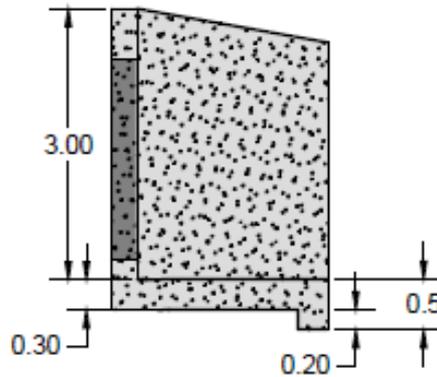
Vista en planta de una alcantarilla tipo cajón.



Nota. Elaboración propia.

Figura 70

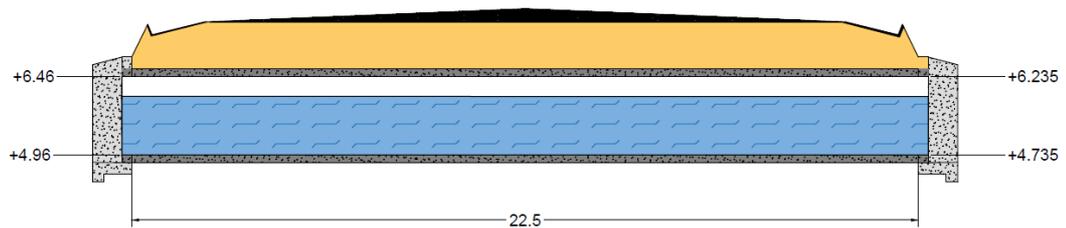
Vista lateral del cabezal de la alcantarilla tipo cajón.



Nota. Elaboración propia.

Figura 71

Corte transversal de la sección longitudinal de la alcantarilla de tipo cajón abscisa 3+413.

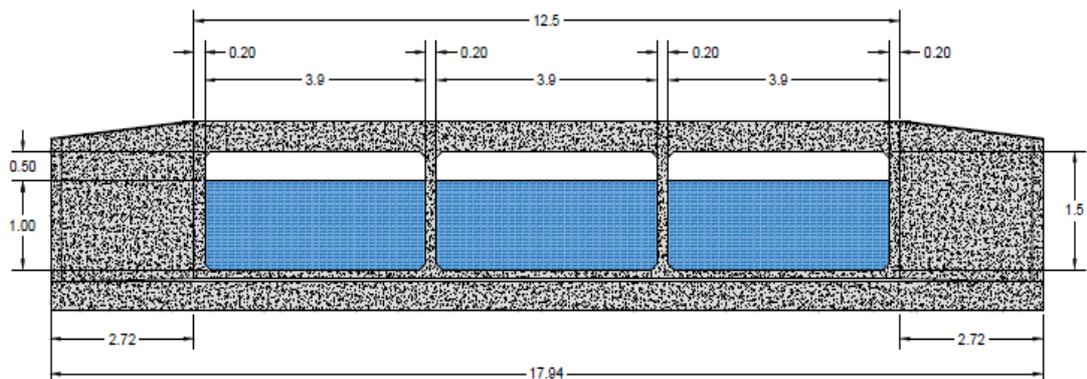


Nota. Elaboración propia.

4.3.3.3. Esquema de diseño para abscisa 3+710

Figura 72

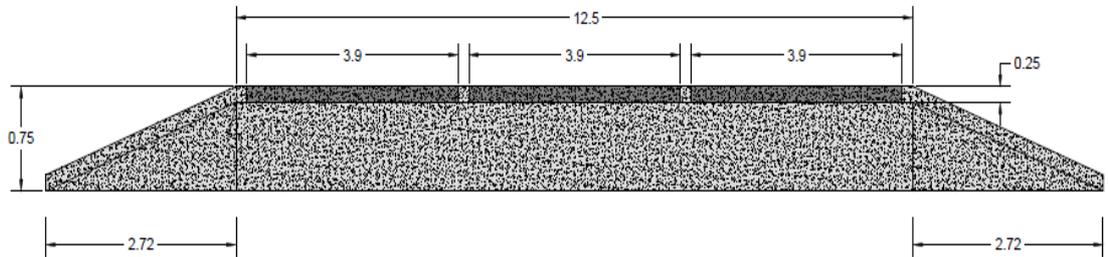
Elevación frontal del cabezal para alcantarilla tipo cajón.



Nota. Elaboración propia.

Figura 73

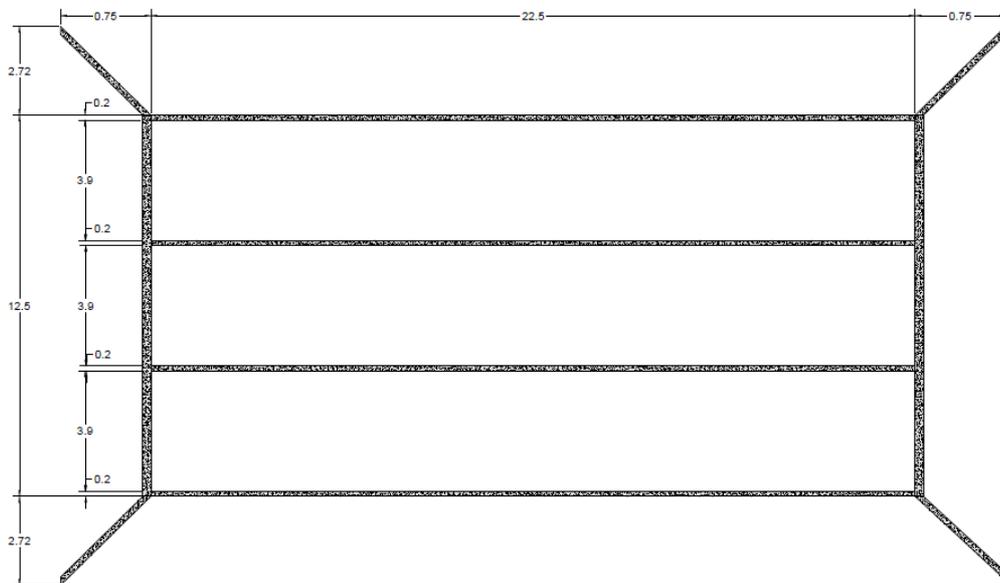
Vista superior del cabezal de la alcantarilla de tipo cajón.



Nota. Elaboración propia.

Figura 74

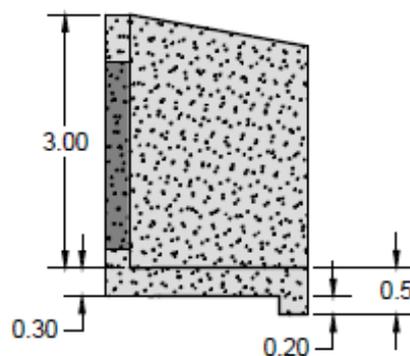
Vista en planta de una alcantarilla tipo cajón.



Nota. Elaboración propia.

Figura 75

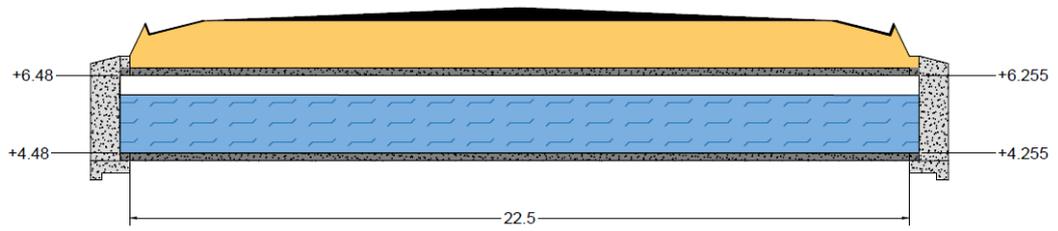
Vista lateral del cabezal de la alcantarilla tipo cajón.



Nota. Elaboración propia.

Figura 76

*Corte transversal de la sección longitudinal de la alcantarilla de tipo cajón
abscisa 3+710.*



Nota. Elaboración propia.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Abordando el Objetivo General desarrollado se observa que el análisis hidráulico integral, propuesto para el drenaje longitudinal y transversal de la Vía E-15 entre Valdivia y Libertador Bolívar, encuentra soluciones a la alta demanda de caudales de cuencas y subcuencas que interceptan la vía previniendo así eventos pluviales que afecten a la integridad de la vía y zonas aledañas. Por lo tanto, el buen manejo del diseño de alcantarillas simplifica de manera significativa las inundaciones en la zona, como posibles colapsos de la vía. El diseño hidráulico propuesto cumple con las normativas como también refleja en su diseño seguridad y calidad de vida de la población local.

El estudio topográfico se lo realizó mediante un levantamiento de vía y con el uso del Software Q-GIS y Google Earth se determinó la delimitación de cuencas que interceptan con la vía E-15 entre Valdivia y Libertador Bolívar. Siendo importante también conocer las coordenadas exactas para poder conocer abscisas y cotas de donde estarán representadas los puntos de desfogue. Concluyendo que la zona delimitada de estudio tendrá pendientes mínimas longitudinalmente correspondientes a la vía siendo una vía plana.

Los datos pluviales que se obtuvieron mediante investigación y un análisis estadístico de los mismos, fueron importantes para conocer los caudales probables desarrollados por las cuencas y subcuencas de estudio. El uso de Métodos hidrológicos fue determinante para certificar las condiciones hidrológicas. Siendo así que se encontraron cuencas que interceptaban la vía, que no se habían tomado en cuenta en el diseño del drenaje en la vía actualmente, por lo que se deberá tomar en cuenta las cuencas encontradas y los cauces que interceptan las vías para el diseño de drenaje transversal, cumpliendo así con diámetros y dimensiones

correspondientes para los diferentes tipos ya sea cajón o tubería, dependiendo de la cantidad de caudal que recaen en los diferentes puntos.

Tanto el diseño de drenajes superficiales (Cuneta) y subterráneo (Alcantarilla Tubular y tipo Cajón) se basó en el dato principal que son los caudales probables calculados para un tiempo de retorno de 30 años, que proporciona seguridad a posibles inundaciones en la Vía E-15 entre Valdivia y Libertador Bolívar, asegurando así que se realice un correcto rediseño de las alcantarillas existentes y también incorporando drenajes que no se tomaron en cuenta en la construcción de la vía actualmente evitando así inundaciones y el deterioro de la vía.

5.2. RECOMENDACIONES

- i.** En lo correspondiente a los estudios topográficos de la vía, se recomienda realizar un levantamiento que aborde más puntos de la vía como también sus zonas adyacentes para obtener una delimitación de la zona de estudio más amplia.
- ii.** Se recomienda mantener actualizados los estudios hidrológicos. Permitiendo desarrollar un ajuste en los sistemas de drenaje según los cambios climáticos a largo plazo.
- iii.** Para la implementación del sistema de drenaje a escala real, se deberá realizar el diseño definitivo del sistema de drenaje para determinar el rendimiento máximo que tendrán las obras hidráulicas. Este diseño haría ajustes para asegurar la operatividad del sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Morocho, M. P. (2016). *Diseño hidráulico de las estaciones de bombeo del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de santa rosa [Tesis de ingeniería civil, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]*. Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/5383>
- Alonso, F. J. (Abril de 2005). *Studocu*. Obtenido de Diseño Hidráulico de Alcantarilla: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-ingenieria/mecanica-de-fluidos/disenio-de-alcantarillas-por-facundo-alonso/11020639>
- Alvarez, M., Parrales , E., Plúa, L., Gutierrez, L., Parrales, C., Marcillo, G., . . . García, W. (2018). *HIDRAULICA APLICADA PARA INGENIEROS CIVILES*. 3ciencias. Obtenido de <https://3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/05/Hidraulica-breve.pdf>
- Avila , N., Cardenas, J., & Gonzalez, D. (s.f.). *COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS RACIONAL E HIDROGRAMA UNITARIO PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES EN SECTORES HIDROLÓGICOS RURALES EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA*. [Tesis de especialidad en recursos hídricos, Universidad Católica de Colombia], Bogotá. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/b9ffd418-d600-4ad8-a938-527965320d3a/content>
- Barra Romero, N. (16 de Septiembre de 2022). Obtenido de S.I.B.: <https://www.sib.org.bo/actividad/articulos/item/810-metodos-de-determinacion-del-caudal-maximo-probable-de-redes-hidrosanitarias-en-edificaciones-de-oficinas.html>
- Béjar, M. (2007). *Drenaje*. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica. Obtenido de <https://libros.tec.ac.cr/drenaje-3vu1k.html>
- Breña Puyol, A. F., & Breña Naranjo, J. A. (14 de Octubre de 2009). Problemática del recurso agua en grandes ciudades: zona metropolitana del valle de México. *UAM-I, Depto. de Ingeniería de Procesos e Hidráulica*, 6-7. Obtenido de <https://agua.org.mx/wp->

content/uploads/2017/10/Problem%C3%A1tica-del-recurso-agua-en-grandes-ciudades-zona-metropolitana-del-valle-de-M%C3%A9xico.pdf

Chimbo Yunga, D. A. (2023). *Análisis del comportamiento hidráulico en la red de drenaje pluvial, implementando Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, en el sector de la Universidad del Azuay-Cuenca*. (Tesis de ingeniería civil, Universidad de Cuenca), Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/43402/1/Trabajo-de-Titulaci%C3%B3n.pdf>

Cruz, R. (2018). *“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE EN 11 CALLES DE LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE PISAQ, DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA, REGIÓN CUSCO*. [Tesis de ingeniería civil, Universidad Alas Peruanas], Cusco-Perú. Obtenido de file:///C:/Users/jenry/Downloads/Tesis_Mejoramiento_Drenaje_Ciudad.pdf

Dolz, J., & Gómez, M. (1994). Problemática del drenaje de aguas pluviales en zonas urbanas y del estudio hidráulico de las redes de colectores. *Core*, 55-55. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/41781111.pdf>

Ductocret. (s.f.). *Tubos de Concreto*. Obtenido de <https://www.ductocret.com/productos.php>

ELENA, G. M. (2019). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN SANTA ELENA*.

Emesa-30. (20 de Junio de 2023). Obtenido de Emesa 30: <https://www.emesa-m30.es/obras-de-drenaje-de-carreteras/>

Facundo J, A. (14 de Abril de 2005). *Studocu*. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-ingenieria/mecanica-de-fluidos/disenio-de-alcantarillas-por-facundo-alonso/11020639>

Faneci. (3 de Marzo de 2023). *Cómo calcular el tirante crítico de una sección circular en hidráulica*. Obtenido de <https://www.faneci.com/como-calcular-el-tirante-critico-de-una-seccion-circular-en-hidraulica/>

- Flóres , J., & Bolaños , A. (2009). Manual de Drenaje para Carreteras 2009. *Consortio ALFA*, 297-302. Obtenido de <https://onl.dnp.gov.co/sites/comunidadvirtual/Tecnologas%20%20intervenciones/Manual%20de%20drenajes%20para%20carreteras.pdf>
- García Rivera, J. P. (2020). *SlidePlayer*. Obtenido de Hidráulica de Canales Abiertos: <https://slideplayer.es/slide/17990969/>
- Gaspari, F., Senisterra, G., Delgado, M., Valgaría, A., & Besterio, S. (2010). *Manual de Manejo integral de Cuencas Hidrográficas*. Quilmes: La Plata. Obtenido de <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/view/2473/6969/11468-1>
- Guzmán, N. (23 de Mayo de 2023). *E.AYCREATIVOS*. Obtenido de Población, Muestra y Muestreo: <https://emprendedoresartistasycreativos.com/poblacion-muestra-y-muestreo/>
- Hidalgo Beltrán, C. S. (2012). *Estudio de drenaje en la vía Rumicucho – Loma Cabuyal, de San Antonio de Pichincha*. (Tesis de ingeniería civil, Pontificia Universidad Católica del Ecuador), Quito. Obtenido de <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e37cff52-22d4-45d8-8425-a0121c92bb54/content>
- IFAN. (20 de Octubre de 2022). Obtenido de El uso y la función del sistema de drenaje: <https://es.ifanpiping.com/info/the-use-and-function-of-drainage-system-77916295.html>
- Instituto Geográfico Militar (IGM). (s.f.). Recuperado el 8 de Noviembre de 2024, de <https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/cartografia-de-libre-acceso-escala-50k/>
- Jimenez, J., Garcia, V., Laez, D., Arreola, O., Cedano, A., Gonzalez, E., & Lopez, R. (2018). *Manual de Apuntes de la Experiencia Educativa de Tuberías y Canales*. creative commons. Obtenido de <https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Hidraulica-de-Tuberias-y-Canales.pdf>

- Lao Saavedra, L. S. (2019). *Diseño hidráulico del drenaje pluvial para mejorar la calidad de vida de las Asociaciones de Vivienda Óvalo del Sur – distrito de La Banda de Shilcayo – provincia de San Martín – Región San Martín*. (Tesis de ingeniería civil, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto), Tarapoto. Obtenido de <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/3485/1/CIVIL%20-%20Larry%20Segundo%20Lao%20Saavedra.pdf>
- Lazo, A. B. (07 de Marzo de 2021). *Faneci*. Obtenido de Faneci: <https://www.faneci.com/descargar-e-instalar-caldren/>
- Llanos Choque, U. C. (2021). *Análisis del comportamiento hidráulico del sistema de drenaje pluvial para mejorar el camino vecinal del Distrito de Ayaviri, Puno – 2021 [Tesis de ingeniería civil, Universidad César Vallejo]*. Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/65074>
- Loyola, C., Rivas, J., & José, M. (07 de Abril de 2014). Permeabilidad del suelo de la cuenca del río Chillán, entre Estero Peladillas y río Ñuble, Chile. *Scielo*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-215X2015000100006&script=sci_arttext
- Mata Solís, L. D. (21 de Mayo de 2019). *El enfoque cuantitativo de investigación*. Obtenido de Investigalia: <https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-cuantitativo-de-investigacion/>
- Mendoza, D., & Mendoza, A. (2024). *EVALUACIÓN Y ESTUDIO HIDRÁULICO PARA LOS SISTEMAS DE DRENAJE EXISTENTES EN LA VÍA SAYÁ-EL AZÚCAR DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA*. Santa Elena.
- Mendoza Gómez, A. R., & Mendoza Orrala, D. J. (2023). *Evaluación y estudio hidráulico para los sistemas de drenaje existentes en la vía Sayá – el Azúcar de la provincia de Santa Elena*. (Tesis de ingeniería civil, Universidad Estatal Península de Santa Elena), La Libertad. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10586/1/UPSE-TIC-2023-0030.pdf>
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP). (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito. Obtenido de

https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-dediseccion-de-carretera_2003-ecuador.pdf

Morales, F. C. (1 de Agosto de 2020). *Economipedia*. Obtenido de Región geográfica: <https://economipedia.com/definiciones/region-geografica.html>

MTOP. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito: T.A.M.S - ASTEC. Obtenido de https://sjnavarro.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/08/manual-dediseccion-de-carretera_2003-ecuador.pdf

Mullo, A., & Oquendo, M. (2021). *ESTUDIO Y DISEÑO DE LA PRESA COLINAR EN SACACHÚN #1*.

Ordoñez, J. (2011). *Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Lima-Perú: Sociedad Geográfica de Lima. Obtenido de https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf

Pastora, D. (2010). *EVALUACIÓN DE LA FÓRMULA DE MANNING EN EL RIO OSTUA*. [Tesis de Maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala], Guatemala. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0398_MT.pdf

Paucar Ipiales, A. (2019). *Diseño hidráulico del alcantarillado pluvial del barrio San Francisco de la parroquia Cutuglagua*. [Tesis de ingeniería civil, Universidad Politécnica Salesiana], Quito. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17737>

Pesantes Guerrero, G. L. (2017). *“Análisis del Comportamiento Hidráulico del Sistema de Drenaje Pluvial de la Carretera Central, km 473.50 al km 486.70, Junín, 2017”*. (Tesis de ingeniería civil, Universidad César Vallejo), Lima. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/32907>

QGIS Project. (09 de Diciembre de 2020). *QGIS 3.10 User Guide*. Obtenido de <https://download.qgis.org/qgisdata/QGIS-Documentation-3.10/live/html/pdf/es/QGIS-3.10-UserGuide-es.pdf>

- Rodríguez Merchán, B. P., & Calle Calva, F. S. (2013). Diseño integral del sistema de drenaje vial para obras de arte menor (drenaje longitudinal y transversal) para la carretera Pachon Mina Zharo de 7.2 km ubicada en el cantón Suscal en la provincia de Cañar. (*Tesis*). Universidad de Cuenca, Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/4471>
- Romero , A., Sabogal, Y., & Gomez, L. (2017). *PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE VIAL PARA EL TRAMO DE CARRETERA TERCIARIA SAN JOAQUIN ALTO DEL TIGRE EN EL MUNICIPIO DE LA MESA CUNDINAMARCA*. [Tesis de ingeniería civil, Universidad la Gran Colombia], Bogotá. Obtenido de <https://repository.ugc.edu.co/server/api/core/bitstreams/766105a2-ec2c-4921-b045-62768f93e57f/content>
- Sosa Sarmiento, J. D. (18 de Septiembre de 2023). *WMO*. Obtenido de <https://etrp.wmo.int/mod/forum/discuss.php?d=19119&lang=ru>
- Suárez, E. (10 de Abril de 2023). *Experto Universitario*. Obtenido de Tipos de investigación y su clasificación: <https://expertouniversitario.es/blog/tipos-de-investigacion/>
- Suárez, E. (9 de Febrero de 2024). *Experto Universitario*. Obtenido de Método inductivo y deductivo: <https://expertouniversitario.es/blog/metodo-inductivo-y-deductivo/>
- Supo, J. (2015). Cómo empezar una tesis. En J. Supo, *Cómo empezar una tesis* (págs. 20-30). Perú: BIOESTADISTICO EIRL. Obtenido de <https://asesoresenturismoperu.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/03/107-josc3a9-supoc3b3mo-empezar-una-tesis.pdf>
- Supo, J. (2 de Abril de 2023). *Bioestadístico*. Obtenido de Niveles de investigación: <https://bioestadistico.com/niveles-de-investigacion>
- Tutiven Galvez, S. M. (2017). *SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO CON LA INCORPORACIÓN DE RESERVAS INDIVIDUALES*. [Tesis de ingeniería civil, Universidad De Especialidades Espiritu Santo], Samborondon. Obtenido de

[http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/2429/1/TESIS%20NO VIEMBRE%202017.pdf](http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/2429/1/TESIS%20NO%20VIEMBRE%202017.pdf)

Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). *Cuencas Hidrográficas*. Quito-Ecuador: Editorial Abya-Yala. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19038/1/Cuencas%20hidrogr%C3%A1ficas.pdf>

Velázquez, A. (27 de Septiembre de 2019). *QuestionPro*. Obtenido de Investigación experimental: Qué es, tipos y cómo realizarla: <https://tesisymasters.com.ar/disenio-experimental-definicion/>

Yañez, E. (2014). *EFICIENCIA DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA AV. ANGAMOS Y JR. SANTA ROSA*. [Tesis de ingeniería civil, Universidad Privada del norte], Cajamarca-Perú. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/4916?show=full>

Zuñiga, R. (2013). *Estudio de hidrología y diseño hidráulico del sistema de drenaje del camino rural Antabamba – Huancapampa Km. 00+00 - Km. 40+150*. [Tesis de ingeniería civil, Universidad Nacional Mayor de San Marcos Tesis de ingeniería civil], Lima. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNMS_80df15a7d758957778ac51032c855933

ANEXOS

Anexo 1

Reporte del diseño de la alcantarilla sección tubular más crítica para la abscisa 6+436 obtenida del programa CALDREN.

DATOS HIDROLOGICOS				DESCRIPCION GRAFICA										
Metodo: Cuenca: Area drenada: [km ²] Pendiente del agua: [%] Caudal de diseño y tirante de agua T (años) Q(m³/s) Ys (m) 1 16.16 1				<p>Cota de agua en la entrada: 14.813 [m.s.n.m] Cota umbral de la alcantarilla: 11.73 [m.s.n.m] Cota umbral de la alcantarilla en la salida: 11.505 [m.s.n.m] Numero de luces: 1 Pendiente "S": 0.01 [m/m] Longitud de la alcantarilla: 22.1 [m] He max: 2.95 [m]</p>										
DISEÑO HIDRAULICO														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
			Control de entrada			Control de salida						Velocidad a la salida		Solucion
Conducto y tipo de entrada	Dimensiones	Caudal (m ³ /s)	He/D	He (m)	Ke	H (m)	yc (m)	(yc+D)/2	ho (m)	h (m)	He (m)	yn (m)	Vs (m/s)	He (m)
Tubería de hormigon Con muro de cabecera y arista viva	D = 2.65 [m]	16.16	1.088	2.883	0.5	0.882	1.804	2.227	1	2.227	2.864	1.265	6.217	2.883
CONDUCTO SELECCIONADO					CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES									
Forma:	Tubería de hormigon													
Dimensiones:	D = 2.65 [m]													
Material:	Hormigon n = 0.012													
Entrada:	Con muro de cabecera y arista viva													

Nota. Elaborado y obtenido de CALDREN.

Anexo 2

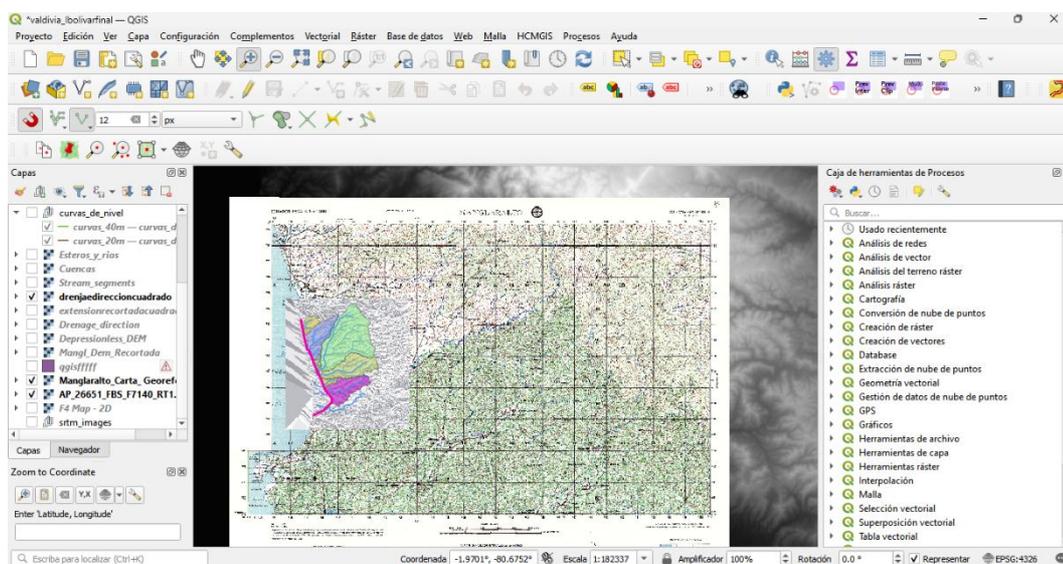
Reporte del diseño de la alcantarilla sección tipo cajón más crítica para la abscisa 3+710 obtenida del programa CALDREN.

DATOS HIDROLOGICOS				DESCRIPCION GRAFICA										
Metodo:				Cota de agua en la entrada: 6.777 [m.s.n.m]										
Cuenca:														
Area drenada:	[km ²]													
Pendiente del agua:	[‰]													
Caudal de diseño y tirante de agua				Numero de luces: 3										
T (años)	Q(m³/s)	Ys (m)		Pendiente "S": 0.01 [m/m]										
	34.31	1.5		Longitud de la alcantarilla: 22.5 [m] He max: 2.3 [m]										
DISEÑO HIDRAULICO														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
				Control de entrada				Control de salida				Velocidad a la salida		Solucion
Conducto y tipo de entrada	Dimensiones	Caudal (m ³ /s)	He/D	He (m)	Ke	H (m)	yc (m)	(yc+D)/2	ho (m)	h (m)	He (m)	Vu (m)	Vs (m/s)	He (m)
Seccion cajon de hormigon Con muros de ala con angulo de 90° a 15°	3.9 x 2[m]	18.1033	1.148	2.297	0.7	0.716	1.3	1.65	1.5	1.65	2.14	0.807	5.749	2.297
CONDUCTO SELECCIONADO					CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES									
Forma: Seccion cajon de hormigon														
Dimensiones: 3.9 x 2[m]														
Material: Hormigon n = 0.012														
Entrada: Con muros de ala con angulo de 90° a 15°														

Nota. Elaborado y obtenido de CALDREN.

Anexo 3

Representación de las Cuencas Hidrográficas en programa QGIS.



Nota. Elaborado y obtenido de QGIS.

Anexo 4

Diámetro para tuberías de concreto reforzado.

TUBERIA DE CONCRETO REFORZADO						Máxima resistencia a la compresión		
Diámetro interior		Diámetro exterior	Longitud útil en Cms	Peso aprox. pieza (kg)	Piezas trailer 30 Ton	Grado I	Grado II	Grado III
Pulg	Cm	Cm						
15"	38	49.4	2.50	596.72	42	2896	3886	5600
18"	45	57.6	2.50	736.38	41	3473	4661	6718
21"	53	67.0	2.50	910.79	33	4040	5440	7800
24"	61	76.2	2.50	1249.46	24	4636	6222	8967
30"	76	93.8	2.50	1543.71	20	5791	7772	11201
36"	91	111.2	2.50	2047.93	15	6946	9322	13436
42"	106	128.8	2.50	2498.84	12	8109	10883	15685
48"	122	147.4	2.44	3305.26	8	9264	12434	17919
60"	152	182.4	2.50	4966.54	6	11582	15545	22403
72"	183	218.6	2.00	5457.89	5	13900	18655	26886
84"	213	253.6	2.00	7500.00	4	16218	21767	
96"	244	289.6	1.80	9800.00	3	18500	24800	

Nota. Tomado de (Ductocret).

Anexo 5

Diámetro para tuberías de concreto simple.

TUBERIA DE CONCRETO SIMPLE						Grado I
Diámetro interior		Diámetro exterior	Longitud útil en Cms	Peso aprox. pieza (kg)	Piezas trailer 30 Ton	Máxima resistencia a la compresión
Pulg	Cm	Cm				
8"	20	24.0	1.22	58.00	270	1940
10"	25	30.0	1.00	80.00	250	2080
12"	30	36.0	1.00	157.00	160	2230
15"	38	49.4	2.50	596.72	42	2600
18"	45	57.6	2.50	736.38	41	2960
21"	53	67.0	2.50	910.79	33	3205
24"	61	76.2	2.50	1249.46	24	3570

Nota. Tomado de (Ductocret).