

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Evaluación del sistema de drenaje de las alcantarillas
y cunetas, y propuesta de replanteo de mejora en la
trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha
en el distrito de Haquira - Apurímac**

Revelino Huacho Ochoa

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Arequipa, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : MANUEL JULIO BERLANGA BARRIGA
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de
FECHA : investigación 12 de Abril de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE DE LAS ALCANTARILLAS Y CUNETAS, Y PROPUESTA DE REPLANTEO DE MEJORA EN LA TROCHA CARROZABLE ENTRE EL SECTOR BELLAVISTA Y CCOCHA EN EL DISTRITO DE HAQUIRA - APURÍMAC

Autores:

1. Revelino Huacho Ochoa – EAP. Ingeniería Civil

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 10 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI NO
Nº de palabras excluidas (**en caso de elegir "SI"**): 30
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

MANUEL JULIO BERLANGA BARRIGA
Asesor de trabajo de investigación

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios, gracias a él he logrado llegar hasta aquí; a mis padres, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, a mis hermanos y familiares cercanos, a mis amigos y compañeros que de alguna manera contribuyeron con la realización de mis objetivos y sobre todo por demostrarme su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi reconocimiento y correspondencia a la Universidad Continental del Perú por la oportunidad de permitirme extender y abordar mis convicciones profesionales, darme las herramientas y la guía necesaria para alcanzar mis objetivos y guiarme por el sendero del conocimiento.

Agradezco a quien lea mi presente investigación que perdura dentro de los conocimientos y desarrollo de las demás generaciones que estén por llegar.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.1.1 Planteamiento del problema	3
1.1.2 Formulación del problema	5
1.1.2.1 Problema general.....	5
1.1.2.2 Problemas específicos	5
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	6
1.2.1 Teórica.....	6
1.2.2 Práctica.....	6
1.2.3 Metodológica.....	7
1.3 OBJETIVOS	7
1.3.1 Objetivo general	7
1.3.2 Objetivos específicos.....	7
1.4 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO	7
1.4.1 Delimitación espacial	7
1.4.2 Delimitación temporal.....	8
1.4.3 Delimitación temática	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.1.1 Internacionales	9
2.1.2 Nacionales	10
2.1.3 Antecedentes Locales	11
2.2 BASES TEÓRICAS.....	12
2.2.1 Sistema de drenaje.....	12
2.2.2 Cunetas	12
2.2.2.1 Cunetas sin revestir	13

2.2.2.2	Erosión de cunetas.....	13
2.2.2.3	Sección transversal de las cunetas.....	14
2.2.2.4	Caudal en cunetas.....	14
2.2.3	Alcantarillado.....	15
2.2.3.1	Alcantarillado de concreto.....	15
2.2.4	Trocha carrozable.....	16
2.2.5	Condición estructural del drenaje superficial.....	17
2.2.6	Condición funcional del drenaje superficial.....	17
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	18
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		20
3.1	HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	20
3.1.1	Hipótesis general.....	20
3.1.2	Hipótesis específicas	20
3.1.3	Definición conceptual de las variables.....	20
3.1.4	Descripción y operacionalización de las variables.....	21
3.2	MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	23
3.2.1	Enfoque	23
3.2.2	Tipo	23
3.2.3	Nivel o alcance	23
3.3	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
3.4	POBLACIÓN Y MUESTRA	24
3.4.1	Población.....	24
3.4.2	Muestra.....	24
3.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	25
3.5.1	Técnicas de investigación.....	25
3.5.2	Instrumentos de investigación	25
3.5.3	Validez de instrumentos de investigación	25
3.6	PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	25
3.6.1	Comportamiento hidráulico de las cunetas en su condición inicial.....	26
3.6.1.1	Tramo 2+080 – 1+280.....	26
3.6.1.2	Tramo 1+280 – 0+800.....	32
3.6.1.3	Tramo 0+800 – 0+100.....	36
3.6.2	Comportamiento hidráulico de las cunetas como propuesta	39
3.6.2.1	Tramo 2+580 – 2+080.....	39

3.6.2.2	Tramo 2+080 – 1+280.....	43
3.6.2.3	Tramo 1+280 – 0+100.....	46
3.6.3	Comportamiento hidráulico de las alcantarillas existentes	49
3.6.3.1	Alcantarilla N° 01.....	49
3.6.3.2	Alcantarilla N° 02.....	52
3.6.3.3	Alcantarilla N° 03.....	56
3.6.4	Comportamiento hidráulico de la alcantarilla propuesta.....	58
 CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		62
4.1	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	62
4.1.1	Condición estructural del sistema de drenaje	62
4.1.1.1	Cunetas	62
4.1.1.2	Alcantarillas	68
4.1.2	Condición funcional del sistema de drenaje.....	69
4.1.2.1	Cunetas	69
4.1.2.2	Alcantarillas	75
4.1.3	Condición hidráulica del sistema de drenaje.....	76
4.1.3.1	Caudal de diseño	76
4.1.3.2	Cunetas	90
4.1.3.3	Alcantarillas	98
4.2	PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE DRENAJE.....	103
4.2.1	Cunetas.....	103
4.2.2	Alcantarillas	117
4.3	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	118
4.3.1	Condición estructural del sistema de drenaje	118
4.3.2	Condición funcional del sistema de drenaje.....	119
4.3.3	Condición hidráulica del sistema de drenaje.....	120
4.4	PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE DRENAJE.....	121
 CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		122
5.1	CONCLUSIONES	122
5.2	RECOMENDACIONES	123
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		124
ANEXOS.....		127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Condición estructural de alcantarillas.....	17
Tabla 2.	Condición estructural de cunetas	17
Tabla 3.	Condición funcional de alcantarillas y cunetas.....	18
Tabla 4.	Operacionalización de las variables.....	22
Tabla 5.	Condición estructural de las cunetas en el lado derecho de la vía entre el sector Bellavista y Ccocha – Haqira – Cotabambas – Apurímac.....	63
Tabla 6.	Condición estructural de las cunetas en el lado izquierdo de la vía entre el sector Bellavista y Ccocha – Haqira – Cotabambas – Apurímac.....	66
Tabla 7.	Condición estructural de las alcantarillas de la vía entre el sector Bellavista y Ccocha – Haqira – Cotabambas – Apurímac.....	68
Tabla 8.	Condición funcional de las cunetas en el lado derecho de la vía entre el sector Bellavista y Ccocha – Haqira – Cotabambas – Apurímac.....	70
Tabla 9.	Condición funcional de las cunetas en el lado izquierdo de la vía entre el sector Bellavista y Ccocha – Haqira – Cotabambas – Apurímac.....	73
Tabla 10.	Condición funcional de las alcantarillas el sector Bellavista y Ccocha – Haqira – Cotabambas – Apurímac.....	75
Tabla 11.	Datos de precipitación máxima diaria de la estación Tambobamba.....	76
Tabla 12.	Análisis de datos dudosos de la estación Tambobamba.	77
Tabla 13.	Datos estadísticos para la obtención de datos dudosos.....	77
Tabla 14.	Resumen de los valores de delta teórico de cada una de las distribuciones.	82
Tabla 15.	Distribución de probabilidades pluviométricas según Gumbel.	83
Tabla 16.	Precipitaciones diarias máximas más probables para 2 y 15 años.....	83
Tabla 17.	Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de las lluvias.....	84
Tabla 18.	Intensidades de la lluvia en diferentes duraciones y periodos de retorno.....	84
Tabla 19.	Representación matemática para la lluvia con periodo de retorno de 2 años.	85
Tabla 20.	Representación matemática para la lluvia con periodo de retorno de 15 años.	86
Tabla 21.	Regresión potencial de los datos de precipitación por periodo de retorno.	87
Tabla 22.	Valores de la intensidad, duración y frecuencia.	87
Tabla 23.	Características de las áreas de drenaje.....	88
Tabla 24.	Cálculo de caudales por áreas de drenaje.	89
Tabla 25.	Descripción del comportamiento de la cuneta en el tramo 0+100 – 0+800.....	93
Tabla 26.	Descripción del comportamiento de la cuneta en el tramo 0+800 – 1+280.....	95
Tabla 27.	Descripción del comportamiento de la cuneta en el tramo 1+280 – 2+080.....	98

Tabla 28.	Parámetros de control en la alcantarilla N°01.	100
Tabla 29.	Parámetros de control en la alcantarilla N°02.	101
Tabla 30.	Parámetros de control en la alcantarilla N°03.	103
Tabla 31.	Datos para el diseño de las secciones de cunetas.....	104
Tabla 32.	Resumen del cálculo hidráulico de cunetas.	106
Tabla 33.	Parámetros de diseño de cunetas propuestas.	108
Tabla 34.	Descripción del comportamiento de la cuneta en el tramo 0+180 – 1+280 - propuesta.....	111
Tabla 35.	Descripción del comportamiento de la cuneta en el tramo 1+280 – 2+080 - propuesta.....	114
Tabla 36.	Descripción del comportamiento de la cuneta en el tramo 2+080 – 2+580 - propuesta.....	117
Tabla 37.	Parámetros de la alcantarilla N°02 propuesta.	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Componentes de una cuneta en una carretera.....	13
Figura 2.	Vista de una cuneta sin revestimiento.....	13
Figura 3.	Erosión de cunetas.....	14
Figura 4.	Alcantarillas de concreto.....	16
Figura 5.	Trocha carrozable de sector Bellavista en el distrito de Haquira – Apurímac.....	16
Figura 6.	Vista del sector de análisis o muestra (tramo color rojo).....	24
Figura 7.	Vista del Área de drenaje del tramo 2+080 – 1+280, modelado en HEC-RAS.....	26
Figura 8.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+080.....	27
Figura 9.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2 +017.50.....	27
Figura 10.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+955.....	27
Figura 11.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+892.50.....	28
Figura 12.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+830.....	28
Figura 13.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+767.50.....	28
Figura 14.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+705.....	29
Figura 15.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+642.50.....	29
Figura 16.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+580.....	29
Figura 17.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+517.50.....	30
Figura 18.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+455.....	30
Figura 19.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+392.50.....	30
Figura 20.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+330.....	31
Figura 21.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+267.50.....	31
Figura 22.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+205.....	31
Figura 23.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+142.50.....	32
Figura 24.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+080.....	32
Figura 25.	Vista del Área de drenaje del tramo 1+280 – 0+800, modelado en HEC-RAS.....	32
Figura 26.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+280.....	33
Figura 27.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+230.....	33
Figura 28.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+180.....	33
Figura 29.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+130.....	34
Figura 30.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+080.....	34
Figura 31.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+030.....	34
Figura 32.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+980.....	35
Figura 33.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+930.....	35

Figura 34.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+880.....	35
Figura 35.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+830.....	36
Figura 36.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+800.....	36
Figura 37.	Vista del Área de drenaje del tramo 0+800 – 0+100, modelado en HEC-RAS.....	36
Figura 38.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+800.....	37
Figura 39.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+700.....	37
Figura 40.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+600.....	37
Figura 41.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+500.....	38
Figura 42.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+400.....	38
Figura 43.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+300.....	38
Figura 44.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+200.....	39
Figura 45.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+100.....	39
Figura 46.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+580.....	39
Figura 47.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+530.....	40
Figura 48.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+480.....	40
Figura 49.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+430.....	40
Figura 50.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+380.....	41
Figura 51.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+330.....	41
Figura 52.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+280.....	41
Figura 53.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+230.....	42
Figura 54.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+180.....	42
Figura 55.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+130.....	42
Figura 56.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+080.....	43
Figura 57.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+017.....	43
Figura 58.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+830.....	43
Figura 59.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+767.....	44
Figura 60.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+705.....	44
Figura 61.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+580.....	44
Figura 62.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+517.....	45
Figura 63.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+455.....	45
Figura 64.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+330.....	45
Figura 65.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+280.....	46
Figura 66.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+180.....	46
Figura 67.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+080.....	46
Figura 68.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+980.....	47

Figura 69.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+880.....	47
Figura 70.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+780.....	47
Figura 71.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+680.....	48
Figura 72.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+580.....	48
Figura 73.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+380.....	48
Figura 74.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+280.....	49
Figura 75.	Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+180.....	49
Figura 76.	Condición estructural de las cunetas del lado derecho de la vía entre el sector Bellavista y Ccocha – Haquira – Cotabambas – Apurímac.....	65
Figura 77.	Condición estructural de las cunetas del lado izquierdo de la vía entre el sector Bellavista y Ccocha – Haquira – Cotabambas – Apurímac.....	68
Figura 78.	Condición funcional de las cunetas del lado derecho de la vía entre el sector Bellavista y Ccocha – Haquira – Cotabambas – Apurímac.....	72
Figura 79.	Condición funcional de las cunetas del lado izquierdo de la vía entre el sector Bellavista y Ccocha – Haquira – Cotabambas – Apurímac.....	75
Figura 80.	Comportamiento de los datos de precipitación de la estación Tambobamba.....	76
Figura 81.	Vista de no existencia de datos dudosos en la precipitación máxima diaria.....	78
Figura 82.	Distribución normal de los datos de precipitación.....	79
Figura 83.	Distribución log-Normal de 2 parámetros de los datos de precipitación.....	79
Figura 84.	Distribución log-Normal de 3 parámetros de los datos de precipitación.....	80
Figura 85.	Distribución Gamma de 2 parámetros los datos de precipitación.....	80
Figura 86.	Distribución log-Pearson tipo III de los datos de precipitación.....	81
Figura 87.	Distribución Gumbel de los datos de precipitación.....	81
Figura 88.	Distribución log-Gumbel de los datos de precipitación.....	82
Figura 89.	Representación matemática para la lluvia con periodo de retorno de 2 años.....	85
Figura 90.	Representación matemática para la lluvia con periodo de retorno de 15 años.....	86
Figura 91.	Curvas de intensidad, duración y frecuencia.....	88
Figura 92.	Área de drenaje.....	89
Figura 93.	Caudales calculados por cada área de drenaje.....	90
Figura 94.	Vista del tramo 0+100 – 0+800, modelado en HEC-RAS.....	91
Figura 95.	Comportamiento del caudal en el tramo 0+800, modelado en HEC-RAS.....	91
Figura 96.	Comportamiento del caudal en el tramo 0+500, modelado en HEC-RAS.....	92
Figura 97.	Comportamiento del caudal en el tramo 0+100, modelado en HEC-RAS.....	92
Figura 98.	Vista del tramo 0+800 – 1+280, modelado en HEC-RAS.....	93
Figura 99.	Comportamiento del caudal en el tramo 1+280, modelado en HEC-RAS.....	94

Figura 100. Comportamiento del caudal en el tramo 1+080, modelado en HEC-RAS.	94
Figura 101. Comportamiento del caudal en el tramo 0+800, modelado en HEC-RAS.	95
Figura 102. Vista del tramo 1+280 – 2+080, modelado en HEC-RAS.....	96
Figura 103. Comportamiento del caudal en el tramo 2+080, modelado en HEC-RAS.	96
Figura 104. Comportamiento del caudal en el tramo 1+630, modelado en HEC-RAS.	97
Figura 105. Comportamiento del caudal en el tramo 1+280, modelado en HEC-RAS.	97
Figura 106. Vista en planta de la alcantarilla N°01 existente.	99
Figura 107. Vista en perfil de la alcantarilla N°01 existente.	99
Figura 108. Vista en planta de la alcantarilla N°02 existente.	100
Figura 109. Vista en perfil de la alcantarilla N°02 existente.	101
Figura 110. Vista en planta de la alcantarilla N°03 existente.	102
Figura 111. Vista en perfil de la alcantarilla N°03 existente.	102
Figura 112. Diseño preliminar de la sección de la cuneta I.	104
Figura 113. Diseño preliminar de la sección de la cuneta II.	105
Figura 114. Diseño preliminar de la sección de la cuneta III.....	105
Figura 115. Sección de la cuneta I.	106
Figura 116. Sección de la cuneta II.	107
Figura 117. Sección de la cuneta III.....	107
Figura 118. Vista del tramo 0+100 – 1+280, modelado en HEC-RAS – propuesta.	108
Figura 119. Comportamiento del caudal en el tramo 1+280, modelado en HEC-RAS – propuesta.....	109
Figura 120. Comportamiento del caudal en el tramo 0+780, modelado en HEC-RAS – propuesta.....	109
Figura 121. Comportamiento del caudal en el tramo 0+180, modelado en HEC-RAS – propuesta.....	110
Figura 122. Vista del tramo 1+280 – 2+080, modelado en HEC-RAS - propuesta.....	112
Figura 123. Comportamiento del caudal en el tramo 2+080, modelado en HEC-RAS - propuesta.....	112
Figura 124. Comportamiento del caudal en el tramo 1+580, modelado en HEC-RAS - propuesta.....	113
Figura 125. Comportamiento del caudal en el tramo 1+280, modelado en HEC-RAS - propuesta.....	113
Figura 126. Vista del tramo 2+080 – 2+580, modelado en HEC-RAS – propuesta.	115
Figura 127. Comportamiento del caudal en el tramo 2+580, modelado en HEC-RAS - propuesta.....	115

Figura 128. Comportamiento del caudal en el tramo 2+330, modelado en HEC-RAS – propuesta.....	116
Figura 129. Comportamiento del caudal en el tramo 2+080, modelado en HEC-RAS – propuesta.....	116

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1:	MATRIZ DE CONSISTENCIA	128
ANEXO 2:	MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	130
ANEXO 3:	FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS Y VALIDACIÓN	131
ANEXO 4:	DIAGRAMAS DE FLUJO	139
ANEXO 5:	PANEL FOTOGRÁFICO	141
ANEXO 6:	PLANOS	149

RESUMEN

El desarrollo de la presente investigación, ha considerado como principal objetivo evaluar el sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas de la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira, para proponer un replanteo de mejora.

Para cumplir con lo mencionado, se ha tomado en cuenta una metodología basada en un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada con un nivel descriptivo y un diseño no experimental; todo ello basado en la recolección de las condiciones estructurales, funcionales e hidráulicas de las obras existentes, para lo cual fue necesario la consideración del Manual de Mantenimiento o Conservación Vial del Ministerio de transportes, así como la aplicación del programa HEC-RAS, con el cual se ha podido establecer si estos elementos se encuentran dimensionados correctamente; siendo necesario para ello, la consideración de información como la topografía, las secciones, el coeficiente de Manning, entre otros.

De la evaluación de la condición estructural del sistema existente, en lado derecho e izquierdo de la vía se registra un 81.82 % y 55.56 % de cunetas con un estado “Regular”, pues existen tramos colmatados con la acumulación de sedimentos, no obstante, no alcanzan una altura crítica que provoque saturación durante las épocas de precipitación. Desde el punto de vista hidráulico, se requiere el incremento de la sección de las cunetas (bxh: 0.98 x 0.35; 0.90 x 0.45 y 0.70 x 0.35), al igual que la alcantarilla N° 02 (Prog. 2 + 080). Con lo descrito, se concluye que a pesar de que las cunetas y alcantarillas cumplían con los parámetros establecidos de acuerdo con el Manual de Mantenimiento o Conservación Vial del Ministerio de transportes, al realizar el análisis hidráulico se obtuvo una comprensión realista de su comportamiento frente a las precipitaciones máximas que ocurren en la zona de estudio.

Palabras clave: Sistema de drenaje, condición estructural, condición hidráulica, cunetas, alcantarillas.

ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate the drainage system of the culverts and ditches of the dirt road between the Bellavista and Ccocha sectors in the district of Haquira, in order to propose an improvement plan.

In order to comply with the above, the methodology included the collection of structural, functional and hydraulic conditions of the existing works, for which it was necessary to consider the Road Maintenance or Conservation Manual of the Ministry of Transportation, as well as the application of specialized software such as **H-channels** and HEC-RAS, with which it has been possible to establish the hydraulic behavior of these elements in a coherent manner.

The results obtained have shown that the existing ditches on the right and left sides register 81.82 % and 55.56 % respectively in a "Regular" state from the structural point of view, some sections are clogged with sediment accumulation, but they do not reach a critical height that causes saturation during the rainy season. However, from the hydraulic point of view, it is necessary to increase the section of the ditches (bxh: 0.98 x 0.35; 0.90 x 0.45 and 0.70 x 0.35), and that culvert N°02 increases its current section. From the above, it can be concluded that although the ditches and culverts complied with the established parameters, it was only after performing the hydraulic analysis that a realistic understanding of their behavior in the face of maximum rainfall was obtained.

Keywords: Structural condition, Functional condition, Hydraulic condition, Peak flow.

INTRODUCCIÓN

En las regiones de Colombia y Perú, el sistema de drenaje desempeña un papel crucial en la gestión de las aguas pluviales y el mantenimiento de las vías; sin embargo, en el distrito de Haqira, ubicado en la provincia de Cotabambas, Apurímac, se enfrentan desafíos relacionados con el drenaje en la trocha carrozable que conecta los sectores de Bellavista y Ccocha. La acumulación de agua de lluvia ha generado congestión en los sistemas de drenaje existentes, erosionando rápidamente las zanjias y ocasionando desbordamientos de aguas pluviales. Sin embargo, hasta la actualidad no existe una evaluación que cuantifique dicho problema.

En vista de esta problemática, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el resultado de la evaluación del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, para la propuesta de replanteo de mejora en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira - Apurímac? La hipótesis central establece que, de la evaluación del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, se encuentran en un deficiente estado, siendo necesario proponer el replanteo de mejora en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira – Apurímac. Por ello, el presente estudio tiene como propósito principal evaluar el sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, para proponer un replanteo de mejora en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira – Apurímac.

Para lograr lo antes mencionado, se empleó un enfoque cuantitativo que implica la aplicación de metodologías establecidas por las normativas peruanas, junto a la consideración de un modelamiento hidráulico de las cunetas y alcantarillas, para que de esta manera se brinde una solución que garantice la seguridad y el bienestar de los pobladores y usuarios de la vía.

Para un mejor entendimiento del desarrollo de esta investigación, se ha considerado su esquematización en los siguientes capítulos:

Capítulo I, Planteamiento del estudio: Describe puntos de gran relevancia como el planteamiento del problema, los objetivos, las justificaciones, la delimitación del proyecto y finalmente el planteamiento de hipótesis y variables.

Capítulo II, Marco teórico: En este ítem se considera aspectos que brindan el fundamento del desarrollo de la investigación, tales como los antecedentes de la investigación, las bases teóricas y la definición de términos.

Capítulo III, Metodología: En este capítulo se ha detallado aspectos como la hipótesis, las variables, el método, el alcance y el diseño de la investigación; asimismo se ha considerado la presentación de la población, muestras, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, la validez de instrumentos y el procedimiento de recolección de datos.

Capítulo IV, Resultados y discusión: En este capítulo se ha presentado los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación, así como la discusión de los resultados.

Capítulo V, Conclusiones y recomendaciones: En este último ítem se considera la presentación de las principales conclusiones y recomendaciones que se tienen en cuenta para la investigación.

Finalmente, el desarrollo de esta investigación considera las referencias bibliográficas y los anexos respectivos.

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1 Planteamiento del problema

A nivel internacional, se ha observado un creciente fenómeno de migración de personas de áreas rurales hacia zonas urbanas. Actualmente, casi la mitad de la población mundial reside en áreas urbanas, lo cual representa un aumento de más del 80 % en las últimas dos décadas [1].

El crecimiento acelerado de las ciudades, implica la necesidad de realizar inversiones significativas en infraestructura, tales como carreteras, áreas verdes, hospitales y sistemas de suministro de servicios que son utilizados diariamente por los habitantes urbanos. Sin embargo, el correcto funcionamiento de estas instalaciones y el desarrollo normal de las actividades cotidianas, dependen, en ciertos momentos, de otro componente infraestructural de vital importancia: el sistema de drenaje de aguas pluviales. Garantizar su adecuado desempeño es fundamental para asegurar la sostenibilidad de la vida en las zonas urbanas y la eficiencia de otras infraestructuras [2].

La ciudad de Bogotá, ubicada en Colombia, se encuentra en una zona geográfica conocida como confluencia intertropical. La ubicación geográfica influye directamente en los niveles de lluvia, lo que conlleva estaciones lluviosas que afectan la capacidad hidráulica de los sistemas de drenaje como las alcantarillas y cunetas. Es importante destacar que las cantidades de lluvia varían en diferentes áreas de la ciudad. Por ejemplo, las precipitaciones promedio oscilan entre 69 mm. en Bosa, ubicada al occidente, y 142 mm. en Torca, al norte de la ciudad [3].

La configuración climática descrita, ha generado uno de los mayores desafíos para la gestión de las aguas pluviales en el espacio público de Bogotá, sobre todo durante los periodos de lluvias intensas. El rápido crecimiento urbano ha llevado a la impermeabilización de gran parte de la ciudad, lo que ha resultado en una disminución de la cobertura vegetal que solía ayudar a interceptar y absorber las aguas pluviales. La problemática se ha intensificado en cuanto al control de aguas

pluviales en Bogotá, ocasionando inundaciones a causa de la saturación de las cunetas y alcantarillas [4].

Como consecuencia, es común observar desbordamientos en los sistemas de drenaje durante las estaciones lluviosas, debido a la gran cantidad de agua que se acumula en las áreas urbanas impermeables. En numerosas ocasiones, esta afluencia de agua supera la capacidad de los sistemas de recolección existentes, lo que ocasionan inundaciones y acumulación de agua en las calles y espacios públicos. Este fenómeno se ha vuelto recurrente en cada temporada de lluvias [5].

A nivel nacional, las recientes inundaciones en el norte del país han resaltado la urgente necesidad de implementar un sistema integral de drenaje pluvial en la ciudad. Este sistema desempeñará un papel crucial en la prevención de inundaciones causadas por las lluvias estacionales y el fenómeno de El Niño. En la actualidad, la ciudad cuenta con 47 cuencas ciegas en áreas como Ignacio Merino, la avenida Marcavelica y, especialmente, en la zona oeste. Estas áreas son propensas a sufrir inundaciones y requieren una atención prioritaria para implementar un sistema de drenaje eficiente [6].

En el contexto de este año, Tumbes ha experimentado graves inundaciones debido a las intensas lluvias. El Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) ha instado al alcalde provincial a avanzar la implementación del proyecto de drenaje pluvial para la ciudad. A pesar de que estos eventos extraordinarios como las recientes precipitaciones en la costa norte del país, no deberían tomar por sorpresa a una sociedad bien informada y experimentada, su impacto negativo sigue siendo significativo. Estos momentos de crisis recalcan la necesidad de un sistema de drenaje urbano. Ante la pregunta de si es realmente necesario tener un sistema de drenaje en una zona donde las precipitaciones son periódicas, los eventos recientes han dejado en claro que su implementación es una necesidad urgente. Es fundamental contar con una respuesta anticipada, más que inmediata, por parte de los responsables de la administración para minimizar los daños causados por estas precipitaciones extraordinarias [7].

A nivel local, la región de Apurímac se encuentra en una zona caracterizada como trópico húmedo, donde las precipitaciones pluviales son muy frecuentes y de alta intensidad. Estas condiciones se presentan principalmente desde noviembre hasta finales de marzo, lo que ha generado problemas en las cunetas y alcantarillas de las carreteras [8].

Como resultado, las constantes lluvias en la trocha carrozable han ocasionado dificultades significativas. Uno de los problemas recurrentes se relaciona con las alcantarillas, ya que el caudal pluvial sobrepasa la capacidad de estas estructuras, lo que provoca desbordamientos e inundaciones durante la temporada de lluvias. Además, las cunetas no revestidas, que presentan una sección triangular, sufren erosión y tienen una capacidad limitada para redirigir adecuadamente el flujo de

agua, lo cual afecta el correcto funcionamiento del sistema de alcantarillas y las cunetas en la trocha carrozable Bellavista - Ccocha, ubicada en el distrito de Haqira, Apurímac.

Por tanto, los sedimentos originados por la erosión y su acumulación en las alcantarillas, ocasionan obstrucciones en los sistemas de drenaje de aguas pluviales. Por consiguiente, es necesario realizar un estudio para modificar las condiciones geométricas de las cunetas, así como la ubicación de las alcantarillas y otros parámetros, a fin de adecuarlos a las características topográficas del terreno en la trocha carrozable que abarca desde el kilómetro 0+00 hasta el 2+700 de Bellavista a Ccocha, en el distrito de Haqira, provincia de Cotabambas, Apurímac. El objetivo es mejorar el funcionamiento adecuado de los elementos de la trocha en la zona de estudio, en beneficio de todos los pobladores.

Debido a esta situación, surge la necesidad de abordar estos problemas y considerarlos en el diseño de la trocha carrozable, a fin de mitigar las sobrecargas en las alcantarillas y cunetas. Por lo tanto, este trabajo de investigación propone realizar un diagnóstico de las alcantarillas y cunetas. El problema central abordado en esta investigación, se centra en los desafíos planteados por las constantes precipitaciones en la trocha carrozable entre los sectores de Bellavista y Ccocha, en el distrito de Haqira, Apurímac. Específicamente, se ha observado que la capacidad de las alcantarillas de tipo TMC de sección circular para gestionar los caudales pluviales son insuficientes, lo que provoca desbordamientos e inundaciones durante la temporada de lluvias. Al mismo tiempo, se ha identificado un problema persistente en las cunetas de sección triangular sin revestimiento, que muestran signos de erosión y una capacidad deficiente para redirigir eficazmente el flujo de agua. Estos problemas en conjunto comprometen el funcionamiento óptimo del sistema de drenaje en la trocha carrozable de Bellavista - Ccocha. En este sentido, este estudio tiene como objetivo evaluar y proponer mejoras para las alcantarillas y cunetas en dicha trocha carrozable, con el fin de mejorar su resistencia frente a las precipitaciones y reducir los riesgos asociados con inundaciones y erosión.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1 Problema general

¿Cuál es el resultado de la evaluación del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira - Apurímac?

El problema Genral No incluye propuesta de mejora en el problema general

1.1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿Cuál es la condición estructural del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira - Apurímac?

- b) ¿Cuál es la condición funcional del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haquira - Apurímac?
- c) ¿Cuál es la condición hidráulica del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haquira - Apurímac?
- d) ¿Cuál es la propuesta de replanteo de mejora en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haquira – Apurímac?

1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.2.1 Teórica

La justificación teórica de la presente investigación se fundamenta en la necesidad de generar conocimiento y contribuir al campo de estudio. En este sentido, el objetivo principal de este estudio, es llevar a cabo una evaluación integral de las cunetas y alcantarillas, incorporando el modelamiento del sistema, con el fin de comprender y determinar su comportamiento hidráulico.

En este contexto, la presente investigación busca llenar ese vacío de conocimiento y proporcionar herramientas para una mejor comprensión y diseño de cunetas y alcantarillas. Mediante el modelamiento del sistema, se pretende analizar y evaluar su comportamiento hidráulico en diferentes escenarios y condiciones, considerando variables como la geometría, pendientes, caudales y características del flujo de agua

1.2.2 Práctica

La justificación práctica de este proyecto, se basa en el impacto positivo que tendrá en la población que utiliza la trocha carrozable ubicada en el sector de Bellavista y Ccocha en el distrito de Haquira, Apurímac. Esta vía desempeña un papel crucial en el desarrollo económico de la zona, siendo de gran importancia para el transporte de personas y mercancías.

En este sentido, la evaluación y propuesta del sistema de drenaje de la vía en estudio resulta fundamental para brindar una alternativa de solución a los problemas actuales. La implementación de un sistema de drenaje adecuado permitirá mitigar los efectos negativos de las precipitaciones pluviales, evitando inundaciones, desbordamientos y problemas de transitabilidad. Esto contribuirá directamente al bienestar de la población y al desarrollo sostenible de la región.

Además, se espera que los resultados de este proyecto sean utilizados como base para la toma de decisiones por parte de los responsables de la infraestructura vial y las autoridades locales. Al contar con una propuesta concreta y respaldada por un análisis exhaustivo, se podrán destinar recursos y esfuerzos de manera eficiente para mejorar la situación del sistema de drenaje de la trocha

carrozable. De esta manera, se garantizará un mejor acceso y una mayor seguridad para los usuarios, promoviendo el desarrollo socioeconómico de la zona y mejorando la calidad de vida de la población.

1.2.3 Metodológica

La justificación metodológica de la presente investigación, está centrada en la determinación de una secuencia ordenada y sistematizada aplicada para el desarrollo de la presente investigación, ya que durante el desarrollo se combinó aquellos lineamientos establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones [9], además del modelamiento hidráulico con el programa especializado como HEC-RAS, aspecto fundamental para determinar si ante precipitaciones máximas la capacidad de las cunetas y alcantarillas son capaces de soportar.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira – Apurímac.

El objetivo General, No incluye la propuesta de mejora

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Determinar la condición estructural del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira – Apurímac.
- b) Determinar la condición funcional del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira – Apurímac.
- c) Determinar la condición hidráulica del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira – Apurímac.
- d) Determinar la propuesta de replanteo de mejora en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira – Apurímac.

1.4 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.4.1 Delimitación espacial

El desarrollo de la presente investigación ha considerado a la trocha carrozable ubicada entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira en el departamento de Apurímac, donde se evidencia la problemática tanto en las cunetas de sección triangular sin revestimiento y alcantarillas,

que muestran signos de erosión y una capacidad deficiente para redirigir eficazmente el flujo de agua de lluvia.

1.4.2 Delimitación temporal

El desarrollo de esta investigación fue durante un periodo de 8 meses desde el mes de mayo a diciembre de 2023, plazo prudente para el cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados.

1.4.3 Delimitación temática

El desarrollo de la presente investigación está centrado en el tema de diseño hidráulico de sistema de drenaje en carreteras, por lo que su estudio comprende la determinación de las condiciones del mismo en la trocha carrozable ubicada entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haquira en el departamento de Apurímac.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Internacionales

En el artículo titulado “Guía práctica para el diseño de cunetas y alcantarillas como sistema de drenaje para carreteras de tercer orden, municipio de ataco departamento de Tolima” se tuvo como objetivo evaluar el sistema de drenaje de las carreteras y proponer mejoras prácticas para la gestión de aguas pluviales mediante cunetas y alcantarillas en un tramo de carretera de tercer orden en el municipio de Ataco-Tolima. El objetivo es extender la vida útil de la infraestructura de carreteras y mejorar la seguridad de los vehículos que la transitan, mitigando problemas de erosión e infiltración que pueden aumentar significativamente los costos de mantenimiento o rehabilitación. Para lograrlo, se implementará una metodología que contemplará el análisis hidrológico e hidráulico para la concepción de estructuras hidráulicas, basada en las mejores prácticas y estándares actuales. Los resultados de la evaluación del sistema de drenaje existente serán el punto de partida para el diseño de mejoras. Se espera que los resultados de este estudio proporcionen una guía detallada para la gestión eficaz de las aguas pluviales en las carreteras, conduciendo a una disposición final controlada y segura del agua de escorrentía. Las conclusiones brindarán una perspectiva clara sobre la importancia de un sistema de drenaje bien diseñado y su contribución a la prolongación de la vida útil de las carreteras y a la seguridad de sus usuarios. Finalmente, este estudio contribuirá al cuerpo de conocimiento en el campo de la gestión del agua en infraestructuras viales, proporcionando una guía práctica para la construcción y mejora de cunetas y alcantarillas en vías rurales [10].

En la investigación “Estudio de alternativas para el diseño de un sistema de drenaje de la vía ubicada en la carrera 11 B entre las calles 7 y 8 Barrio Cundinamarca de Duitama Boyacá.” Se tuvo como objetivo examinar los sistemas de drenaje en carreteras destapadas, centrándose específicamente en la implementación de filtros como una solución efectiva para mitigar el impacto negativo del agua. Se reconoce que estas carreteras, a pesar de formar la mayor red vial del país, suelen ser las más desatendidas, y en la actualidad no existen normativas claras que proporcionen

criterios para su diseño, mantenimiento y construcción. La metodología adoptada para este estudio, involucra un análisis hidrológico e hidráulico de los diferentes sistemas de drenaje, considerando factores como economía, funcionalidad y durabilidad. La precisión en la elaboración de los sistemas de drenaje es primordial, y se llevarán a cabo cálculos previos para asegurar que estos sistemas cumplen con las exigencias de las personas y contribuyen a mejorar su calidad de vida. Se espera que los resultados de este estudio demuestren que los filtros son una opción viable y rentable para la implementación en carreteras destapadas. Al mejorar la seguridad y durabilidad de las vías, estos sistemas pueden mejorar de manera directa la calidad de vida de las personas en la zona de estudio. Las conclusiones de este estudio apoyarán la importancia de seleccionar los materiales adecuados y de considerar todas las variables en la elección de un sistema de drenaje. En la mayoría de los casos, se construyen cunetas o zanjas para el desagüe de las aguas superficiales de una calzada; sin embargo, para la carretera en estudio, el filtro podría presentarse como una opción rápida, cómoda y segura. Este estudio contribuirá significativamente al conocimiento en el campo del drenaje de carreteras, proporcionando una nueva perspectiva sobre cómo mejorar las carreteras destapadas con recursos limitados. Se espera que sirva como un punto de partida para futuras investigaciones y la implementación de sistemas de drenaje más efectivos [11].

2.1.2 Nacionales

En la tesis titulada “Propuesta para el mejoramiento y rehabilitación del camino vecinal Mollebamba distrito de Oroncco provincia, de la mar, región Ayacucho”, tuvo como objetivo el mejoramiento de un camino vecinal clasificado como Trocha Carrozable debido a su baja demanda diaria de vehículos. El diseño propuesto incluye una calzada de 4.00 m. de ancho, una berma de 0.50 m. y plazoletas de cruce cada 500 m. Se identificó que la velocidad de diseño, la máxima velocidad que puede mantenerse con seguridad y comodidad en una sección de carretera bajo condiciones favorables, no era homogénea a lo largo de la ruta debido a las variaciones topográficas. Por tanto, se establecieron criterios de diseño que incluían longitudes mínimas de tramo con velocidades de diseño determinadas y una diferencia de velocidad de diseño máxima entre tramos adyacentes de 20 km/h. En cuanto a los elementos geométricos de la carretera (planta, perfil y sección transversal), se propuso un diseño que garantizará una circulación ininterrumpida de los vehículos y que mantuviera una velocidad de operación continua acorde con las condiciones generales de la vía. El número de carriles fue definido en función del tráfico previsto y el nivel de servicio deseado, y se establecieron anchos de carril de 3,00 m., 3,30 m. y 3,60 m. Para el tramo del camino en terreno accidentado, se aplicaron varios criterios relativos al drenaje, incluyendo una longitud máxima de captación entre alcantarillas de descarga de cunetas de 250 m., y un ancho de aporte para la estimación de la escorrentía de 300 m. Además, se prevé el uso de alcantarillas de alivio para asegurar el

funcionamiento de las cunetas y se estableció una pendiente mínima longitudinal de las cunetas de 1 %. Los resultados de la propuesta permiten la rehabilitación y mejora de este camino vecinal de una manera eficiente y segura, con una consideración particular de las condiciones topográficas y de tráfico de la ruta. La implementación de esta propuesta, podría contribuir a mejorar la movilidad en la región de Ayacucho y potencialmente impulsar el desarrollo socioeconómico en la zona [12].

En la investigación “Diseño geométrico de trochas carrozables según norma DG-2014: Análisis de casos” se concluyó que para el diseño geométrico de una carretera, eran necesarios datos del estudio hidrológico que determinaban la sección de las cunetas y demás obras de arte, dentro de ellos los datos de precipitación, con la ayuda de registros de SENAMHI de estaciones meteorológicas más cercanas a la zona del proyecto, y también, para definir el diseño geométrico de taludes en el diseño de sección transversal de la carretera, era necesario datos del estudio geológico, que determinaban el tipo de material en el tramo del proyecto, podrían haber sido material suelto, roca suelta o roca fija [13].

2.1.3 Antecedentes Locales

En la investigación “Mejoramiento del sistema de drenaje de la Carretera Ramal Pacucha – distrito de Andahuaylas – Apurímac” tuvo como objetivo principal, diseñar una propuesta de mejora para el sistema de drenaje transversal y longitudinal de la carretera Ramal Pacucha. Mediante una metodología aplicada, con un enfoque mixto y nivel descriptivo y aplicativo, se realizó un estudio longitudinal. Los datos de precipitación recolectados en la estación pluviométrica de Andahuaylas, se procesaron mediante una prueba de bondad a las distribuciones teóricas, donde la distribución de Gumbel mostró la mayor simetría. Con las precipitaciones y su distribución estadística establecidas, se calculó el periodo de retorno para la elaboración de las curvas IDF y, por regresión numérica, se obtuvo el hietograma para el periodo de retorno de 35.32 años. Usando el método de Kirpich, se obtuvo el tiempo de concentración, y con todos estos datos, se calcularon los caudales de diseño con el método racional y se constataron mediante el software HCanales. Las condiciones de la zona de estudio se determinaron mediante un análisis topográfico y se seleccionaron las cartas nacionales de las dos microcuencas que bordean la carretera. Estos datos se procesaron con los softwares Civil 3D y ArcGis, lo que permitió definir las áreas de drenaje que alimentarían las alcantarillas propuestas. Los resultados principales indican que se requerirían 21 alcantarillas metálicas con caudales máximos de 0.686 m³/s y diámetros de 36” (914 mm.), con una longitud promedio de 13.25 m. Estas alcantarillas estarían equipadas con emboquillados en los cabezales de entrada y salida para prevenir la erosión del terreno. Respecto al drenaje longitudinal, se propusieron 6.22 km. de cunetas en forma de triángulo, con tirantes de 0.077 m. y velocidades de 1.435 m/s. Con estas conclusiones, esta investigación aporta soluciones de drenaje eficaces para mejorar la infraestructura de la carretera

Ramal Pacucha, lo que permitiría un mejor manejo del agua y potencialmente reducir los problemas de inundación [14].

En el estudio de investigación “Optimización del drenaje pluvial en el casco urbano del distrito de Tamburco - Abancay, 2018” contribuyó a una solución al problema de la evacuación de aguas pluviales en el Distrito de Tamburco. La metodología que empleó en este estudio tiene un enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo y diseño no experimental–transversal. Para el estudio de la sección de las cunetas en los colectores, se diseñó con la ayuda de diferentes softwares; se determinó el tipo de cuneta para el diseño establecido de acuerdo con el caudal y la sección de la vía [15].

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Sistema de drenaje

Se trata de un sistema cuyo propósito es asegurar la evacuación del agua que resulta de las lluvias en áreas habitadas o cuencas, con el objetivo de reducir al mínimo las incomodidades, riesgos o daños para las personas, propiedades, entorno natural y estructuras preexistentes [16].

El sistema de drenaje se refiere a la red de tuberías, canales o dispositivos diseñados para eliminar el exceso de agua de un área determinada, previniendo inundaciones o acumulaciones no deseadas. Esta infraestructura puede incluir desagües pluviales, alcantarillado, sistemas de bombeo y otros métodos que permiten dirigir el agua lejos de zonas habitadas o áreas de interés [17].

Las fuentes de donde provienen las aguas pueden ser:

- Por el flujo superficial debido al escurrimiento.
- Por el aumento del nivel del agua subterránea debido al riego o la elevación del río cercano.
- Por la lluvia directa en la región.

2.2.2 Cunetas

Son canales o zanjas que pueden estar ubicadas en un lado o ambos según las condiciones topográficas de la zona, están a lo largo de la trocha, pueden estar revestidas o no también, con la finalidad de captar y transportar flujos de agua, en este caso las cunetas serán revestidas de concreto para eliminar la erosión [18].

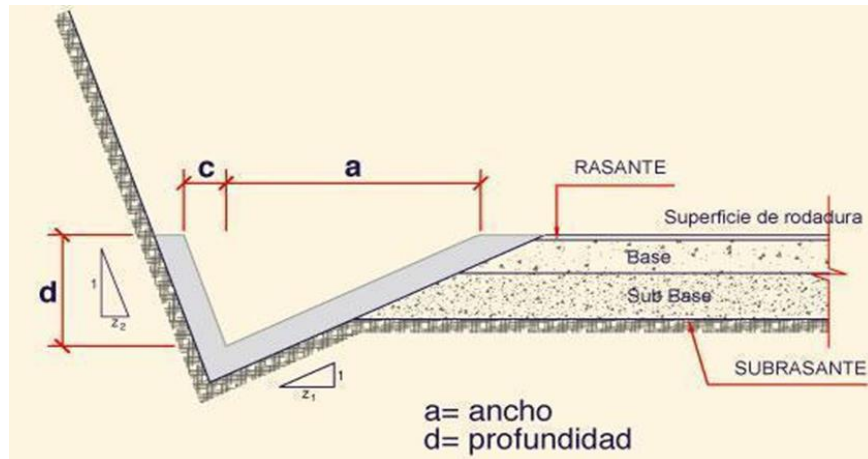


Figura 1. Componentes de una cuneta en una carretera.
Nota: Fundamento de la hidráulica de canales [18].

2.2.2.1 Cunetas sin revestir

Este tipo de cuneta cuenta con una composición netamente de tierra, estas se encuentran paralelas al eje de la trocha, se construyen en áreas donde mayormente hay cultivos adyacentes a la carretera, la unidad de medida es en metros lineales (m), este tipo de cunetas son las más comunes en áreas donde aún no se cuenta con elementos de obra de arte hechas de concreto ya que cumplen con la función de redireccionar agua pluvial, tienden desgastarse de manera rápida según la precipitación de la zona, pero aun así cumple con su función.



Figura 2. Vista de una cuneta sin revestimiento.
Nota: Elaboración propia.

2.2.2.2 Erosión de cunetas

Debido a que se cuenta con cunetas no revestidas, la erosión es el principal factor que afecta el diseño y el correcto funcionamiento de estas, la cual es la de redirigir las aguas pluviales, por lo

que este factor es muy importante en el estudio de la presente investigación, esta erosión es mayormente debido a la velocidad del caudal pluvial el cual al pasar por una cuneta sin revestimiento produce un desgaste perjudicando la forma inicial de la sección diseñada y conlleva a un mal funcionamiento de redirigir de manera eficiente los caudales hacia otra zona donde no pueda producir estragos.



Figura 3. Erosión de cunetas.
Nota: Elaboración propia.

2.2.2.3 Sección transversal de las cunetas

En el proceso de investigación hallamos dos tipos de secciones típicas para las cunetas, una es la sección convencional llamado bordillo-cuneta y el otro swile o también llamado poco profunda. La combinación de bordillos-cuneta da forma un canal triangular el cual puede provocar un escurrimiento menor o igual que el caudal de diseño sin que este interrumpa el tráfico. Cuando esto sucede en caudal de diseño, se forma un spread que abarca no solamente el ancho de la cuneta sino también puede ocupar parte de los carriles de estacionamiento o espaldones y porciones del carril transitado.

2.2.2.4 Caudal en cunetas

Los criterios a elegir para el caudal en las cunetas son en función de su capacidad de llenado [19]:

- Flujos que circulan con la cuneta llena.
- Flujos que generan las velocidades máximas.

Para esta ocasión se emplea los principios de caudales en canales con la ecuación de Manning [19]:

$$Q = AxV = \frac{AxR_h^{\frac{2}{3}}xS^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde:

- Q : Caudal (m³/s).
- V : Velocidad media (m/s).
- A : Área de la sección (m²).
- P : Perímetro Mojado (m).
- Rh : A/P Radio hidráulico (m) (área de la sección entre el perímetro mojado).
- S : Pendiente del fondo (m/m).
- n : coeficiente de rugosidad de Manning.

2.2.3 Alcantarillado

Es un sistema de infraestructura diseñado para recolectar y transportar aguas residuales y pluviales fuera de las áreas urbanas, utilizando una red de tuberías subterráneas y estructuras como pozos y estaciones de bombeo. Su función principal es mantener la higiene y prevenir la contaminación ambiental al dirigir estas aguas a plantas de tratamiento o puntos de descarga seguros, contribuyendo así a la salud pública y al cuidado del entorno [20].

2.2.3.1 Alcantarillado de concreto

Estas alcantarillas están compuestas de hormigón armado de sección cuadrada, que tienen la función de recoger y conducir aguas pluviales y residuales, estas son consideradas como obras de arte en estructuras viales.

Ventajas:

- Este tipo de alcantarillado es de fácil colocación a comparación de otras.
- Cuenta con una capacidad más grande de caudal.
- Este tipo permite que los automóviles pesados puedan pasar sin necesidad de la instalación de un terraplén.
- Cuenta con una mayor capacidad de carga de alto tonelaje.



Figura 4. Alcantarillas de concreto.
Nota: Elaboración propia.

2.2.4 Trocha carrozable

Es una vía que, aunque estrecha, permite el tránsito de vehículos, especialmente automóviles, camiones ligeros o maquinaria agrícola. A pesar de su tamaño reducido en comparación con carreteras principales, estas vías suelen estar niveladas y acondicionadas para facilitar el movimiento de vehículos, conectando áreas rurales o zonas remotas. A menudo, son clave para el acceso a comunidades apartadas o para actividades agrícolas, forestales [13].



Figura 5. Trocha carrozable de sector Bellavista en el distrito de Haquira – Apurímac.
Nota: Elaboración propia.

En algunas regiones, especialmente en áreas rurales o zonas menos desarrolladas, es común encontrar trochas carrozables que son caminos de tierra o grava utilizados para el transporte local. Estos caminos pueden ser más simples en términos de construcción y mantenimiento en comparación con las carreteras pavimentadas [21].

2.2.5 Condición estructural del drenaje superficial

En concordancia con el Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación vial, establece seguir con las siguientes tablas, para determinar la condición estructural tanto de alcantarillas y cunetas:

Tabla 1.

Condición estructural de alcantarillas.

Nivel de deterioro	Alcantarillas
Bueno	No tiene problemas. No hay necesidad de reparaciones.
Regular	Quebrado en menos que el 30 % de la longitud.
Malo	Quebrado en más que el 30 % de la longitud.

Nota: Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación vial.

Tabla 2.

Condición estructural de cunetas

Nivel de deterioro	Elementos pavimentados	Elementos en tierra
Bueno	No tiene problemas. No hay necesidad de reparaciones	No tiene problema. No hay necesidad de reparaciones.
Regular	Quebrado en menos que el 30 % de la longitud	Tiene problema de erosión sin afectar el nivel de servicio o la estabilidad de la carretera.
Malo	Quebrado en más que el 30 % de la longitud	Tiene problema de erosión que afecta el nivel de servicio o la estabilidad de la carretera.

Nota: Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación vial.

2.2.6 Condición funcional del drenaje superficial

Al igual que en el numeral anterior, el Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación vial, establece seguir con la siguiente tabla, para determinar la condición funcional tanto de alcantarillas y cunetas:

Tabla 3.

Condición funcional de alcantarillas y cunetas.

Condición	Descripción
Bueno	Limpia.
Regular	Parcialmente obstruida.
Malo	Totalmente obstruida.

Nota: Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación vial.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Aforo de Caudales:** Es la técnica utilizada para medir la cantidad de agua que fluye por una sección de un río o corriente en un momento específico. Esta medida es importante para calcular la capacidad de un sistema de drenaje y determinar si puede manejar el flujo de agua durante un evento de lluvia intensa.
- **Caudal:** En hidráulica: el caudal es la cantidad de fluido que pasa por un punto determinado de un conducto o río en un intervalo de tiempo. Normalmente, se mide en metros cúbicos por segundo (m^3/s) o litros por segundo (l/s).
- **Drenaje:** Es un sistema utilizado para manejar y redirigir el flujo de agua. En el contexto de las carreteras, el drenaje es crucial para evitar el estancamiento de agua y la erosión de la superficie de la carretera.
- **Erosión de cunetas:** Este término se refiere al desgaste y degradación de las cunetas causado por el constante flujo de agua. La erosión puede debilitar la estructura de las cunetas, reducir su capacidad para manejar el flujo de agua y, finalmente, llevar a fallas del sistema de drenaje.
- **Estancamiento de aguas:** Se refiere a la acumulación de agua en un lugar debido a una falta de drenaje adecuado. Este fenómeno puede causar problemas como la inundación de carreteras y la formación de charcos que pueden ser perjudiciales para la infraestructura vial y la seguridad de los usuarios de la carretera.
- **Hidrología:** Es la ciencia que se ocupa del estudio de la distribución, movimiento y propiedades del agua en la Tierra. La hidrología desempeña un papel crucial en el diseño de sistemas de drenaje, ya que proporciona la información necesaria para entender y prever cómo el agua interactuará con la infraestructura vial.
- **Precipitación:** En meteorología, la precipitación es cualquier forma de agua, líquida o sólida, que cae de la atmósfera y llega a la superficie de la Tierra. Incluye lluvia, nieve, granizo, entre otros. La cantidad y frecuencia de precipitación son factores importantes a considerar en el diseño de sistemas de drenaje.

- **Tirante Crítico:** Es un término utilizado en hidráulica, que se refiere a la profundidad del flujo de agua en un canal en la cual la energía por unidad de peso del fluido es mínima para un caudal dado. Esta medida es útil para evaluar y diseñar sistemas de drenaje.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1.1 Hipótesis general

El sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas se encuentran en un deficiente estado siendo necesario proponer el replanteo de mejora en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira – Apurímac.

3.1.2 Hipótesis específicas

- a) La condición estructural del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas se califica como malo, siendo necesario la propuesta de replanteo de mejora en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira – Apurímac.
- b) La condición funcional del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas se califica como malo, siendo necesario la propuesta de replanteo de mejora en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira – Apurímac.
- c) La condición funcional del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas se califica como malo, siendo necesario la propuesta de replanteo de mejora en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira – Apurímac.
- d) La propuesta de replanteo de mejora en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira – Apurímac, asegurará la eficiencia del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas.

3.1.3 Definición conceptual de las variables

Variable Descriptiva. - Estado de alcantarillas y cunetas

El estado de las alcantarillas y cunetas es crucial para el drenaje eficiente en carreteras y vías. Estas estructuras son fundamentales para dirigir el agua lejos de la superficie de la carretera, previniendo inundaciones, erosión y daños a la infraestructura vial [22].

Un mantenimiento regular y la inspección periódica de estas áreas son esenciales para asegurar su funcionalidad, evitando obstrucciones que puedan afectar el flujo adecuado del agua y manteniendo así la integridad de las carreteras [10].

El Manual de carreteras: mantenimiento o conservación vial, menciona que el estado de las alcantarillas y cunetas son determinadas de acuerdo con la condición estructural y funcional, que se basa en la cuantificación de los deterioros y su capacidad obstruida [9].

3.1.4 Descripción y operacionalización de las variables

En la tabla a continuación, se tiene la operacionalización de la variable considerada en el desarrollo de la investigación:

Tabla 4.*Operacionalización de las variables*

Tipo de variable	Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Tipo de variable	Escala de variable
Variable descriptiva	Estado de alcantarillas y cunetas	El mantenimiento o conservación vial, es el estado de las alcantarillas y cunetas que son determinadas de acuerdo con la condición estructural y funcional, que se basa en la cuantificación de los deterioros y su capacidad obstruida [9].	Condición estructural	Nivel de deterioro de 0 % de la longitud	%	Cualitativa	Ordinal
				Nivel de deterioro menor al 30 % de la longitud	%	Cualitativa	Ordinal
				Nivel de deterioro mayor al 30 % de la longitud	%	Cualitativa	Ordinal
			Condición funcional	Nivel de obstrucción de 0 %	%	Cualitativa	Ordinal
				Nivel de obstrucción menor de 100 %	%	Cualitativa	Ordinal
				Nivel de obstrucción igual al 100 %	%	Cualitativa	Ordinal
			Condición hidráulica	Caudal	cm ³ /s	Cuantitativa	Razón
				Tirante hidráulico	cm	Cuantitativa	Razón
				Velocidad	cm/s	Cuantitativa	Razón

Nota: Elaboración propia

3.2 MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 Enfoque

El enfoque de esta investigación se basa en un enfoque cuantitativo, el cual permitirá la recopilación y análisis de datos numéricos para demostrar las hipótesis planteadas. Se aplicarán técnicas matemáticas en el procesamiento de los datos, especialmente en el diseño de la propuesta para la mejora del sistema de drenaje en la vía en estudio [23].

Es por ello por lo que el enfoque cuantitativo utilizado en esta investigación, nos brindó una base sólida de datos numéricos para evaluar el sistema de drenaje y proponer mejoras. La aplicación de técnicas matemáticas permitirá un análisis preciso y sistemático de los datos recolectados. De esta manera, se espera que los resultados obtenidos aporten información relevante y confiable para la toma de decisiones y la implementación de acciones que mejoren el sistema de drenaje en la vía en estudio.

3.2.2 Tipo

El desarrollo de esta investigación ha considerado como tipo de investigación al aplicado, pues su desarrollo ha implicado el uso del conocimiento existente [24], basado principalmente en conceptos de evaluación de sistemas de drenaje establecidos por las normativas peruanas, con la finalidad de poder plantear alternativas de solución, tales como una propuesta mediante el cual se pueda asegurar el funcionamiento de las cunetas y alcantarillas.

3.2.3 Nivel o alcance

En cuanto al nivel de la investigación, se ha adoptado el descriptivo. Este nivel se ha utilizado para caracterizar la variable "estado de alcantarillas y cunetas", con el objetivo de establecer y fundamentar las principales características del fenómeno estudiado [24]. Para lograr esto, se ha llevado a cabo la recopilación de información de proyectos relacionados en la zona de estudio.

La elección del nivel descriptivo permite obtener una visión detallada y precisa del estado de las alcantarillas y cunetas en la zona investigada. Mediante la recopilación de información relevante y la caracterización exhaustiva de estas estructuras, se podrá establecer un panorama claro y completo del fenómeno en estudio

3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Las investigaciones que se realizan sin la necesidad de manejar variables son conocidas como no experimentales, pues durante el desarrollo del estudio no es necesario la modificación intencional de las variables, por lo que solo se limitan a la observación del fenómeno sin intervención [23].

Bajo tal contexto, el desarrollo de la presente investigación ha considerado un diseño de investigación no experimental pues no se realizó pruebas de laboratorio, y el trabajo principal realizó trabajos de gabinete sobre análisis de datos y diseño de acuerdo con parámetros numéricos.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1 Población

La población representa todos los casos que cumplen con ciertas especificaciones establecidas, siendo el foco de estudio y la base para generar resultados [25].

La población correspondió a la vía que conecta los anexos de Mocabamba, Bellavista y Ccocha en la región de Apurímac, con una distancia de 6 km.

3.4.2 Muestra

La muestra es, básicamente, un grupo más pequeño que forma parte de la población. Es un subgrupo que refleja fielmente los elementos que pertenecen a esa población, con características similares al conjunto mayor que denominamos población [25].

De acuerdo con el tipo de muestreo no probabilístico intencional, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador, por tanto, la muestra estuvo representada por los 2.7 km. de vía entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haquira en la provincia de Cotabambas en la región Apurímac.

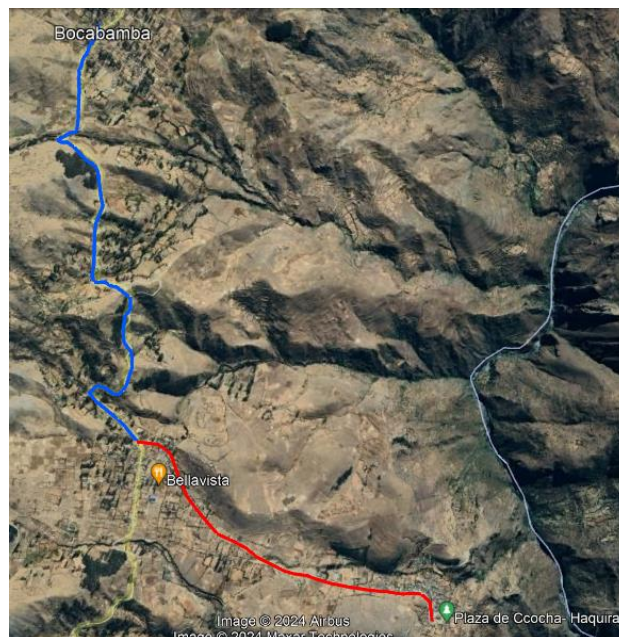


Figura 6. Vista del sector de análisis o muestra (tramo color rojo).

Nota: Elaboración propia.

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1 Técnicas de investigación

La elección de las técnicas de recolección de información plantea al investigador un proceso de toma de decisiones para seleccionar aquellas que sean más adecuadas para los propósitos de la investigación. En este sentido, se ha utilizado la técnica de observación con el objetivo de realizar un diagnóstico del estado de la trocha carrozable y determinar las principales causas de las fallas en las cunetas y alcantarillas debido a desbordamientos.

La técnica de observación ha sido seleccionada por su capacidad de brindar información directa y detallada sobre el fenómeno en estudio. A través de la observación directa de la trocha carrozable, se ha podido obtener un panorama real y preciso de las condiciones y situaciones que contribuyen a los desbordamientos en las cunetas y alcantarillas.

3.5.2 Instrumentos de investigación

La recolección de datos se refiere a la recopilación de información empírica relacionada con los conceptos de estudio. Esta recolección de datos está estrechamente vinculada al proceso de medición, el cual implica la obtención de datos o respuestas que permitirán investigar en función de las variables establecidas.

Ficha de observación de datos: Es un instrumento en el cual plasmamos por escrito, información importante que hemos encontrado durante el estudio llevado a cabo en el área afectada y que deseamos tener al alcance de nuestras manos en cualquier momento. Siendo más claro se utilizará para anotar los datos necesarios para localizar la fuente de información y tener una visión completa y ordenada de la información y de las fuentes que hemos revisado.

3.5.3 Validez de instrumentos de investigación

La validación del instrumento está fundamentada en la aplicación del método establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial, el cual fue aplicado para el desarrollo de la presente investigación.

3.6 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de datos fue realizada a partir de las siguientes fases:

Fase de pre campo

En esta primera etapa o fase, se ha considerado la inspección o visita a campo para definir las principales características de la zona de trabajo, asimismo, se adecuó el formato de recolección de información.

Fase de campo

En esta fase, se ha considerado el trabajo en campo y por ende la recolección de información, para ello se consideró una cuadrilla de trabajo con el cual se delimitó las progresivas de las cunetas y se tomó las medidas de las alcantarillas existentes.

Asimismo, durante esta etapa se registró la situación actual de la zona de estudio por lo que se procedió con la elaboración de un registro fotográfico.

Etapa de gabinete

En esta etapa complementaria, se ha desarrollado y tomado en cuenta el análisis de toda la información recolectada, asimismo, se aplicó el uso de programas especializados como H-canales y HEC – RAS para el estudio del comportamiento hidráulico de las estructuras de drenaje.

A continuación, se detalla cada una de las secciones de modelamiento mediante el software HEC-RAS:

3.6.1 Comportamiento hidráulico de las cunetas en su condición inicial

3.6.1.1 Tramo 2+080 – 1+280

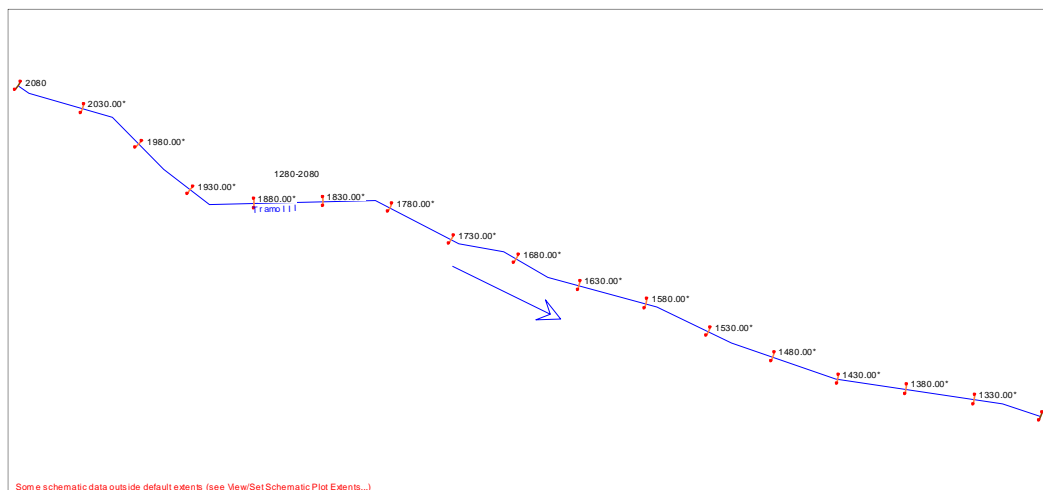


Figura 7. Vista del Área de drenaje del tramo 2+080 – 1+280, modelado en HEC-RAS.

Nota: Elaboración propia.

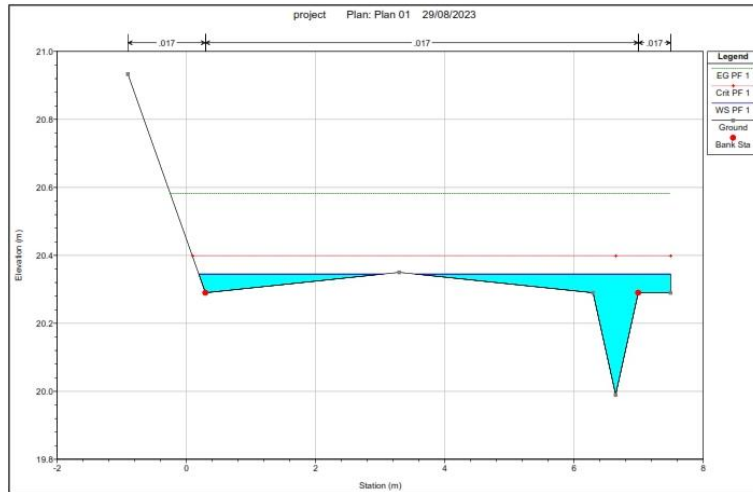


Figura 8. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+080.
Nota: Elaboración propia.

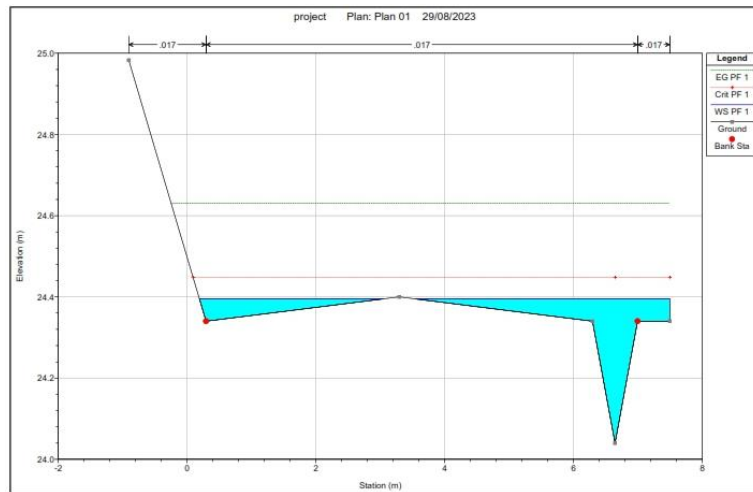


Figura 9. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+017.50.
Nota: Elaboración propia.

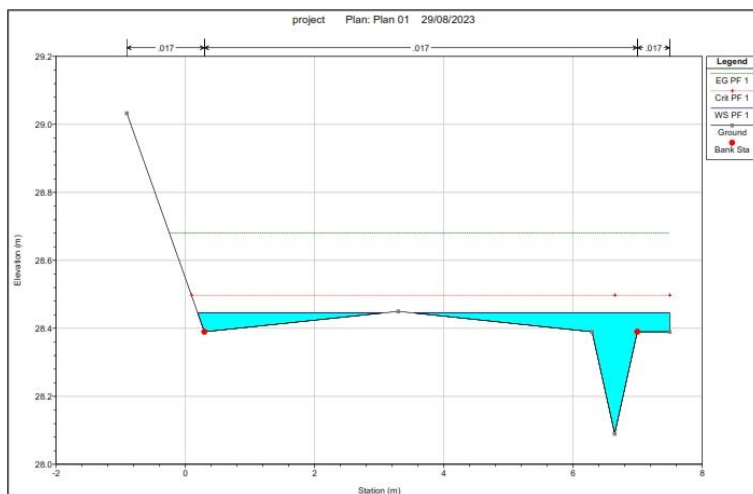


Figura 10. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+955.
Nota: Elaboración propia.

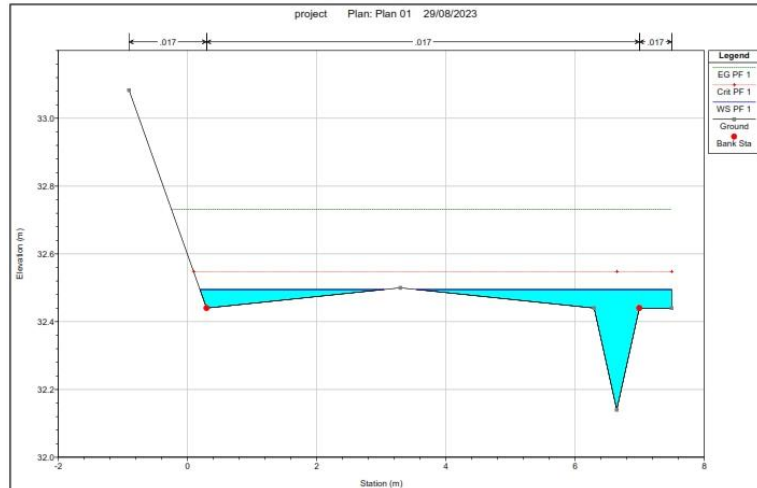


Figura 11. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+892.50.
Nota: Elaboración propia.

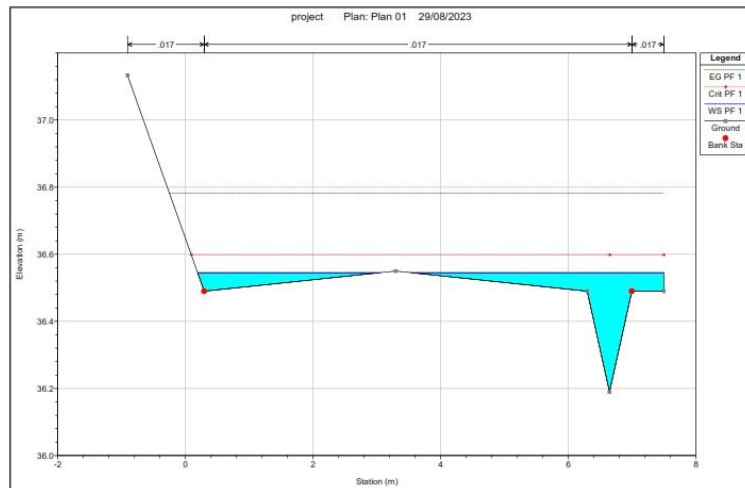


Figura 12. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+830.
Nota: Elaboración propia.

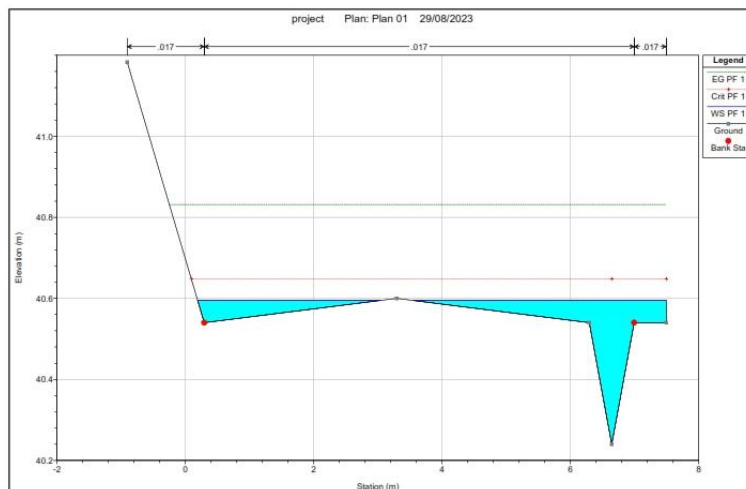


Figura 13. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+767.50.
Nota: Elaboración propia.

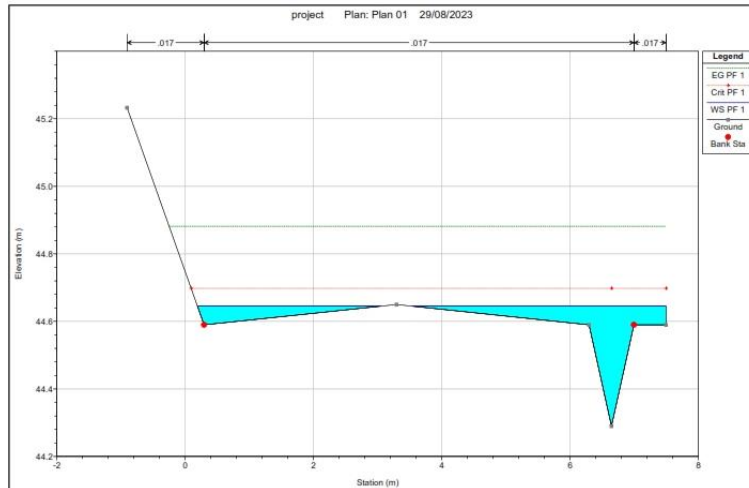


Figura 14. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+705.
Nota: Elaboración propia.

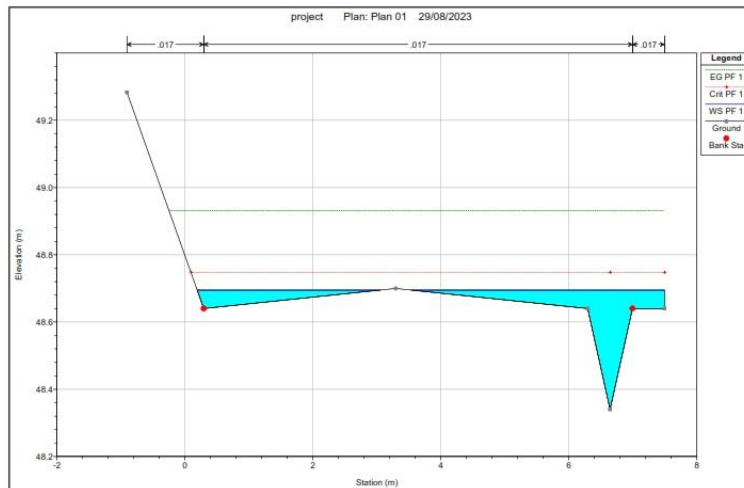


Figura 15. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+642.50.
Nota: Elaboración propia.

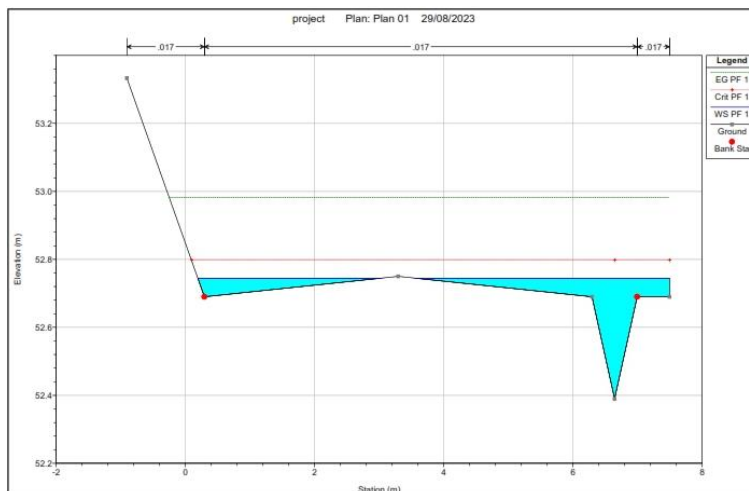


Figura 16. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+580.
Nota: Elaboración propia.

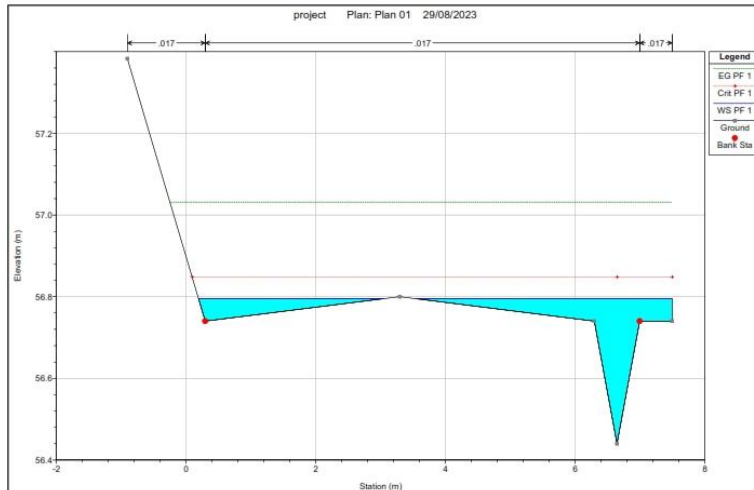


Figura 17. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+517.50.
Nota: Elaboración propia.

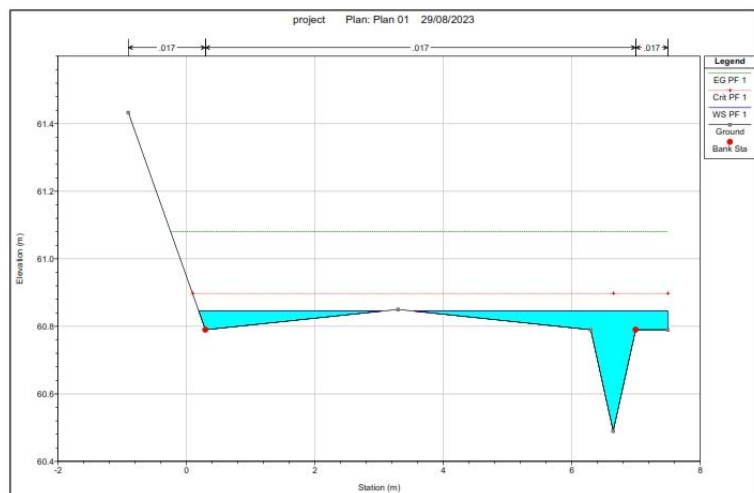


Figura 18. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+455.
Nota: Elaboración propia.

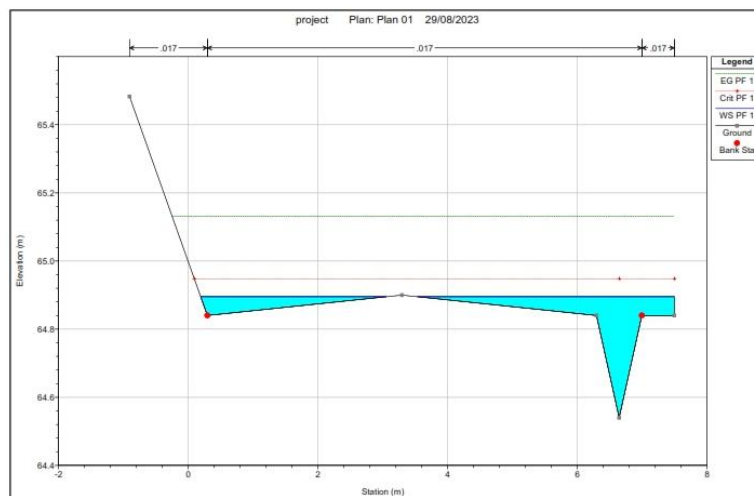


Figura 19. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+392.50.
Nota: Elaboración propia.

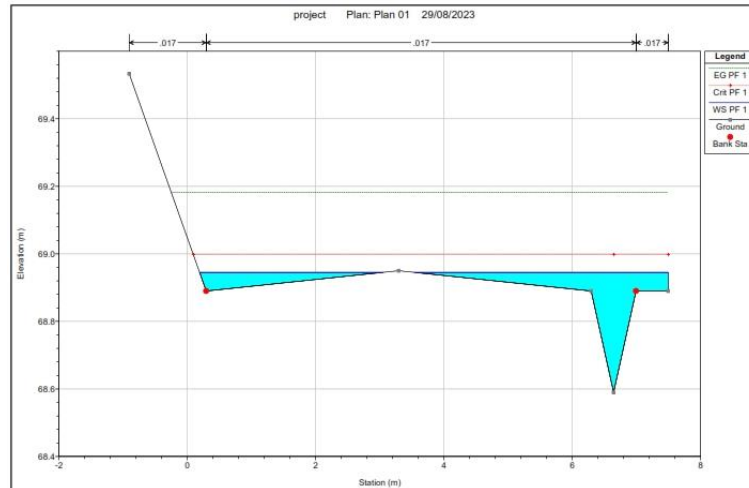


Figura 20. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+330.
Nota: Elaboración propia.

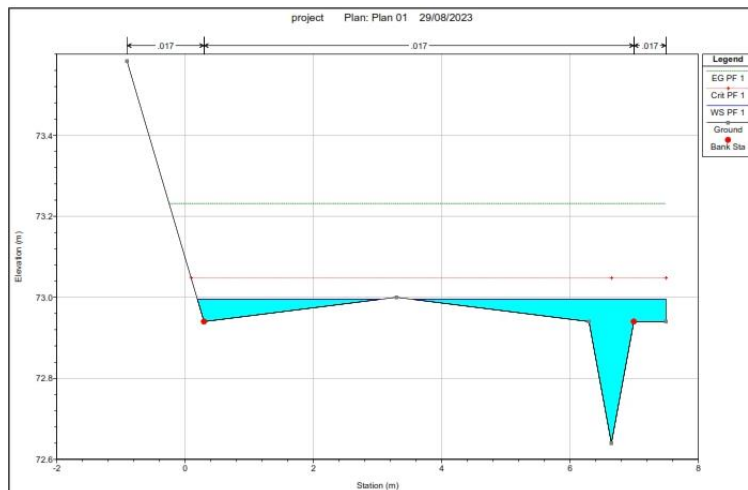


Figura 21. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+267.50.
Nota: Elaboración propia.

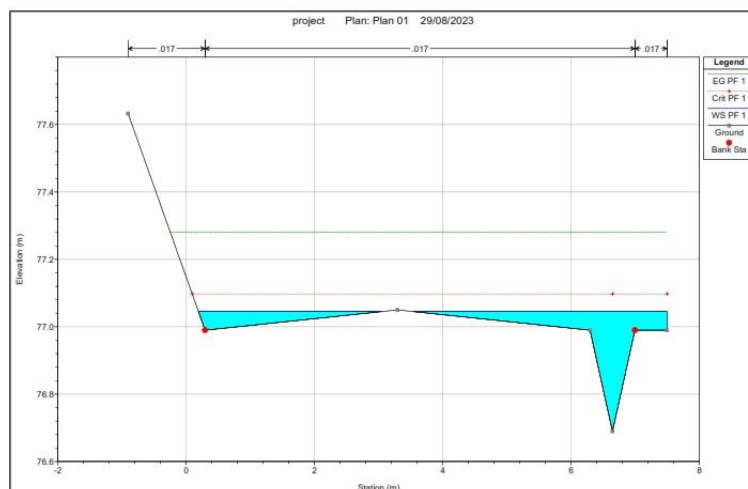


Figura 22. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+205.
Nota: Elaboración propia.

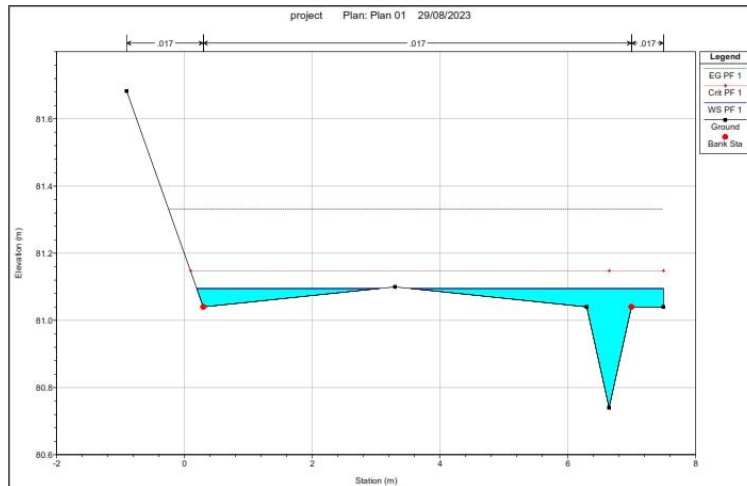


Figura 23. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+142.50.
Nota: Elaboración propia.

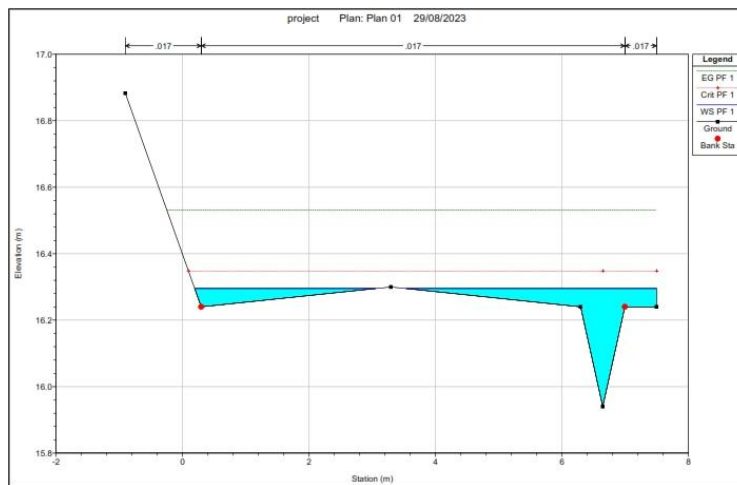


Figura 24. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+080.
Nota: Elaboración propia.

3.6.1.2 Tramo 1+280 – 0+800

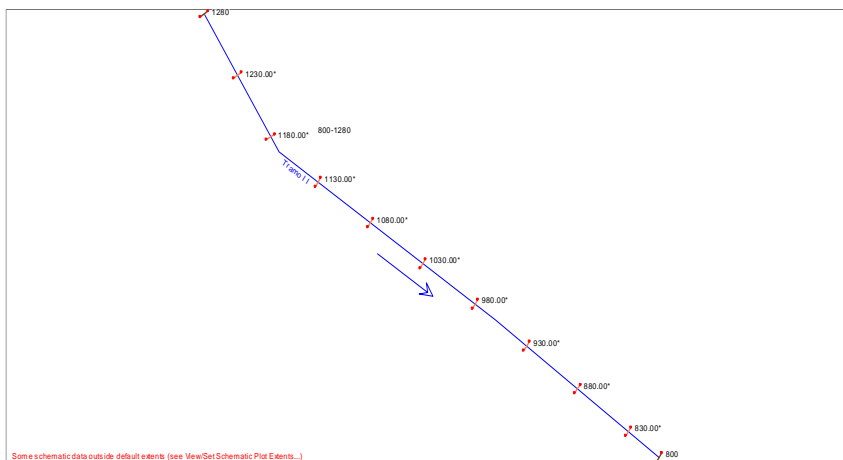


Figura 25. Vista del Área de drenaje del tramo 1+280 – 0+800, modelado en HEC-RAS.
Nota: Elaboración propia.

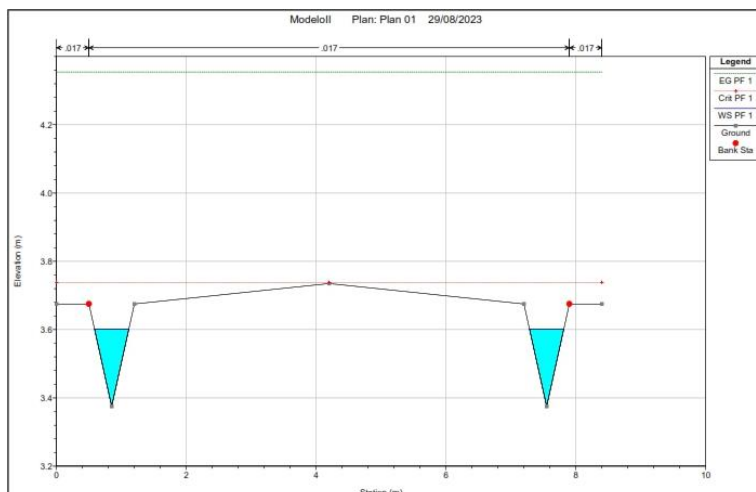


Figura 26. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+280.
Nota: Elaboración propia.

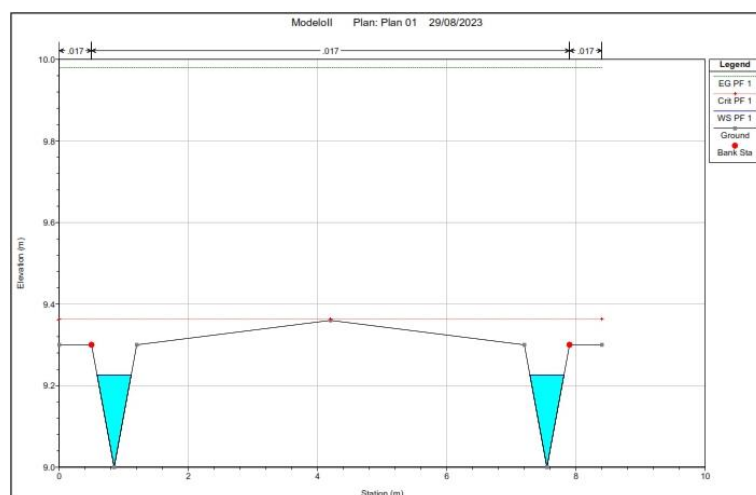


Figura 27. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+230.
Nota: Elaboración propia.

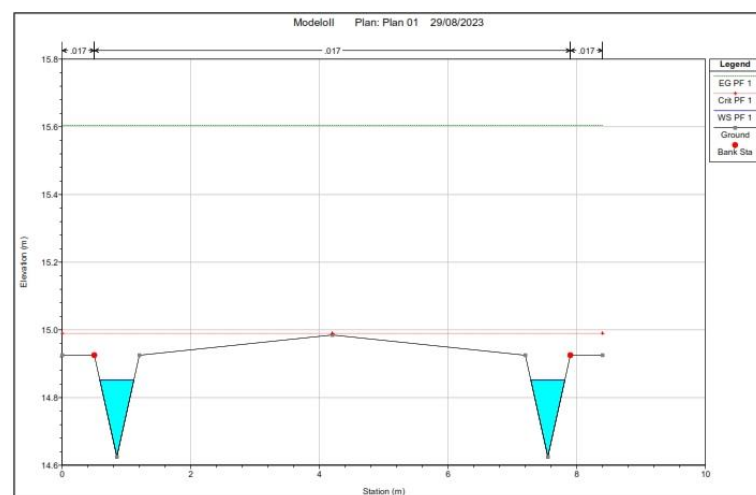


Figura 28. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+180.
Nota: Elaboración propia.

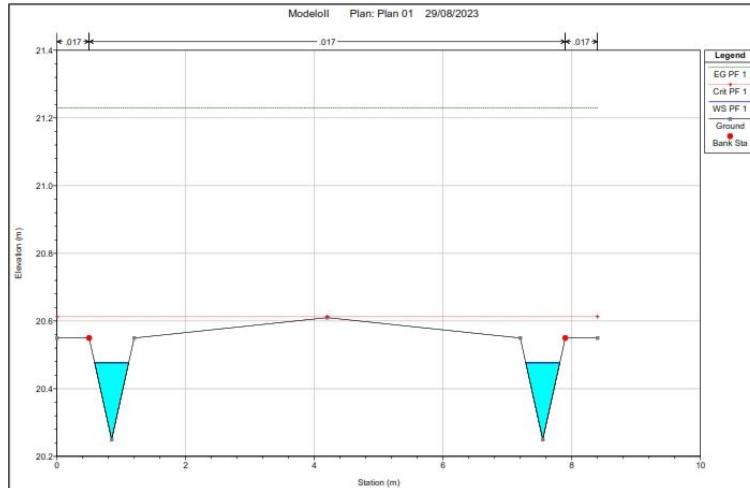


Figura 29. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+130.
Nota: Elaboración propia.

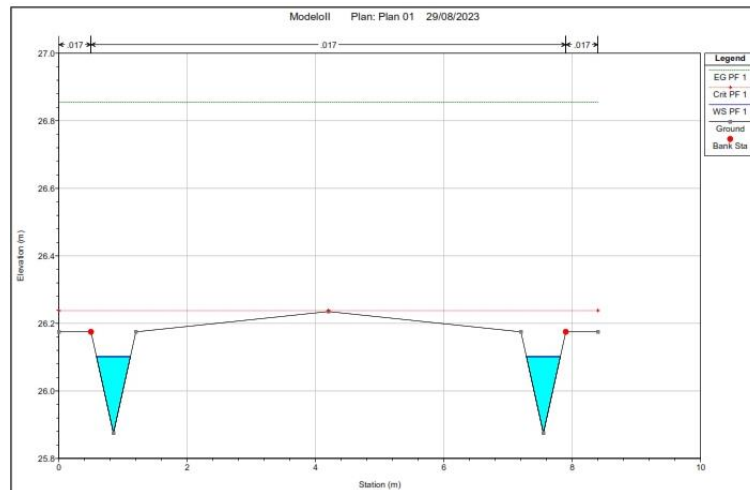


Figura 30. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+080.
Nota: Elaboración propia.

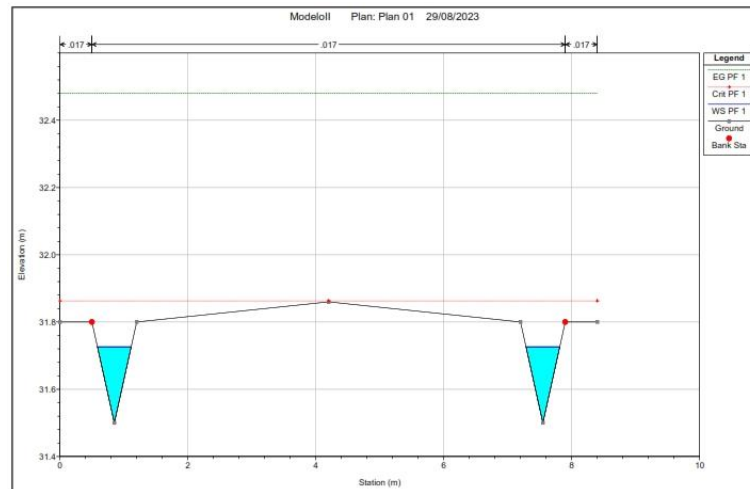


Figura 31. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+030.
Nota: Elaboración propia.

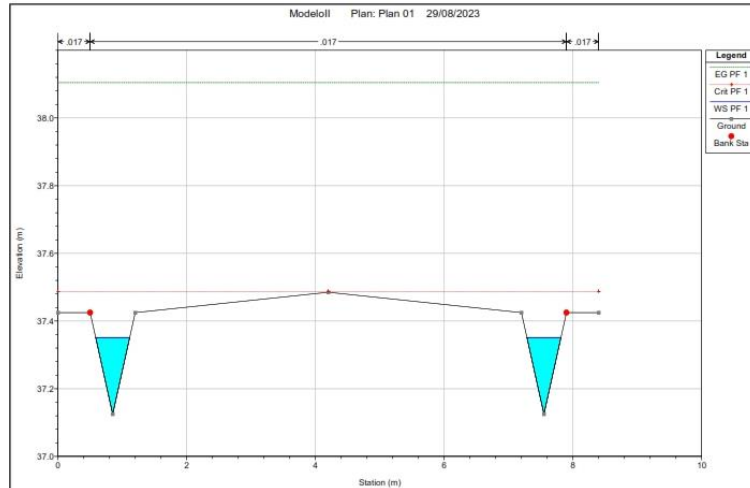


Figura 32. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+980.
Nota: Elaboración propia.

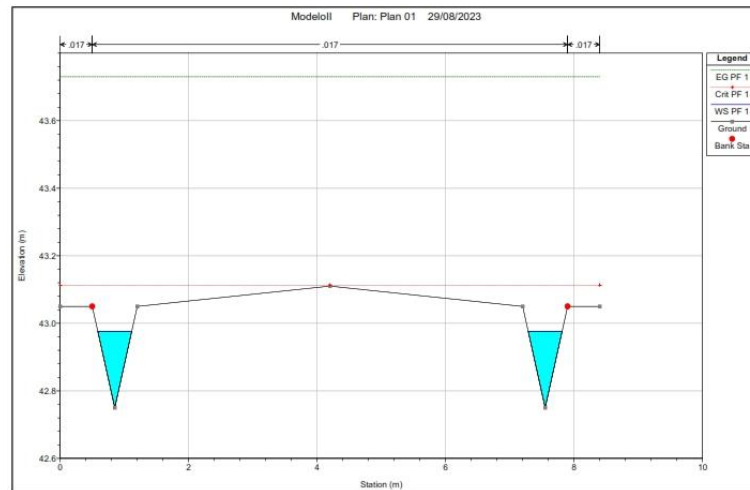


Figura 33. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+930.
Nota: Elaboración propia.

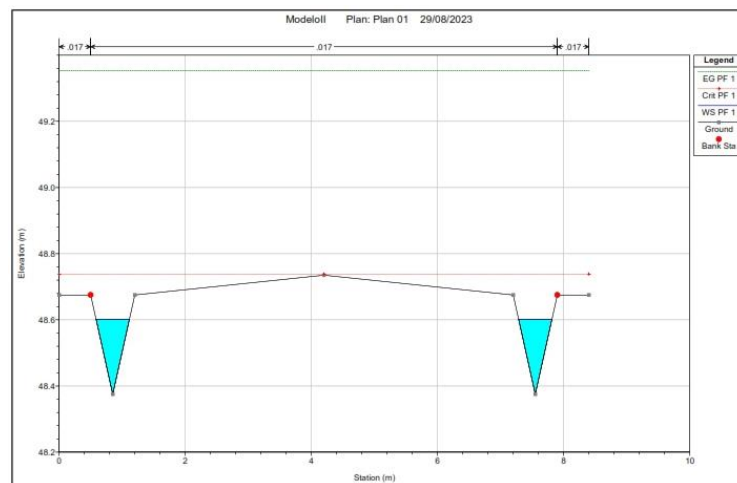


Figura 34. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+880.
Nota: Elaboración propia.

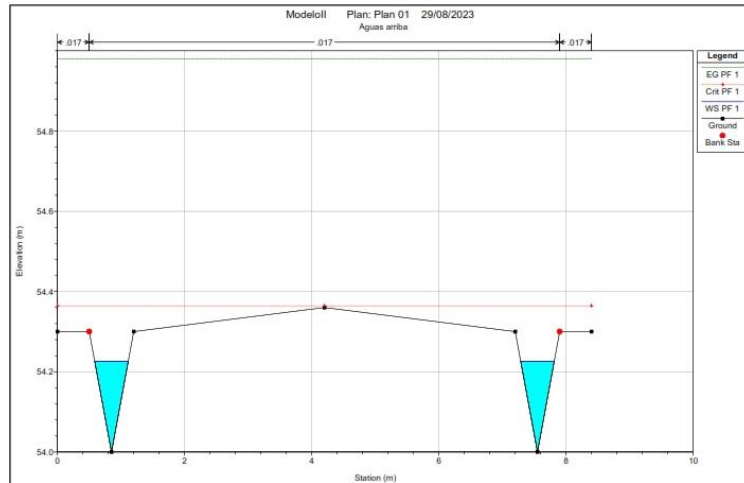


Figura 35. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+830.
Nota: Elaboración propia.

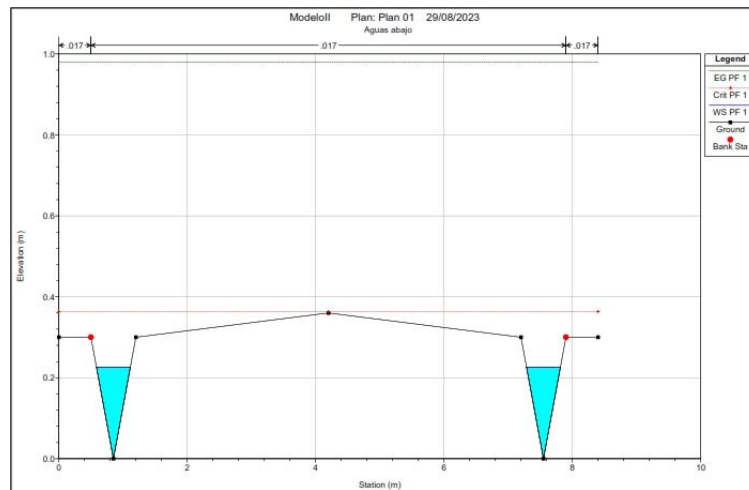


Figura 36. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+800.
Nota: Elaboración propia.

3.6.1.3 Tramo 0+800 – 0+100

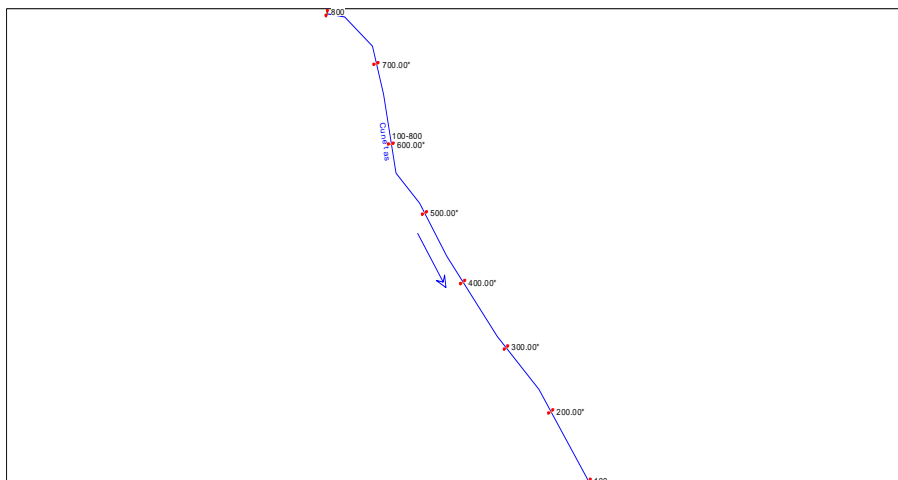


Figura 37. Vista del Área de drenaje del tramo 0+800 – 0+100, modelado en HEC-RAS.
Nota: Elaboración propia.

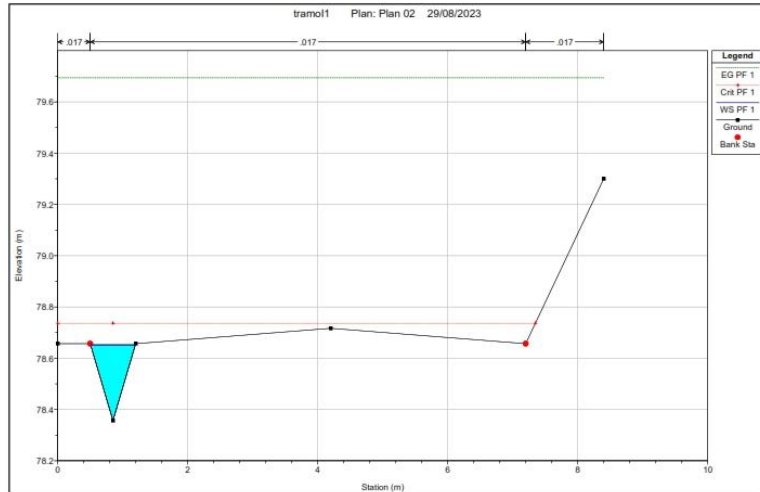


Figura 38. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+800.
Nota: Elaboración propia.

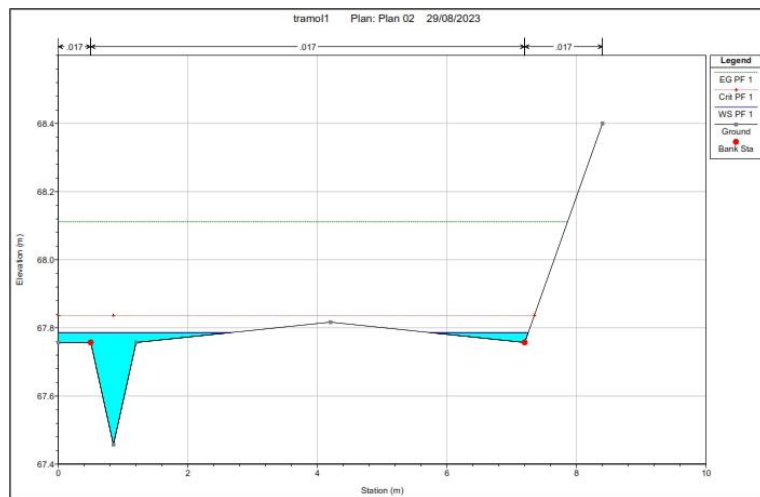


Figura 39. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+700.
Nota: Elaboración propia.

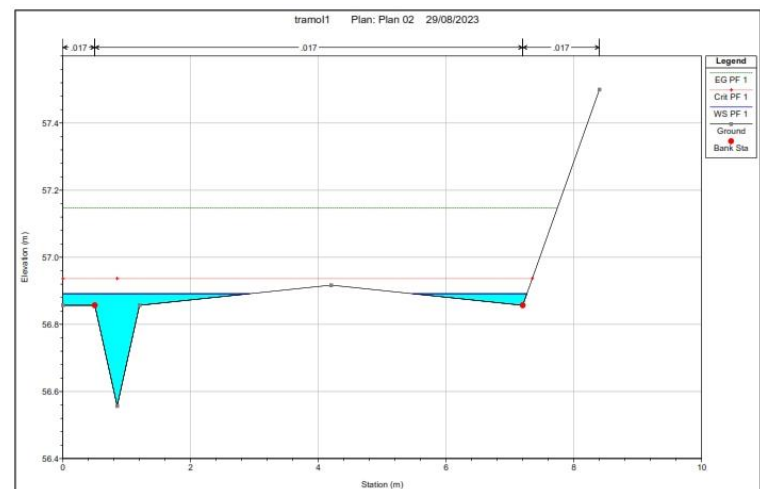


Figura 40. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+600.
Nota: Elaboración propia.

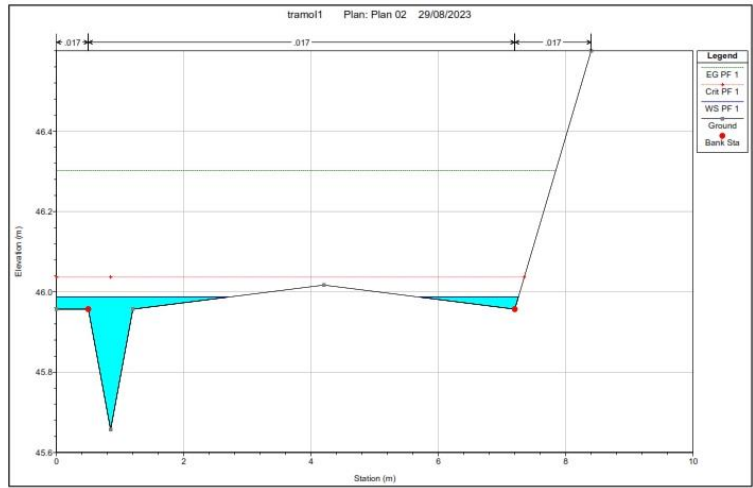


Figura 41. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+500.
Nota: Elaboración propia.

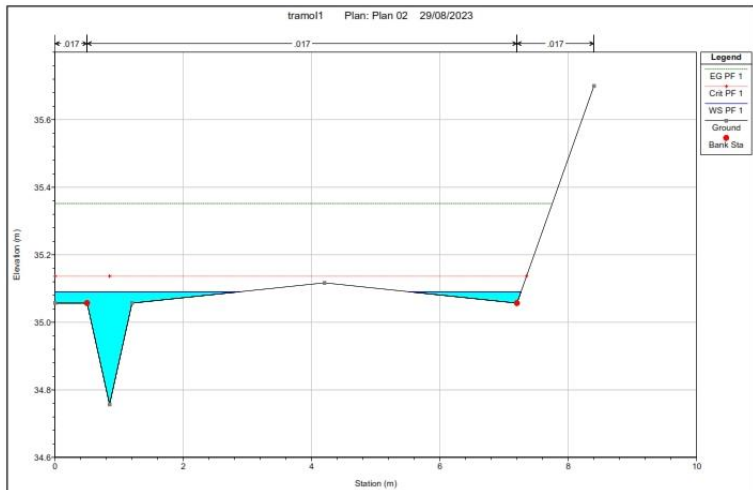


Figura 42. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+400.
Nota: Elaboración propia.

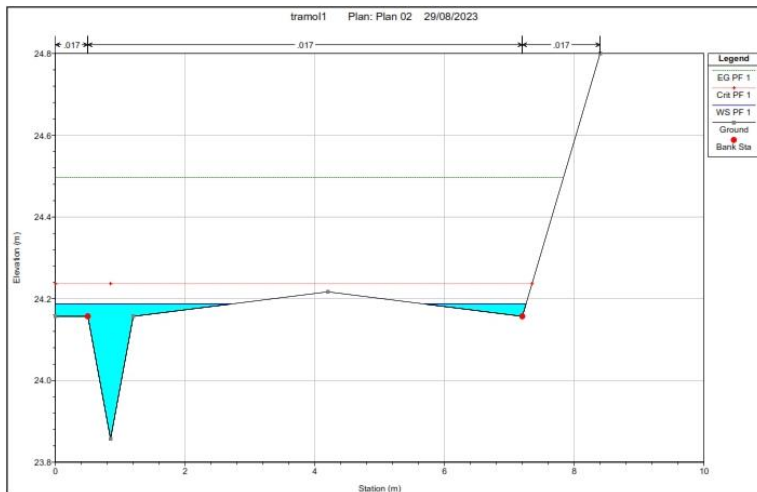


Figura 43. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+300.
Nota: Elaboración propia.

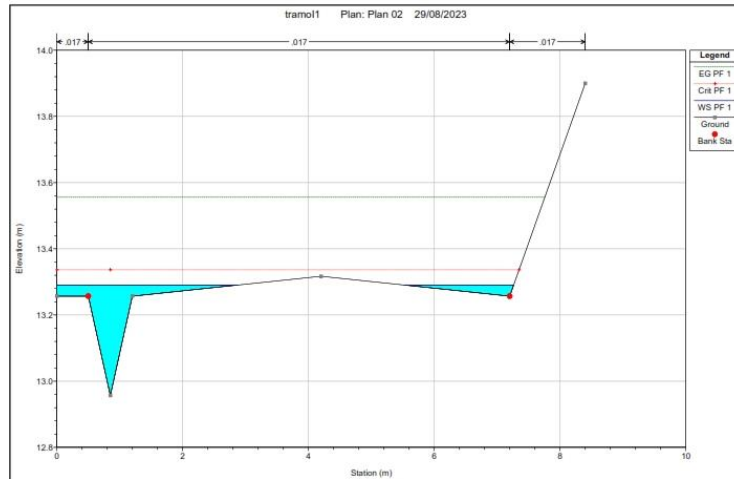


Figura 44. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+200.
Nota: Elaboración propia.

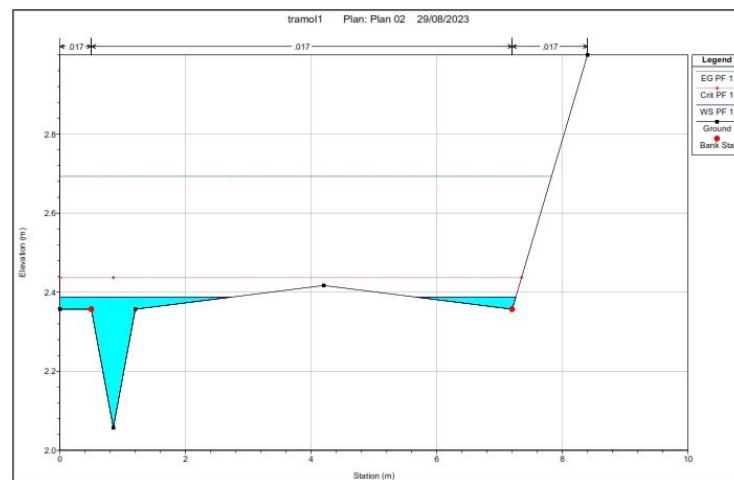


Figura 45. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+100.
Nota: Elaboración propia.

3.6.2 Comportamiento hidráulico de las cunetas como propuesta

3.6.2.1 Tramo 2+580 – 2+080

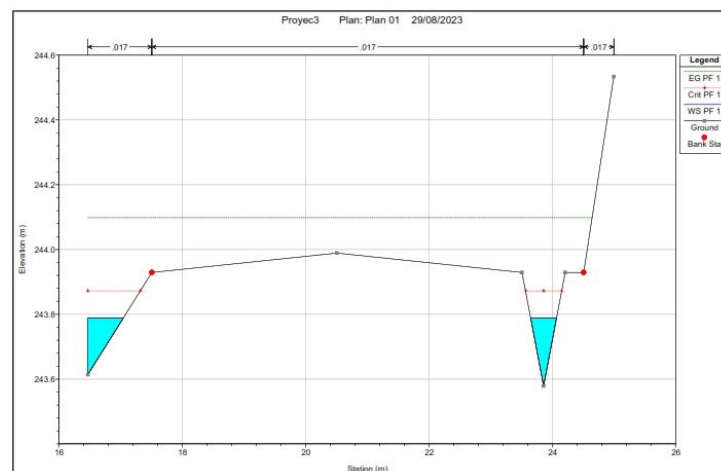


Figura 46. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+580.
Nota: Elaboración propia.

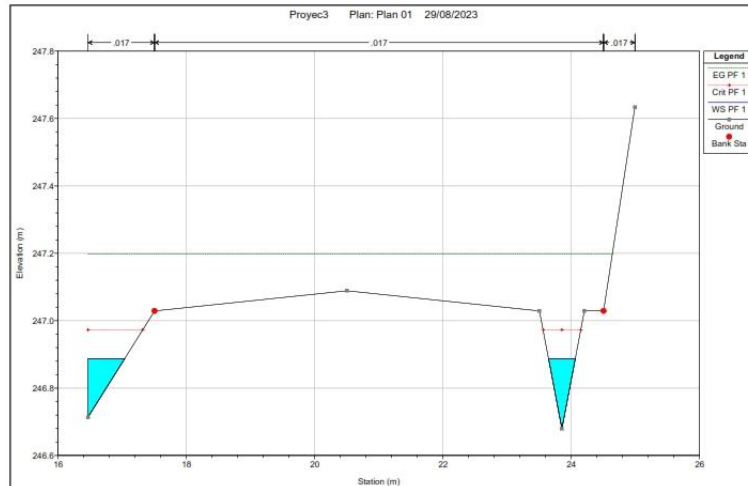


Figura 47. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+530.
Nota: Elaboración propia.

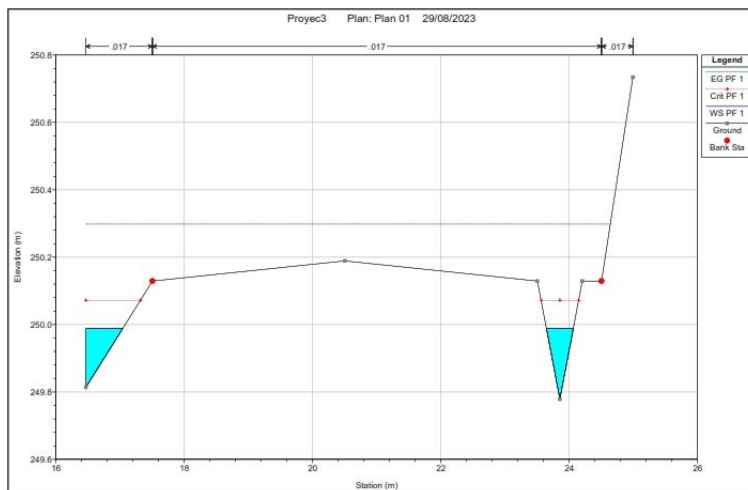


Figura 48. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+480.
Nota: Elaboración propia.

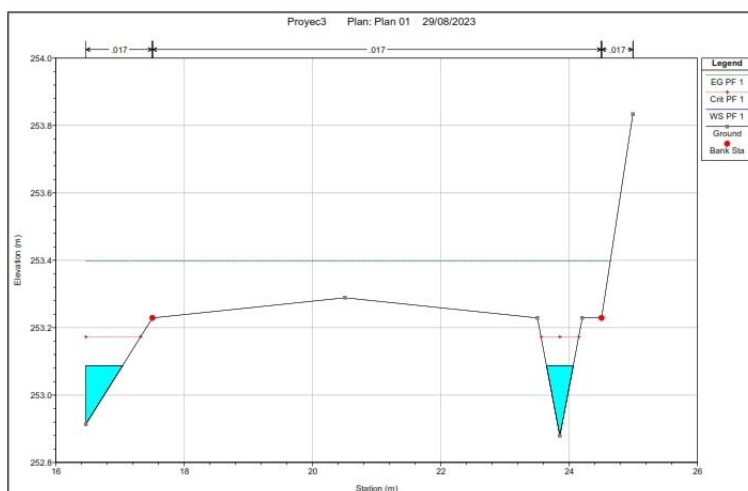


Figura 49. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+430.
Nota: Elaboración propia.

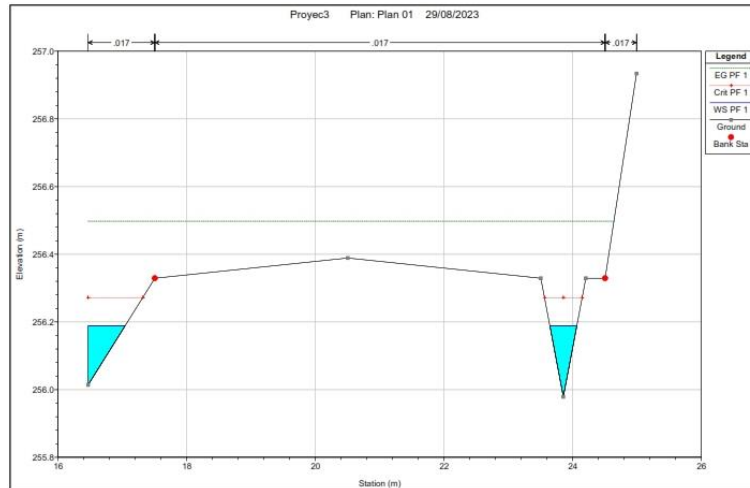


Figura 50. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+380.
Nota: Elaboración propia.

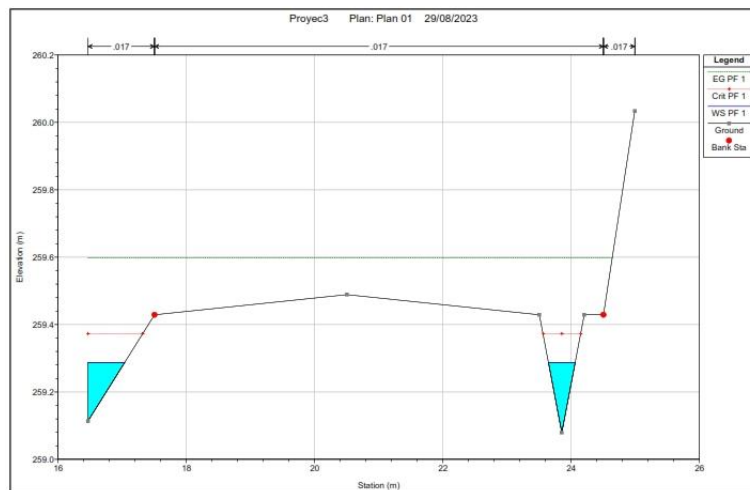


Figura 51. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+330.
Nota: Elaboración propia.

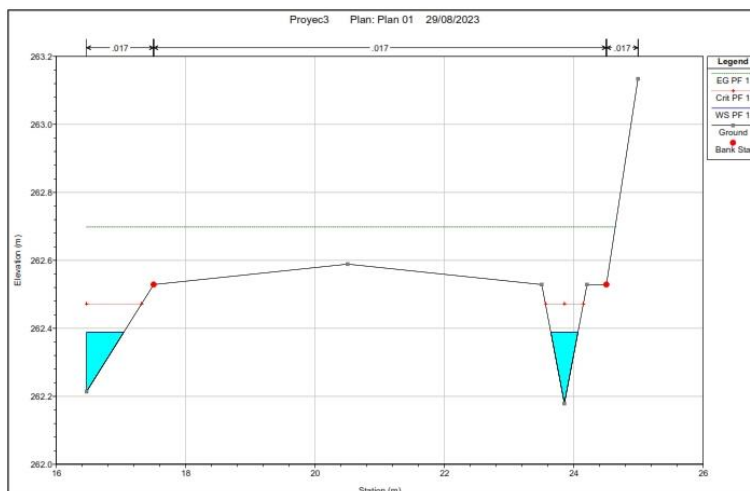


Figura 52. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+280.
Nota: Elaboración propia.

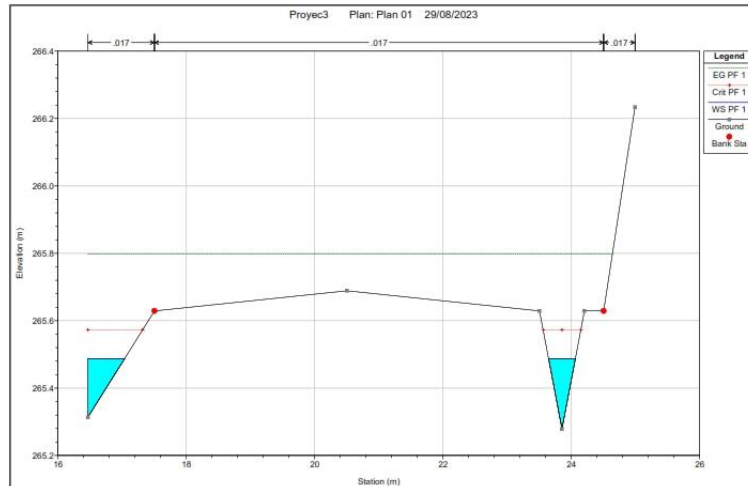


Figura 53. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+230.
Nota: Elaboración propia.

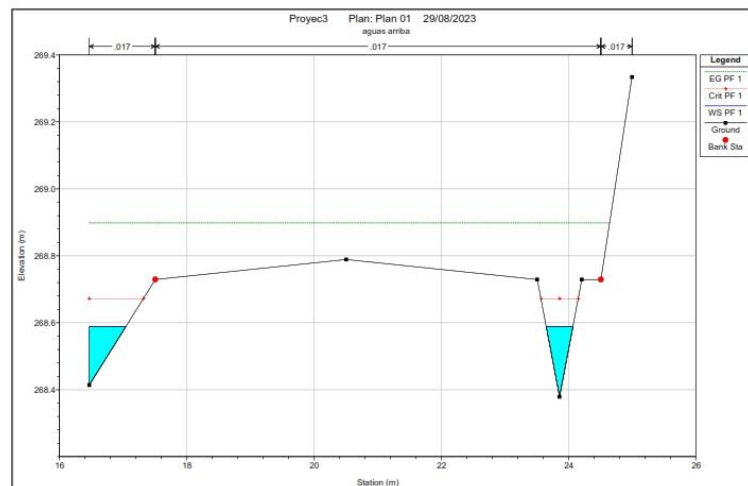


Figura 54. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+180.
Nota: Elaboración propia.

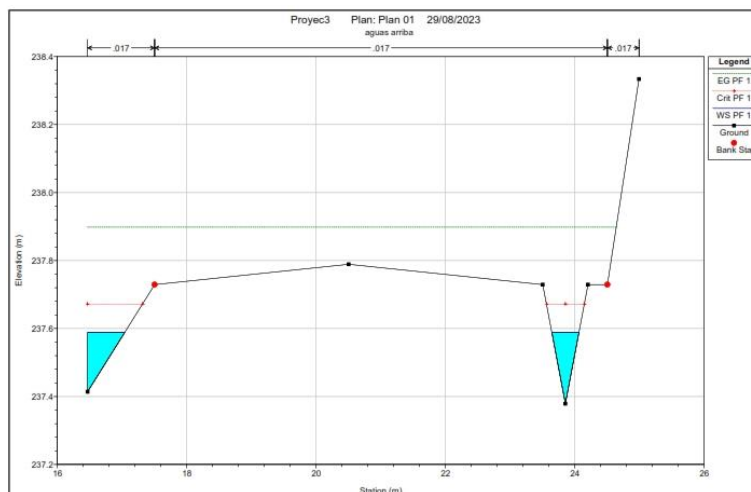


Figura 55. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+130.
Nota: Elaboración propia.

3.6.2.2 Tramo 2+080 – 1+280

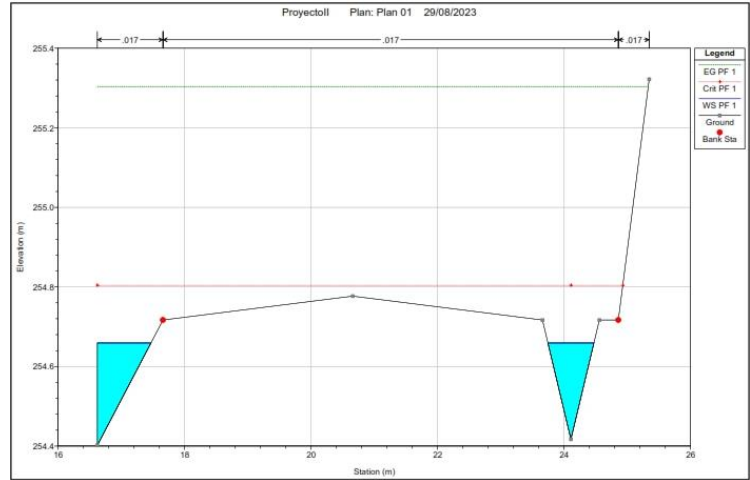


Figura 56. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+080.
Nota: Elaboración propia.

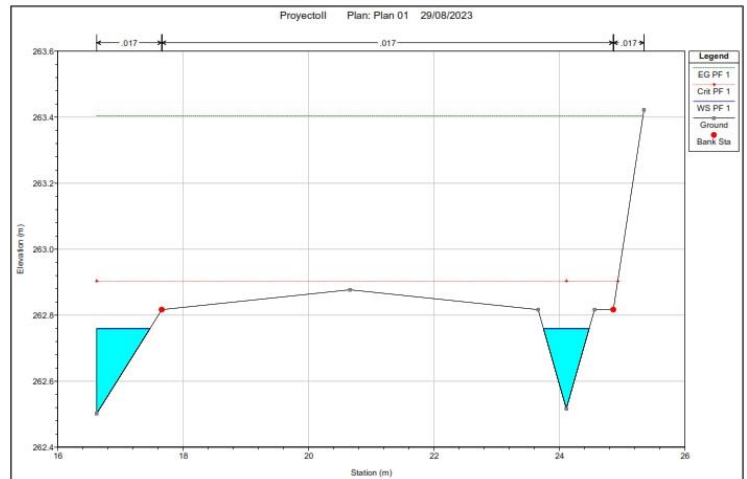


Figura 57. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 2+017.
Nota: Elaboración propia.

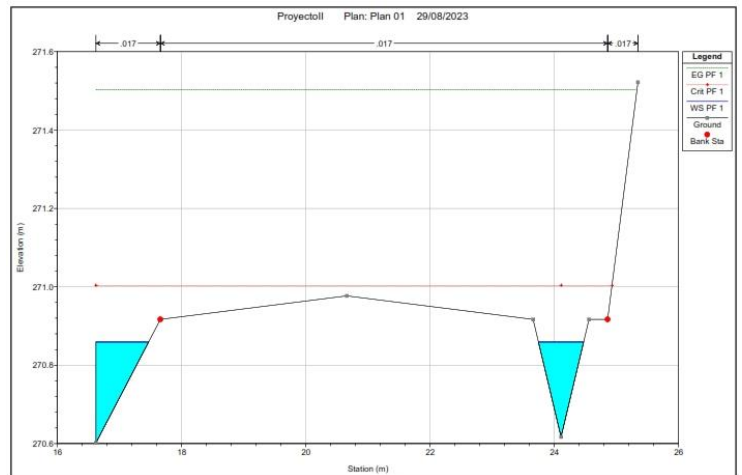


Figura 58. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+830.
Nota: Elaboración propia.

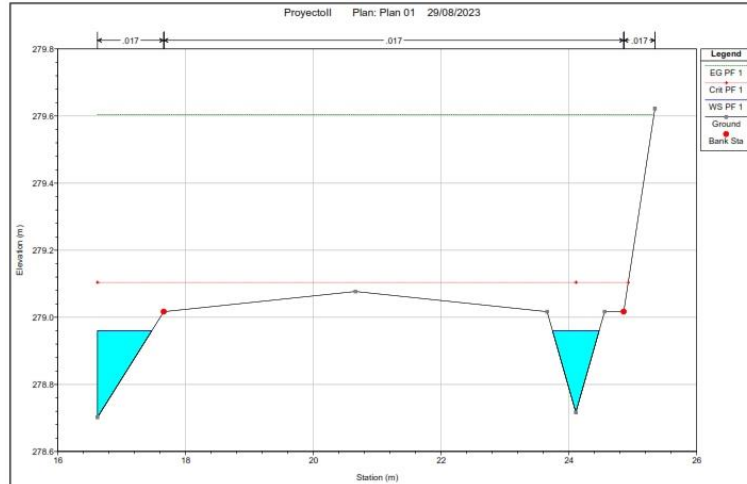


Figura 59. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+767.
Nota: Elaboración propia.

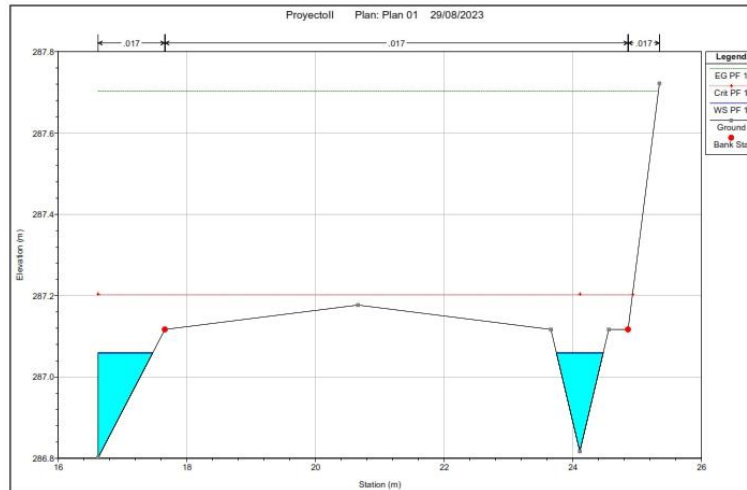


Figura 60. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+705.
Nota: Elaboración propia.

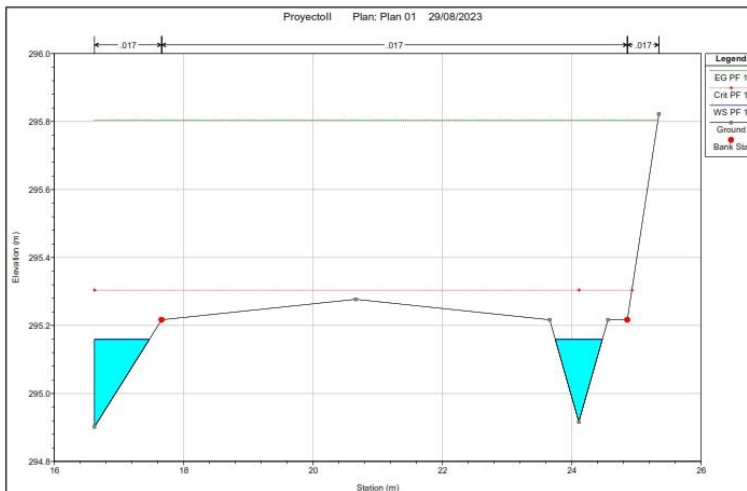


Figura 61. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+580.
Nota: Elaboración propia.

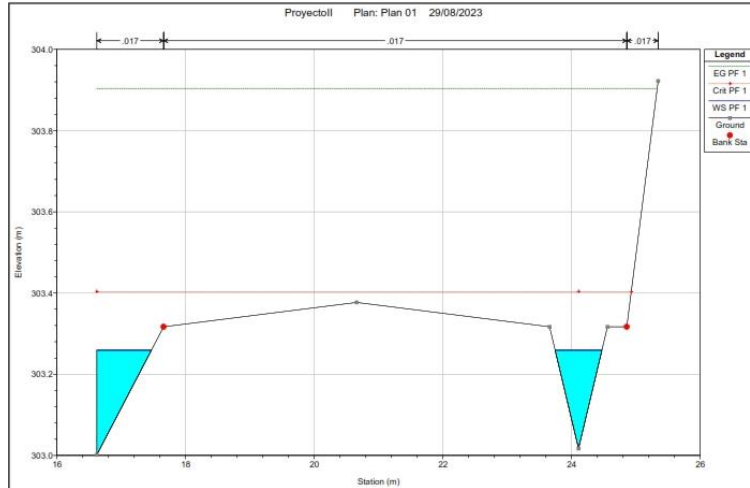


Figura 62. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+517.
Nota: Elaboración propia.

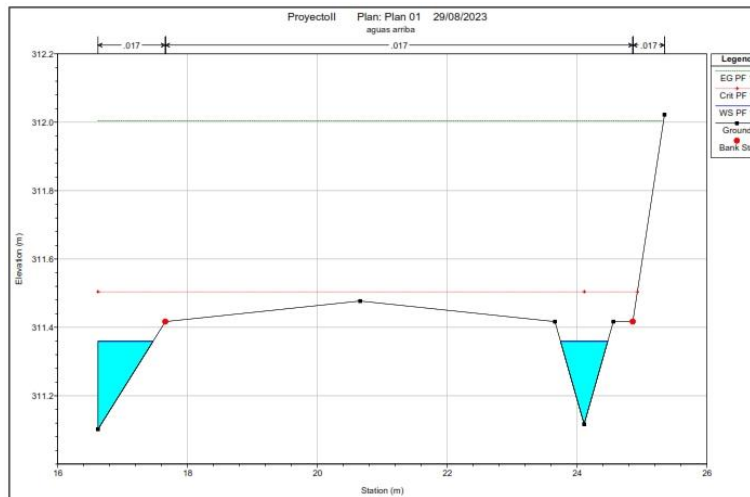


Figura 63. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+455.
Nota: Elaboración propia.

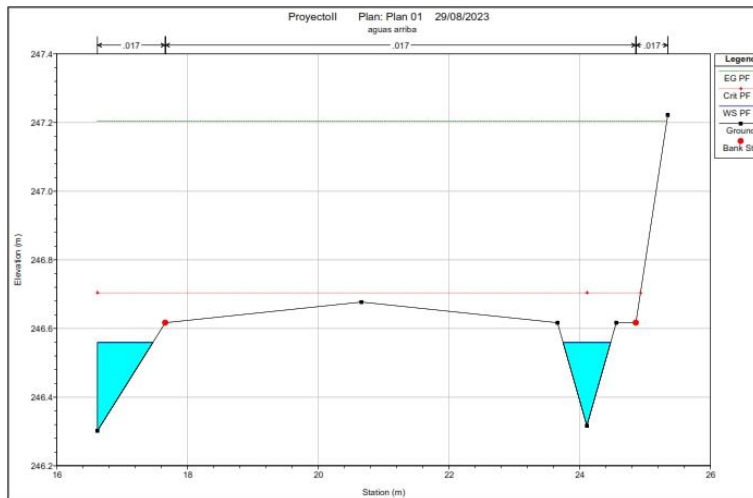


Figura 64. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+330.
Nota: Elaboración propia.

3.6.2.3 Tramo 1+280 – 0+100

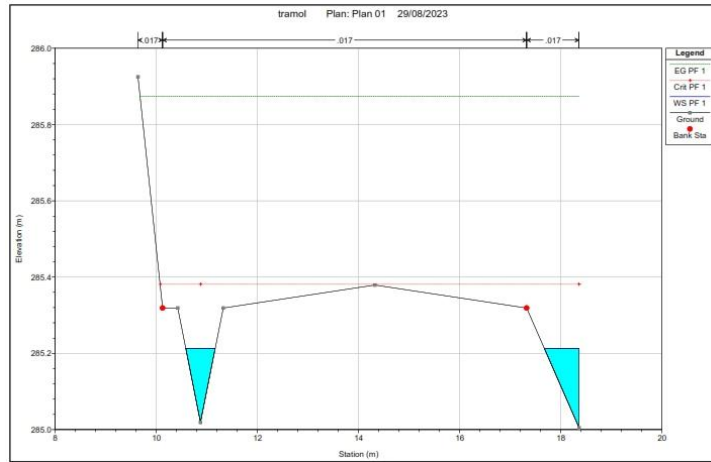


Figura 65. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+280.
Nota: Elaboración propia.

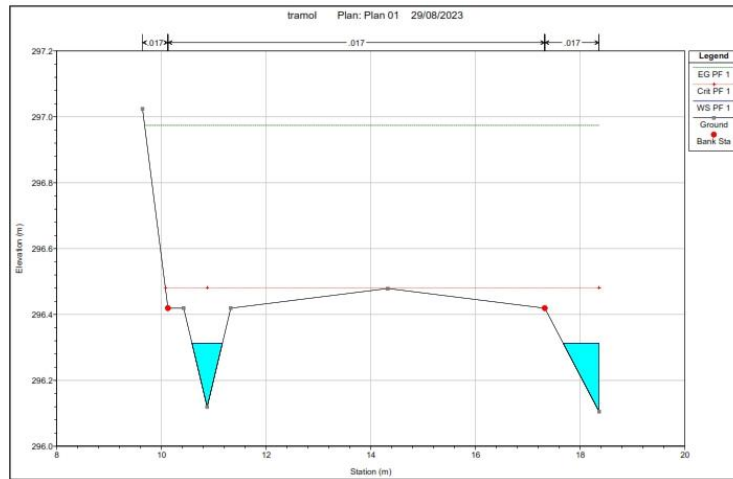


Figura 66. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+180.
Nota: Elaboración propia.

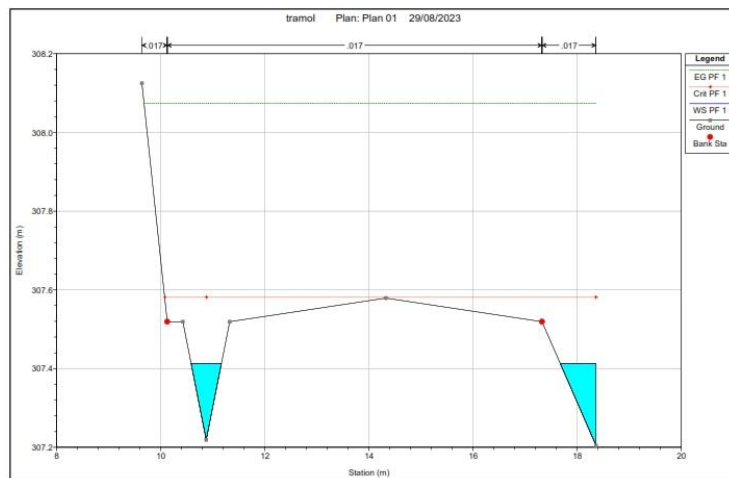


Figura 67. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 1+080.
Nota: Elaboración propia.

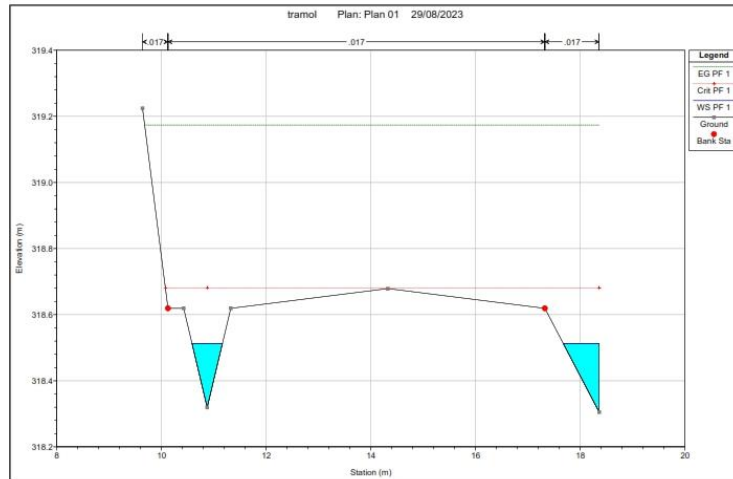


Figura 68. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+980.
Nota: Elaboración propia.

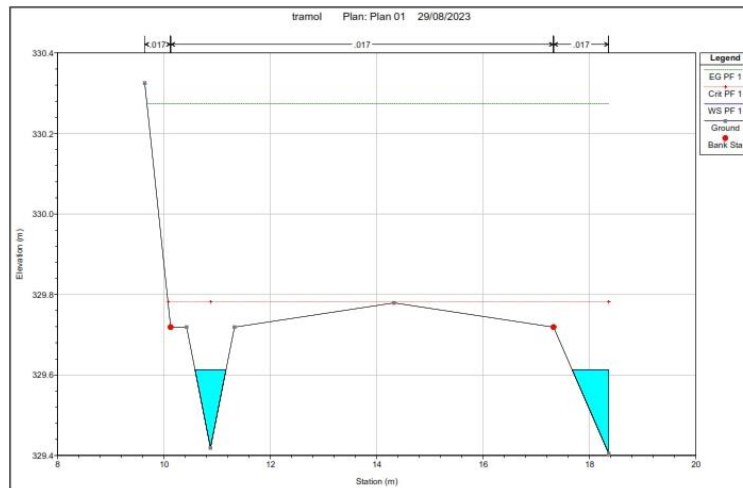


Figura 69. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+880.
Nota: Elaboración propia.

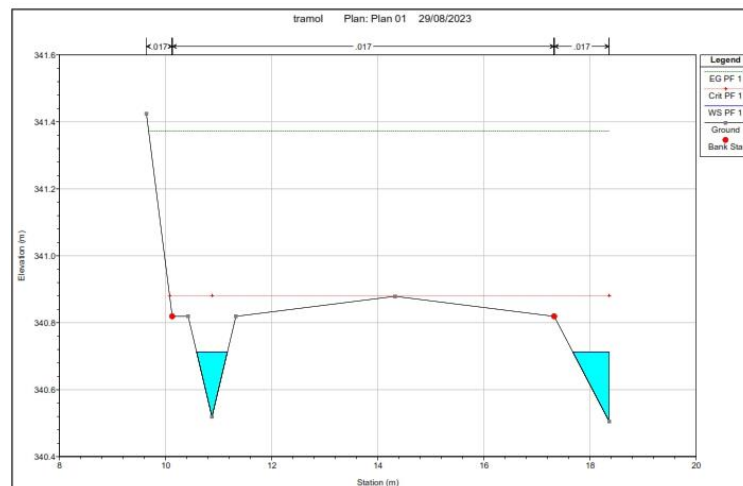


Figura 70. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+780.
Nota: Elaboración propia.

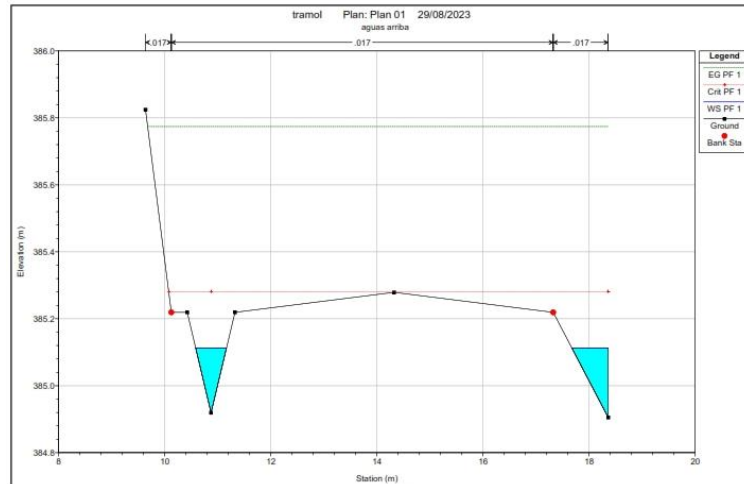


Figura 74. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+280.
Nota: Elaboración propia.

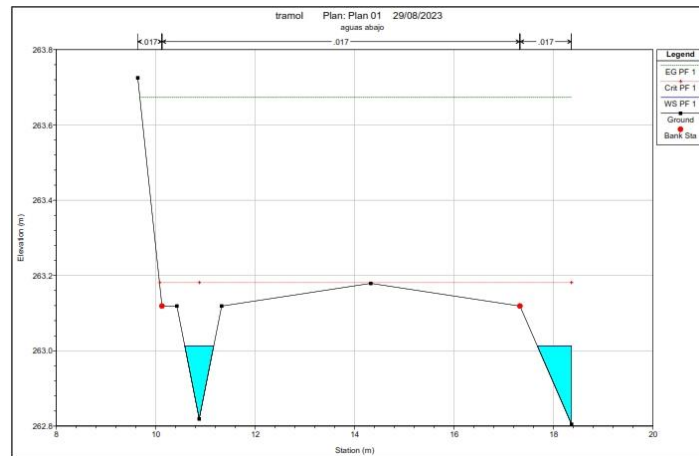


Figura 75. Sección del modelamiento en HEC-RAS en el tramo 0+180.
Nota: Elaboración propia.

3.6.3 Comportamiento hidráulico de las alcantarillas existentes

3.6.3.1 Alcantarilla N° 01

A continuación, se presenta la verificación de si las dimensiones de la alcantarilla N° 01 son adecuadas para transportar el caudal durante una precipitación máxima. Se ha determinado que la velocidad máxima es de 1.25 m/s., la cual es menor que la velocidad erosiva. Además, el talud de transición registrado fue de 4.13 (superando el valor mínimo requerido de 4), y la pérdida observada fue de 0.1473 (por debajo del máximo permitido de 0.1748). Por lo tanto, se concluye que la alcantarilla está dimensionada correctamente.

DISEÑO DE ALCANTARILLAS N°01



Las alcantarillas son estructuras de cruce, que sirven para conducir agua de un camino u otro canal. Generalmente la alcantarilla disminuye la sección transversal del cauce de la corriente, ocasionando un represamiento del agua a su entrada y un aumento de su velocidad del conducto y a la salida. El éxito del diseño radica en proveer una estructura con capacidad de descargar, económicamente una cierta cantidad de agua dentro de los límites establecidos de elevación del nivel de las aguas y de velocidad. La finalidad del diseño es proporcionar la alcantarilla más económica, la cual será la que con menor sección transversal satisfaga los requerimientos de diseño.

DATOS DE CANAL:

Q=	0.46	m ³ /s
Z=	0	
S=	0.003	
n=	0.015	
b =	1.20	m
Cota A=	10	msnm

DATOS PARA ALCANTARILLA

n=	0.024
S=	0.01
L1=	3D ó 5'
L2=	4D ó 5'
Ancho de camino =	6 m
Altura de Relleno =	1.8 m
Talud de relleno =	0:1

1) DIMENSIONAR EL CANAL DE INGRESO

Tanteando el valor de b según la fórmula de Manning:

$$\left(\frac{Qxn}{S^{1/2}}\right) = \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}}$$

0.126	0.126
-------	-------

$$y = 0.305$$

f=	0.40	(borde libre)
T=	1.20	m
A=	0.37	m ²
v=	1.26	m/s

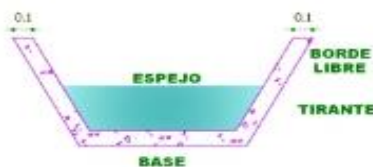
$$Q = \frac{A^{5/3} \times S^{1/2}}{P^{2/3} \times n}$$

Teniendo en cuenta:

$$A = by + Zy^2$$

$$P = b + 2y\sqrt{1 + Z^2}$$

RESUMEN	
b=	1.20 m
T=	1.20 m
f=	0.40 m
y=	0.31 m
A=	0.37 m ²



VERIFICANDO LA VELOCIDAD		OK
V=	1.26	m/s
Vmax.per.=	1.52	m/s

2) ELECCION DEL DIAMETRO DE LA ALCANTARILLA

Para valores de V y Q de:

V=	1.26 m/s	Por la tabla 6.3 "Datos para la selección de diámetros de tuberías"
Q=	0.46 m ³ /s	

$\Phi = 27 \text{ pulg.} = 68.58 \text{ cm}$

3) **CALCULO DEL ARE**

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad A = 0.369 \text{ m}^2$$

4) **CALCULO DE LA VELOCIDAD EN EL CONDUCTO**

$$V = \frac{Q}{A} \quad V = 1.245 \text{ m/s}$$

RIFICANDO LA VELOCIDAD	OK
V =	1.25 m/s
Vmax.pcr. =	1.52 m/s

5) **CALCULO DE LA ALTURA DE VELOCIDAD**

$$h_v = \frac{V^2}{2g} \quad h_v = 0.079$$

6) **CALCULO DE LA ELEVACION DEL NIVEL DE AGUA A LA ENTRADA**

$$NAEA = Cota A + y$$

NAEA = 10.305 msnm

7) **CALCULO DE COTAS**

$$Cota B = NAEA - 1.5h_v - D$$

Cota B = 9.501 msnm

$$Cota F = Cota B + D + Cobertura$$

Cota F = 11.986 msnm

$$Cota E = Cota A + H$$

Cota E = 10.705 msnm

8) **CALCULO DE LA LONGITUD TOTAL DE LA ALCANTARILLA**

$$L = 2Z(Cota F - Cota E) + Ancho del camino$$

L = 6.000 m L = 6.00

9) **CALCULO DE LA CAIDA DE LA TUBERIA**

$$\Delta Z = LS_0$$

$\Delta Z = 0.060 \text{ m}$

10) **CALCULO DE LA COTA C**

$$Cota C = Cota B - \Delta Z$$

Cota C = 9.441 msnm

11) **CALCULO DE LA PENDIENTE DE LA LINEA DE ENERGIA**

$$S_g = \left(\frac{Vn}{R^{2/3}} \right)^2$$

Sc = 0.009

R: Radio Hidraulico:
R = 0.17145 m

12) **CALCULO hfe**

$$h_{fe} = LS_g$$

hfe = 0.056

13) **CALCULO DE LAS PERDIDAS ASUMIDAS Ht1**

$$h_{T1} = 1.5h_v + h_{fE}$$

ht1 = 0.1748

14) **CALCULO DEL NIVEL DEL AGUA A LA SALIDA DE LA ALCANTARILLA**

$$NASA = NAEA - h_{T1}$$

NASA = 10.130 msnm

15) **CALCULO DE LA COTA EN D**

$$Cota D = NASA - y$$

Cota D = 9.825 msnm

16) **CALCULO DE LAS LONGITUDES DE LAS TRANSICIONES**

Reondeando:

$L1 = 3D \text{ ó } 5'$ - 2.0574 2.06 m

$L2 = 4D \text{ ó } 5'$ - 2.7432 2.74 m

Se puede utilizar tambien la ecuacion:

En la entrada

$$L = \frac{T - D}{2 \tan 27^\circ 30'}$$

L = 0.49 m

En la salida

$$L = \frac{T - t}{2 \tan 22.5^\circ}$$

L = 0.62 m

17) **CALCULO DEL TALUD DE LA TRANSICION**

$$Z = \frac{L}{Elev. A - Elev. B}$$

Z = 4.13

VERIFICANDO ZOK

Zmin. = 4

18) **CALCULO DE LAS PERDIDAS REALES ht2**

Kc = 0.15

ht2 = 0.1473

$$h_{re} = Q^2 \left(\frac{0.0838(1 + K_c)}{D^5} + \frac{0.7507v_c^2 t}{D^{5/3}} \right)$$

Tabla 6.4
Valores de Kc

19) **VERIFICAR QUE ht2 <= Ht1**

ht2 = 0.1473
ht1 = 0.1748

VERIFICANDO: OK

3.6.3.2 Alcantarilla N° 02

En cuanto a la alcantarillada N° 2, se ha determinado que la velocidad máxima es de 2.40 m/s., la cual es mayor que la velocidad erosiva. Además, el talud de transición registrado fue de 2.86 (superando el valor mínimo requerido de 4), y la pérdida observada fue de 0.5820 (por debajo del

máximo permitido de 0.6840). Por lo tanto, se concluye que la alcantarilla no está dimensionada correctamente.

DISEÑO DE ALCANTARILLAS N°02

Las alcantarillas son estructuras de cruce, que sirven para conducir agua de un camino o de un den, por debajo de un camino u otro canal. Generalmente la alcantarilla disminuye un canal la sección transversal del cauce de la corriente, ocasionando un represamiento del agua a su entrada y un aumento de su velocidad del conducto y a la salida. El éxito del diseño radica en proveer una estructura con capacidad de descargar, económicamente una cierta cantidad de agua dentro de los límites establecidos de elevación del nivel de las aguas y de velocidad. La finalidad del diseño es proporcionar la alcantarilla más económica, la cual será la que con menor sección transversal satisfaga los requerimientos de diseño.

DATOS DE CANAL:	
Q=	0.7 m ³ /s
Z=	0
S=	0.003
n=	0.015
b =	1.20 m
Cota A=	10 msnm

DATOS PARA ALCANTARILLA	
n=	0.024
S=	0.01
L1=	3D ó 5'
L2=	4D ó 5'
Ancho de camino =	6 m
Altura de Relleno =	1.8 m
Talud de relleno =	0:1

1) DIMENSIONAR EL CANAL DE INGRESO

Tanteando el valor de b según la fórmula de Manning:

$$\left(\frac{Q n}{S^{1/2}}\right) = \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}}$$

0.192	0.192
-------	-------

y= 0.410 f= 0.40 (borde libre)
 T= 1.20 m
 A= 0.49 m²
 v= 1.42 m/s

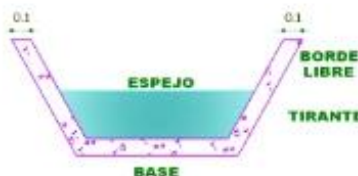
$$Q = \frac{A^{5/3} \times S^{1/2}}{P^{2/3} \times n}$$

Teniendo en cuenta:

$$A = by + Zy^2$$

$$P = b + 2y\sqrt{1+Z^2}$$

RESUMEN	
b=	1.20 m
T=	1.20 m
f=	0.40 m
y=	0.41 m
A=	0.49 m ²



VERIFICANDO LA VELOCIDAD		OK
V=	1.42	m/s
Vmax.per.=	1.52	m/s

2) ELECCION DEL DIAMETRO DE LA ALCANTARILLA

Para valores de V y Q de: $V = 1.42 \text{ m/s}$ $Q = 0.7 \text{ m}^3/\text{s}$ Por la tabla 6.3 "Datos para la selección de diámetros de tuberías"

$\Phi = 24 \text{ pulg.} = 60.96 \text{ cm}$

3) **CALCULO DEL AREA**

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad A = 0.292 \text{ m}^2$$

4) **CALCULO DE LA VELOCIDAD EN EL CONDUCTO**

$$V = \frac{Q}{A} \quad V = 2.398 \text{ m/s}$$

RIFICANDO LA VELOCIDAD		CUIDADO VELOCIDAD EROSIVA
V =	2.40	m/s
Vmax. per. =	1.52	m/s

5) **CALCULO DE LA ALTURA DE VELOCIDAD**

$$h_v = \frac{V^2}{2g} \quad h_v = 0.293$$

6) **CALCULO DE LA ELEVACION DEL NIVEL DE AGUA A LA ENTRADA**

$$NAEA = Cota A + y$$

NAEA = 10.410 msnm

7) **CALCULO DE COTAS**

$$Cota B = NAEA - 1.5h_v - D$$

Cota B = 9.361 msnm

$$Cota F = Cota B + D + Cobertura$$

Cota F = 11.770 msnm

$$Cota E = Cota A + H$$

Cota E = 10.810 msnm

8) **CALCULO DE LA LONGITUD TOTAL DE LA ALCANTARILLA**

$$L = 2Z(Cota F - Cota E) + Ancho del camino$$

L = 6.000 m L = 6.00

9) **CALCULO DE LA CAIDA DE LA TUBERIA**

$$\Delta Z = LS_0$$

$\Delta Z = 0.060 \text{ m}$

10) **CALCULO DE LA COTA C**

$$Cota C = Cota B - \Delta Z$$

Cota C = 9.301 msnm

11) **CALCULO DE LA PENDIENTE DE LA LINEA DE ENERGIA**

$$S_g = \left(\frac{V_n}{R^{2/3}} \right)^2$$

Sc = 0.041

R: Radio Hidraulico:
R = 0.1524 m

12) **CALCULO hfe**

$$h_{fe} = L S_g$$

hfe = 0.244

13) **CALCULO DE LAS PERDIDAS ASUMIDAS ht1**

$$h_{t1} = 1.5 h_v + h_{fE}$$

ht1 = 0.6840

14) **CALCULO DEL NIVEL DEL AGUA A LA SALIDA DE LA ALCANTARILLA**

$$NASA = NAEA - h_{t1}$$

NASA = 9.726 msnm

15) **CALCULO DE LA COTA EN D**

$$Cota D = NASA - y$$

Cota D = 9.316 msnm

16) **CALCULO DE LAS LONGITUDES DE LAS TRANSICIONES**

Reondeando:

L1 = 3D o 5' = 1.8288 1.83 m

L2 = 4D o 5' = 2.4384 2.44 m

Se puede utilizar tambien la ecuacion:

En la entrada

$$L = \frac{T - D}{2 \tan 27.5^\circ}$$

L = 0.57 m

En la salida

$$L = \frac{T - t}{2 \tan 22.5^\circ}$$

L = 0.71 m

17) **CALCULO DEL TALUD DE LA TRANSICION**

$$Z = \frac{L}{Elev. A - Elev. B}$$

Z = 2.86

VERIFICANDO Z AUMENTA TU TALUD

Zmin = 4

18) **CALCULO DE LAS PERDIDAS REALES ht2**

Kc = 0.15

$$h_{c2} = Q^2 \left(\frac{0.0875(1 + K_c)}{D^5} + \frac{0.7507 v_c^2 t}{D^5} \right)$$

Tabla 6.4
Valores de Kc

ht2 = 0.5820

19) **VERIFICAR QUE ht2 <= ht1**

ht2 = 0.5820
ht1 = 0.6840

VERIFICANDO: OK

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = 0.292 \text{ m}^2$$

4) **CALCULO DE LA VELOCIDAD EN EL CONDUCTO**

$$V = \frac{Q}{A} \quad V = 0.891 \text{ m/s}$$

RIFICANDO LA VELOCIDAD		OK
V=	0.891	m/s
Vmax.per.=	1.52	m/s

5) **CALCULO DE LA ALTURA DE VELOCIDAD**

$$h_v = \frac{V^2}{2g}$$

$$h_v = 0.040$$

6) **CALCULO DE LA ELEVACION DEL NIVEL DE AGUA A LA ENTRADA**

$$NAEA = Cota A + y$$

$$NAEA = 10.207 \text{ msnm}$$

7) **CALCULO DE COTAS**

$$Cota B = NAEA - 1.5h_v - D$$

$$Cota B = 9.537 \text{ msnm}$$

$$Cota F = Cota B + D + Cobertura$$

$$Cota F = 11.946 \text{ msnm}$$

$$Cota E = Cota A + H$$

$$Cota E = 10.607 \text{ msnm}$$

8) **CALCULO DE LA LONGITUD TOTAL DE LA ALCANTARILLA**

$$L = 22(Cota F - Cota E) + \text{Ancho del camino}$$

$$L = 6.000 \text{ m} \quad L = 6.00$$

9) **CALCULO DE LA CAIDA DE LA TUBERIA**

$$\Delta Z = LS_0$$

$$\Delta Z = 0.060 \text{ m}$$

10) **CALCULO DE LA COTA C**

$$Cota C = Cota B - \Delta Z$$

$$Cota C = 9.477 \text{ msnm}$$

11) **CALCULO DE LA PENDIENTE DE LA LINEA DE ENERGIA**

$$S_g = \left(\frac{V_n}{R^{7/8}} \right)^2$$

$$S_g = 0.006$$

R: Radio Hidraulico:
R = 0.1524 m

12) **CALCULO hfe**

$$h_{fe} = LS_g$$

$$h_{fe} = 0.034$$

13) **CALCULO DE LAS PERDIDAS ASUMIDAS Ht1**

$$h_{t1} = 1.5h_v + h_{fg}$$

$$ht1 = 0.0944$$

14) **CALCULO DEL NIVEL DEL AGUA A LA SALIDA DE LA ALCANTARILLA**

$$NASA = NAEA - h_{Ti}$$

$$NASA = 10.113 \text{ msnm}$$

15) **CALCULO DE LA COTA EN D**

$$\text{Cota D} = NASA - y$$

$$\text{Cota D} = 9.906 \text{ msnm}$$

16) **CALCULO DE LAS LONGITUDES DE LAS TRANSICIONES**

Reondeando:

$$L1 = 3D \text{ o } 5' \quad - \quad 1.8288 \quad 1.86 \text{ m}$$

$$L2 = 4D \text{ o } 5' \quad - \quad 2.4384 \quad 2.44 \text{ m}$$

Se puede utilizar tambien la ecuacion:

En la entrada

$$I = \frac{T - t}{2 \tan 22.5^\circ}$$

$$L = 0.57 \text{ m}$$

En la salida

$$L = \frac{T - t}{2 \tan 22.5^\circ}$$

$$L = 0.71 \text{ m}$$

17) **CALCULO DEL TALUD DE LA TRANSICION**

$$Z = \frac{L}{\text{Elev. A} - \text{Elev. B}}$$

$$Z = 4.01$$

VERIFICANDO Z OK

$$Z_{\text{min.}} = 4$$

18) **CALCULO DE LAS PERDIDAS REALES ht2**

$$Kc = 0.15$$

$$h_{r2} = Q^2 \left(\frac{0.0878(1 - K_c)}{D^4} + \frac{10.3907 K_c^2}{D^5} \right)$$

Tabla 6.4
Valores de Kc

$$ht2 = 0.0803$$

19) **VERIFICAR QUE ht2 <= ht1**

$$ht2 = 0.0803$$

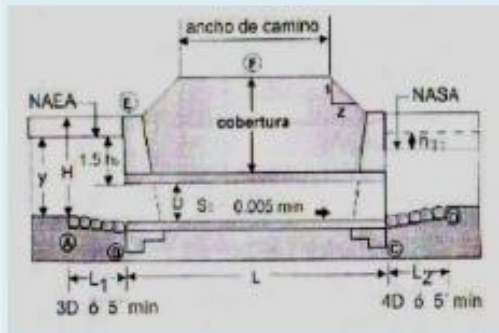
$$ht1 = 0.0944$$

VERIFICANDO: OK

3.6.4 Comportamiento hidráulico de la alcantarilla propuesta

Ante lo mencionado anteriormente, se procedió al redimensionamiento de la alcantarilla N° 2, donde se obtuvo una velocidad de 1.27 m/s. (valor máximo de 1.52 m/s), talud de 4.55 (mínimo de 4) y pérdidas de 0.1392 (valor máximo de 0.1677); asegurando con ello la evacuación de la escorrentía pluvial.

DISEÑO DE ALCANTARILLAS N°02



Las alcantarillas son estructuras de cruce, que sirven para conducir agua de o de un den, por debajo de un camino u otro canal. Generalmente la alcantarilla disminuye un canal la sección transversal del cauce de la corriente, ocasionando un represamiento del agua a su entrada y un aumento de su velocidad del conducto y a la salida. El éxito del diseño radica en proveer una estructura con capacidad de descargar, económicamente una cierta cantidad de agua dentro de los límites establecidos de elevación del nivel de las aguas y de velocidad. La finalidad del diseño es proporcionar la alcantarilla más económica, la cual será la que con menor sección transversal satisfaga los requerimientos de diseño.

DATOS DE CANAL:

Q=	0.7	m ³ /s
Z=	0	
S=	0.003	
n=	0.015	
b =	1.20	m
Cota A=	10	msnm

DATOS PARA ALCANTARILLA

n=	0.024
S=	0.01
L1=	3D ó 5'
L2=	4D ó 5'
Ancho de camino =	6
Altura de Relleno =	1.8
Talud de relleno =	0:1

1) DIMENSIONAR EL CANAL DE INGRESO

Tanteando el valor de b según la fórmula de Manning:

$$\left(\frac{Qxn}{S^{1/2}}\right) = \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}}$$

0.192	0.192
-------	-------

y= 0.410 f= 0.40 (borde libre)
 T= 1.20 m
 A= 0.49 m²
 v= 1.42 m/s

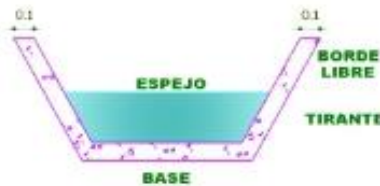
$$Q = \frac{A^{5/3} \times S^{1/2}}{P^{2/3} \times n}$$

Teniendo en cuenta:

$$A = by + Zy^2$$

$$P = b + 2y\sqrt{1 + Z^2}$$

RESUMEN	
b=	1.20 m
T=	1.20 m
f=	0.40 m
y=	0.41 m
A=	0.49 m ²



VERIFICANDO LA VELOCIDAD		OK
V=	1.42	m/s
Vmax.per.=	1.52	m/s

2) ELECCION DEL DIAMETRO DE LA ALCANTARILLA

Para valores de V y Q de: V= 1.42 m/s Por la tabla 6.3 "Datos para la selección de diámetros de tuberías"
 Q= 0.7 m3/s

Φ= 33 pulg. = 83.82 cm

3) **CALCULO DEL AREA**

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad A = 0.552 \text{ m}^2$$

4) **CALCULO DE LA VELOCIDAD EN EL CONDUCTO**

$$V = \frac{Q}{A} \quad V = 1.269 \text{ m/s}$$

RIFICANDO LA VELOCIDAD		OK
V=	1.27	m/s
Vmax.per.=	1.52	m/s

5) **CALCULO DE LA ALTURA DE VELOCIDAD**

$$h_v = \frac{V^2}{2g} \quad h_v = 0.082$$

6) **CALCULO DE LA ELEVACION DEL NIVEL DE AGUA A LA ENTRADA**

$$NAEA = Cota A + y$$

NAEA = 10.410 msnm

7) **CALCULO DE COTAS**

$$Cota B = NAEA - 1.5h_v - D$$

Cota B = 9.449 msnm

$$Cota F = Cota B + D + Cobertura$$

Cota F = 12.087 msnm

$$Cota E = Cota A + H$$

Cota E = 10.810 msnm

8) **CALCULO DE LA LONGITUD TOTAL DE LA ALCANTARILLA**

$$L = 2Z(Cota F - Cota E) + Ancho del camino$$

L = 6.000 m L = 6.00

9) **CALCULO DE LA CAIDA DE LA TUBERIA**

$$\Delta Z = LS_0$$

ΔZ = 0.060 m

10) **CALCULO DE LA COTA C**

$$Cota C = Cota B - \Delta Z$$

Cota C = 9.389 msnm

11) **CALCULO DE LA PENDIENTE DE LA LINEA DE ENERGIA**

$$S_E = \left(\frac{V_m}{R^{2/3}} \right)^2$$

$$S_E = 0.007$$

R: Radio Hidraulico:
R= 0.20955 m

12) **CALCULO hfe**

$$h_{fe} = L S_E$$

$$h_{fe} = 0.045$$

13) **CALCULO DE LAS PERDIDAS ASUMIDAS Ht1**

$$h_{T1} = 1.5 h_v + h_{fE}$$

$$h_{T1} = 0.1677$$

14) **CALCULO DEL NIVEL DEL AGUA A LA SALIDA DE LA ALCANTARILLA**

$$NASA = NAEA - h_{T1}$$

$$NASA = 10.242 \text{ msnm}$$

15) **CALCULO DE LA COTA EN D**

$$\text{Cota D} = NASA - y$$

$$\text{Cota D} = 9.832 \text{ msnm}$$

16) **CALCULO DE LAS LONGITUDES DE LAS TRANSICIONES**

Redondeando:

$$L1 = 3D \text{ ó } 5' = 2.5146 \text{ m} \rightarrow 2.51 \text{ m}$$

$$L2 = 4D \text{ ó } 5' = 3.3528 \text{ m} \rightarrow 3.35 \text{ m}$$

Se puede utilizar tambien la ecuacion:

En la entrada

$$L = \frac{T - D}{2 \tan 27^\circ 30'}$$

$$L = 0.35 \text{ m}$$

En la salida

$$L = \frac{T - t}{2 \tan 22.5^\circ}$$

$$L = 0.44 \text{ m}$$

17) **CALCULO DEL TALUD DE LA TRANSICION**

$$Z = \frac{L}{\text{Elev. A} - \text{Elev. B}}$$

$$Z = 4.55$$

VERIFICANDO Z OK

$$Z_{\text{min}} = 4$$

18) **CALCULO DE LAS PERDIDAS REALES ht2**

$$K_c = 0.15$$

$$h_{T2} = 0.1392$$

$$h_{r2} = V^2 \left(\frac{0.0828(1 + K_c)}{D^4} + \frac{0.7507 V^2 t}{D^{\frac{5}{3}}} \right)$$

Tabla 6.4
Valores de Kc

19) **VERIFICAR QUE hT2 <= Ht1**

$$h_{T2} = 0.1392$$

$$h_{T1} = 0.1677$$

VERIFICANDO: OK

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1.1 Condición estructural del sistema de drenaje

4.1.1.1 Cunetas

La condición del sistema de drenaje, fue determinada en función de lo establecido en el Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial, en el que se detalla los principales aspectos para el análisis de la condición estructural del sistema de drenaje.

En la Tabla 5, se presentan los valores principales que se han determinado para cada uno de los tramos analizados de la vía en estudio. A partir de esta información, se puede concluir que la longitud de la zona erosionada o afectada por el desgaste no es excesiva, lo que lleva a la mayor parte de la condición estructural a ser calificada como "regular".

Tabla 5.

Condición estructural de las cunetas en el lado derecho de la vía entre el sector Bellavista y Ccocha – Haqira – Cotabambas – Apurímac.

Progresiva		Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud erosionada (m)	Altura de material sedimentado (cm)	Condición estructural (%)	Interpretación
Inicial	Final						
0	0+050	Sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
0+050	0+100	Sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
0+100	0+150	70.00	30.00	0.05	8.00	0.10	Regular
0+150	0+200	70.00	30.00	0.07	11.00	0.14	Regular
0+200	0+250	70.00	30.00	0.04	12.00	0.08	Regular
0+250	0+300	70.00	30.00	0.00	11.00	0.00	Bueno
0+300	0+350	70.00	30.00	0.02	8.00	0.04	Regular
0+350	0+400	70.00	30.00	0.03	7.00	0.06	Regular
0+400	0+450	70.00	30.00	0.00	3.00	0.00	Bueno
0+450	0+500	70.00	30.00	0.00	2.00	0.00	Bueno
0+500	0+550	70.00	30.00	0.04	3.00	0.08	Regular
0+550	0+600	70.00	30.00	0.06	4.00	0.12	Regular
0+600	0+650	70.00	30.00	0.08	2.00	0.16	Regular
0+650	0+700	70.00	30.00	0.04	4.00	0.08	Regular
0+700	0+750	70.00	30.00	0.00	2.00	0.00	Bueno
0+750	0+800	70.00	30.00	0.02	4.00	0.04	Regular
0+800	0+850	70.00	30.00	0.03	3.00	0.06	Regular
0+850	0+900	70.00	30.00	0.04	6.00	0.08	Regular
0+900	0+950	70.00	30.00	0.03	2.00	0.06	Regular
0+950	1+000	70.00	30.00	0.04	0.00	0.08	Regular
1+000	1+050	70.00	30.00	0.00	2.00	0.00	Bueno
1+050	1+100	70.00	30.00	0.06	4.00	0.12	Regular
1+100	1+150	70.00	30.00	0.00	9.00	0.00	Bueno
1+150	1+200	70.00	30.00	0.02	8.00	0.04	Regular
1+200	1+250	70.00	30.00	0.04	5.00	0.08	Regular
1+250	1+300	Sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
1+300	1+350	Sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
1+350	1+400	Sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
1+400	1+450	Sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-

1+450	1+500	Sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
1+500	1+550	Sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
1+550	1+600	70.00	30.00	0.02	12.00	0.04	Regular
1+600	1+650	70.00	30.00	0.07	9.00	0.14	Regular
1+650	1+700	70.00	30.00	0.03	12.00	0.06	Regular
1+700	1+750	70.00	30.00	0.04	11.00	0.08	Regular
1+750	1+800	70.00	30.00	0.02	12.00	0.04	Regular
1+800	1+850	70.00	30.00	0.03	10.00	0.06	Regular
1+850	1+900	70.00	30.00	0.05	7.00	0.10	Regular
1+900	1+950	70.00	30.00	0.03	8.00	0.06	Regular
1+950	2+000	70.00	30.00	0.03	8.00	0.06	Regular
2+000	2+050	70.00	30.00	0.04	7.00	0.08	Regular
2+050	2+100	70.00	30.00	0.00	0.00		-
2+100	2+150	70.00	30.00	0.00	0.00		-
2+150	2+200	70.00	30.00	0.00	0.00		-
2+200	2+250	65.00	30.00	0.00	0.00		-
2+250	2+300	70.00	28.00	0.00	0.00		-
2+300	2+350	72.00	30.00	0.00	0.00		-
2+350	2+400	66.00	28.00	0.00	0.00		-
2+400	2+450	65.00	26.00	0.00	0.00		-
2+450	2+500	68.00	28.00	0.00	0.00		-
2+500	2+550	70.00	30.00	0.00	0.00		-
2+550	2+600	72.00	30.00	0.00	0.00		-
2+600	2+650	71.00	26.00	0.00	0.00		-
2+650	2+700	60.00	30.00	0.00	0.00		-

Nota: Elaboración propia.

Los resultados presentados en la tabla anterior pueden resumirse de manera que se concluye que solo el 18.18 % de los tramos en las cunetas de la vía se encuentran en un buen estado estructural en general, mientras que el 81.82 % muestra un estado considerado regular, como se ilustra en la siguiente figura.

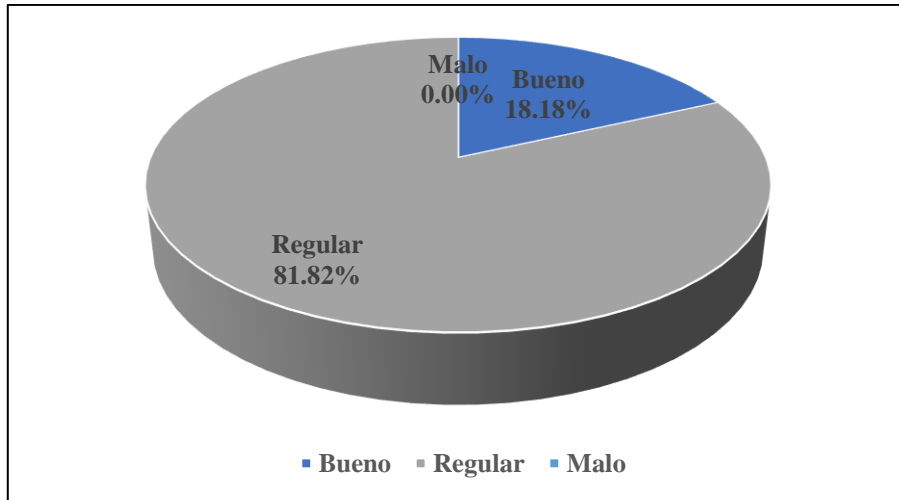


Figura 76. Condición estructural de las cunetas del lado derecho de la vía entre el sector Bellavista y Ccocha – Haqira – Cotabambas – Apurímac.
Nota: Elaboración propia.

En el lado izquierdo del tramo, también se ha evaluado la condición estructural de las cunetas, como se refleja en la tabla a continuación. En esta tabla se especifica que de un tramo de 450 metros de longitud que incluye cunetas, solo un reducido porcentaje muestra condiciones "buenas".

Tabla 6.

Condición estructural de las cunetas en el lado izquierdo de la vía entre el sector Bellavista y Ccocha – Haqira – Cotabambas – Apurímac.

Progresiva		Ancho	Altura	Longitud erosionada	Altura de material sedimentado	Condición estructural	Interpretación
Inicial	Final	(cm)	(cm)	(m)	(cm)	(%)	
0	0+050	sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
0+050	0+100	sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
0+100	0+150	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0+150	0+200	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0+200	0+250	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0+250	0+300	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0+300	0+350	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0+350	0+400	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0+400	0+450	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0+450	0+500	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0+500	0+550	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0+550	0+600	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0+600	0+650	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0+650	0+700	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0+700	0+750	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0+750	0+800	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0+800	0+850	70.00	30.00	1.00	9.00	2.00	Regular
0+850	0+900	70.00	30.00	2.00	11.00	4.00	Regular
0+900	0+950	70.00	30.00	0.00	7.00	0.00	Bueno
0+950	1+000	70.00	30.00	0.00	5.00	0.00	Bueno
1+000	1+050	70.00	30.00	5.00	11.00	10.00	Regular
1+050	1+100	70.00	30.00	2.00	13.00	4.00	Regular
1+100	1+150	70.00	30.00	0.00	12.00	0.00	Bueno
1+150	1+200	70.00	30.00	3.00	12.00	6.00	Regular
1+200	1+250	70.00	30.00	0.00	13.00	0.00	Bueno
1+250	1+300	70.00	30.00	4.00	11.00	8.00	-
1+300	1+350	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-

1+350	1+400	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
1+400	1+450	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
1+450	1+500	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
1+500	1+550	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
1+550	1+600	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
1+600	1+650	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
1+650	1+700	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
1+700	1+750	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
1+750	1+800	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
1+800	1+850	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
1+850	1+900	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
1+900	1+950	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
1+950	2+000	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
2+000	2+050	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
2+050	2+100	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
2+100	2+150	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
2+150	2+200	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
2+200	2+250	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
2+250	2+300	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
2+300	2+350	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
2+350	2+400	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
2+400	2+450	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
2+450	2+500	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
2+500	2+550	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
2+550	2+600	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
2+600	2+650	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-
2+650	2+700	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	0.00	-

Nota: Elaboración propia.

Una mejor descripción de la condición estructural de las cunetas en el tramo de estudio se muestra en la Figura 77, en la que se denota con gran claridad que cerca del 55.56 % de los tramos se encuentran en un estado “Regular”, mientras que el 44.44 % tiene un estado “Bueno”.

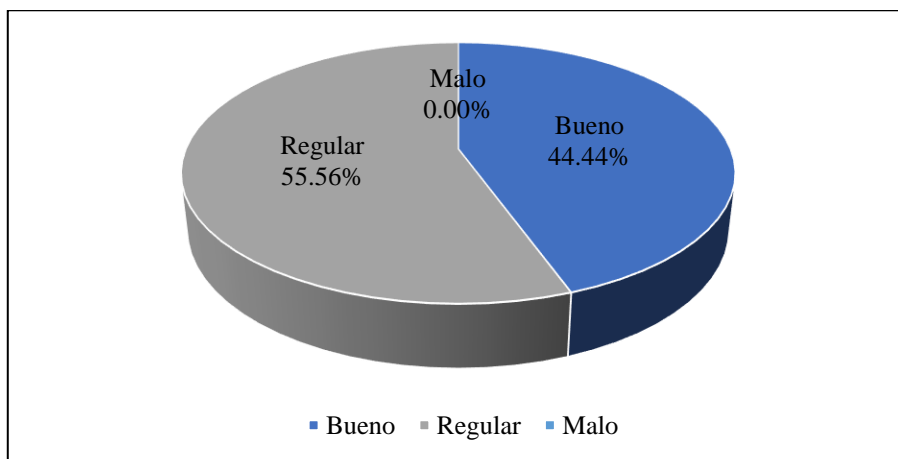


Figura 77. Condición estructural de las cunetas del lado izquierdo de la vía entre el sector Bellavista y Ccocha – Haqira – Cotabambas – Apurímac.
Nota: Elaboración propia.

4.1.1.2 Alcantarillas

Las alcantarillas desempeñan un papel crucial en la evacuación del agua acumulada. No obstante, si no reciben un mantenimiento adecuado, pueden experimentar problemas estructurales; por esa razón, en el contexto de este estudio, se ha observado que las alcantarillas no presentaron problemas graves. Por lo tanto, su condición se califica como "Buena", como se detalla en la tabla que sigue a continuación:

Tabla 7.

Condición estructural de las alcantarillas de la vía entre el sector Bellavista y Ccocha – Haqira – Cotabambas – Apurímac.

N°	Norte	Este	Sección transversal (m ²)	Dimensión (diámetro)	Área afectada estructuralmente (m ²)	Condición estructural
1	8429904	811900	0.636	0.900	0.636	Bueno
2	8429667	812624	0.283	0.600	0.165	Bueno
3	8429533	813045	0.283	0.600	0.088	Bueno

Nota: Elaboración propia.

4.1.2 Condición funcional del sistema de drenaje

4.1.2.1 Cunetas

La condición funcional de las cunetas analizadas, fue estimada en función de las recomendaciones del Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones [9].

En virtud de lo mencionado, el desarrollo del presente estudio, dio a conocer que el lado derecho se encuentra parcialmente saturada por sedimentos, con lo cual se puede considerar que dichos elementos presentan una condición “Regular”.

Tabla 8.

Condición funcional de las cunetas en el lado derecho de la vía entre el sector Bellavista y Ccocha – Haquira – Cotabambas – Apurímac.

Progresiva		Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud erosionada (m)	Altura de material sedimentado (cm)	Condición funcional (%)	Interpretación
Inicial	Final						
0	0+050	Sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
0+050	0+100	Sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
0+100	0+150	70.00	30.00	0.05	8.00	11.429	Regular
0+150	0+200	70.00	30.00	0.07	11.00	15.714	Regular
0+200	0+250	70.00	30.00	0.04	12.00	17.143	Regular
0+250	0+300	70.00	30.00	0.00	11.00	15.714	Regular
0+300	0+350	70.00	30.00	0.02	8.00	11.429	Regular
0+350	0+400	70.00	30.00	0.03	7.00	10.000	Regular
0+400	0+450	70.00	30.00	0.00	3.00	4.286	Regular
0+450	0+500	70.00	30.00	0.00	2.00	2.857	Regular
0+500	0+550	70.00	30.00	0.04	3.00	4.286	Regular
0+550	0+600	70.00	30.00	0.06	4.00	5.714	Regular
0+600	0+650	70.00	30.00	0.08	2.00	2.857	Regular
0+650	0+700	70.00	30.00	0.04	4.00	5.714	Regular
0+700	0+750	70.00	30.00	0.00	2.00	2.857	Regular
0+750	0+800	70.00	30.00	0.02	4.00	5.714	Regular
0+800	0+850	70.00	30.00	0.03	3.00	4.286	Regular
0+850	0+900	70.00	30.00	0.04	6.00	8.571	Regular
0+900	0+950	70.00	30.00	0.03	2.00	2.857	Regular
0+950	1+000	70.00	30.00	0.04	0.00	0.000	Bueno
1+000	1+050	70.00	30.00	0.00	2.00	2.857	Regular
1+050	1+100	70.00	30.00	0.06	4.00	5.714	Regular
1+100	1+150	70.00	30.00	0.00	9.00	12.857	Regular
1+150	1+200	70.00	30.00	0.02	8.00	11.429	Regular
1+200	1+250	70.00	30.00	0.04	5.00	7.143	Regular
1+250	1+300	Sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
1+300	1+350	Sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
1+350	1+400	Sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-

1+400	1+450	Sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
1+450	1+500	Sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
1+500	1+550	Sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
1+550	1+600	70.00	30.00	0.02	12.00	17.143	Regular
1+600	1+650	70.00	30.00	0.07	9.00	12.857	Regular
1+650	1+700	70.00	30.00	0.03	12.00	17.143	Regular
1+700	1+750	70.00	30.00	0.04	11.00	15.714	Regular
1+750	1+800	70.00	30.00	0.02	12.00	17.143	Regular
1+800	1+850	70.00	30.00	0.03	10.00	14.286	Regular
1+850	1+900	70.00	30.00	0.05	7.00	10.000	Regular
1+900	1+950	70.00	30.00	0.03	8.00	11.429	Regular
1+950	2+000	70.00	30.00	0.03	8.00	11.429	Regular
2+000	2+050	70.00	30.00	0.04	7.00	10.000	Regular
2+050	2+100	70.00	30.00	0.00	0.00		-
2+100	2+150	70.00	30.00	0.00	0.00		-
2+150	2+200	70.00	30.00	0.00	0.00		-
2+200	2+250	65.00	30.00	0.00	0.00		-
2+250	2+300	70.00	28.00	0.00	0.00		-
2+300	2+350	72.00	30.00	0.00	0.00		-
2+350	2+400	66.00	28.00	0.00	0.00		-
2+400	2+450	65.00	26.00	0.00	0.00		-
2+450	2+500	68.00	28.00	0.00	0.00		-
2+500	2+550	70.00	30.00	0.00	0.00		-
2+550	2+600	72.00	30.00	0.00	0.00		-
2+600	2+650	71.00	26.00	0.00	0.00		-
2+650	2+700	60.00	30.00	0.00	0.00		-

Nota: Elaboración propia.

Los datos obtenidos en campo han demostrado que 96.97 % presentan una condición funcional “Regular”, ya que gran sector de estas se encuentra parcialmente saturada, y solo 3.03 % representa una condición “Buena”.

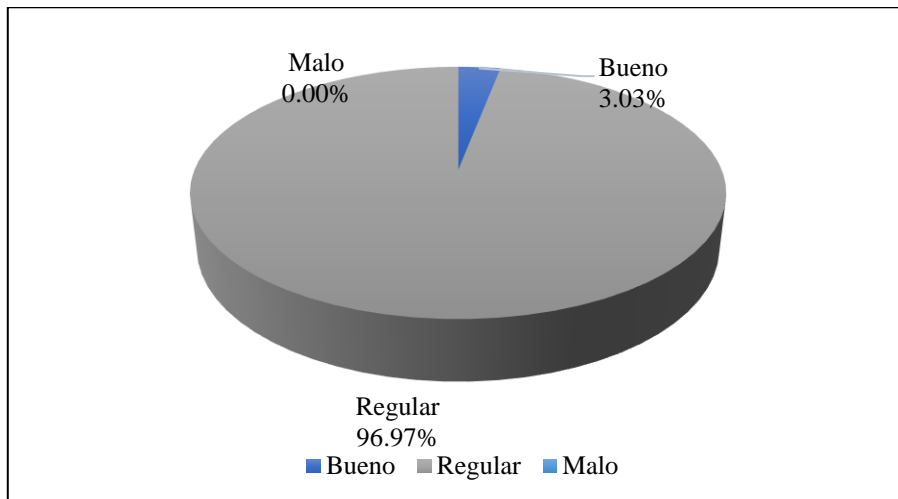


Figura 78. Condición funcional de las cunetas del lado derecho de la vía entre el sector Bellavista y Ccocha – Haqira – Cotabambas – Apurímac.
Nota: Elaboración propia.

Con respecto al lado izquierdo de la zona de estudio, la recolección en campo ha podido definir que la condición funcional de la zona de estudio presenta una condición regular, tal como se ha detallado en la siguiente tabla:

Tabla 9.

Condición funcional de las cunetas en el lado izquierdo de la vía entre el sector Bellavista y Ccocha – Haquira – Cotabambas – Apurímac.

Progresiva		Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud erosionada (m)	Altura de material sedimentado (cm)	Condición funcional (%)	Interpretación
Inicial	Final						
0	0+050	sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
0+050	0+100	sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
0+100	0+150	sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
0+150	0+200	sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
0+200	0+250	sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
0+250	0+300	sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
0+300	0+350	sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
0+350	0+400	sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
0+400	0+450	sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
0+450	0+500	sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
0+500	0+550	sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
0+550	0+600	sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
0+600	0+650	sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
0+650	0+700	sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
0+700	0+750	sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
0+750	0+800	sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
0+800	0+850	70.00	30.00	1.00	9.00	12.86	Regular
0+850	0+900	70.00	30.00	2.00	11.00	15.71	Regular
0+900	0+950	70.00	30.00	0.00	7.00	10.00	Bueno
0+950	1+000	70.00	30.00	0.00	5.00	7.14	Bueno
1+000	1+050	70.00	30.00	5.00	11.00	15.71	Regular
1+050	1+100	70.00	30.00	2.00	13.00	18.57	Regular
1+100	1+150	70.00	30.00	0.00	12.00	17.14	Bueno
1+150	1+200	70.00	30.00	3.00	12.00	17.14	Regular
1+200	1+250	70.00	30.00	0.00	13.00	18.57	Bueno
1+250	1+300	70.00	30.00	4.00	11.00		-
1+300	1+350	sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-
1+350	1+400	sin cuneta	0.00	0.00	0.00		-

1+400	1+450	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
1+450	1+500	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
1+500	1+550	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
1+550	1+600	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
1+600	1+650	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
1+650	1+700	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
1+700	1+750	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
1+750	1+800	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
1+800	1+850	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
1+850	1+900	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
1+900	1+950	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
1+950	2+000	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
2+000	2+050	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
2+050	2+100	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
2+100	2+150	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
2+150	2+200	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
2+200	2+250	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
2+250	2+300	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
2+300	2+350	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
2+350	2+400	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
2+400	2+450	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
2+450	2+500	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
2+500	2+550	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
2+550	2+600	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
2+600	2+650	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-
2+650	2+700	sin cuneta	0.00	0.00	0.00	-

Nota: Elaboración propia.

Lo mencionado anteriormente se ha podido esquematizar en el siguiente gráfico, en el cual se ha podido establecer que el 55.56 % de los tramos analizados presentan una condición “Regular”, mientras que el 44.44 % una condición “Buena”.

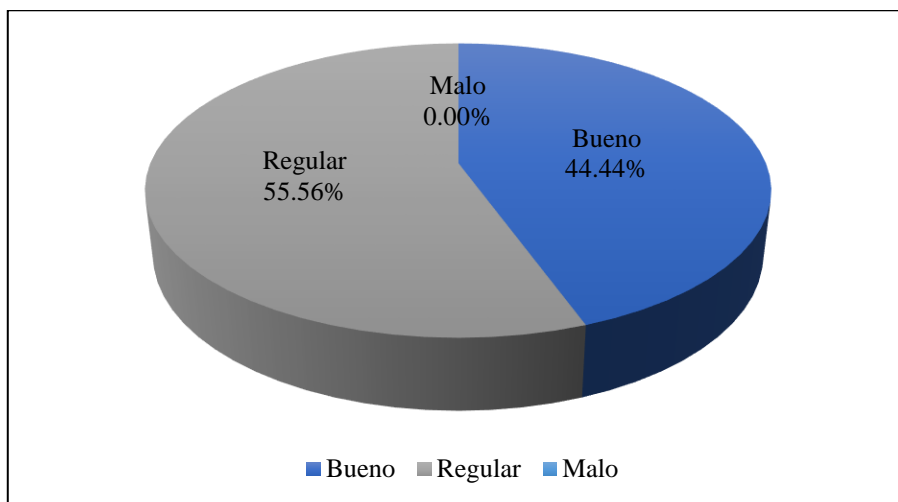


Figura 79. Condición funcional de las cunetas del lado izquierdo de la vía entre el sector Bellavista y Ccocha – Haqira – Cotabambas – Apurímac.
Nota: Elaboración propia.

4.1.2.2 Alcantarillas

Con relación a las alcantarillas, se ha identificado que su capacidad funcional se encuentra parcialmente obstruida, lo que nos lleva a clasificar su estado como "Regular". Este hallazgo indica la necesidad de implementar un programa de mantenimiento rutinario para garantizar su óptimo funcionamiento y prevenir problemas más graves en el futuro.

Tabla 10.

Condición funcional de las alcantarillas el sector Bellavista y Ccocha – Haqira – Cotabambas – Apurímac.

N°	Norte	Este	Sección transversal (m ²)	Dimensión (diámetro)	Altura de sedimento (m)	Condición funcional
1	8429904	811900	0.636	0.900	0.52	Regular
2	8429667	812624	0.283	0.600	0.34	Regular
3	8429533	813045	0.283	0.600	0.21	Regular

Nota: Elaboración propia.

4.1.3 Condición hidráulica del sistema de drenaje

4.1.3.1 Caudal de diseño

A continuación, se muestra los datos de la precipitación máxima diaria de la estación Tambobamba ubicada en el distrito de Tambobamba de la provincia de Cotabambas en el departamento de Apurímac, bajo el código 113059, en la latitud 13°56'41.7" y longitud de 72°10'30.8", con una altitud de 3279 msnm.

Tabla 11.

Datos de precipitación máxima diaria de la estación Tambobamba.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2017	45.0	31.0	32.5	17.5	20.8	0.0	0.0	3.4	11.0	13.2	12.4	25.6
2018	31.4	45.0	45.0	27.4	7.4	6.0	3.6	0.0	0.0	13.0	45.0	38.4
2019	31.0	36.2	29.0	26.4	9.4	10.0	2.0	0.0	2.6	11.8	23.0	14.4
2020	21.5	37.6	20.0	12.0	5.5	11.5	0.0	2.8	20.0	14.0	10.0	22.0
2021	23.6	28.0	28.4	28.4	5.0	0.0	27.0	0.0	10.0	23.7	14.0	29.6
2022	23.4	29.0	20.0	16.0	11.4	0.0	0.0	5.0	30.0	5.6	20.7	24.0

Nota: Elaboración propia.

Para un mejor panorama, en la siguiente figura se representa la variabilidad de las precipitaciones máximas horarias desde el año 2017 al año 2022.

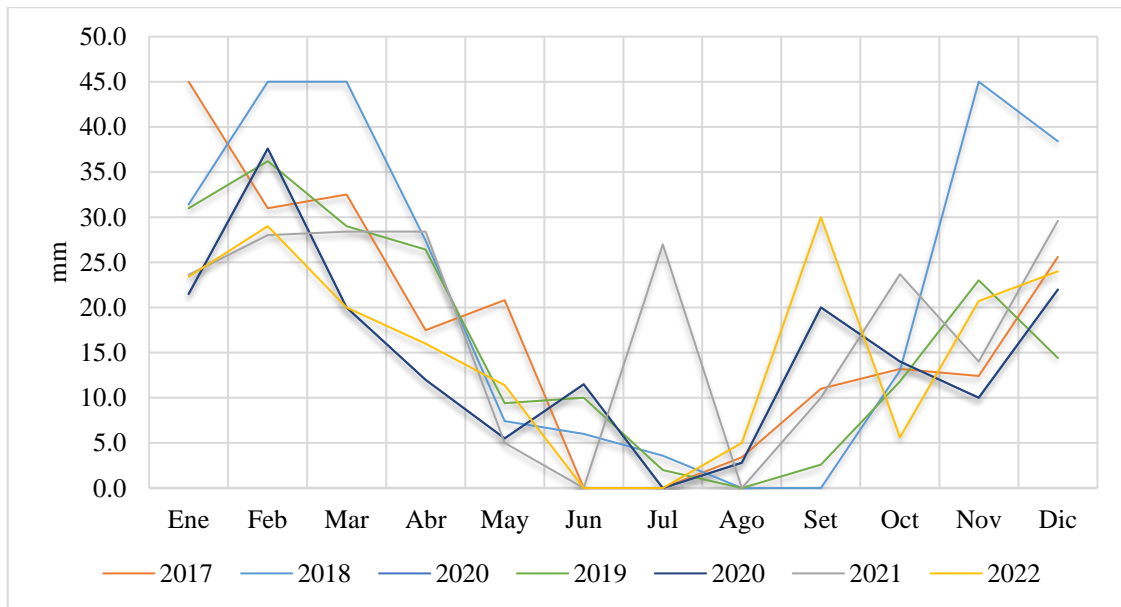


Figura 80. Comportamiento de los datos de precipitación de la estación Tambobamba.

Nota: Elaboración propia.

Como parte inicial se optó por el análisis de los datos dudosos, para lo cual se consideró la precipitación máxima en 24 horas y el logaritmo del mismo, tal como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 12.

Análisis de datos dudosos de la estación Tambobamba.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Pmax24	Log (P24hr)
2017	45.0	31.0	32.5	17.5	20.8	0.0	0.0	3.4	11.0	13.2	12.4	25.6	45.0	1.65
2018	31.4	45.0	45.0	27.4	7.4	6.0	3.6	0.0	0.0	13.0	45.0	38.4	45.0	1.65
2019	31.0	36.2	29.0	26.4	9.4	10.0	2.0	0.0	2.6	11.8	23.0	14.4	36.2	1.56
2020	21.5	37.6	20.0	12.0	5.5	11.5	0.0	2.8	20.0	14.0	10.0	22.0	37.6	1.58
2021	23.6	28.0	28.4	28.4	5.0	0.0	27.0	0.0	10.0	23.7	14.0	29.6	29.6	1.47
2022	23.4	29.0	20.0	16.0	11.4	0.0	0.0	5.0	30.0	5.6	20.7	24.0	30.0	1.48

Nota: Elaboración propia.

Como datos estadísticos, se tiene a la sumatoria, el valor máximo y mínimo, la media, la varianza, la desviación estándar, el coeficiente de variación y el coeficiente de sesgo, como se puede observar en la Tabla 13.

Tabla 13.

Datos estadísticos para la obtención de datos dudosos.

Parámetros estadísticos	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	6.00	6.000
Sumatoria	223.40	9.389
Valor máximo	45.00	1.653
Valor mínimo	29.60	1.471
Media	37.23	1.565
Varianza	46.49	0.006
Desviación estándar	6.82	0.080
Coeficiente variación	0.18	0.051
Coeficiente de sesgo	0.11	-0.0624

Nota: Elaboración propia.

De acuerdo con la siguiente figura, se tiene que el valor máximo es de 53.48 mm. y el valor mínimo de 25.20 mm., rango que alberga a los datos obtenidos, entonces se deduce que no se cuenta con datos dudosos.

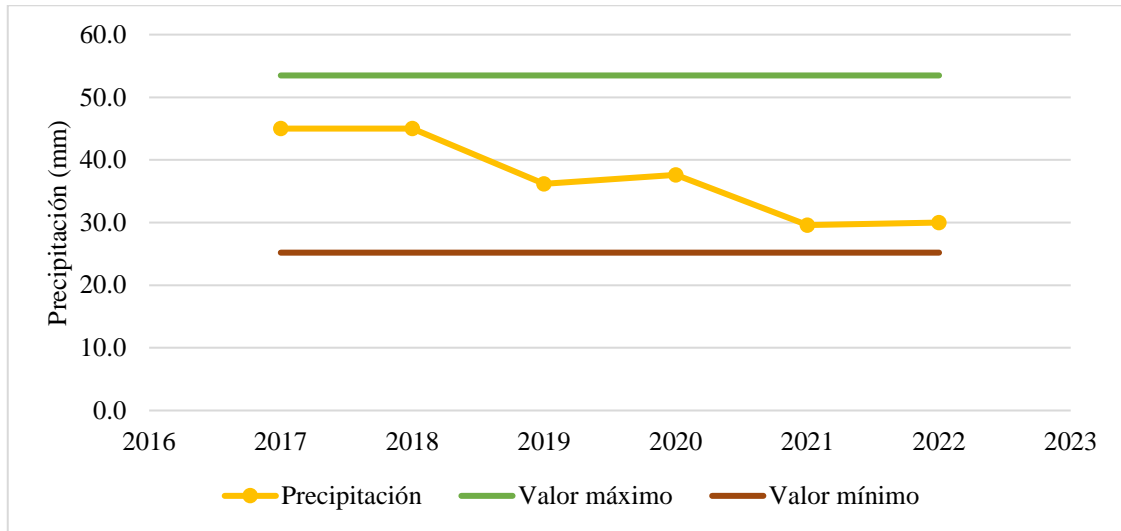


Figura 81. Vista de no existencia de datos dudosos en la precipitación máxima diaria.
Nota: Elaboración propia.

Al encontrarse que los datos no son dudosos, se procedió a determinar cuál es la distribución en la que mejor se adaptan estos, para así determinar las probabilidades de la precipitación.

Así se tiene en la Figura 82 que los datos se adaptan a la distribución normal porque el delta teórico resultó ser de 0.1584 y el delta tabular de 0.5552.

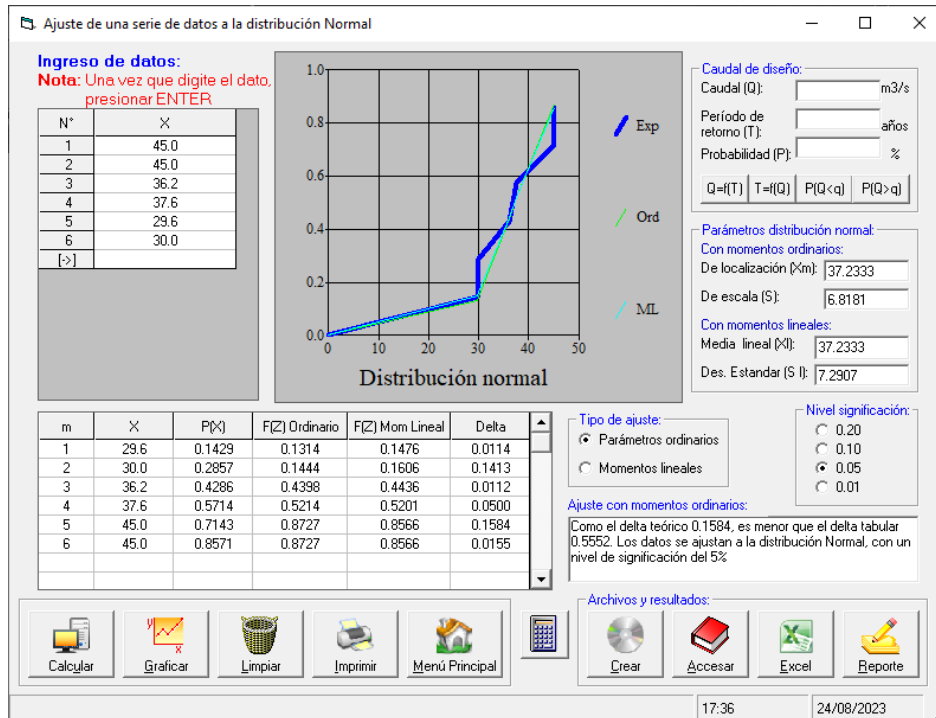


Figura 82. Distribución normal de los datos de precipitación.
 Nota: Elaboración propia.

De la misma manera, en la siguiente figura se describe que el delta teórico resultó en 0.1504 y el delta tabular fue de 0.5552, entonces los datos logran adaptarse a una distribución de log-Normal de 2 parámetros.

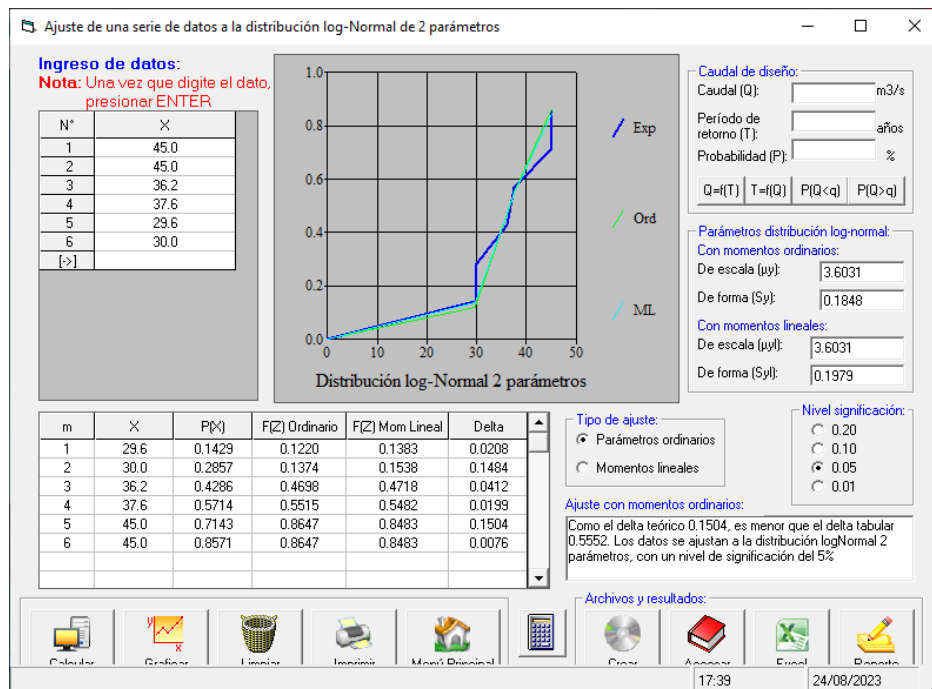


Figura 83. Distribución log-Normal de 2 parámetros de los datos de precipitación.
 Nota: Elaboración propia.

En la Figura 84, se tiene que los datos de precipitación se encuentran dentro de la distribución log-Normal de 3 parámetros, puesto que el delta teórico fue de 0.1760 y el delta tabular fue de 0.552.

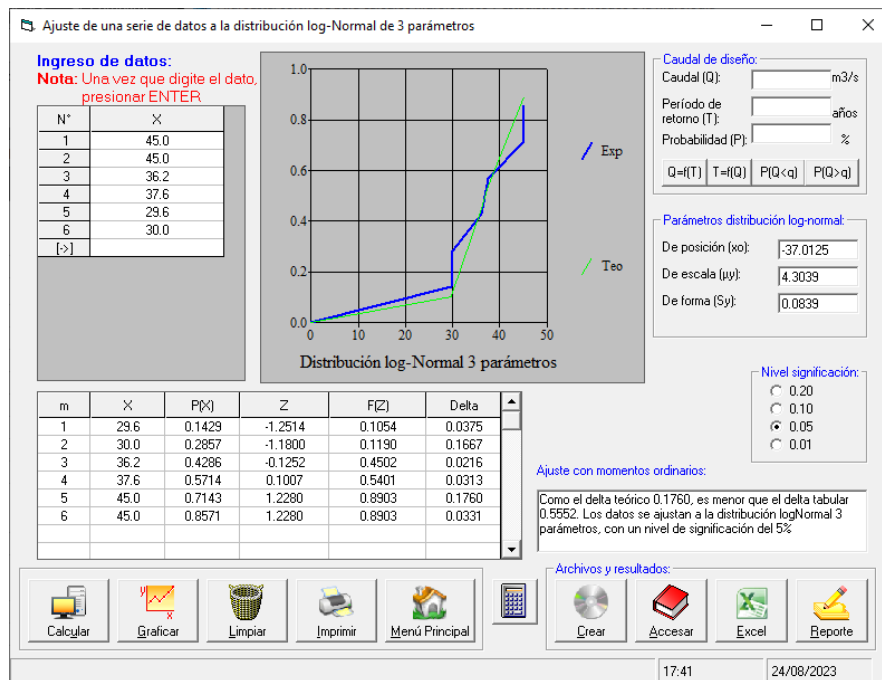


Figura 84. Distribución log-Normal de 3 parámetros de los datos de precipitación.
Nota: Elaboración propia.

En cuanto al análisis para una distribución Gamma de 2 parámetros, en la Figura 85 se tiene que los datos también se adaptan a esta distribución.

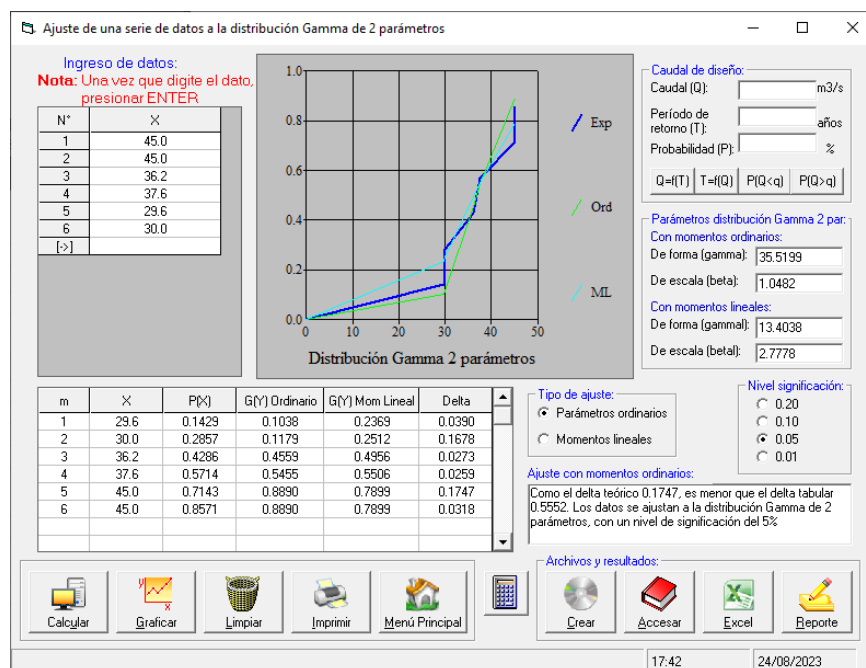


Figura 85. Distribución Gamma de 2 parámetros los datos de precipitación.
Nota: Elaboración propia.

En la siguiente figura se tiene que los datos no se adaptan a una distribución del tipo log-Pearson tipo III.

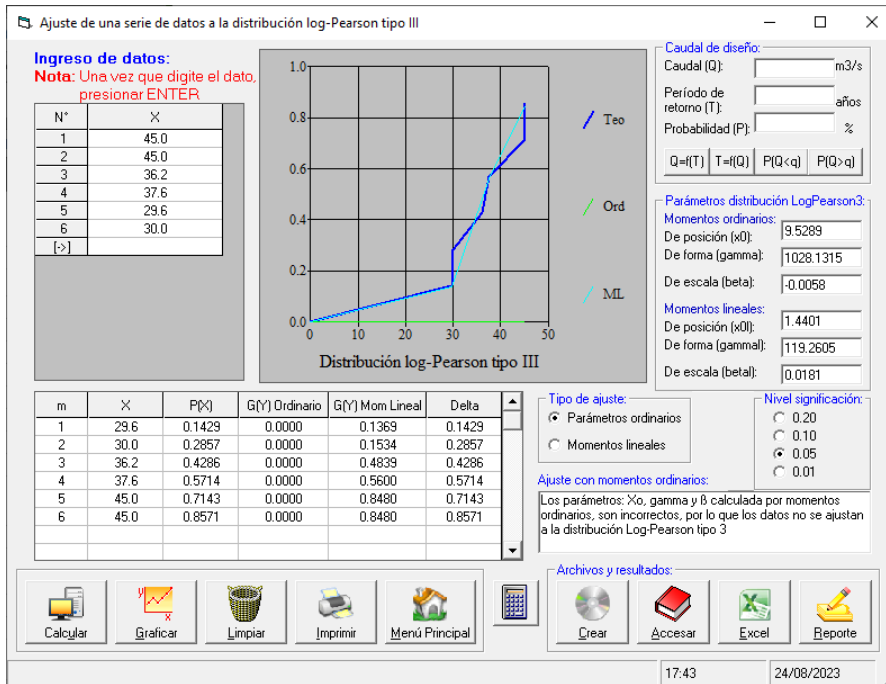


Figura 86. Distribución log-Pearson tipo III de los datos de precipitación.
Nota: Elaboración propia.

En la Figura 87, se tiene un delta teórico de 0.1737 valor que es menor al delta tabular que resultó en 0.552, por consiguiente, se deduce que los datos se adaptan a una distribución Gumbel.

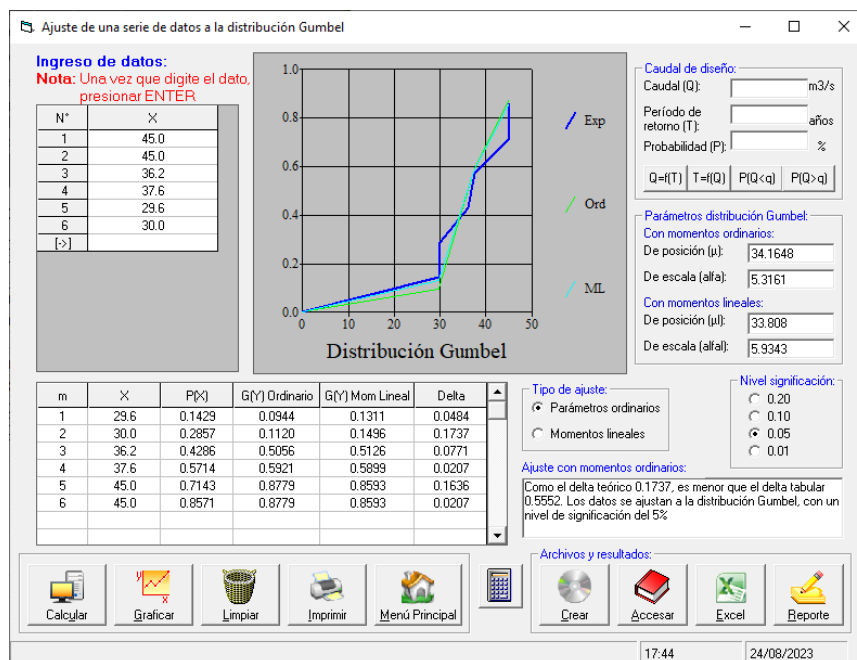


Figura 87. Distribución Gumbel de los datos de precipitación.
Nota: Elaboración propia.

Por último, se tiene el análisis a partir de la distribución log-Gumbel, cuyo delta teórico fue de 0.1833, siendo un valor menor al delta tabular, dando fe que los datos se adaptan a este tipo de distribución.

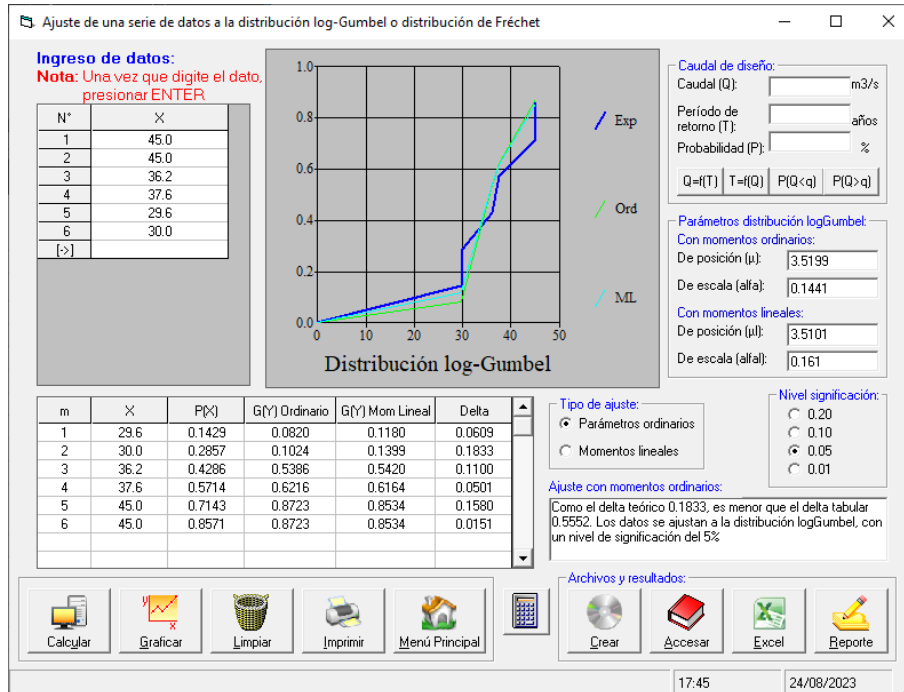


Figura 88. Distribución log-Gümbel de los datos de precipitación.
Nota: Elaboración propia.

A modo de resumen, en la Tabla 14 se tiene cada uno de los valores de delta teórico obtenido en concordancia con el delta tabular, por lo cual se deduce que es posible desarrollar el cálculo de las probabilidades de tormenta con cualquiera de las distribuciones a excepción del Log-Pearson tipo III.

Tabla 14.

Resumen de los valores de delta teórico de cada una de las distribuciones.

Distribución	Delta teórico	Delta tabular
Normal	0.1584	
LogNormal de 2 parámetros	0.1504	
LogNormal de 3 parámetros	0.176	
Gamma de 2 parámetros	0.1747	0.5552
Log-Pearson tipo III	-	
Gümbel	0.1737	
Log-Gümbel	0.1833	

Nota: Elaboración propia.

Ante ello, se procedió con el cálculo de las probabilidades de tormenta a partir de la distribución Gumbel, así en la Tabla 15 se logró ordenar los datos considerando el valor máximo de precipitación por año, además de obtener el cuadro de la diferencia del valor máximo anual con el valor promedio de las precipitaciones:

Tabla 15.

Distribución de probabilidades pluviométricas según Gumbel.

Nº	Año	Mes	Precipitación (mm)	
		Máx. Precip.	xi	(xi - x) ²
1	2017	45.00	45.00	60.32
2	2018	45.00	45.00	60.32
3	2019	36.20	36.20	1.07
4	2020	37.60	37.60	0.13
5	2021	29.60	29.60	58.27
6	2022	30.00	30.00	52.32
6		Suma	223.4	232.4

Nota: Elaboración propia.

Con los datos anteriormente fijados, se procedió al cálculo de las precipitaciones diarias máximas más probables para los periodos de retorno de 2 y 15 años.

Tabla 16.

Precipitaciones diarias máximas más probables para 2 y 15 años.

Periodo de retorno (años)	Variable reducida (YT)	Precip. (mm)	Prob. de ocurrencia (F(xT))	Corrección de intervalo fijo (XT (mm))
2	0.37	36.11	0.50	40.81
15	2.67	48.38	0.93	54.67

Nota: Elaboración propia.

Con los valores diarios máximos, se prosiguió con el cálculo de la duración de la lluvia en 24, 18, 12, 8, 6, 5, 4, 3, 2 y 1 hora, tanto para el periodo de retorno de 2 y 15 años, según se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 17.*Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de las lluvias.*

Tiempo de duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración	
		2 años	15 años
24 hr	X24	40.81	54.67
18 hr	X18 = 91%	37.14	49.75
12 hr	X12 = 80%	32.65	43.73
8 hr	X8 = 68%	27.75	37.17
6 hr	X6 = 61%	24.89	33.35
5 hr	X5 = 57%	23.26	31.16
4 hr	X4 = 52%	21.22	28.43
3 hr	X3 = 46%	18.77	25.15
2 hr	X2 = 39%	15.92	21.32
1 hr	X1 = 30%	12.24	16.40

Nota: Elaboración propia.

Posteriormente, se continuó con la obtención de la intensidad de la lluvia en diferentes minutos tal como se muestra en la Tabla 18, para 2 y 15 años como periodos de retorno.

Tabla 18.*Intensidades de la lluvia en diferentes duraciones y periodos de retorno.*

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno	
Hr	min	2 años	15 años
24 hr	1440	1.70	2.28
18 hr	1080	2.06	2.76
12 hr	720	2.72	3.64
8 hr	480	3.47	4.65
6 hr	360	4.15	5.56
5 hr	300	4.65	6.23
4 hr	240	5.31	7.11
3 hr	180	6.26	8.38
2 hr	120	7.96	10.66
1 hr	60	12.24	16.40

Nota: Elaboración propia.

Como parte de la distribución Gumbel, es la obtención de la expresión matemática, para ello se realizaron diversos cálculos de logaritmo natural, tal como se muestra en la Tabla 19 y Tabla 20, además de su representación matemática exponencial para los diferentes periodos de retorno (Figura 89 y Figura 90), donde para 2 y 15 años se tiene un r2 de 0.9994.

Tabla 19.

Representación matemática para la lluvia con periodo de retorno de 2 años.

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	1.70	7.27	0.53	3.86	52.89
2	1080	2.06	6.98	0.72	5.06	48.79
3	720	2.72	6.58	1.00	6.58	43.29
4	480	3.47	6.17	1.24	7.68	38.12
5	360	4.15	5.89	1.42	8.37	34.65
6	300	4.65	5.70	1.54	8.77	32.53
7	240	5.31	5.48	1.67	9.15	30.04
8	180	6.26	5.19	1.83	9.52	26.97
9	120	7.96	4.79	2.07	9.93	22.92
10	60	12.24	4.09	2.50	10.26	16.76
10	4980	50.52	58.16	14.54	79.18	346.94
Ln (d) =	5.0387	d =	154.2758	n =	-0.6164	

Nota: Elaboración propia.

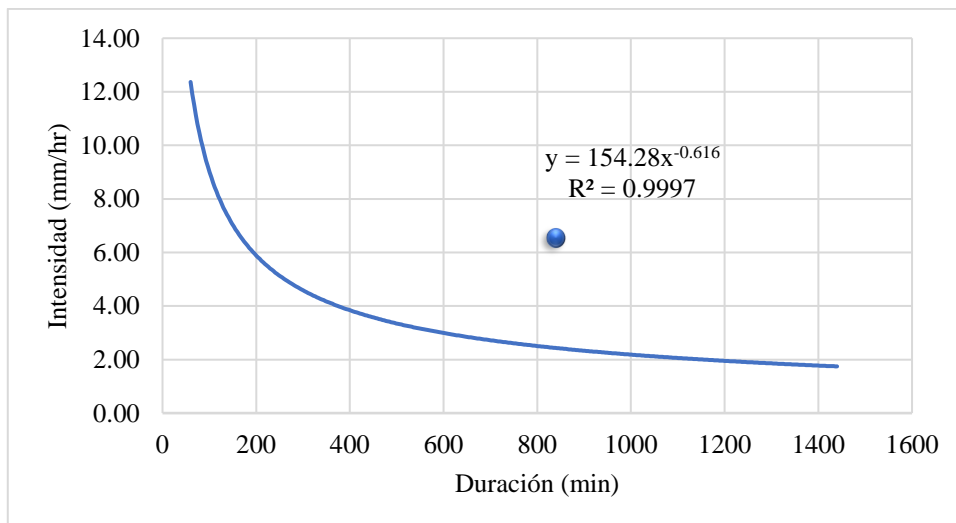


Figura 89. Representación matemática para la lluvia con periodo de retorno de 2 años.

Nota: Elaboración propia.

Tabla 20.

Representación matemática para la lluvia con periodo de retorno de 15 años.

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	2.28	7.27	0.82	5.99	52.89
2	1080	2.76	6.98	1.02	7.10	48.79
3	720	3.64	6.58	1.29	8.51	43.29
4	480	4.65	6.17	1.54	9.48	38.12
5	360	5.56	5.89	1.72	10.10	34.65
6	300	6.23	5.70	1.83	10.44	32.53
7	240	7.11	5.48	1.96	10.75	30.04
8	180	8.38	5.19	2.13	11.04	26.97
9	120	10.66	4.79	2.37	11.33	22.92
10	60	16.40	4.09	2.80	11.45	16.76
10	4980	0.00	58.16	17.47	96.18	346.94
Ln (d) =	5.3311	d =	206.6736	n =	-0.6164	

Nota: Elaboración propia.

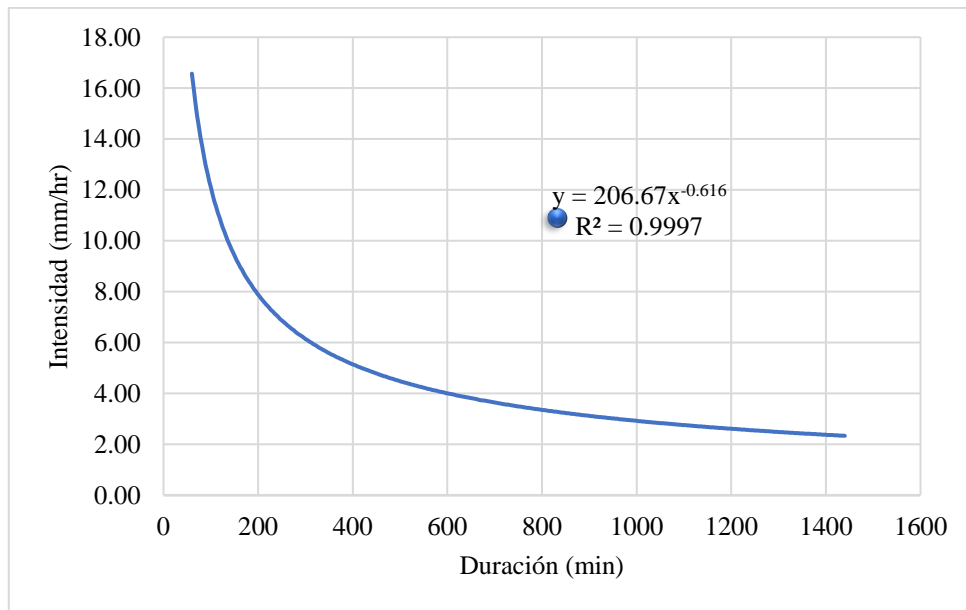


Figura 90. Representación matemática para la lluvia con periodo de retorno de 15 años.

Nota: Elaboración propia.

A partir de los datos anteriores, se logró obtener un K de 139.5124 y un “m” de 0.1451, según se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 21.*Regresión potencial de los datos de precipitación por periodo de retorno.*

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	2	154.2758	0.6931	5.0387	3.4926	0.4805
2	15	206.6736	2.7081	5.3311	14.4370	7.3335
2	17	360.9494	3.4012	10.3699	17.9296	7.8140
$Ln(K) =$		4.9382	$K =$	139.5124	$m =$	0.1451

Nota: Elaboración propia.

Así, se logró obtener los valores de intensidad, duración y frecuencia de 2 y 15 años, para tiempos de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 35, 40, 45, 50, 55 y 60 minutos, tal como se muestra en la Tabla 22, cuya representación gráfica se encuentra plasmada en la Figura 91.

Tabla 22.*Valores de la intensidad, duración y frecuencia.*

Duración (min)	Intensidad en mm/hr por periodo de retorno (años)	
	2	15
5	57.2	76.6
10	37.3	50.0
15	29.1	38.9
20	24.3	32.6
25	21.2	28.4
30	19.0	25.4
35	17.2	23.1
40	15.9	21.3
45	14.8	19.8
50	13.8	18.5
55	13.0	17.5
60	12.4	16.6

Nota: Elaboración propia.

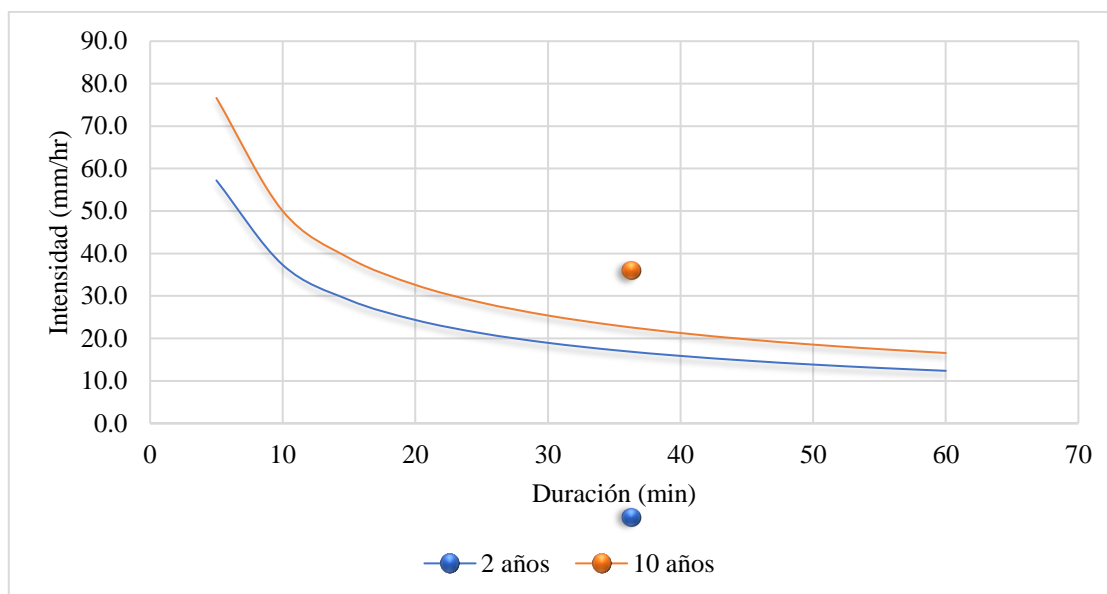


Figura 91. Curvas de intensidad, duración y frecuencia.

Nota: Elaboración propia.

Otro aspecto importante para el cálculo del caudal de escorrentía corresponde al área de drenaje, para lo cual se logró delimitar 3 de ellas, cuyas áreas resultaron, para la primera área de drenaje de 0.36 km², para la segunda área de drenaje de 0.12 km² y para la tercera área de drenaje de 2.46 km², donde la cobertura para todos los casos resultó ser del tipo pradera, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 23.

Características de las áreas de drenaje.

	Área (km ²)	Perímetro (km)	Tipo de cobertura
Área de drenaje I	0.36	2.56	Pradera
Área de drenaje II	0.12	1.38	Pradera
Área de drenaje III	0.24	2.46	Pradera

Nota: Elaboración propia.

En la Figura 92 se muestra la vista satelital de las áreas de drenaje detectadas:



Figura 92. Área de drenaje.
Nota: Elaboración propia.

Para el cálculo del caudal se aplicó la fórmula siguiente:

$$Q = CiA$$

Donde:

Q = Caudal máximo (m³/s).

C = Coeficiente de escurrimiento.

i = Intensidad de la precipitación (m/s).

A = Área de la cuenca hidrográfica (m²).

Con los datos de intensidad (Tabla 22), de áreas (Tabla 23) y el coeficiente de escorrentía de 0.42, se logró determinar cada uno de los caudales por medio de la aplicación del método racional, donde los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 24.

Cálculo de caudales por áreas de drenaje.

	Área (km ²)	Coeficiente de escorrentía (C)	Intensidad (mm/hora)	Caudal (m ³ /s)
Área de drenaje I	0.36	0.42	16.57	0.70
Área de drenaje II	0.12	0.42	16.57	0.23
Área de drenaje III	0.24	0.42	16.57	0.46

Nota: Elaboración propia.

En la Figura 93, se puede diferenciar que el área de drenaje I presenta el mayor caudal con 0.70 m³/s., seguido del área de drenaje III con 0.46 m³/s. y el área de drenaje II con 0.23 m³/s.

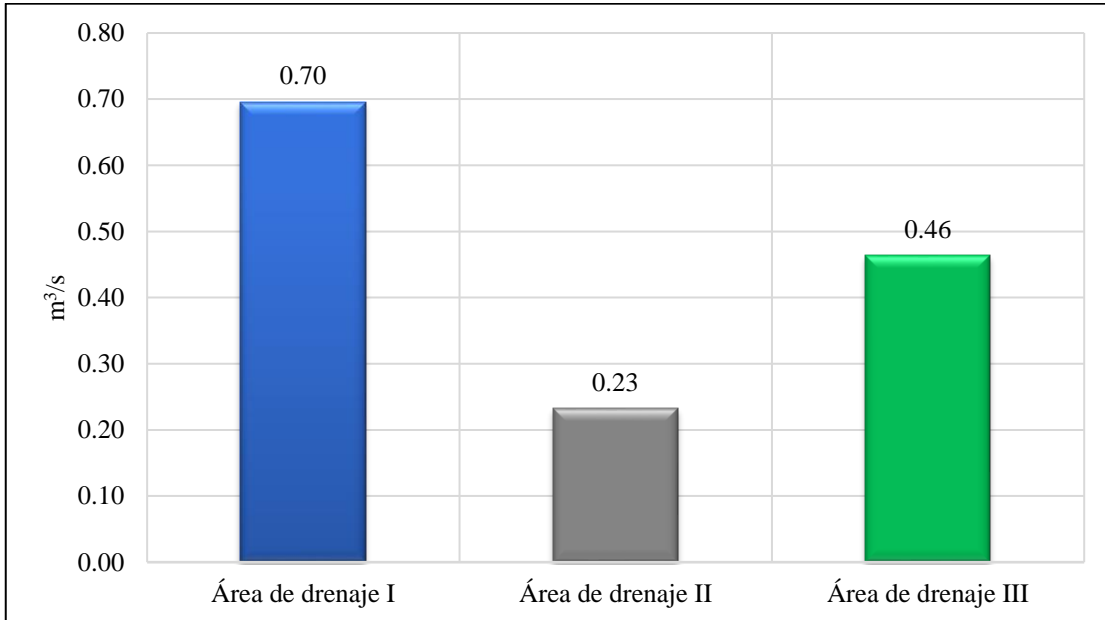


Figura 93. Caudales calculados por cada área de drenaje.
Nota: Elaboración propia.

Para la determinación de la condición hidráulica, se simuló el caudal que discurre por la sección de la cuneta existente con el programa HEC – RAS.

4.1.3.2 Cunetas

Se analizó en primer lugar la condición de las cunetas existentes, evaluando el tramo comprendido entre los puntos kilométricos 0+100 y 0+800. A partir de esta evaluación, se elaboró un esquema que refleja el estado de dicho tramo y que se muestra en la siguiente figura.

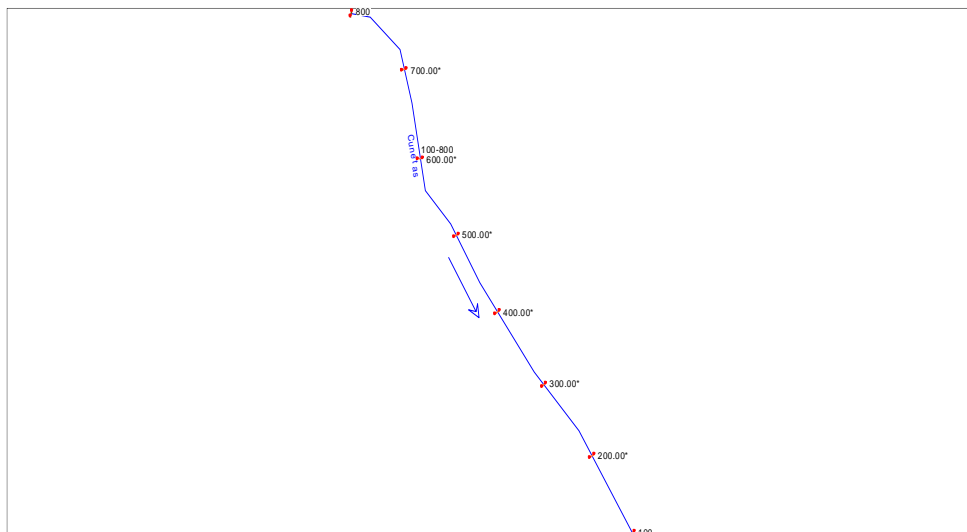


Figura 94. Vista del tramo 0+100 – 0+800, modelado en HEC-RAS.
Nota: Elaboración propia.

El comportamiento del caudal en las cunetas existentes en el tramo 0+100 al 0+800 se muestra en las siguientes figuras, en las que se puede denotar con claridad, que la sección existente no es suficiente para contener el caudal existente.

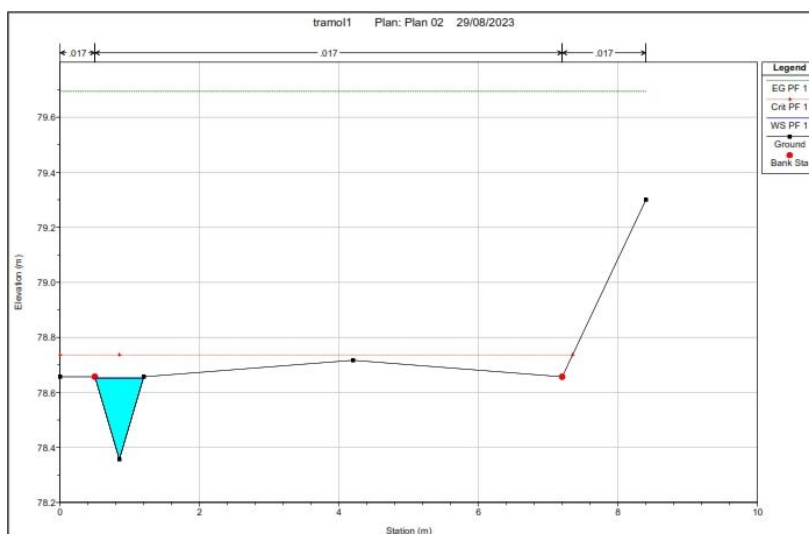


Figura 95. Comportamiento del caudal en el tramo 0+800, modelado en HEC-RAS.
Nota: Elaboración propia.

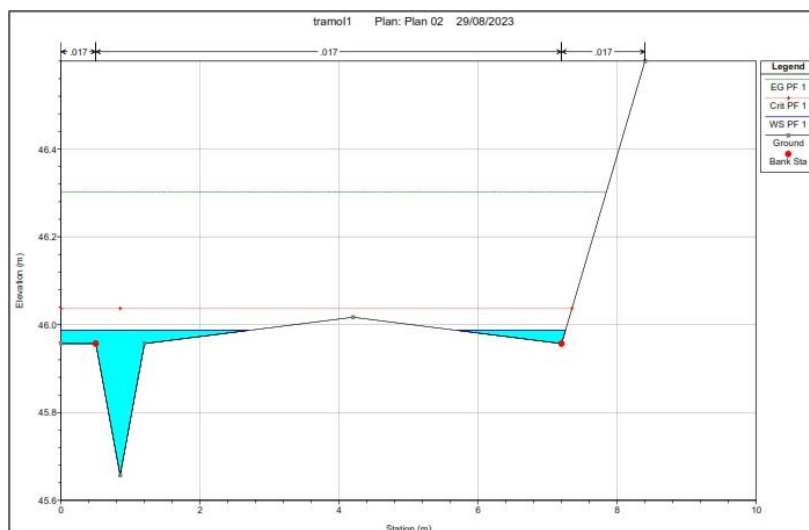


Figura 96. Comportamiento del caudal en el tramo 0+500, modelado en HEC-RAS.

Nota: Elaboración propia.

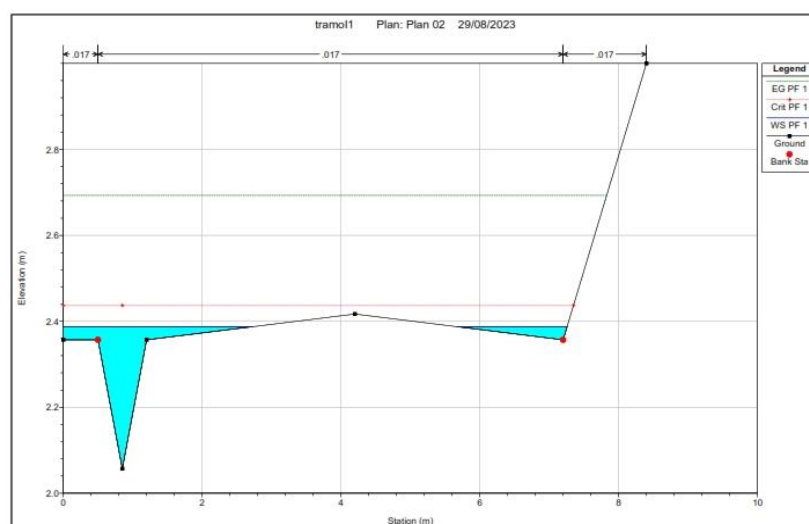


Figura 97. Comportamiento del caudal en el tramo 0+100, modelado en HEC-RAS.

Nota: Elaboración propia.

La Tabla 25, presenta un panorama integral del comportamiento del agua en todas las secciones estudiadas. Se destaca que la altura de inundación determinada alcanza los 0.33 metros, lo que supera la altura actual de la cuneta existente, la cual se sitúa en 0.30 metros; esto indica una potencial insuficiencia en la capacidad de drenaje ante ciertas condiciones hidrológicas

Tabla 25.

Descripción del comportamiento de la cuneta en el tramo 0+100 – 0+800.

Progresiva (modelamiento)	Caudal (m ³ /s)	Cota mínima del canal (m)	Cota del nivel del agua (m)	Altura de inundación	Cota de la línea de energía (m)	Velocidad (m/s)	Número de Froude
800	0.46	78.36	78.65	0.29	79.69	4.52	3.76
700	0.46	67.46	67.79	0.33	68.11	2.56	3.8
600	0.46	56.56	56.89	0.33	57.15	2.27	3.4
500	0.46	45.66	45.99	0.33	46.3	2.52	3.75
400	0.46	34.76	35.09	0.33	35.35	2.29	3.43
300	0.46	23.86	24.19	0.33	24.5	2.5	3.72
200	0.46	12.96	13.29	0.33	13.56	2.31	3.45
100	0.46	2.06	2.39	0.33	2.69	2.48	3.69

Nota: Elaboración propia.

De manera complementaria al tramo anterior, se consideró el análisis de la sección de la vía comprendida entre las progresivas 0+800 y 1+280. Este análisis se llevó a cabo de manera adicional debido a su configuración, que difiere de la sección anterior.

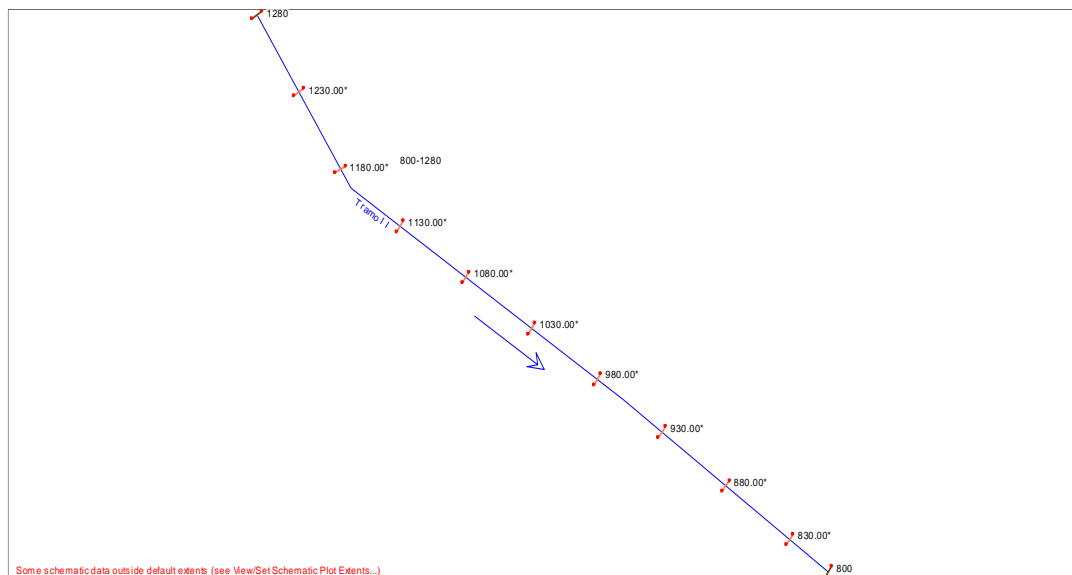


Figura 98. Vista del tramo 0+800 – 1+280, modelado en HEC-RAS.

Nota: Elaboración propia.

En la figura 99, figura 100 y figura 101, se muestra la evaluación del comportamiento del agua en las cunetas, centrándonos en las principales. Esto ha proporcionado una visión más completa del sistema existente, destacando que al tener en cuenta estas cunetas en la sección, se ha logrado prevenir el desbordamiento del caudal máximo.

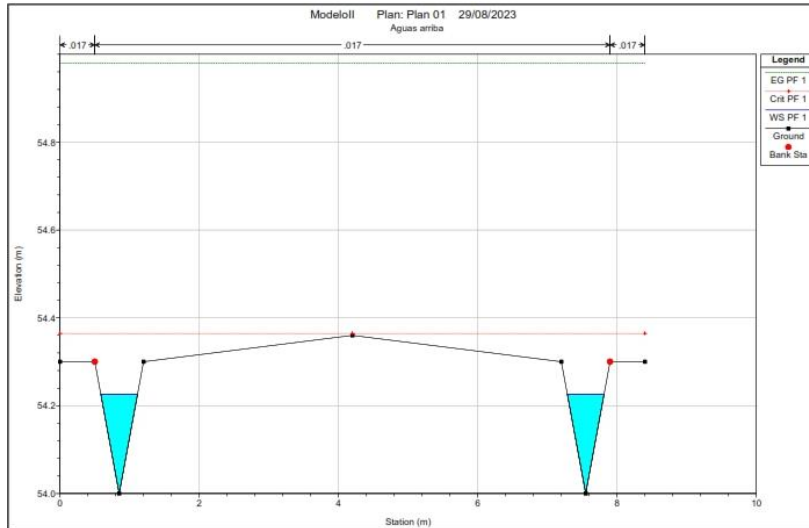


Figura 99. Comportamiento del caudal en el tramo 1+280, modelado en HEC-RAS.

Nota: Elaboración propia.

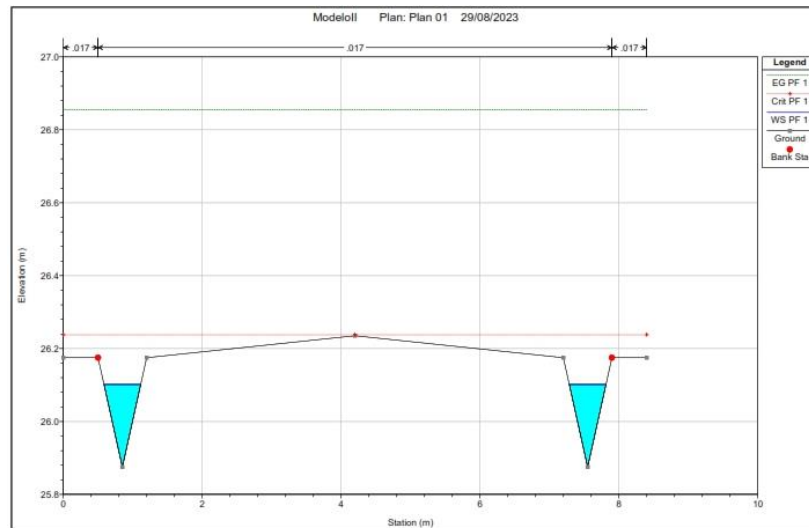


Figura 100. Comportamiento del caudal en el tramo 1+080, modelado en HEC-RAS.

Nota: Elaboración propia.

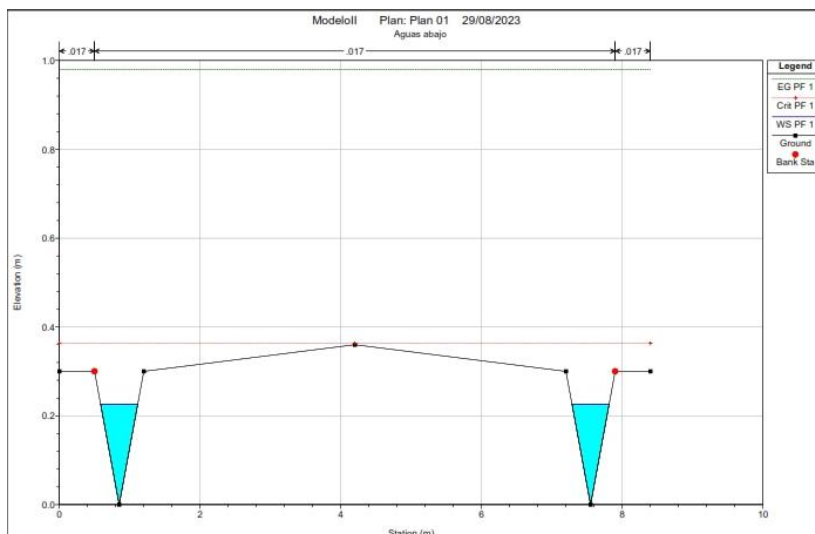


Figura 101. Comportamiento del caudal en el tramo 0+800, modelado en HEC-RAS.

Nota: Elaboración propia.

Por último, se presenta la totalidad del comportamiento hidráulico del sistema en la Tabla 26, en la cual se destaca como parámetro principal la altura de inundación. Este parámetro se define como la diferencia entre el nivel del agua y la cota de fondo de la cuneta, obteniéndose de manera indirecta, la capacidad de la cuneta existente.

Tabla 26.

Descripción del comportamiento de la cuneta en el tramo 0+800 – 1+280.

Progresiva (modelamiento)	Caudal (m ³ /s)	Cota mínima del canal (m)	Cota del nivel del agua (m)	Altura de inundación	Cota de la línea de energía (m)	Velocidad (m/s)	Número de Froude
1280	0.46	54.00	54.23	0.23	54.98	3.85	3.65
1230	0.46	48.38	48.60	0.22	49.35	3.84	3.65
1180	0.46	42.75	42.98	0.23	43.73	3.84	3.65
1130	0.46	37.12	37.35	0.23	38.10	3.84	3.65
1080	0.46	31.50	31.73	0.23	32.48	3.84	3.65
1030	0.46	25.88	26.10	0.22	26.85	3.84	3.65
980	0.46	20.25	20.48	0.23	21.23	3.84	3.65
930	0.46	14.62	14.85	0.23	15.60	3.84	3.65
880	0.46	9.00	9.23	0.23	9.98	3.84	3.65
830	0.46	3.38	3.60	0.22	4.35	3.84	3.65
800	0.46	0.00	0.23	0.23	0.98	3.84	3.65

Nota: Elaboración propia.

El segundo análisis complementario del sistema existente, abarcó el tramo 1+280 – 2+080, el cual se encuentra ubicado dentro de la cuenca I. A modo de representación visual, se presenta el esquema correspondiente en la figura que se muestra a continuación.

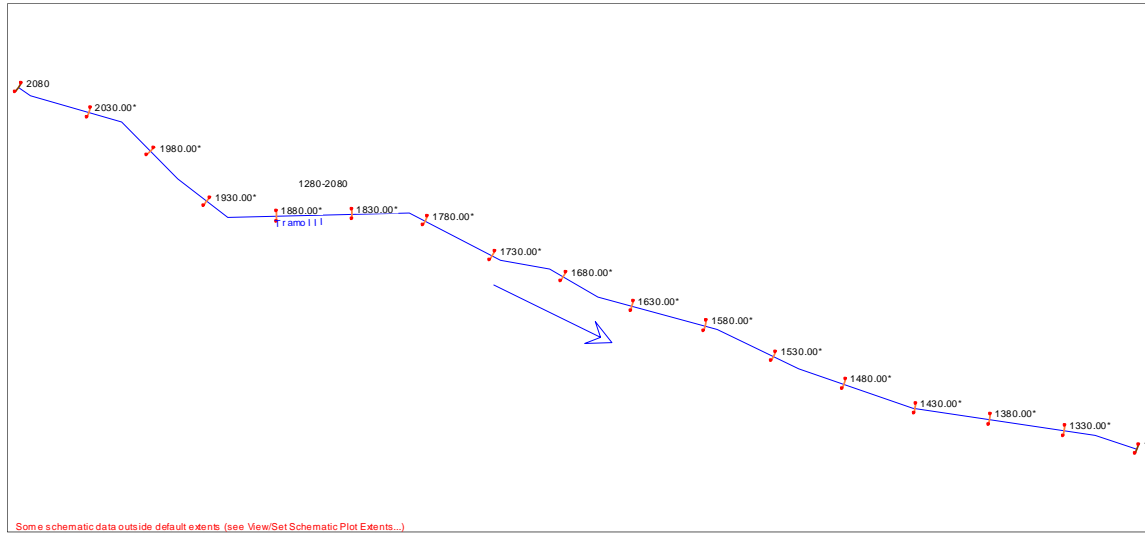


Figura 102. Vista del tramo 1+280 – 2+080, modelado en HEC-RAS.
Nota: Elaboración propia.

El comportamiento de este caudal se ilustra en las figuras subsiguientes, donde es evidente que las cunetas actuales no ostentan una capacidad adecuada para retener el caudal máximo que se origina en la zona de estudio.

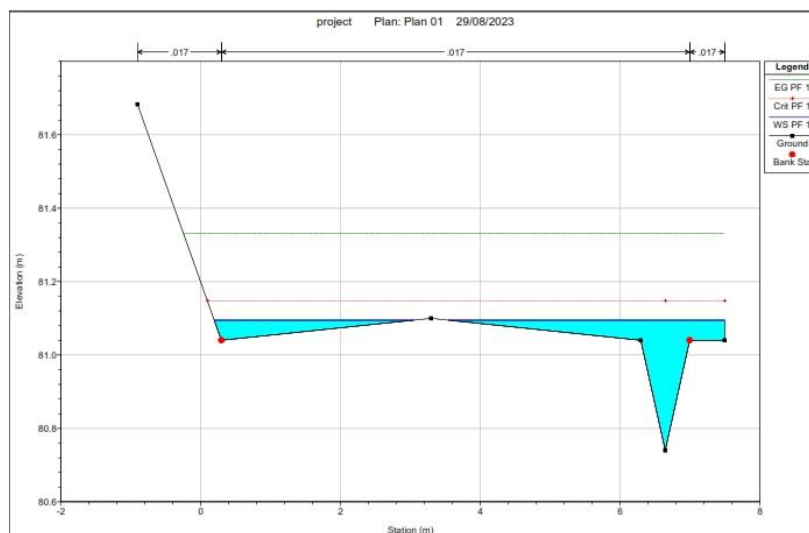


Figura 103. Comportamiento del caudal en el tramo 2+080, modelado en HEC-RAS.
Nota: Elaboración propia.

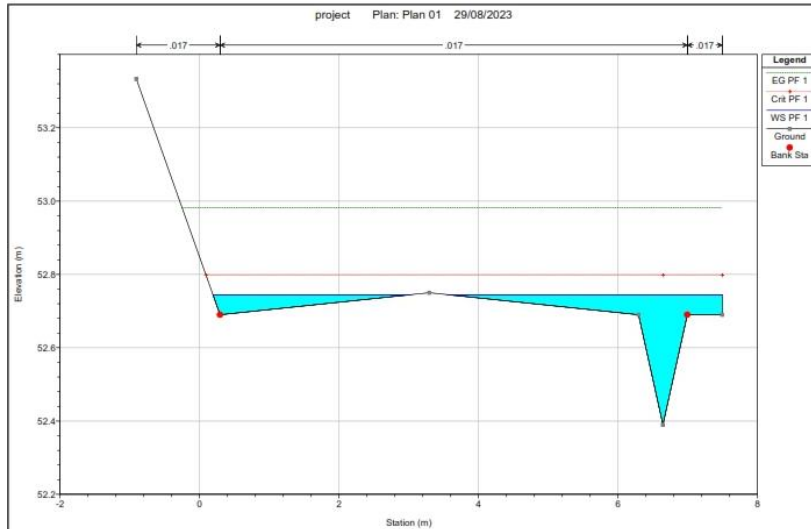


Figura 104. Comportamiento del caudal en el tramo 1+630, modelado en HEC-RAS.

Nota: Elaboración propia.

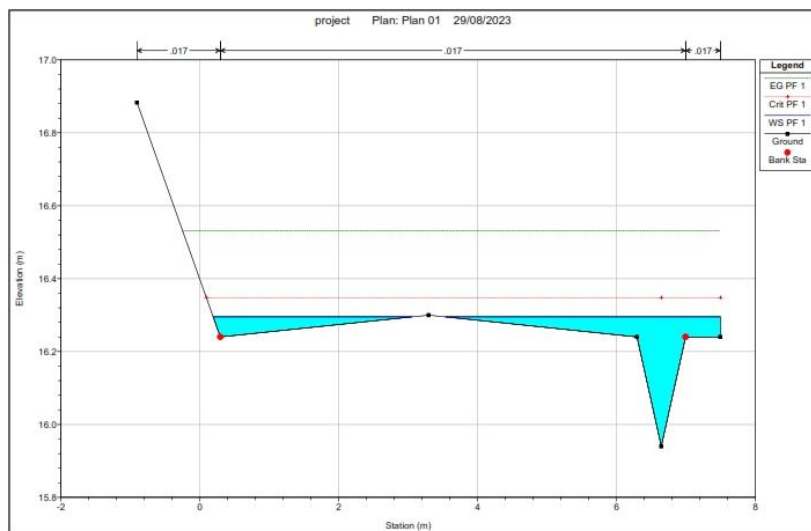


Figura 105. Comportamiento del caudal en el tramo 1+280, modelado en HEC-RAS.

Nota: Elaboración propia.

Por último, en la siguiente tabla se presentan los datos que describen el comportamiento, incluyendo la altura de inundación, la velocidad, el número de Froude, entre otros parámetros relevantes.

Tabla 27.*Descripción del comportamiento de la cuneta en el tramo 1+280 – 2+080.*

Progresiva (modelamiento)	Caudal (m³/s)	Cota mínima del canal (m)	Cota del nivel del agua (m)	Altura de inundación	Cota de la línea de energía (m)	Velocidad (m/s)	Número de Froude
2080	0.70	80.74	81.10	0.36	81.33	2.15	3.14
2030	0.70	76.69	77.05	0.36	77.28	2.15	3.14
1980	0.70	72.64	72.99	0.35	73.23	2.15	3.14
1930	0.70	68.59	68.95	0.36	69.18	2.15	3.14
1880	0.70	64.54	64.90	0.36	65.13	2.15	3.14
1830	0.70	60.49	60.85	0.36	61.08	2.15	3.14
1780	0.70	56.44	56.80	0.36	57.03	2.15	3.14
1730	0.70	52.39	52.74	0.35	52.98	2.15	3.15
1680	0.70	48.34	48.70	0.36	48.93	2.15	3.14
1630	0.70	44.29	44.65	0.36	44.88	2.15	3.14
1580	0.70	40.24	40.60	0.36	40.83	2.15	3.14
1530	0.70	36.19	36.55	0.36	36.78	2.15	3.14
1480	0.70	32.14	32.49	0.35	32.73	2.15	3.14
1430	0.70	28.09	28.45	0.36	28.68	2.15	3.14
1380	0.70	24.04	24.40	0.36	24.63	2.14	3.14
1330	0.70	19.99	20.35	0.36	20.58	2.15	3.14
1280	0.70	15.94	16.30	0.36	16.53	2.15	3.14

Nota: Elaboración propia.

En general, los resultados del modelamiento han demostrado que las cunetas existentes no cumplen con el control del caudal generada en la cuenca III y I, por lo que es necesario la consideración su modificación.

4.1.3.3 Alcantarillas

La determinación de la condición actual se basó en las consideraciones actuales que presenta. En consecuencia, se han tenido en cuenta las características que se derivan de la planta y el perfil de la alcantarilla N°01, como se muestra a continuación.

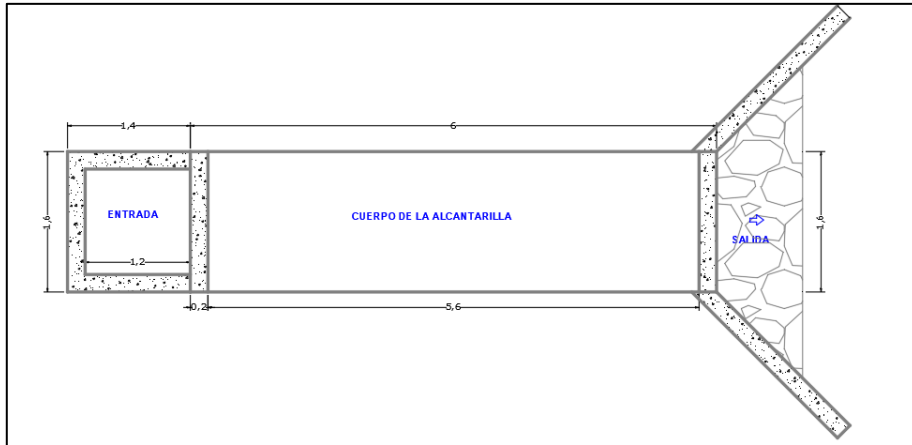


Figura 106. Vista en planta de la alcantarilla N°01 existente.
Nota: Elaboración propia.

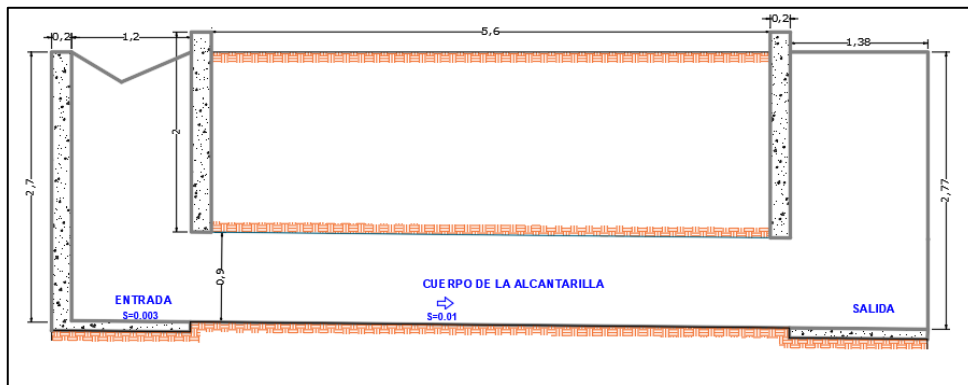


Figura 107. Vista en perfil de la alcantarilla N°01 existente.
Nota: Elaboración propia.

Con base en las mencionadas características, se ha llevado a cabo el análisis (consultar anexos), a través del cual se ha logrado determinar que tanto la velocidad en el canal de entrada como dentro de la alcantarilla son inferiores a la velocidad de erosión, que es de 1.52 m/s. Además, se ha verificado la existencia de un gradiente de energía (ht_2 menor que ht_1) que asegura el flujo adecuado del agua en el conducto. En última instancia, se ha concluido que el diámetro existente (0.90 metros) es apropiado.

Tabla 28.

Parámetros de control en la alcantarilla N°01.

Parámetro	Cantidad	Unidad
Canal de ingreso		
b=	1.200	m
T=	1.200	m
f=	0.400	m
y=	0.305	m
Velocidad	1.257	m/s
Alcantarilla		
Longitud de la alcantarilla	6.000	m
Diámetro mínimo	68.580	cm
Pendiente en la alcantarilla	0.010	m/m
Altura de relleno	1.800	m
Velocidad en alcantarilla	1.245	m/s
Pérdidas asumidas (h_{t1})	0.175	
Longitud de transición entrada mínima	0.494	m
Longitud de transición salida mínima	0.621	m
Cálculo de pérdidas reales (h_{t2})	0.147	

Nota: Elaboración propia.

En relación con la alcantarilla N°02, se ha llevado a cabo un análisis análogo, por lo que las pautas para su examen se presentan en la Figura 108 y Figura 109. Estas figuras ilustran sus dimensiones en planta y perfil, respectivamente

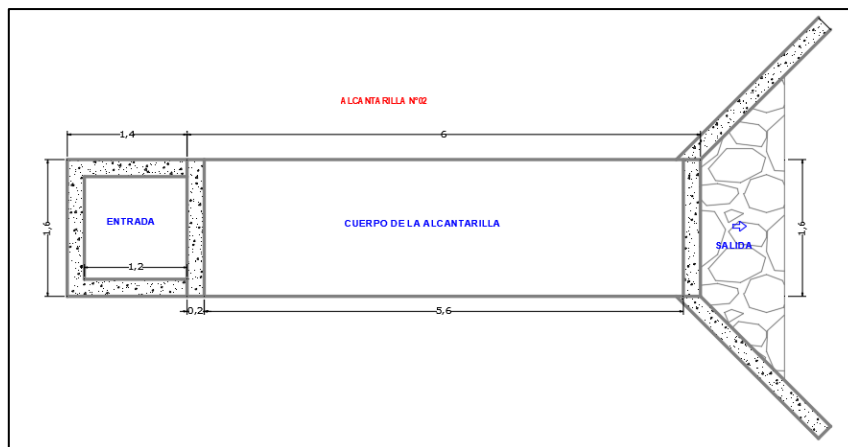


Figura 108. Vista en planta de la alcantarilla N°02 existente.

Nota: Elaboración propia.

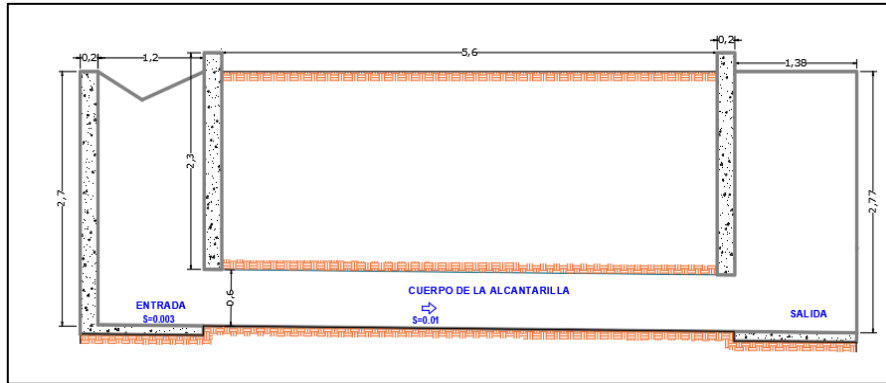


Figura 109. Vista en perfil de la alcantarilla N°02 existente.

Nota: Elaboración propia.

A partir del análisis realizado en la alcantarilla N°02, se ha observado que las dimensiones de la sección del conducto no son apropiadas, lo que da lugar a velocidades elevadas que podrían inducir la erosión. Por lo tanto, es imperativo llevar a cabo un rediseño de la misma.

Tabla 29.

Parámetros de control en la alcantarilla N°02.

Parámetro	Cantidad	Unidad
Canal de ingreso		
b=	1.200	m
T=	1.200	m
f=	0.400	m
y=	0.410	m
Velocidad	1.423	m/s
Alcantarilla		
Longitud de la alcantarilla	6.000	m
Diámetro mínimo	60.960	cm
Pendiente en la alcantarilla	0.010	m/m
Altura de relleno	1.800	m
Velocidad en alcantarilla	2.398	m/s
Pérdidas asumidas (h_{t1})	0.684	
Longitud de transición entrada mínima	0.567	m
Longitud de transición salida mínima	0.713	m
Cálculo de pérdidas reales (h_{t2})	0.582	

Nota: Elaboración propia.

Finalmente, se ha considerado el análisis de la alcantarilla N°03, cuyas dimensiones se muestran en las siguientes figuras.

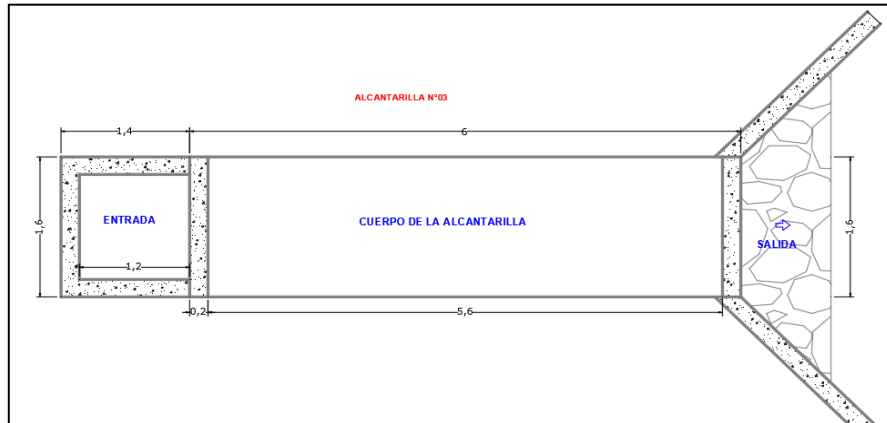


Figura 110. Vista en planta de la alcantarilla N°03 existente.
Nota: Elaboración propia.

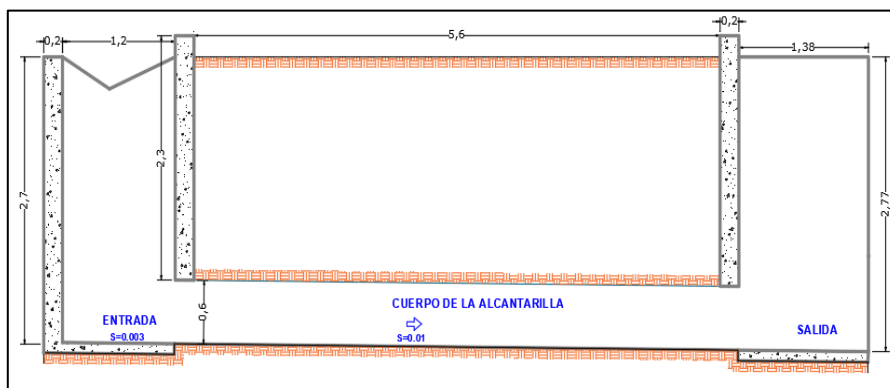


Figura 111. Vista en perfil de la alcantarilla N°03 existente.
Nota: Elaboración propia.

Los valores finales obtenidos en el análisis, los cuales se encuentran detallados en los anexos, indican que la sección del conducto (0.60 metros) cumple de manera adecuada con las velocidades mínimas necesarias, tal como se detalla a continuación.

Tabla 30.*Parámetros de control en la alcantarilla N°03.*

Parámetro	Cantidad	Unidad
Canal de ingreso		
b=	1.200	m
T=	1.200	m
f=	0.400	m
y=	0.207	m
Velocidad	1.047	m/s
Alcantarilla		
Longitud de la alcantarilla	6.000	m
Diámetro mínimo	60.960	cm
Pendiente en la alcantarilla	0.010	m/m
Altura de relleno	1.800	m
Velocidad en alcantarilla	0.891	m/s
Pérdidas asumidas (h_{t1})	0.094	
Longitud de transición entrada mínima	0.567	m
Longitud de transición salida mínima	0.713	m
Cálculo de pérdidas reales (h_{t2})	0.080	

Nota: Elaboración propia.

4.2 PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE DRENAJE

4.2.1 Cunetas

En la siguiente tabla se tiene los datos adicionales para el diseño de las secciones de las cunetas por medio del programa Hcanales V 3.0 según se muestra en la Figura 112, donde el caudal fue asumido de lo especificado en la Tabla 24, un ancho de solera de 0 m., por ser considerado una sección triangular, un talud Z de 3, tal como recomienda el Manual de hidrología, hidráulica y drenaje [26].

Tabla 31.

Datos para el diseño de las secciones de cunetas.

	Margen	Progresiva		Longitud (m)	Cota (msnm)		Diferencia de altura (m)	Pendiente (m/m)
		Inicio	Fin		Inicio	Fin		
Sección de cuneta I	Derecho	1+280	2+080	800	3344	3279	65	0.081
Sección de cuneta II	Derecho	2+080	2+580	500	3279	3248	31	0.0620
Sección de cuneta III	Izquierdo	0+180	1+280	1100	3473	3344	129	0.117

Nota: Elaboración propia.

Calculadora de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Distrito de Haqira** Proyecto: **Camino Vecinal**
 Tramo: **1+280 - 2+080 (LD)** Revestimiento: **Concreto**

Datos:
 Caudal (Q): **0.7** m³/s
 Ancho de solera (b): **0** m
 Talud (Z): **1**
 Rugosidad (n): **0.012**
 Pendiente (S): **0.08125** m/m

Resultados:
 Tirante normal (y): **0.3459** m Perímetro (p): **0.9782** m
 Área hidráulica (A): **0.1196** m² Radio hidráulico (R): **0.1223** m
 Espejo de agua (T): **0.6917** m Velocidad (v): **5.8519** m/s
 Número de Froude (F): **4.4929** Energía específica (E): **2.0913** m-Kg/Kg
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ingresar el valor del talud, para taludes diferentes ingresar su promedio 13:28 05/01/2024

Figura 112. Diseño preliminar de la sección de la cuneta I.

Nota: Elaboración propia.

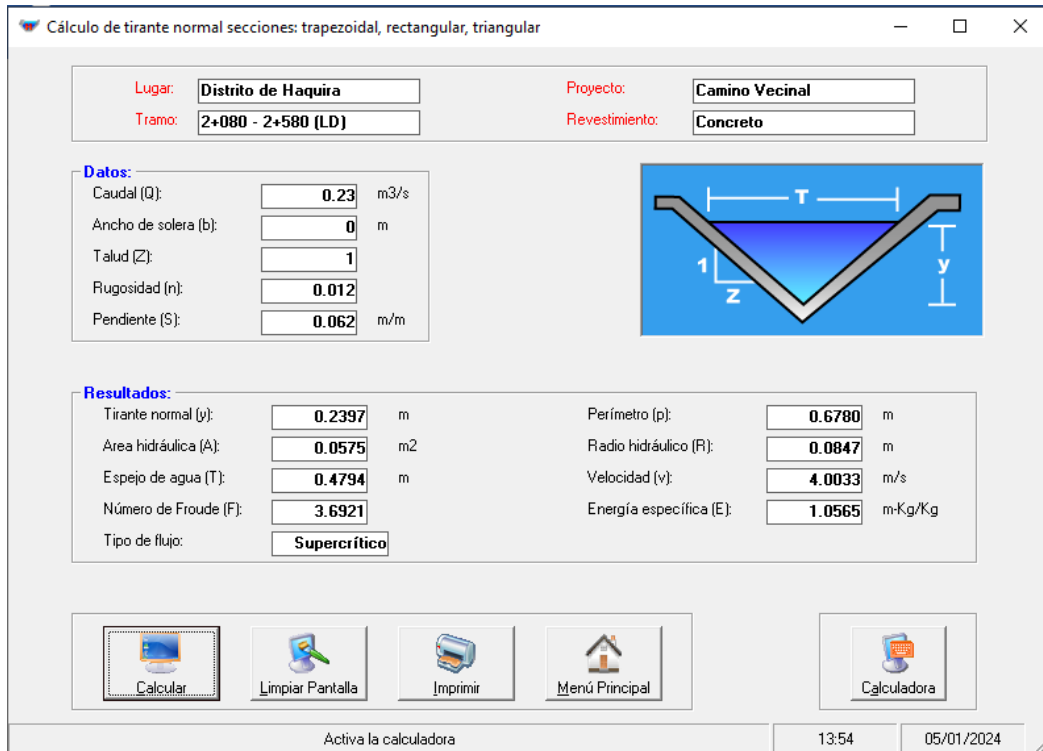


Figura 113. Diseño preliminar de la sección de la cuneta II.
 Nota: Elaboración propia.

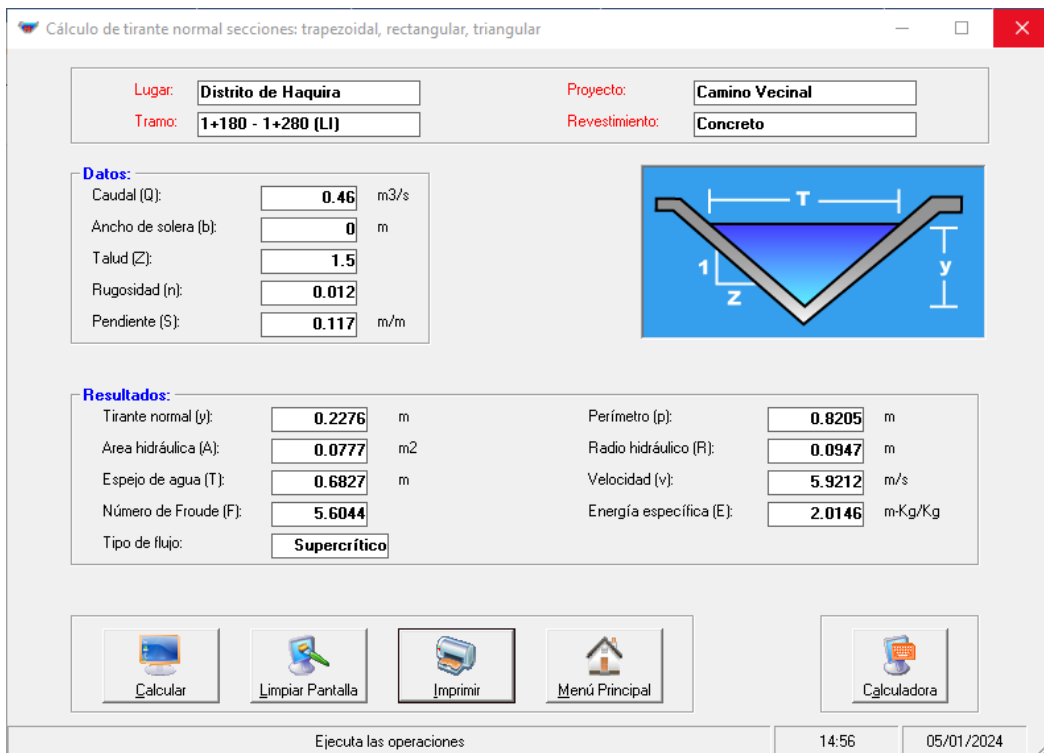


Figura 114. Diseño preliminar de la sección de la cuneta III.
 Nota: Elaboración propia.

A modo de resumen, en la Tabla 32 también se muestra el resumen de los parámetros hidráulicos obtenidos, donde se puede evidenciar que ninguno de los flujos presenta una velocidad a mayor a 6 m/s tal como recomienda el Manual de hidrología, hidráulica y drenaje [27].

Tabla 32.

Resumen del cálculo hidráulico de cunetas.

	Cuneta tipo I	Cuneta tipo II	Cuneta tipo III
Caudal (m ³ /s)	0.70	0.23	0.46
Rugosidad	0.01	0.01	0.01
Pendiente (m/m)	0.08	0.06	0.12
Tirante normal (m)	0.35	0.24	0.23
Área hidráulica (m ²)	0.12	0.06	0.08
Espejo de agua (T)	0.69	0.48	0.68
Número de Froude (F)	4.49	3.69	5.60
Tipo de flujo	Supercrítico	Supercrítico	Supercrítico
Perímetro mojado (m)	0.98	0.68	0.82
Radio hidráulico (m)	0.12	0.08	0.09
Velocidad (m/s)	5.85	4.00	5.92
Energía específica (m-kg/kg)	2.09	1.06	2.01

Nota: Elaboración propia.

En la Figura 115, se consigna cada una de las medidas de la cuneta que deberá emplearse en el lado derecho de la progresiva 1+280 hasta 2+080.

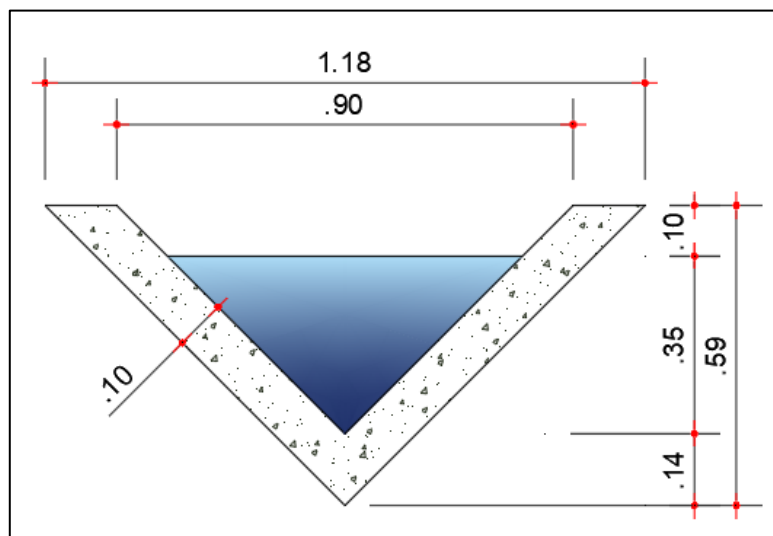


Figura 115. Sección de la cuneta I.

Nota: Elaboración propia.

Del mismo modo, en la Figura 116 se tiene lo referente a la cuneta II que se deberá emplazar en el lado derecho de la progresiva 2+080 hasta 2+580.

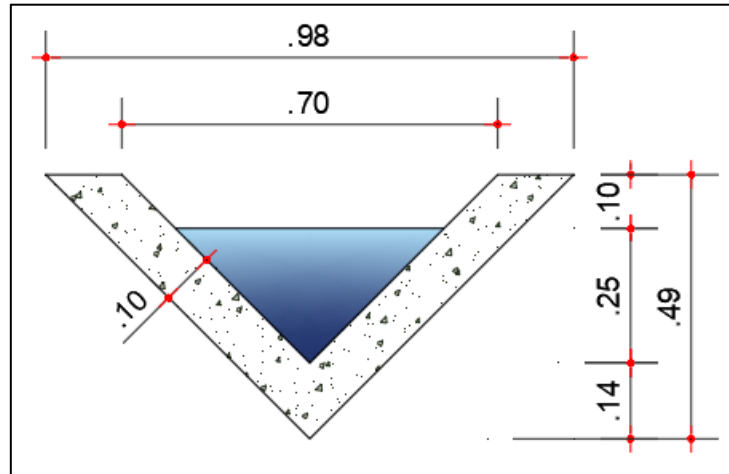


Figura 116. Sección de la cuneta II.
Nota: Elaboración propia.

Como parte final se tiene la sección de la cuneta III, para el lado izquierdo desde la progresiva 0+180 hasta 1+280.

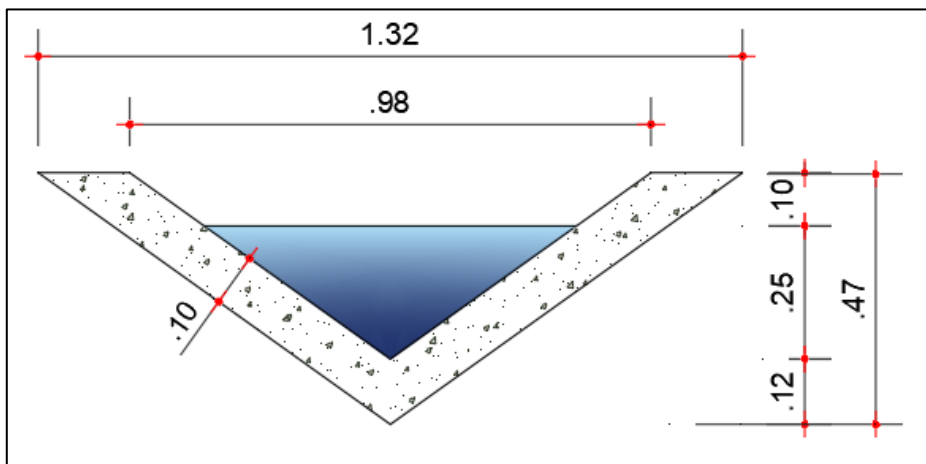


Figura 117. Sección de la cuneta III.
Nota: Elaboración propia.

Complementariamente, se ha considerado el modelamiento del sistema de cunetas de las dimensiones obtenidas en el ítem anterior, para lo cual se ha considerado el programa HEC-RAS; para ello se ha considerado los siguientes parámetros.

Tabla 33.

Parámetros de diseño de cunetas propuestas.

Progresiva	Pendiente(m/m)	Caudal (m3/s)	Cuenca
0+180 - 1+280	0.117	0.46	Cuenca III
1+280 - 2+080	0.081	0.70	Cuenca I
2+080 - 2+580	0.062	0.23	Cuenca II

Nota: Elaboración propia.

Con los parámetros antes mencionados se ha realizado el modelamiento del primer tramo, cuyo esquema de modelamiento se muestra en la siguiente figura.

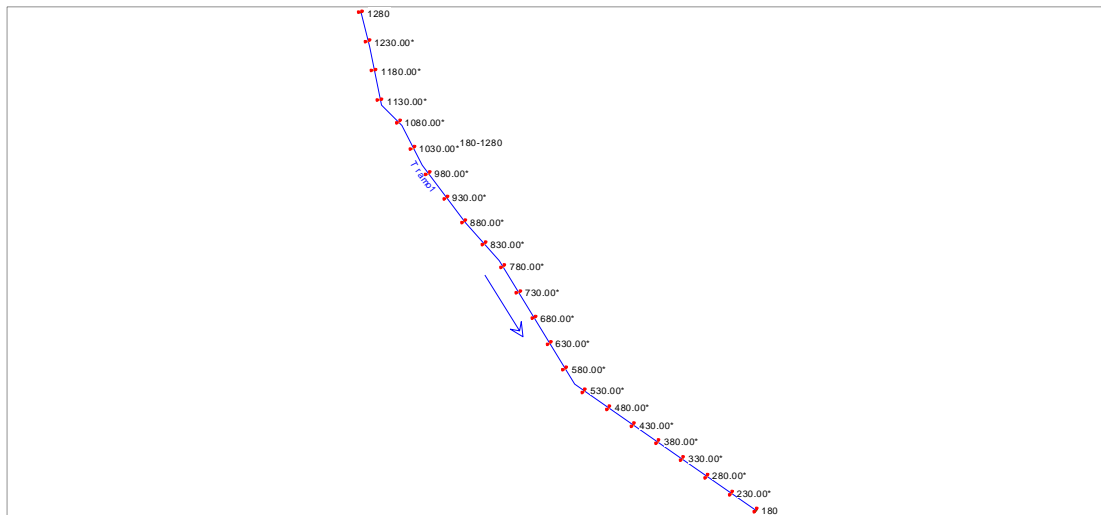


Figura 118. Vista del tramo 0+100 – 1+280, modelado en HEC-RAS – propuesta.

Nota: Elaboración propia.

El comportamiento del caudal en las nuevas secciones propuestas se muestra en las siguientes figuras.

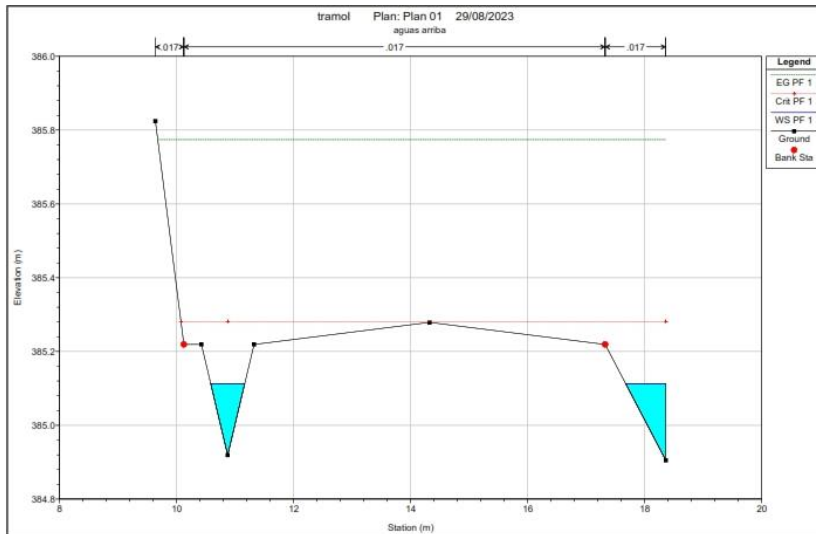


Figura 119. Comportamiento del caudal en el tramo 1+280, modelado en HEC-RAS – propuesta.
Nota: Elaboración propia.

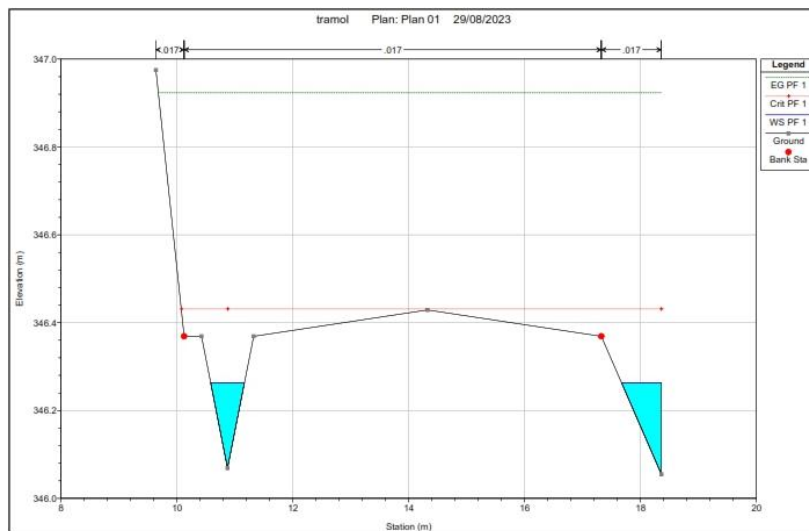


Figura 120. Comportamiento del caudal en el tramo 0+780, modelado en HEC-RAS – propuesta.
Nota: Elaboración propia.

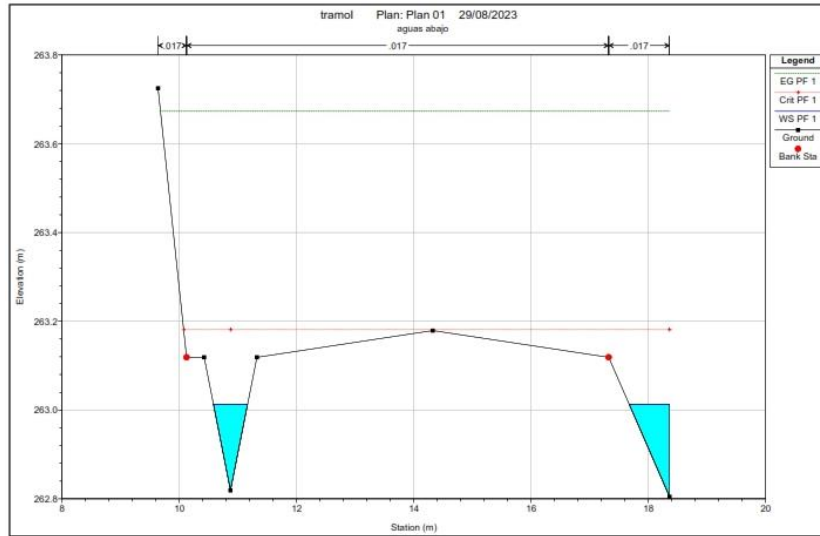


Figura 121. Comportamiento del caudal en el tramo 0+180, modelado en HEC-RAS – propuesta.
Nota: Elaboración propia.

Finalmente, se ha podido determinar los principales datos del comportamiento del agua en la zona de estudio, destacándose principalmente que la altura de inundación es menor a la altura de la nueva sección propuesta.

Tabla 34.*Descripción del comportamiento de la cuneta en el tramo 0+180 – 1+280 - propuesta.*

Progresiva (modelamiento)	Caudal (m ³ /s)	Cota mínima del canal (m)	Cota del nivel del agua (m)	Altura de inundación	Cota de la línea de energía (m)	Velocidad (m/s)	Número de Froude
1280	0.46	384.92	385.11	0.19	385.77	3.66	3.76
1230	0.46	379.37	379.56	0.19	380.22	3.66	3.75
1180	0.46	373.82	374.01	0.19	374.67	3.66	3.75
1130	0.46	368.27	368.46	0.19	369.12	3.66	3.75
1080	0.46	362.72	362.91	0.19	363.57	3.66	3.75
1030	0.46	357.17	357.36	0.19	358.02	3.66	3.75
980	0.46	351.62	351.81	0.19	352.47	3.66	3.75
930	0.46	346.07	346.26	0.19	346.92	3.66	3.75
880	0.46	340.52	340.71	0.19	341.37	3.66	3.75
830	0.46	334.97	335.16	0.19	335.82	3.66	3.75
780	0.46	329.42	329.61	0.19	330.27	3.66	3.75
730	0.46	323.87	324.06	0.19	324.72	3.66	3.75
680	0.46	318.32	318.51	0.19	319.17	3.66	3.75
630	0.46	312.77	312.96	0.19	313.62	3.66	3.75
580	0.46	307.22	307.41	0.19	308.07	3.66	3.75
530	0.46	301.67	301.86	0.19	302.52	3.66	3.75
480	0.46	296.12	296.31	0.19	296.97	3.66	3.75
430	0.46	290.57	290.76	0.19	291.42	3.66	3.75
380	0.46	285.02	285.21	0.19	285.87	3.66	3.75
330	0.46	279.47	279.66	0.19	280.32	3.66	3.75
280	0.46	273.92	274.11	0.19	274.77	3.66	3.75
230	0.46	268.37	268.56	0.19	269.22	3.66	3.75
180	0.46	262.82	263.01	0.19	263.67	3.66	3.75

Nota: Elaboración propia.

El segundo tramo (1+280 – 2+080), se ha esquematizado en la Figura 122, en la que se muestra el recorrido de las cunetas en toda la zona de estudio.

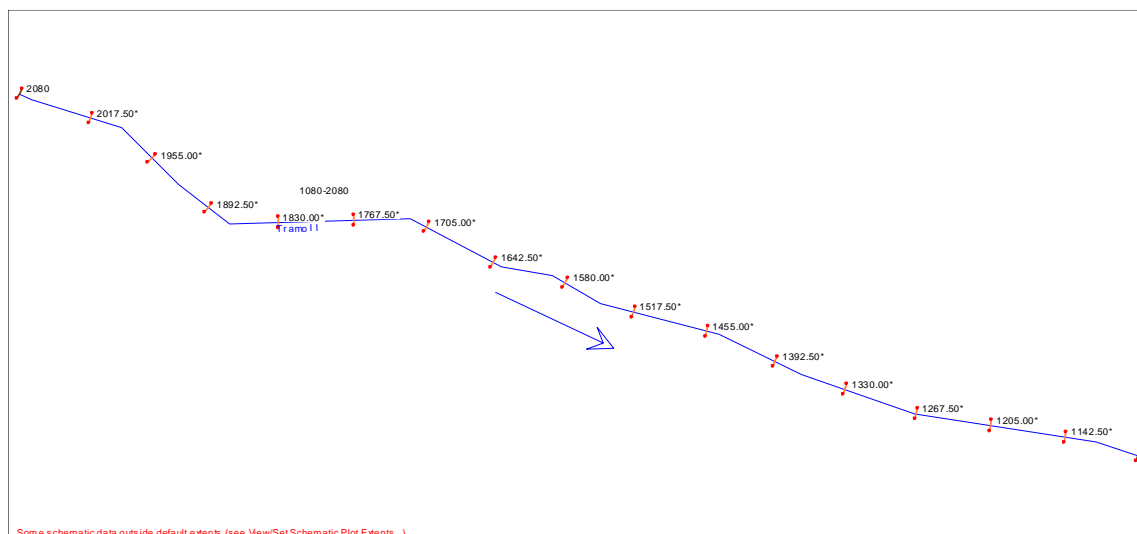


Figura 122. Vista del tramo 1+280 – 2+080, modelado en HEC-RAS - propuesta.
Nota: Elaboración propia.

El comportamiento del agua en dichas secciones se muestra en las siguientes figuras.

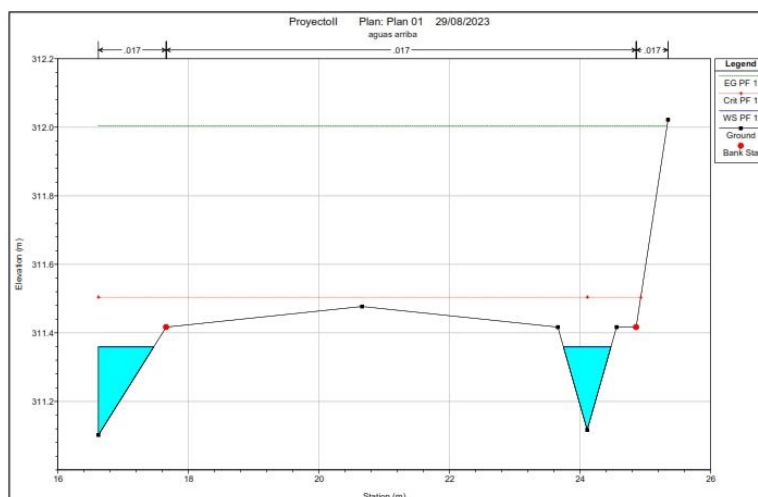


Figura 123. Comportamiento del caudal en el tramo 2+080, modelado en HEC-RAS - propuesta.
Nota: Elaboración propia.

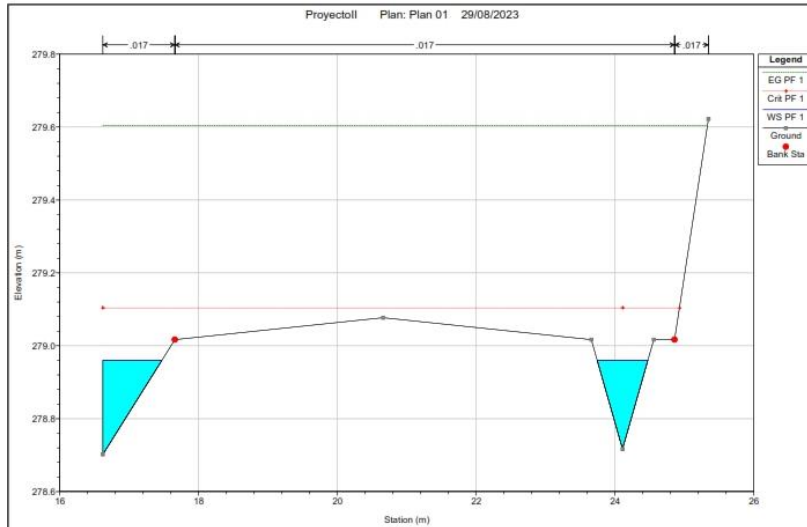


Figura 124. Comportamiento del caudal en el tramo 1+580, modelado en HEC-RAS - propuesta.

Nota: Elaboración propia.

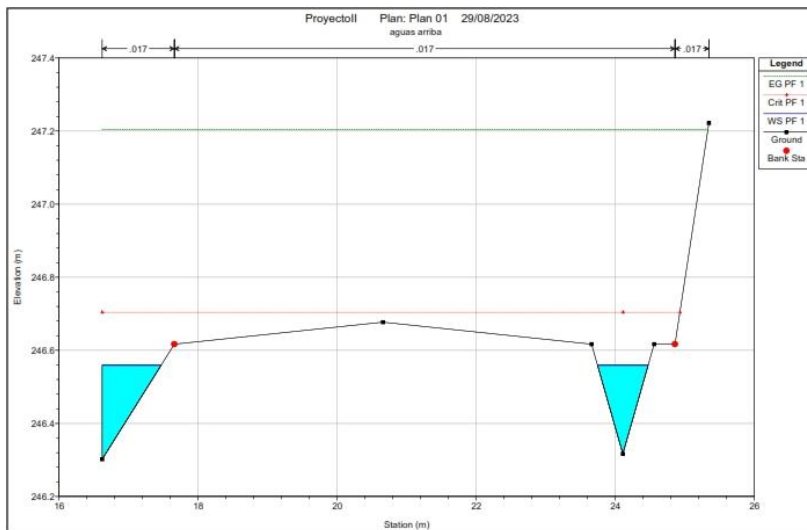


Figura 125. Comportamiento del caudal en el tramo 1+280, modelado en HEC-RAS - propuesta.

Nota: Elaboración propia.

Finalmente, en la Tabla 35, se muestra la descripción total del comportamiento del caudal en las cunetas propuestas, en la que se destaca que la altura máxima de inundación fue de 0.24 m.

Tabla 35.*Descripción del comportamiento de la cuneta en el tramo 1+280 – 2+080 - propuesta.*

Progresiva (modelamiento)	Caudal (m ³ /s)	Cota mínima del canal (m)	Cota del nivel del agua (m)	Altura de inundación	Cota de la línea de energía (m)	Velocidad (m/s)	Número de Froude
2080.00	0.70	311.12	311.36	0.24	312.00	3.63	3.33
2017.50	0.70	307.07	307.31	0.24	307.95	3.62	3.33
1955.00	0.70	303.02	303.26	0.24	303.90	3.63	3.33
1892.50	0.70	298.97	299.21	0.24	299.85	3.63	3.33
1830.00	0.70	294.92	295.16	0.24	295.80	3.63	3.33
1767.50	0.70	290.87	291.11	0.24	291.75	3.62	3.33
1705.00	0.70	286.82	287.06	0.24	287.70	3.62	3.33
1642.50	0.70	282.77	283.01	0.24	283.65	3.63	3.33
1580.00	0.70	278.72	278.96	0.24	279.60	3.63	3.33
1517.50	0.70	274.67	274.91	0.24	275.55	3.63	3.33
1455.00	0.70	270.62	270.86	0.24	271.50	3.63	3.33
1392.50	0.70	266.57	266.81	0.24	267.45	3.62	3.33
1330.00	0.70	262.52	262.76	0.24	263.40	3.63	3.33
1267.50	0.70	258.47	258.71	0.24	259.35	3.63	3.33
1205.00	0.70	254.42	254.66	0.24	255.30	3.63	3.33
1142.50	0.70	250.37	250.61	0.24	251.25	3.62	3.32
1080.00	0.70	246.32	246.56	0.24	247.20	3.63	3.33

Nota: Elaboración propia.

El análisis del último tramo considerado en el estudio se muestra en la Figura 126; es preciso mencionar que este tramo no fue considerado en el escenario anterior, pues en la actualidad no existen cunetas, por lo que se entiende que es uno de los tramos más afectados en épocas de lluvia.

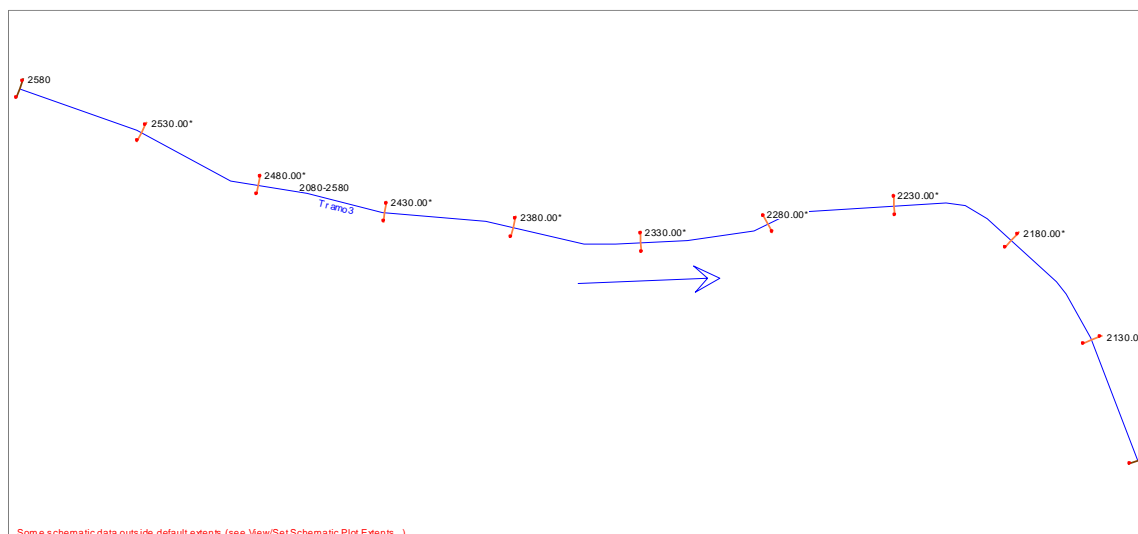


Figura 126. Vista del tramo 2+080 – 2+580, modelado en HEC-RAS – propuesta.
Nota: Elaboración propia.

El comportamiento del agua en las cunetas se muestra en las siguientes figuras, en el que se destaca que, gracias a la presencia de las cunetas, el agua no afecta a la vía en análisis.

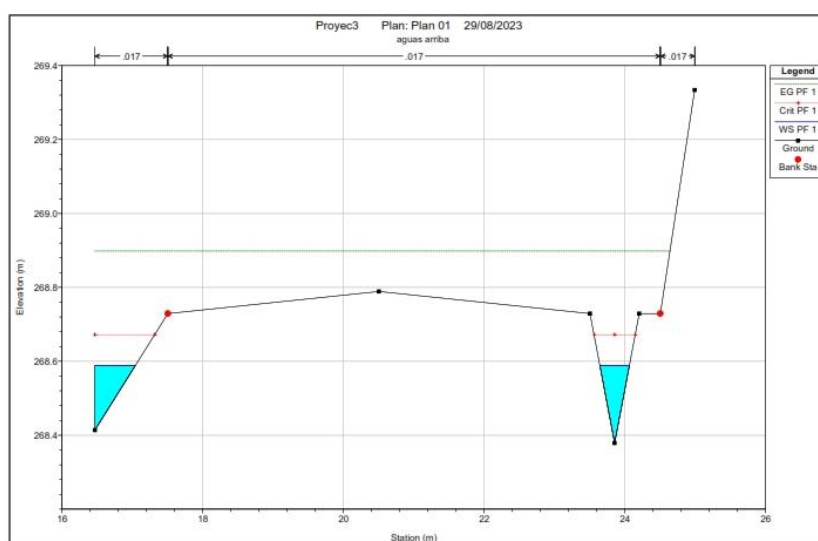


Figura 127. Comportamiento del caudal en el tramo 2+580, modelado en HEC-RAS - propuesta.
Nota: Elaboración propia.

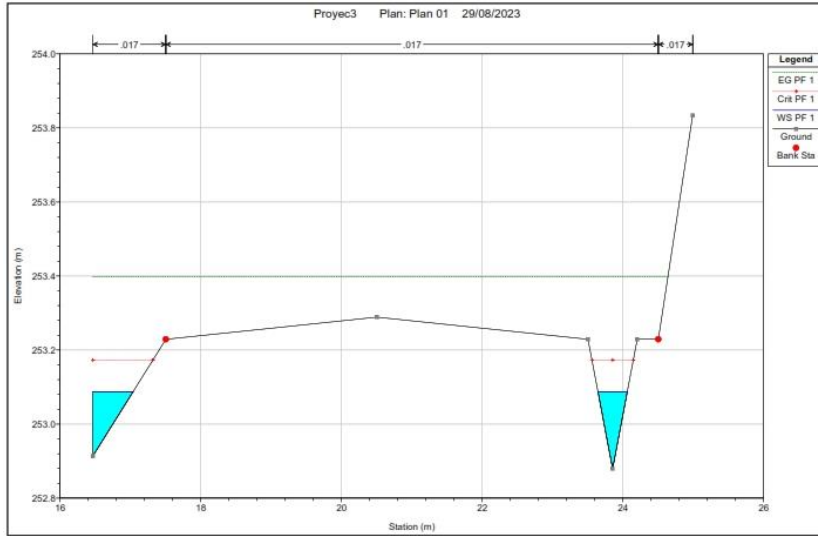


Figura 128. Comportamiento del caudal en el tramo 2+330, modelado en HEC-RAS – propuesta.
Nota: Elaboración propia.

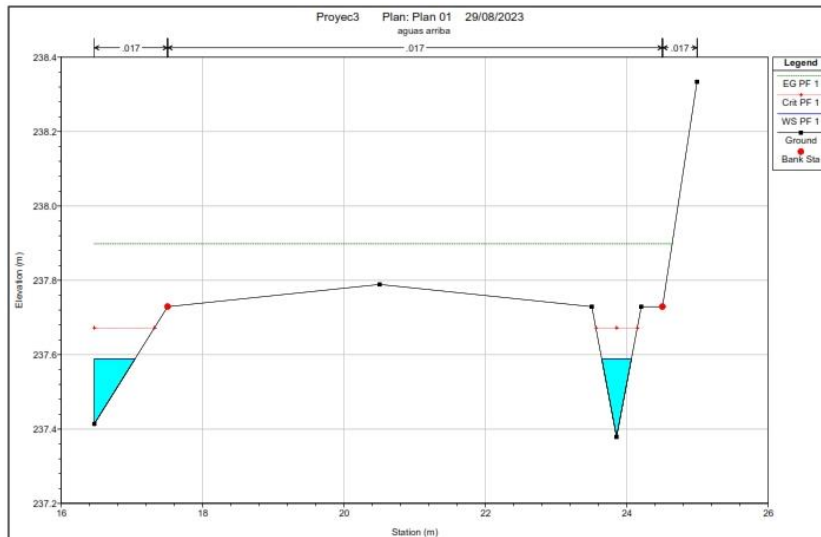


Figura 129. Comportamiento del caudal en el tramo 2+080, modelado en HEC-RAS – propuesta.
Nota: Elaboración propia.

Finalmente, se detalla el comportamiento del caudal, el cual no supera el nivel de desbordamiento, tal como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 36.*Descripción del comportamiento de la cuneta en el tramo 2+080 – 2+580 - propuesta.*

Progresiva (modelamiento)	Caudal (m ³ /s)	Cota mínima del canal (m)	Cota del nivel del agua (m)	Altura de inundación	Cota de la línea de energía (m)	Velocidad (m/s)	Número de Froude
2580	0.23	268.38	268.59	0.21	268.90	2.58	2.55
2530	0.23	265.28	265.49	0.21	265.80	2.58	2.55
2480	0.23	262.18	262.39	0.21	262.70	2.58	2.55
2430	0.23	259.08	259.29	0.21	259.60	2.58	2.55
2380	0.23	255.98	256.19	0.21	256.50	2.58	2.55
2330	0.23	252.88	253.09	0.21	253.40	2.58	2.55
2280	0.23	249.78	249.99	0.21	250.30	2.58	2.55
2230	0.23	246.68	246.89	0.21	247.20	2.58	2.55
2180	0.23	243.58	243.79	0.21	244.10	2.58	2.55
2130	0.23	240.48	240.69	0.21	241.00	2.58	2.55
2080	0.23	237.38	237.59	0.21	237.90	2.58	2.55

Nota: Elaboración propia.

4.2.2 Alcantarillas

Como se ha constatado, la alcantarilla que no presenta un comportamiento adecuado es la N° 02. Esta alcantarilla originalmente tenía una sección de 0.60 metros para transportar un caudal máximo de 0.70 m³/s. En el proceso de rediseño del sistema, se ha determinado que, para garantizar su funcionamiento óptimo y prevenir velocidades erosivas con un caudal máximo, la sección requerida debe ser de al menos 83.82 cm.

Tabla 37.*Parámetros de la alcantarilla N°02 propuesta.*

Parámetro	Cantidad	Unidad
Canal de ingreso		
b=	1.200	m
T=	1.200	m
f=	0.400	m
y=	0.410	m
Velocidad	1.423	m/s
Alcantarilla		
Longitud de la alcantarilla	6.000	m
Diámetro mínimo	83.820	cm
Pendiente en la alcantarilla	0.010	m/m
Altura de relleno	1.800	m
Velocidad en alcantarilla	1.269	m/s
Pérdidas asumidas (h_{t1})	0.168	
Longitud de transición entrada mínima	0.348	m
Longitud de transición salida mínima	0.437	M
Cálculo de pérdidas reales (h_{t2})	0.139	

Nota: Elaboración propia.

4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.3.1 Condición estructural del sistema de drenaje

La determinación de la condición estructural de las obras de drenaje se lleva a cabo siguiendo pautas estandarizadas según el Manual de Carreteras para el Mantenimiento y Conservación Vial. Este enfoque se centra en evaluar el estado de conservación de estas estructuras desde una perspectiva física.

En el contexto de nuestro trabajo de campo, registramos las principales deficiencias observadas en las cunetas, y estos registros se detallan en la Tabla 5 y Tabla 6. En términos generales, nuestros resultados indican que las cunetas del lado derecho presentan un 18.18 % de condición regular, mientras que el 81.82 % exhibe condiciones regulares. Por otro lado, en el margen izquierdo, observamos una variación en estos porcentajes, con un 44.44 % de estructuras en buena condición regular y un 55.56 % en condición regular.

En resumen, nuestros datos sugieren que, desde una perspectiva estructural, las cunetas evaluadas se encuentran en condiciones regulares, lo que sugiere la necesidad de un mantenimiento preventivo para su conservación.

En cuanto a la evaluación de las alcantarillas, los resultados presentados en la Tabla 7 indican que, en general, estas estructuras muestran una buena condición estructural. Por lo tanto, al igual que en el caso de las cunetas, solo se requiere considerar reparaciones en puntos específicos y aplicar revestimiento adicional en las áreas afectadas.

Es importante destacar que este análisis, por sí solo, no determina si las alcantarillas funcionan adecuadamente, por lo que es necesario complementarlo con una evaluación de la condición superficial.

En relación con el antecedente se concuerda con Amaya et al. (2022), pues en la evaluación del sistema de drenaje de la carretera de tercer orden en el municipio de Ataco-Tolima, la condición estructural del alcantarillado y la cuneta es regular, por lo que se sugiere establecer un programa de mantenimiento preventivo para asegurar su conservación adecuada [10].

4.3.2 Condición funcional del sistema de drenaje

La condición superficial puede definirse como la evaluación de la capacidad funcional del sistema bajo análisis. En este sentido, el Manual de Carreteras para el Mantenimiento y Conservación Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones [9] establece ciertos criterios que permiten cuantificar este aspecto.

Los resultados presentados en la Figura 78 y Figura 79, indican que en general, las condiciones funcionales de las cunetas se clasifican como "Buenas" y "Regulares". Esto se debe a que, según las observaciones en el campo, la acumulación de sedimentos no supera la altura crítica que causaría saturación durante las épocas de precipitación. En particular, las cunetas en la margen derecha muestran un 96.97 % de condición "Regular", mientras que solo el 3.03 % se considera un estado "Bueno". En contraste, en la margen izquierda, el porcentaje entre condiciones "Buenas" y "Regulares" se equilibra en un 44.44 % y un 55.56 %, respectivamente.

Estos resultados indican que se requiere un mantenimiento periódico para que estas estructuras cumplan adecuadamente su función, especialmente en la margen derecha.

Este hallazgo también se refleja en el caso de las alcantarillas (consultar Tabla 10), ya que muestran condiciones regulares debido a la acumulación parcial de sedimentos, aunque desde una perspectiva estructural, se encuentren en condiciones adecuadas.

Es importante destacar que estos aspectos analizados son indicativos de la funcionalidad in-situ y deben complementarse con el desarrollo de un modelamiento que garantice su funcionamiento hidráulico.

En cuanto a los antecedentes, ninguno se centra específicamente en evaluar la condición funcional del drenaje fluvial. No obstante, Arratia y Quispe (2021) señalan que durante la mejora y restauración del camino vecinal Mollebamba, el nuevo diseño garantizará que el sistema tenga la capacidad funcional requerida para enfrentar lluvias intensas y prevenir así posibles inundaciones [10].

4.3.3 Condición hidráulica del sistema de drenaje

La evaluación de la condición hidráulica del sistema de drenaje, implica la determinación de los canales en cada área de la cuenca que abarca estos sistemas.

En primer lugar, se abordó la estimación de la precipitación en la zona de estudio, considerando las curvas de intensidad-duración y frecuencia para periodos de retorno de 2 años y 10 años, conforme al Manual de Hidrología y Drenaje. También se realizó la delimitación de las áreas de influencia para cada tramo de las cunetas analizadas, resultando en la identificación de tres áreas de drenaje bien definidas que se ilustran en la Figura 92. A partir de estos datos, se establecieron los principales parámetros de diseño, como el caudal, la intensidad de precipitación y el área en cada zona de drenaje, detallados en la Tabla 24.

Con estos parámetros en mano, se empleó el software HEC-RAS para evaluar el comportamiento del caudal en cada una de estas secciones. Se determinó que en el tramo 0+100 – 0+800, el caudal supera la capacidad de la sección, lo que afecta la transitabilidad. Además, en el tramo 0+800 - 1+280, debido a la presencia de cunetas en ambos sentidos, el agua se conduce en ellas, pero colapsa en el tramo 1+280 – 2+080, donde el caudal propuesto excede la profundidad de las cunetas existentes.

En cuanto a la evaluación de las alcantarillas existentes, se puede destacar que, en general, el tramo en estudio presenta tres de ellas. Sin embargo, solo la alcantarilla N°02 no cumple con las consideraciones adecuadas, ya que tanto la velocidad de entrada a la alcantarilla como la velocidad en el conducto superan las recomendaciones de [28].

Estos hallazgos son consistentes con el procedimiento llevado a cabo en la investigación titulada "Mejoramiento del sistema de drenaje de la Carretera Ramal Pacucha – distrito de Andahuaylas – Apurímac" [14], lo que está en línea con las normativas vigentes.

Aunque las cunetas cumplan con condiciones estructurales y funcionales, presentan deficiencias en términos hidráulicos, lo que explica los problemas de drenaje que afectan la transitabilidad en este tramo. Este problema se acentúa en la alcantarilla N°02, que cuenta con un caudal de 0.70 m³/s., pero solo tiene un diámetro de 0.60 m., lo que resulta insuficiente, tal como se observa en la Tabla 29.

4.4 PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE DRENAJE

Como se ha mencionado previamente, el sistema existente presenta ciertas deficiencias hidráulicas, lo que hace necesario considerar una nueva sección en las cunetas. Para llevar a cabo este proceso, se han utilizado los valores establecidos en la Tabla 31 y se ha empleado el programa H-canales para realizar el redimensionamiento de las principales secciones.

Posteriormente, se ha aplicado el programa HEC-RAS para definir el comportamiento hidráulico en el tramo comprendido entre las progresivas 0+180 y 1+280. De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 34, esta nueva sección asegura un comportamiento adecuado, sin que se presente desbordamiento. Asimismo, en la Tabla 35 se muestra el comportamiento en el tramo 1+280 – 2+080, donde el caudal propuesto no genera desbordamientos, ya que se establece una altura máxima del agua en la cuneta de 0.24 metros, similar a lo estimado en el tramo 2+080 - 2+580, donde la altura máxima del agua en la cuneta es de 0.21 metros.

En lo que respecta a la alcantarilla N°02, se ha determinado que el diámetro mínimo requerido debe ser de 83.82 centímetros. Para asegurar un funcionamiento adecuado, es necesario considerar un diámetro de 0.90 metros, lo que implica la necesidad de reemplazar la estructura existente a través de la elaboración de un plan juntamente con la población.

En general, se ha podido establecer que a pesar de que las estructuras de drenaje han cumplido con las condiciones estructurales y funcionales establecidas en las normativas, estas no son suficientes para establecer o asegurar un correcto funcionamiento del sistema, por lo que resulta más adecuado, complementar este análisis mediante el modelamiento hidráulico de dichas secciones con uso de programas especializados, con ello se asegura que el análisis realizado sea el adecuado para el estudio de su correcto funcionamiento.

Para llevar a cabo la mejora del sistema de drenaje en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha, para la cuneta se requiere preparar el terreno, colocar la base y el material de la vereda, y asegurar su mantenimiento adecuado. En cuanto a la alcantarilla, se procederá con la instalación en una zanja excavada, el relleno y compactación alrededor de la estructura, así como la realización de pruebas exhaustivas para garantizar un flujo de agua adecuado, siguiendo en todo momento las regulaciones de construcción pertinentes.

En lo que respecta a los antecedentes, se armoniza según lo expresado por Aguilar y Amarillo (2021), que la carretera Ramal Pacucha cumple con las condiciones estructurales requeridas en la vía. Sin embargo, esta calidad no se refleja en el desempeño del sistema de drenaje, lo que indica la necesidad de mejorar dicho sistema [14].

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- 1) En función de los resultados obtenidos, de forma general se puede concluir que evaluar la condición de los elementos de drenaje solo en función de las recomendaciones de las normativas vigentes resulta insuficiente; ya que tanto cunetas como alcantarillas existentes presentan secciones insuficientes, lo cual hace que estas se desborden y por ende dañen la capa de rodadura de la carretera en análisis.
- 2) Los valores obtenidos, indican que la mayoría de las cunetas evaluadas presentan una condición estructural de 18.18 % en buen estado y un 81.82 % en condición regular. En cuanto a las alcantarillas, se ha podido verificar que muestran una buena condición estructural, sin embargo, se puede notar que algunas requieren reparaciones específicas y revestimientos adicionales en algunas áreas afectadas.
- 3) Con respecto a la condición funcional del sistema de drenaje, los valores más relevantes indican que la mayoría de las cunetas se encuentran en una condición funcional "Regular", con un 96.97 % en la margen derecha y un 55.56 % en la margen izquierda. Solo un pequeño porcentaje se clasifica como "Bueno". En el caso de las alcantarillas, a pesar de su buena condición estructural, muestran condiciones funcionales regulares debido a la acumulación de sedimentos, que pueden afectar su correcto funcionamiento.
- 4) La evaluación hidráulica del sistema de drenaje existente, reveló que existe desbordamiento del caudal en el tramo 0+100 – 0+800 y 0+800 - 1+280, además se observó la ausencia de un sistema de drenaje en el tramo 2+080 – 2+580, lo cual viene afectando a la vía, especialmente en épocas de lluvia. Con respecto a las alcantarillas, se ha podido establecer que solo la alcantarilla (N°02) no cumple con las recomendaciones de capacidad hidráulica, por lo que surge la necesidad de considerar un rediseño de dichos sistemas de drenaje.

- 5) Los resultados obtenidos después del análisis hidráulico del sistema propuesto, dio como principal resultado, la consideración de tres tipos de cunetas de sección triangulares, la primera en el margen derecho desde la progresiva 1+280 – 2+080 con una sección de 0.98 x 0.35, la segunda en el lado derecho desde 2+080 – 2+580 con una sección de 0.90 x 0.45 y la tercera en el margen izquierdo desde 0+180 – 1+280 de 0.70 x 0.35; con ello se asegura que el caudal generado por la máxima precipitación en el área de influencia no afecte al pavimento existente. Con respecto a la alcantarilla N° 02 (progresiva 2 + 080), se ha podido determinar que una tubería con sección de 0.90 m., sería necesario para asegurar su funcionamiento adecuado.

5.2 RECOMENDACIONES

- 1) Se sugiere que, además de cumplir con las normativas vigentes, realizar un análisis hidráulico detallado para evaluar el comportamiento de los elementos de drenaje frente a las precipitaciones máximas. Esto permitirá una comprensión más realista de su capacidad y funcionamiento, lo que puede ayudar a prevenir problemas futuros.
- 2) Dado que la mayoría de las cunetas presentan una condición estructural regular, se recomienda implementar un plan de mantenimiento preventivo para preservarlas correctamente.
- 3) Se recomienda implementar un programa regular y sistemático de descolmatación de las cunetas y alcantarillas que han sido afectadas por la persistente acumulación de sedimentos, con el objetivo de asegurar y mantener un nivel de rendimiento óptimo en el funcionamiento integral del sistema de drenaje.
- 4) Con base en los resultados del análisis hidráulico, se recomienda la implementación de medidas de corrección, como la construcción de cunetas adecuadas en el tramo 2+080 – 2+580 y el reemplazo del sistema de drenaje en el tramo 0+100 – 0+800 y 0+800 - 1+280.
- 5) De acuerdo con los resultados obtenidos, se recomienda que la alcantarilla N°02 sea reemplazada, con otra que cumpla las dimensiones estimadas, ya que la existente perjudica la transitabilidad de la vía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GUISKIN, M. Situación de las juventudes rurales en América Latina y el Caribe. Online. 1ra. ed. Ciudad de México: Naciones Unidas, 2019. ISBN 1684-0364. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45048/1/S1901202_es.pdf
2. MADRID, C. Infraestructura de paisaje para la resiliencia urbana ante extremos hídricos: el caso de Talco, Chile. Tesis (Maestría en Arquitectura del Paisaje). Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2019. Disponible en: <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/26888>
3. MÉNDEZ, C. y CHAVES, W. Metodología de evaluación y pronóstico del fenómeno de sequía en el municipio de Motavita, departamento de Boyacá. Tesis (Título de Ingeniero Catastral y Geodesta). Colombia - Bogota: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2021. 132 pp. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/26743/MendezVallejoCarlosAndres-ChavesTenorioWilsonLeonardo2021.pdf>
4. OLAYA, D. Bogotá gestión urbana del agua. Tesis (Maestría en Gestión Urbana) Bogota: Universidad Piloto de Colombia, 2018. Disponible en: <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/10054>
5. GUTIÉRREZ, E. Vertidos en tiempo de lluvia desde redes de alcantarillado. Metodología de diseño de un tanque de tormenta. Tesis (Master en Ingeniería de caminos, Canales i ports). Barcelona: Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, 2019. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/185615/TFM-EGC_Memoria.pdf
6. QUINTANA, M. Análisis y diseño de drenaje pluvial para A.H. Los Algarrobos I y II etapa (Piura). Tesis (Título de Ingeniero Civil). Piura: Universidad de Piura, 2021. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4975/ICI_2102.pdf
7. REYNA, C. Evaluación ambiental y de seguridad del desborde del río, en Piura y Castilla en el fenómeno del niño - año 2017. Tesis (Maestro en Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial). Piura: Universidad Nacional de Piura, 2020. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2968/IASIN-REY-CAS-2020.pdf>
8. SENAMHI. Datos meteorológicos a nivel nacional. Online. 2022. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>
9. MTC. Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial. Online. 2018. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Disponible en:

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC_NORMAS/ARCH_PDF/MAN_9_MCV-2014_2016.pdf

10. AMAYA, W.; RODRÍGUEZ, H. y ESPINOZA, D. Guía práctica para el diseño de cunetas y alcantarillas como sistema de drenaje para carreteras de tercer orden, municipio de Ataco departamento de Tolima. *Ingenio Magno*. 2022. 13(1), 21–42. ISSN: 2422-2399. Disponible en: <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ingeniomagno/article/view/2572/2091>
11. TIBADUIZA, O. Estudio de alternativas para el diseño de un sistema de drenaje de la vía ubicada en la carrera 11 B entre las calles 7 y 8 barrio Cundinamarca de Duitama Boyacá. Tesis (Ingeniero Civil). Colombia: Universidad Antonio Nariño, 2022. Disponible en: http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/6720/1/2022_OscarJavierTibaduizaGarcía.pdf
12. ARRATIA, A. y QUISPE, F. Propuesta para el mejoramiento y rehabilitación del camino vecinal Mollebamba distrito de Oroncoy provincia, de La Mar, región Ayacucho. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada de Trujillo, 2021. 137 pp. Disponible en: <http://repositorio.uprit.edu.pe/handle/UPRIT/641>
13. YANCE, J. Diseño geométrico de trochas carrozables según norma DG-2014: Análisis de casos. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Huancayo: Universidad Peruana del Centro, 2019. Disponible en: <https://repositorio.upecen.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14127/175/>
14. AGUILAR, R. y AMARILLO, J. Mejoramiento del sistema de drenaje de la carretera ramal Pacucha - Distrito de Andahuaylas - Apurímac. Tesis (Título Ingeniero Civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, 2021. 143 pp. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4708>
15. CCARHUAS, Y. y HUISA, R. Optimización del drenaje pluvial en el casco urbano del distrito de Tamburco - Abancay, 2018. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Abancay: Universidad Tecnológica de los Andes, 2019. 148 pp. Disponible en: [https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/226/1/Optimizaci3n del drenaje pluvial en el casco urbano del distrito de Tamburco–Abancay%2C 2018.pdf](https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/226/1/Optimizaci3n%20del%20drenaje%20pluvial%20en%20el%20casco%20urbano%20del%20distrito%20de%20Tamburco-Abancay%2C%202018.pdf)
16. PALACIOS, F. Diseño de concreto permeable para su aplicación en pavimentos como óptimo sistema de drenaje en distrito de Independencia – Huaraz – Ancash, 2018. Online. Universidad César Vallejo, 2018. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/26760>
17. MANDUJANO, N. Estudio de mejora del sistema de drenaje pluvial como solución a las inundaciones en el jirón Chanchamayo de la ciudad de Tarma. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Tarma: Universidad Católica Sedes Sapientiae, 2022.

18. PONCE, V. Fundamento de la hidráulica de canales. Online. Primera. Estados Unidos de América: Víctor M. Ponce, 2015. ISBN 10: 0133154661. Available from: <https://ponce.sdsu.edu/canales/>
19. DIAZ, J. y FONSECA, M. Análisis comparativo de los diseños de drenaje pluvial en las calles Nauta y los Periodistas con el escurrimiento superficial - Punchana 2017. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Loreto: Universidad Científica del Perú - UCP, 2017. Disponible en: [http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/436/Tesis FINAL.pdf](http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/436/Tesis%20FINAL.pdf)
20. LEÓN, A. y TAPIA, M. Diseño hidráulico del sistema de agua potable y alcantarillado con planta de tratamiento de aguas residuales del A.H. Huáscar sector I, distrito Jequetepeque, La Libertad - 2018. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2019. Disponible en: <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4619>
21. GONGORA, C. Influencia de la cal y el cemento portland tipo I en la subrasante de la trocha del distrito de Chillia, provincia de Pataz - 2019. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2019. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/21168>
22. VERA, Carlos. Diagnóstico y evaluación del sistema de alcantarillado sanitario del barrio Carmen Buchelli de la parroquia Anconcito del Cantón Salinas, provincia de Santa Elena. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/handle/46000/5974>
23. HERNÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. Metodología de la investigación. Sexta Ed. México: Mac Graw Hill, 2014. ISBN 978-1-4562-2396-0.
24. BERNAL, C. Metodología de la investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales. Online. Tercera Ed. México: Pearson Educación, 2010. ISBN 978-958-699-128-5.
25. HERNÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, M. Metodología de la investigación. Sexta. México: McGRAW-HILL, 2014. ISBN 9786071502919.
26. MTC. Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. Online. 2012. Lima - Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Available from: <https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/Octubre/10/RD-20-2011-MTC-14.pdf>
27. MTC. Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. 2012. Lima - Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
28. VILLÓN, M. Diseño de estructuras hidráulicas. Online. Primera. Costa Rica: Centro de Desarrollo de Material Bibliográfico, 2007. ISBN 978-9968-514-05-7. Available from: <https://isbn.cloud/9789968514057/disenodeestructurashidraulicas/>

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tesis: “Evaluación del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, y propuesta de replanteo de mejora en la trocha carrozables entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira – Apurímac”						
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general: ¿Cuál es el resultado de la evaluación del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira - Apurímac?</p> <p>Problemas específicos: a) ¿Cuál es la condición estructural del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira - Apurímac? b) ¿Cuál es la condición funcional del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, en la trocha</p>	<p>Objetivo general: Evaluar el sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira - Apurímac.</p> <p>Objetivos específicos: a) Determinar la condición estructural del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira - Apurímac. b) Determinar la condición funcional del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, en la trocha</p>	<p>Hipótesis general: El sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas se encuentran en un deficiente estado siendo necesario proponer el replanteo de mejora en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira - Apurímac.</p> <p>Hipótesis específicas: a) La condición estructural del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas se califica como malo, siendo necesario la propuesta de replanteo de mejora en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira - Apurímac. b) La condición funcional del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas se califica como malo, siendo necesario la propuesta de</p>	<p>Variable descriptiva: Estado de alcantarillas y cunetas</p>	<p>- Condición estructural</p> <p>- Condición funcional</p> <p>- Condición hidráulica</p>	<p>- Nivel de deterioro de 0 % de la longitud</p> <p>- Nivel de deterioro menor al 30 % de la longitud</p> <p>- Nivel de deterioro mayor al 30 % de la longitud</p> <p>- Nivel de obstrucción de 0 %</p> <p>- Nivel de obstrucción menor de 100 %</p> <p>- Nivel de obstrucción igual al 100 %</p> <p>- Caudal</p> <p>- Tirante</p> <p>- Velocidad</p>	<p>Método de investigación: científico</p> <p>Tipo de investigación: aplicada</p> <p>Alcance de investigación: descriptivo</p> <p>Diseño de investigación: experimental</p> <p>Población: La población correspondió a 6 km. de vía que conecta los anexos Mocabamba, Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira en la provincia de Cotabambas en la región Apurímac, vía donde se evaluará el sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas.</p> <p>Muestra: De acuerdo con el tipo de muestreo no probabilístico intencional, la muestra estuvo representada por los 2.7 km. de vía entre</p>

carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira - Apurímac?	carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira - Apurímac.	replanteo de mejora en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira - Apurímac.	el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira en la provincia de Cotabambas en la región Apurímac.
c) ¿Cuál es la condición hidráulica del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira - Apurímac?	c) Determinar la condición hidráulica del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira - Apurímac.	c) La condición funcional del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas se califica como malo, siendo necesario la propuesta de replanteo de mejora en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira - Apurímac.	
d) ¿Cuál es la propuesta de replanteo de mejora en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira - Apurímac?	d) Determinar una propuesta de replanteo de mejora en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira - Apurímac.	d) La propuesta de replanteo de mejora en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira - Apurímac, asegurará la eficiencia del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas.	

Nota: Elaboración propia.

ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tipo de variable	Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Tipo de variable	Escala de variable
Variable descriptiva	Estado de alcantarillas y cunetas	El mantenimiento o conservación vial, es el estado de las alcantarillas y cunetas que son determinadas de acuerdo con la condición estructural y funcional, que se basa en la cuantificación de los deterioros y su capacidad obstruida [9].	Condición estructural	Nivel de deterioro de 0 % de la longitud	%	Cuantitativa	Ordinal
				Nivel de deterioro menor al 30 % de la longitud	%	Cuantitativa	Ordinal
				Nivel de deterioro mayor al 30 % de la longitud	%	Cuantitativa	Ordinal
			Condición funcional	Nivel de obstrucción de 0 %	%	Cuantitativa	Ordinal
				Nivel de obstrucción menor de 100 %	%	Cuantitativa	Ordinal
				Nivel de obstrucción igual al 100 %	%	Cuantitativa	Ordinal
			Condición hidráulica	Caudal	cm ³ /s	Cuantitativa	Razón
				Tirante hidráulico	cm	Cuantitativa	Razón
				Velocidad	cm/s	Cuantitativa	Razón

Nota: Elaboración propia.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
Título de la investigación:	"EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE DE LAS ALCANTARILLAS Y CUNETAS, Y PROPUESTA DE REPLANTEO DE MEJORA EN LA TROCHA CARROZABLE ENTRE EL SECTOR BELLAVISTA Y CCOCHA EN EL DISTRITO DE HAQUIRA - APURÍMAC"
Investigador:	BACH. Revelino Huacho Ochoa
Fecha:	
Sección transversal	
Nota:	Ficha válida para la evaluación de alcantarillas
	Sección: Marco, circular, arco, pórtico, otro
	Clase: Alcantarilla definitiva, alcantarilla estructural artesanal
	Tipo: Concreto, mampostería, acero, otros.

Progresiva	Clase	Tipo	Sección de la boquilla de la alcantarilla (m ²)	Sección transversal interior de alcantarilla	Área afectada (m ²)	Altura de material sedimentado (m)

Formato de validación de criterios de expertos					
I. Datos generales					
Fecha:	04/12/2023				
Validador:	Hugo Esteban Silva Córdova				
Cargo e institución donde labora:	Inspector de Obras Municipalidad Provincial de Espinar				
Instrumento a validar:	Ficha de observación del sistema de drenaje en alcantarillas				
Objetivo del instrumento:	Evaluar el sistema de drenaje en alcantarillas				
Autor del instrumento:	Bach. Revelino Huacho Ochoa				
II. Criterios de validación del instrumento					
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:					
0	Deficiente (D)	Si los criterios e indicadores exhiben un resultado menor al 30 %			
1	Regular (R)	Si los criterios e indicadores exhiben un resultado que oscila entre el 31% y el 70%.			
2	Buena (B)	Si los criterios e indicadores exhiben un resultado mayor al 70 %.			
Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(0)	(1)	(2)	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL			01	18	
III. Coeficiente de validez					
(D+R+B)/20		79/20			
		95 %			



 HUGO ESTEBAN SILVA CORDOVA
 INGENIERO CIVIL
 CIP N. 37423

Formato de validación de criterios de expertos					
I. Datos generales					
Fecha:	08/19/2023				
Validador:	Hugo Fran Silva Cáceres				
Cargo e institución donde labora:	Inspector de Obras Municipalidad Provincial Espinosa				
Instrumento a validar:	Ficha de observación del sistema de drenaje en cunetas				
Objetivo del instrumento:	Evaluar el sistema de drenaje en cunetas				
Autor del instrumento:	Bach. Revelino Huacho Ochoa				
II. Criterios de validación del instrumento					
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:					
0	Deficiente (D)	Si los criterios e indicadores exhiben un resultado menor al 30 %			
1	Regular (R)	Si los criterios e indicadores exhiben un resultado que oscila entre el 31% y el 70%.			
2	Buena (B)	Si los criterios e indicadores exhiben un resultado mayor al 70 %.			
Criterios	Indicadores	D (0)	R (1)	B (2)	Observación
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.		X		
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL			01	18	
III. Coeficiente de validez					
(D+R+B)/20 = 19/20		45 %			



Hugo Fran Silva Cáceres
INGENIERO CIVIL
CIP N° 27428

Formato de validación de criterios de expertos					
I. Datos generales					
Fecha:	08/12/2023				
Validador:	Jesús Carlos Pereira Alagon				
Cargo e institución donde labora:	Consultor Independiente de Obras				
Instrumento a validar:	Ficha de observación del sistema de drenaje en alcantarillas				
Objetivo del instrumento:	Evaluar el sistema de drenaje en alcantarillas				
Autor del instrumento:	Bach. Revelino Huacho Ochoa				
II. Criterios de validación del instrumento					
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:					
0	Deficiente (D)	Si los criterios e indicadores exhiben un resultado menor al 30 %			
1	Regular (R)	Si los criterios e indicadores exhiben un resultado que oscila entre el 31% y el 70%.			
2	Buena (B)	Si los criterios e indicadores exhiben un resultado mayor al 70 %.			
Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(0)	(1)	(2)	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.		X		
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.		X		
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL			02	16	
III. Coeficiente de validez					
$(D+R+B)/20 = 18/20 = 90\%$					



José Carlos Pereira Alagon
INGENIERO CIVIL
CIP N° 74195

Formato de validación de criterios de expertos					
I. Datos generales					
Fecha:	05/12/2023				
Validador:	José Carlos Pereira Alagon				
Cargo e institución donde labora:	Consultor de Obras				
Instrumento a validar:	Ficha de observación del sistema de drenaje en cunetas				
Objetivo del instrumento:	Evaluar el sistema de drenaje en cunetas				
Autor del instrumento:	Bach. Revelino Huacho Ochoa				
II. Criterios de validación del instrumento					
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:					
0	Deficiente (D)	Si los criterios e indicadores exhiben un resultado menor al 30 %			
1	Regular (R)	Si los criterios e indicadores exhiben un resultado que oscila entre el 31% y el 70%.			
2	Buena (B)	Si los criterios e indicadores exhiben un resultado mayor al 70 %.			
Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(0)	(1)	(2)	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL			01	18	
III. Coeficiente de validez					
(D+R+B)/20 =		19/20	9.5 %		



José Carlos Pereira Alagon
INGENIERO CIVIL
CIP N° 74158

Formato de validación de criterios de expertos					
I. Datos generales					
Fecha:	08/12/2023				
Validador:	JUVENAL ESTEBANA CARRILLO				
Cargo e institución donde labora:	SUPERVISOR DE OBRAS MUNICIPIO PROVINCIAL TAYACABAMBA				
Instrumento a validar:	Ficha de observación del sistema de drenaje en cunetas				
Objetivo del instrumento:	Evaluar el sistema de drenaje en cunetas				
Autor del instrumento:	Bach. Revelino Huacho Ochoa				
II. Criterios de validación del instrumento					
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:					
0	Deficiente (D)	Si los criterios e indicadores exhiben un resultado menor al 30 %			
1	Regular (R)	Si los criterios e indicadores exhiben un resultado que oscila entre el 31% y el 70%.			
2	Buena (B)	Si los criterios e indicadores exhiben un resultado mayor al 70 %.			
Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(0)	(1)	(2)	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.		X		
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.		X		
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.		X		
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL			03	14	
III. Coeficiente de validez					
(D+R+B)/20 =		19/20	85%		



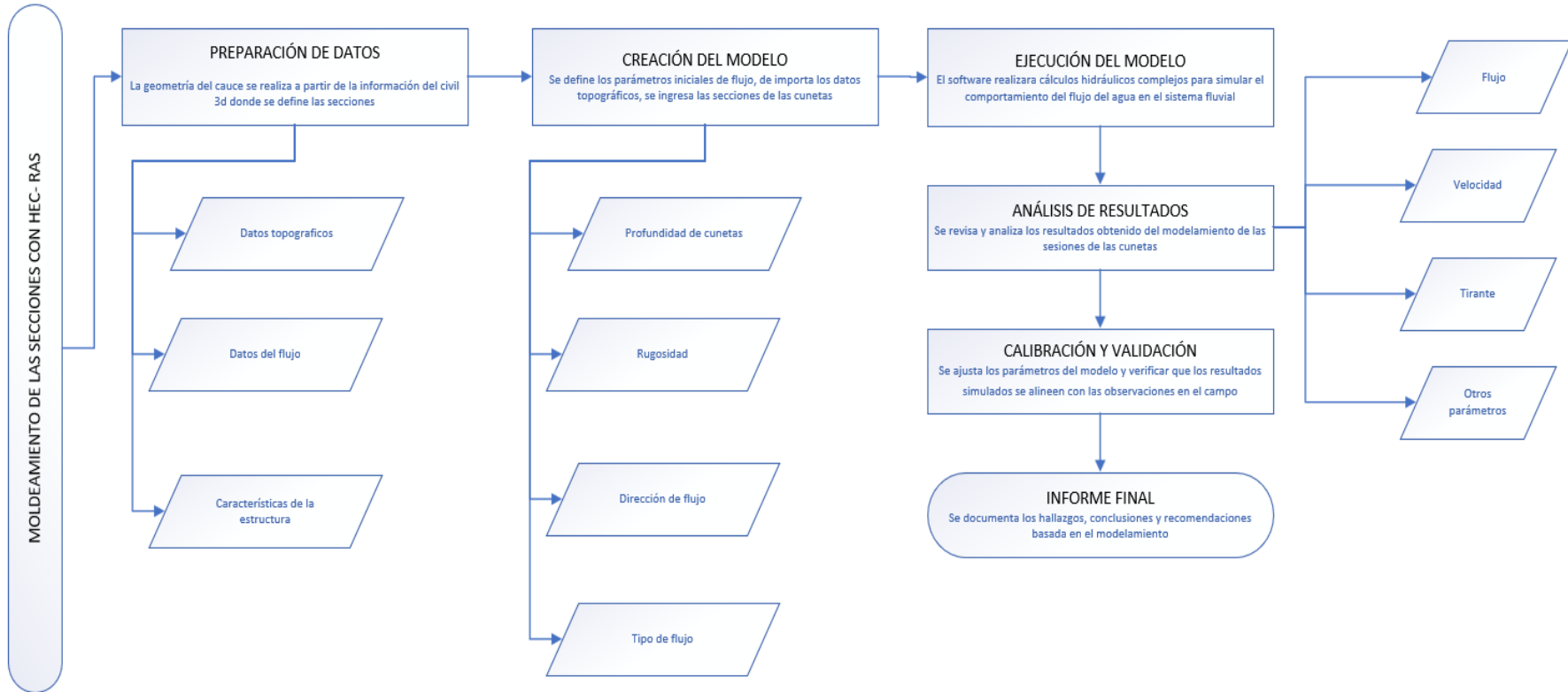
General Teodoro Estebana Carrillo
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 40016

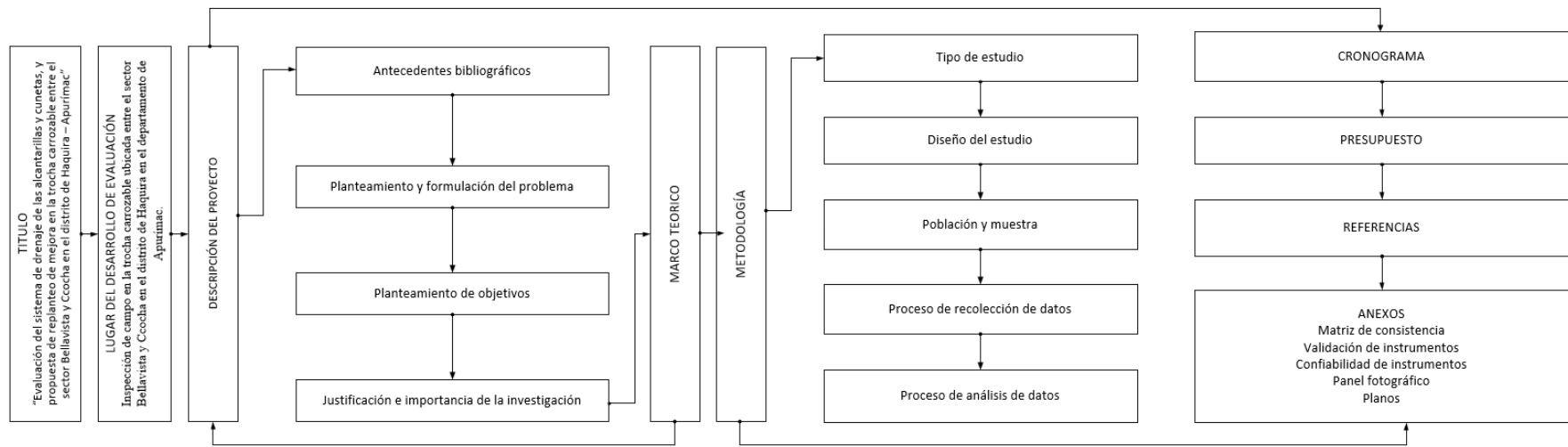
Formato de validación de criterios de expertos					
I. Datos generales					
Fecha:	08/12/2023				
Validador:	JUVENAL ESTABLA PUELLO				
Cargo e institución donde labora:	SUPERVISOR DE OBRAS MUNICIPIO PROVINCIAL TAMBORÓN				
Instrumento a validar:	Ficha de observación del sistema de drenaje en alcantarillas				
Objetivo del instrumento:	Evaluar el sistema de drenaje en alcantarillas				
Autor del instrumento:	Bach. Revelino Huacho Ochoa				
II. Criterios de validación del instrumento					
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:					
0	Deficiente (D)	Si los criterios e indicadores exhiben un resultado menor al 30 %			
1	Regular (R)	Si los criterios e indicadores exhiben un resultado que oscila entre el 31% y el 70%.			
2	Buena (B)	Si los criterios e indicadores exhiben un resultado mayor al 70 %.			
Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(0)	(1)	(2)	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.		X		
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.		X		
TOTAL			02	16	
III. Coeficiente de validez					
(D+R+B)/20 = 18/20 = 90%					



Juvenal Establa Puello
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 40816

ANEXO 4: DIAGRAMAS DE FLUJO

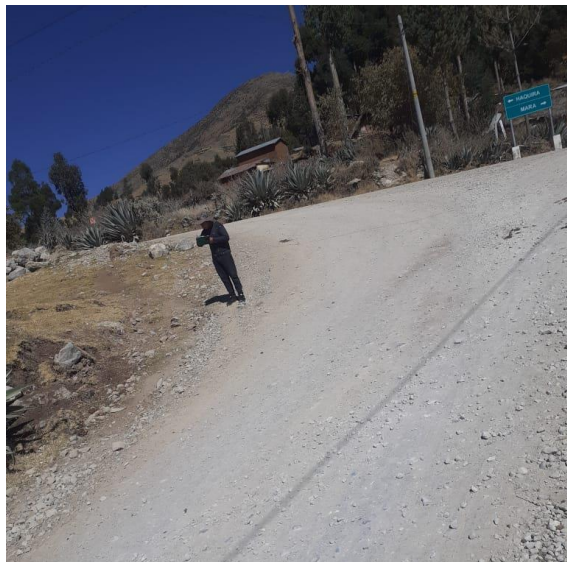




ANEXO 5: PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 1. Punto de inicio (Norte = 8430809 m.; Este = 811080 m.; Cota = 3656 m), julio de 2023.
Nota: Elaboración propia.



Fotografía 2. Sin cuneta, progresiva 0+050, julio de 2023, julio de 2023.
Nota: Elaboración propia.



Fotografía 3. Inicio de cuneta, progresiva 0+135, julio de 2023.

Nota: Elaboración propia.



Fotografía 4. Progresiva 0+300, en la que se puede observar la colmatación por derrumbe, julio de 2023.

Nota: Elaboración propia.



Fotografía 5. Progresiva 0+450, colmatación de cuneta en un tramo de 20 m., julio de 2023.
Nota: Elaboración propia.



Fotografía 6. Progresiva 0+454, que se encuentra poco saturada de sedimentos, julio de 2023.
Nota: Elaboración propia.



Fotografía 7. Erosión en cuneta en la progresiva 0+615, julio de 2023.
Nota: Elaboración propia.



Fotografía 8. Progresiva 0+883, en la que se puede colmatación en la cuneta, julio de 2023.
Nota: Elaboración propia.



Fotografía 9. Progresiva 1+117, en la que se observa la colmatación parcial, julio de 2023.

Nota: Elaboración propia.



Fotografía 10. Progresiva 1+064, en la que se observa la colmatación total de la sección de la cuneta, julio de 2023.

Nota: Elaboración propia.



Fotografía 11. Trocha sin cuneta, Progresiva 1+523, julio de 2023.

Nota: Elaboración propia.



Fotografía 12. Ingreso a la alcantarilla N° 01 (Norte = 8430809 m; Este = 811080 m.; Cota = 3656 m.), julio de 2023.

Nota: Elaboración propia.



Fotografía 13. Vista de la entrada en la alcantarilla N°02, julio de 2023.
Nota: Elaboración propia.



Fotografía 14. Salida de la alcantarilla N°02, julio de 2023.
Nota: Elaboración propia.

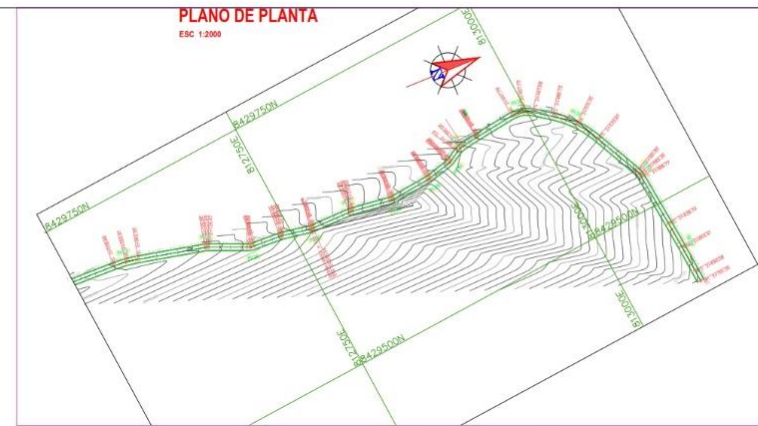


Fotografía 15. Vista de la entrada en la alcantarilla N°03, julio de 2023.
Nota: Elaboración propia.



Fotografía 16. Vista de la salida en la alcantarilla N°03, julio de 2023.
Nota: Elaboración propia.

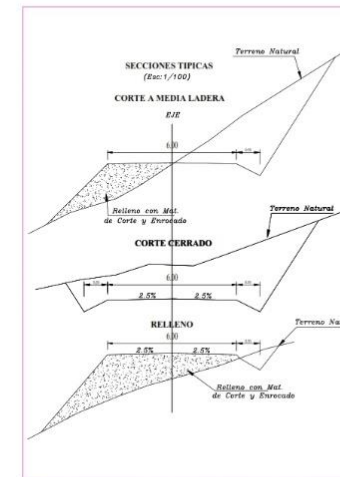
TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA											
PK	TIPO DE CURVA	ANGULO	PC	PT	PI	PC	PT	PI	PC	PT	PI
PK-31		21°05'17"	70.00	7.72	7.96	7.52	7.34	7.58	2+380.04	2+381.68	1+290.34-20
PK-32		43°21'00"	36.30	10.45	10.30	10.42	2.00	1.86	2+458.24	2+467.78	1+290.34-20
PK-33		27°06'20"	36.87	24.10	27.23	46.77	2.05	2.88	2+510.83	2+533.97	1+290.34-20
PK-34		19°03'56"	33.00	3.51	3.95	6.91	0.31	0.30	2+585.33	2+581.82	2+588.77
PK-35		13°43'07"	188.15	25.87	31.33	51.33	0.18	0.19	2+664.41	2+658.24	2+690.08



PERFIL LONGITUDINAL
ESC H 1:2000 ESC V 1:200



ESPECIFICACIONES TECNICAS	
ANCHO DE CALZADA	0.6m.
ANCHO DE CUNETETA	0.5m.
PENDIENTE MAXIMA	12%
PENDIENTE MINIMA	2%
PERALTE DE CURVA	6%
ALTURA DE BOMVED	2.0m
SOBRE ANCHO EN CURVAS	7m.
SOBRE ANCHO EN PLAZOLETAS DE CURVA	10m.
RADIO MINIMO	20m.



UNIVERSIDAD CONTINENTAL

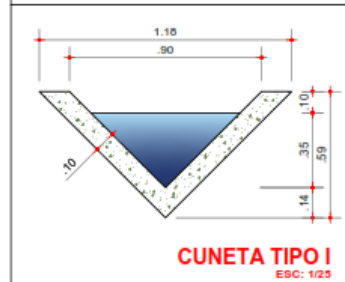
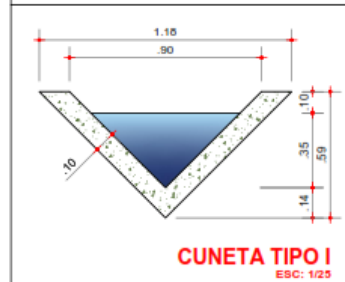
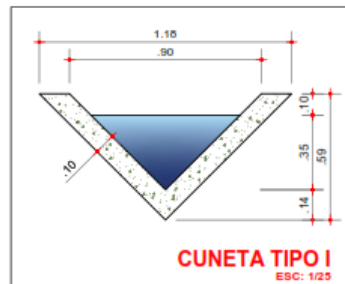
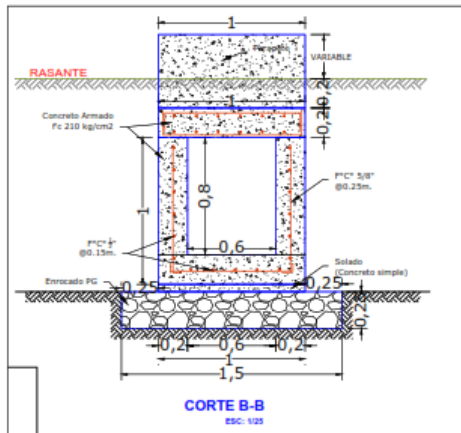
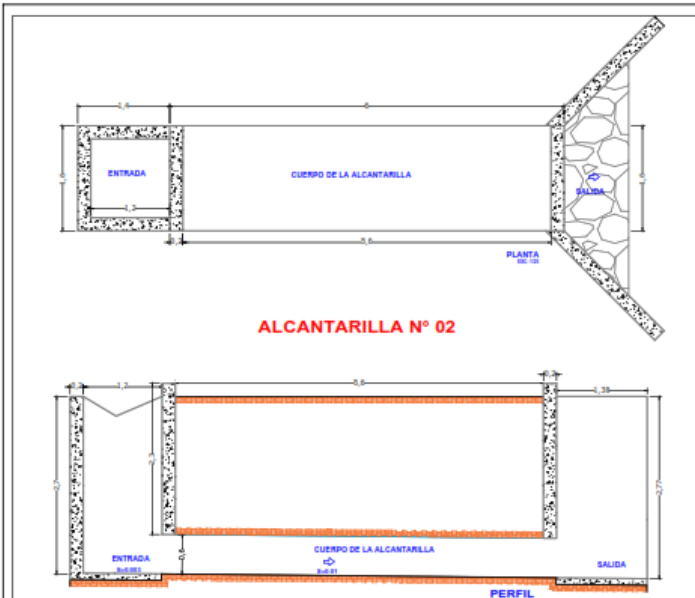
PROYECTO
EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE DE LAS ALCANTARILLAS Y CUNETAS, Y PROPUESTA DE REPLANTEO DE MEJORA EN LA TROCHA CARROZABLE ENTRE EL SECTOR BELLAVISTA Y COCHA EN EL DISTRITO DE HAQUIRA - APURÍMAC

Plano
PLANTA Y PERFIL
2+000 a 2+701.35

Ubicación
REGION: APURÍMAC
PROVINCIA: COTABAMBA
DISTRITO: HAQUIRA

Obra
RESEÑO HUACHO O.
Fecha
Setiembre - 2023
Escala
Indicados

Línea
PP-3



- ESPECIFICACIONES TECNICAS**
- C^o En paredes y base. f_c=210 kg/cm²
 - C^o En Loza Superior f_c=210 kg/cm²
 - ACERO f_y=4200 kg/cm²
 - Aleros Emboquillado
 - Emboquillado 1:3 PG 8" Tamaño Maximo
 - Recubrimiento : 3cm
 - Traslape 45 cm
 - Anclaje 20 cm

UNIVERSIDAD CONTINENTAL

PROYECTO

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE DE LAS ALCANTARILLAS Y CUNETAS, Y PROPUESTA DE REPLANTEO DE MEJORA EN LA TROCHA CARROZABLE ENTRE EL SECTOR BELLAVISTA Y CCOCHA EN EL DISTRITO DE HAQUIRA - APURÍMAC

Plano

OBRAS DE ARTE

Ubicación

REGION: APURIMAC
 PROVINCIA: COTABAMBAS
 DISTRITO: HAQUIRA

Dibujo
 REVELINO HUACHO O.
Fecha
 Setiembre - 2023
Escalas
 Indicados

Lámina
0A-1