

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Preservación de los canales de drenaje mediante el
empleo de disipadores de energía: el caso del canal en
el distrito de Carmen Alto en Huamanga**

Gypssi Camila Preguntegui Palomino

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : **FELIPE GUTARRA MEZA**
Decano de la Facultad de **Ingeniería**

DE : **MARKO ANTONIO LENGUA FERNANDEZ**
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : **21 de Julio de 2023**

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "**PRESERVACIÓN DE LOS CANALES DE DRENAJE MEDIANTE EL EMPLEO DE DISIPADORES DE ENERGIA: EL CASO DEL CANAL EN EL DISTRITO DE CARMEN ALTO EN HUAMANGA**", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) **GYPSI CAMILA PREGUNTEGUI PALOMINO**, de la E.A.P. de **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 **19 %** de similitud (informe adjunto) 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 (Nº de palabras excluidas:) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

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

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Asesor de tesis

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, **GYPSSI CAMILA PREGUNTEGUI PALOMINO**, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. **70089744**, de la E.A.P. de **Ingeniería Civil** de la Facultad de **Ingeniería** la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "**PRESERVACIÓN DE LOS CANALES DE DRENAJE MEDIANTE EL EMPLEO DE DISIPADORES DE ENERGÍA: EL CASO DEL CANAL EN EL DISTRITO DE CARMEN ALTO EN HUAMANGA** ", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.



20 de julio de 2023.

GYPSSI CAMILA PREGUNTEGUI PALOMINO

DNI. No. 70089744

Tesis Final (Gypssi Preguntegui) - Informe de Turnitin

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	19%	3%	%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	vsip.info Fuente de Internet	1%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	<1%

10	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	carreteros.org Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
13	repositoriodemo.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	bibliotecadigital.udea.edu.co Fuente de Internet	<1 %
17	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	rpp.pe Fuente de Internet	<1 %
21	revistapolitecnica.epn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

22	purl.org Fuente de Internet	<1 %
23	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
28	1library.co Fuente de Internet	<1 %
29	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
33	doku.pub Fuente de Internet	<1 %

34	www.reliefweb.int Fuente de Internet	<1 %
35	repositorio.unajma.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
36	intra.uigv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	repositorio.ulatina.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
38	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
39	servicio.bc.uc.edu.ve Fuente de Internet	<1 %
40	bibliotecadigital.oducal.com Fuente de Internet	<1 %
41	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
42	html.rincondelvago.com Fuente de Internet	<1 %
43	noesis.uis.edu.co Fuente de Internet	<1 %
44	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
45	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %

46	repositorio.une.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
47	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
48	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
49	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
50	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
51	www.dspace.uce.edu.ec:8080 Fuente de Internet	<1 %
52	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
53	repositorio.upa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
54	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
55	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
56	repositorio.autonoma.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
57	ECHÉ INGENIEROS SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA. "EIA-D del	<1 %

Moderno Centro de Beneficio de Quicapata-
IGA0013923", R.D.G. N° 013-11-AG-DVM-
DGAA, 2021

Publicación

58	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
59	repositorio.uigv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
60	IFMBE Proceedings, 2015. Publicación	<1 %
61	essay.utwente.nl Fuente de Internet	<1 %
62	repositorio.upch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
63	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
64	ciencia.lasalle.edu.co Fuente de Internet	<1 %
65	www.eltiempohispano.com Fuente de Internet	<1 %
66	PROYECTOS, ASESORIA, SERVICIOS A LA MINERIA Y ASUNTOS AMBIENTALES SAC - PASMINGA SAC. "Actualización del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera	<1 %

Suyckutambo-IGA0001346", R.D. N° 160-2016-
MEM/DGAAM, 2020

Publicación

67	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
68	eprints.uanl.mx Fuente de Internet	<1 %
69	espacio-digital.upel.edu.ve Fuente de Internet	<1 %
70	slidehtml5.com Fuente de Internet	<1 %
71	CESEL S A. "EIA-SD del Proyecto Línea de Transmisión en 220 kV S.E. Carabaylo - S.E. Nueva Jicamarca-IGA0003081", R.D. N° 352-2013-MEM/AAE, 2020 Publicación	<1 %
72	bibciv.ucla.edu.ve Fuente de Internet	<1 %
73	gacetasanitaria.org Fuente de Internet	<1 %
74	prezi.com Fuente de Internet	<1 %
75	repositorio.ufc.br Fuente de Internet	<1 %
76	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

		<1 %
77	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1 %
78	www.elamante.com.ar Fuente de Internet	<1 %
79	www.xinxii.de Fuente de Internet	<1 %
80	"Computational Science and Its Applications – ICCSA 2019", Springer Science and Business Media LLC, 2019 Publicación	<1 %
81	Joel Hernández Bedolla. "Análisis estocástico de datos climáticos como predictor para la gestión anticipada de sequías en recursos hídricos", Universitat Politècnica de València, 2022 Publicación	<1 %
82	María Eugenia Babiloni Griñón. "Una metodología para la estimación eficiente del stock de referencia en políticas de revisión periódica con demanda discreta", Universitat Politècnica de València, 2009 Publicación	<1 %
83	REYES SOTO CESAR ENRIQUE. "Informe de Gestión Ambiental del Servicio de Protección	<1 %

contra Inundaciones en el Rio Saicca Sectores
de Tomaycopampa y Tincoc del Distrito
Combapata-IGA0013224", R.D.G. N° 439-2018-
MINAGRI-DVDIAR-DGAAA, 2021

Publicación

84	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
85	cathi.uacj.mx Fuente de Internet	<1 %
86	dspace.ucacue.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
87	fr.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
88	gees.org Fuente de Internet	<1 %
89	moam.info Fuente de Internet	<1 %
90	repositorio.uaustral.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
91	repositorio.udl.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
92	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
93	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

94	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
95	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
96	riunet.upv.es Fuente de Internet	<1 %
97	scholarsjournal.net Fuente de Internet	<1 %
98	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
99	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %
100	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
101	www.revistapoder.com Fuente de Internet	<1 %
102	www.scjn.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
103	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 1 (1985)", Brill, 1987 Publicación	<1 %
104	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
105	www.lumensoft.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

ASESOR

Ing. Marko Antonio Lengua Fernández

AGRADECIMIENTOS

Orgullosa de poder hacer mención de todo a quienes doy gracias el poder llegar al cumplimiento de esta meta tan anhelada que es mi Título Profesional, a través de este trabajo de tesis, en honor a tal orgullo deseo expresar mi agradecimiento con los siguientes:

A Dios, quien me mostró la vida espiritual, paciencia y sabiduría, cuidándome y protegiéndome de todo mal.

A mi Madre Yolanda y mi Padre Teódulo, quienes me instruyeron con buenos valores y modales para encaminarme a una vida de bien y alcanzar grandes metas, una de ellas mi Título Profesional.

A mi familia en general, por la insistencia de conseguir mi Título y no rendirme ante cualquier circunstancia.

A mi esposo Saúl, quien me guía por el camino profesional de la Ingeniería Civil y así mismo a ser mi aliado.

A la Universidad Continental, por brindarme las pautas y programas de estudios necesarios para iniciar y culminar mi Tesis.

Al Ing. Edwar e Ing. Ricardo, por brindarme su experiencia y conocimiento; y demás profesionales que me brindaron su tiempo y enseñanzas para mejorar cada vez mi tema de tesis.

Finalmente, a mi persona, porque a pesar de los problemas y malos momentos, jamás me di por vencida, porque sé que soy capaz de lograr todo lo que me proponga.

DEDICATORIA

Fruto de mi esfuerzo con esmero, un buen trabajo y amor; dedico este trabajo de investigación a los siguientes:

A Dios, por iluminar mi camino y por cuidar de todos los seres queridos que me apoyaron con mi Título Profesional.

A mi Madre Yolanda y mi Padre Teódulo, por brindarme todo su apoyo, una buena educación con principios, virtudes y porque sé que estarán conmigo en cada etapa de mi vida, sea buena o mala, hasta nuestros últimos días.

A mi hija Samantha y a mi sobrino Williams, con la finalidad de enseñarles que el sacrificio día a día tiene su recompensa como es el alcanzar a obtener el Título Profesional y cumplir sueños o metas trazadas.

A mi esposo Saul, que sé que estará orgulloso de mí al lograr obtener mi Título Profesional y por la enseñanza que tendrá nuestra familia.

Finalmente, a mí, porque a pesar de haber estado cansada, agotada, triste, molesta y entre muchas más emociones y sentimientos, pude lograrlo, jamás me di, ni me daré, por vencida porque siempre me tendré fe.

ÍNDICE

ASESOR	xiv
AGRADECIMIENTOS	xv
DEDICATORIA	xvi
ÍNDICE	xvii
ÍNDICE DE FIGURAS	xx
ÍNDICE DE TABLAS	xxiii
RESUMEN	xxv
ABSTRACT	xxvi
INTRODUCCIÓN	xxvii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.2. Formulación del problema	7
1.1.2.1. Problema general.....	7
1.1.2.2. Formulación del problema.....	7
1.2. Objetivos	7
1.2.1. Objetivo general	8
1.2.2. Objetivos específicos.....	8
1.3. Justificación e importancia.....	8
1.3.1. Justificación teórica	9
1.3.2. Justificación metodológica.....	9
1.3.3. Justificación metodológica.....	10
1.3.4. Importancia de la investigación.....	10
1.4. Limitaciones de la investigación.....	11
1.5. Hipótesis.....	12
1.5.1. Hipótesis general.....	12

1.5.2.	Hipótesis específicas	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO		13
2.1.	Antecedentes de la investigación.....	13
2.1.1.	Antecedentes nacionales.....	13
2.1.2.	Antecedentes internacionales	15
2.2.	Bases teóricas	18
2.2.1.	Disipador de energía	18
2.2.2.	Pantallas reflectoras para preservación de canales.....	19
2.2.3.	Velocidades	20
2.2.4.	Energía específica	21
2.2.5.	Régimen de flujo.....	22
2.2.6.	Hidrología	23
2.2.7.	Dimensionamiento hidráulico	24
2.2.8.	Dimensionamiento de pantallas reflectoras	27
2.3.	Definición de términos	28
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		30
3.1.	Método y alcance de la investigación	30
3.1.1.	Métodos de la investigación.....	30
3.1.2.	Tipo de la investigación	30
3.1.3.	Enfoque de la investigación	31
3.1.4.	Nivel de la investigación	31
3.2.	Diseño de la investigación	32
3.3.	Población, muestra y muestreo.....	32
3.3.1.	Población.....	32
3.3.2.	Muestra	33
3.3.3.	Muestreo	33
3.4.	Instrumentos de investigación	34
3.4.1.	Técnicas de recolección de datos.....	34

3.4.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	34
3.4.3.	Confiabilidad.....	35
3.4.4.	Validez.....	36
3.4.5.	Procedimiento de recolección de datos	37
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		39
4.1.	Características del proyecto	39
4.1.1.	Drenaje urbano - sistema de drenaje pluvial según expediente técnico	40
4.1.2.	Hidrología del proyecto.....	41
4.2.	Análisis de las características hidráulicas del canal	43
4.3.	Diseño de canal con pantallas reflectoras.....	48
4.4.	Modelamiento hidráulico con el software Iber 2.5	50
4.4.1.	Hidrología del proyecto.....	50
4.4.2.	Cálculos hidráulicos	63
4.5.	Discusión de resultados.....	86
4.5.1.	Prueba de normalidad	87
4.5.2.	Análisis descriptivo.....	88
4.5.3.	Contrastación de hipótesis	89
4.6.	Discusión de resultados.....	96
CONCLUSIONES.....		102
RECOMENDACIONES.....		104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		105
ANEXOS		109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Huaico sepulto nueve personas y decenas de vehículos en la ciudad de Huamanga.	3
Figura 2. Fuertes precipitaciones pluviales.	3
Figura 3. Sistema de drenaje pluvial culminado.	4
Figura 4. Erosión de las paredes en canales de drenaje.	5
Figura 5. Perfil Longitudinal Jr. Llucha Llucha.	6
Figura 6. Esquema de los tipos de velocidades presenten en flujo de canales.	21
Figura 7. Cuadro de las secciones transversales típicas en canales abiertos.	27
Figura 8. Diseño optimizado de canal de pantallas deflectoras.	27
Figura 9. Ubicación del área en estudio.	39
Figura 10. Caudal total de las calles a intervenir y las cámaras de descarga.	43
Figura 11. Análisis de las características hidráulicas en el software HCANALES.	46
Figura 12. Diseño geométrico original de pantallas deflectoras.	48
Figura 13. Prueba de datos dudosos.	52
Figura 14. Gráfico estadístico de datos dudosos.	53
Figura 15. Ajuste de modelos de distribución.	54
Figura 16. Ajuste de distribución teóricas - L MOMENTOS.	55
Figura 17. Estadísticos generales.	55
Figura 18. Ventana de cálculo de la IDF con un $Tr = 25$ años.	56
Figura 19. Ecuación general de la Curva IDT.	56
Figura 20. Estadística de la tormenta de diseño.	56
Figura 21. Cuadro que muestra los parámetros morfométricos de la zona alta.	57
Figura 22. Cuadro que muestra los parámetros morfométricos de la zona baja.	57
Figura 23. Ventana de cálculo de la lluvia de diseño - Cuenca Urbana Zona Alta.	58
Figura 24. Hietograma zona alta - $Tr = 25$	58
Figura 25. Ventana de cálculo de la lluvia de diseño - Cuenca Urbana Zona Baja.	59
Figura 26. Hietograma zona baja - $Tr = 25$	59
Figura 27. Cálculo curva número, impermeabilidad y coeficiente de escorrentía de la Cuenca Urbana Zona Alta.	60
Figura 28. Cálculo curva número, impermeabilidad y coeficiente de escorrentía de la Cuenca Urbana Zona Baja.	60
Figura 29. Modelamiento hidrológico de Subcuencas Urbanas Zona Alta, para el cálculo de caudales máximos.	61

Figura 30. Caudales máximos para cada Subcuenca Urbana de la Zona Alta.	62
Figura 31. Modelamiento hidrológico de Subcuencas Urbanas Zona Baja, para el cálculo de caudales máximos.	62
Figura 32. Caudales máximos para cada Subcuenca Urbana de la Zona Baja.	63
Figura 33. Módulos de cálculo.	64
Figura 34. Dimensiones del canal de drenaje por tramos.	65
Figura 35. Dimensiones del canal de drenaje por tramos.	65
Figura 36. Dibujo en AutoCAD 3D Modeling - Cuenca Urbana Zona Alta sin pantallas deflectoras.	66
Figura 37. Dibujo en AutoCAD 3D Modeling - Cuenca Urbana Zona Baja sin pantallas deflectoras.	67
Figura 38. Sección de pantallas deflectoras.	68
Figura 39. Dibujo en AutoCAD 3D Modeling - Cuenca Urbana Zona Alta con pantallas deflectoras.	69
Figura 40. Dibujo en AutoCAD 3D Modeling - Cuenca Urbana Zona Baja con pantallas deflectoras.	70
Figura 41. Ventana donde se guarda el modelo hidráulico.	71
Figura 42. Importar - DXF.	71
Figura 43. Colapsar modelo hidráulico.	72
Figura 44. Creación de la superficie.	72
Figura 45. Resultado de la superficie en base del canal de drenaje.	73
Figura 46. Condiciones de retorno.	74
Figura 47. Asignación del hidrograma de la subcuenca urbana.	74
Figura 48. Condiciones de entrada asignados al canal de drenaje.	75
Figura 49. Condiciones de salida asignados al canal de drenaje.	75
Figura 50. Verificamos la asignación de colores.	76
Figura 51. Asignación de la rugosidad de Manning.	76
Figura 52. Asignación del tiempo de concentración.	77
Figura 53. Asignación de la malla.	77
Figura 54. Vista de malla no estructurada.	78
Figura 55. Lanzamiento de cálculo.	79
Figura 56. Modelamiento Jr. Cangallo Canal sin/con PD.	80
Figura 57. Cuadro de pérdida de velocidades Jr. Cangallo.	80
Figura 58. Modelamiento Jr. Tahuantinsuyo N° 2 sin/con PD.	81
Figura 59. Cuadro de pérdida de velocidades Jr. Tahuantinsuyo N° 2.	81

Figura 60. Modelamiento Av. Mariscal Cáceres sin/con PD.	81
Figura 61. Cuadro de pérdida de velocidades Av. Mariscal Cáceres.	82
Figura 62. Modelamiento Av. Perú N° 2 sin/con PD.	82
Figura 63. Cuadro de pérdida de velocidades Av. Perú N° 2.	82
Figura 64. Modelamiento Jr. Tahuantinsuyo N° 1 sin/con PD.	83
Figura 65. Cuadro de pérdida de velocidades Jr. Tahuantinsuyo N° 1.	83
Figura 66. Modelamiento Av. Carmen Alto N° 1 sin/con PD.	83
Figura 67. Modelamiento Pje. Lucanas sin/con PD.	84
Figura 68. Cuadro de pérdida de velocidades Av. Carmen Alto N° 1 y Pje. Lucanas.	84
Figura 69. Modelamiento Av. Perú N° 1 sin PD.	84
Figura 70. Modelamiento Jr. Llucha Llucha sin/con PD.	85
Figura 71. Cuadro de pérdida de velocidades Jr. Llucha Llucha.	85
Figura 72. Modelamiento Av. Carmen Alto N°2.	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Radio mínimo en función del caudal.	25
Tabla 2. Radio mínimo en canales abiertos para $Q < 20 \text{ m}^3/\text{s}$	26
Tabla 3. Radio mínimo en canales abiertos en función del espejo de agua.	26
Tabla 4. Áreas de drenaje asumidas como muestra.	34
Tabla 5. Validación por expertos - V de Aiken.....	36
Tabla 6. Interpretación del coeficiente de fiabilidad.....	37
Tabla 7. Datos del cálculo hidráulico y diseño de canal de drenaje.....	38
Tabla 8. Caudal de diseño propio para el sistema de drenaje pluvial.....	41
Tabla 9. Caudal de diseño total para el sistema de drenaje pluvial.	42
Tabla 10. Caudal de diseño total para el sistema de drenaje pluvial.	42
Tabla 11. Velocidades máximas en función de las características del material.....	44
Tabla 12. Velocidad máxima del agua en canales según revestimiento.....	44
Tabla 13. Velocidad máxima de erosión según su revestimiento.	44
Tabla 14. Velocidades máximas en función al material empleado.	45
Tabla 15. Velocidades máximas permitidas en canales.	45
Tabla 16. Análisis de las características hidráulicas en el canal de drenaje.	47
Tabla 17. Sección de pantallas deflectoras por cada tramo del canal de drenaje.	49
Tabla 18. Valores K_n para la prueba de datos dudosos.....	50
Tabla 19. Precipitación máxima de 24 horas.	50
Tabla 20. Base de datos del modelamiento en software Iber 2.5 para la zona alta y baja.	86
Tabla 21. Hipótesis planteadas para determinación de normalidad en los datos.	87
Tabla 22. Prueba de normalidad por dimensión.....	88
Tabla 23. Estadística descriptiva de la muestra.	88
Tabla 24. Planteamiento de hipótesis específicas y regla de decisión para la evaluación de capacidad de disipación por CPD.	89
Tabla 25. Resultados de Rangos de Wilcoxon en velocidades máximas pre y post test. .	90
Tabla 26. Resultados de descriptivos e inferenciales en dimensión velocidades máximas del CPD.	90
Tabla 27. Resultados de Rangos de Wilcoxon en energía específica pre y post test.	91
Tabla 28. Resultados de descriptivos e inferenciales en dimensión energía específica del CPD.....	92
Tabla 29. Descripción estadística para tirante (TH) y energía cinética (EC).....	93

Tabla 30. Resultados de Rangos de Wilcoxon en régimen de flujo pre y post test.....	94
Tabla 31. Resultados de descriptivos e inferenciales en dimensión régimen de flujo del CPD.....	94
Tabla 32. Resumen de Prueba de Wilcoxon para la evaluación de capacidad de disipación por PD.....	95

RESUMEN

El siguiente trabajo tuvo el objetivo de comprobar la disipación de energía mediante el empleo de pantallas deflectoras, por lo que se aplicó un modelo hidráulico en el proyecto del sistema de canal de drenaje en distrito de Carmen Alto en la región de Ayacucho que constó con un sistema de drenaje pluvial, con el fin de preservar su correcto funcionamiento.

Se verificaron las velocidades en el canal de drenaje del expediente técnico, las cuales superan la velocidad máxima erosiva permisible, la cual a largo plazo traería consecuencias como es la erosión del concreto en las paredes bajas internas del canal de drenaje, lo cual conlleva a que la estructura se vea afectada tanto así en la vida útil de la estructura, el funcionamiento y así también malestar en la población. En base a ello, se propuso una mejoría en los canales con el empleo de Pantallas Deflectoras comprobando la disminución de velocidades (6.7531 ± 0.09 m/s a 1.3429 ± 0.65 m/s), energía específica (3.2195 ± 0.59 m - 0.8977 ± 0.37 m) y modificación del régimen de flujo (2.6202 ± 0.48 - 0.2890 ± 0.26), obteniendo buenos resultados mediante el programa Iber 2.5.

En conclusión, se lograron ver las distintas estrategias y los problemas que causa un expediente técnico exiguo, pero la finalidad de la ingeniería es explotar el ingenio lo máximo posible para solucionar problemas al momento, logrando así la ejecución de un buen proyecto en calidad.

Palabras clave: pantallas deflectoras, erosión del concreto, disipadores de energía.

ABSTRACT

The following work had the objective of verifying the dissipation of energy through the use of deflecting screens, for which a hydraulic model was applied in the drainage channel system project in the Carmen Alto district in the Ayacucho region, which consisted of a storm drainage system, in order to preserve its proper functioning.

It was verified the velocities in the drainage channel of the technical file which exceed the maximum permissible erosive velocity that in the long term would bring consequences such as the erosion of the concrete in the internal low walls of the drainage channel which leads to the structure being affected both in the useful life of the structure, the operation and also discomfort in the population. Based on this, it is proposed an improvement in the channels with the use of Deflector Screens proving the decrease of velocities (6.7531 ± 0.09 m/s to 1.3429 ± 0.65 m/s), specific energy (3.2195 ± 0.59 m - 0.8977 ± 0.37 m) and modification of the flow regime (2.6202 ± 0.48 - 0.2890 ± 0.26), obtaining good results using the program Iber 2.5.

In conclusion, it was possible to see the different strategies and the problems caused by a meager technical file, but the purpose of engineering is to exploit the ingenuity as much as possible to solve problems at the moment, thus achieving the execution of a good quality project.

Keywords: deflection screens, concrete erosion, energy dissipators.

INTRODUCCIÓN

El diseño y control de estructuras de disipación de energía para mitigar los efectos destructivos de flujos de agua influenciados por orografías con pendientes superiores al 20 % requiere de una mayor profundización en sus alcances y limitaciones, sobre todo, cuando se trata de canales de subdrenaje que captan caudales considerables y que son generados por escorrentía. Ante ello, se plantea estudiar el cambio en las velocidades medias del flujo, energía específica y régimen de flujo, a partir de la inclusión de Canales con Pantallas Deflectoras (CPD), esto con el objetivo de comprobar que la aplicación del CPD aumenta la capacidad de disipación de energía y, por ende, mejora las condiciones preservación de la estructura hidráulica existente, específicamente, en canales de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.

Bajo este contexto, se opta por el uso de un modelo matemático para el cálculo y simulación del comportamiento hidráulico de canal de subdrenaje pluvial. El entorno virtual elegido es el software Iber 2.5.2 para la generación de caudales y modelación de la geometría del proyecto en estudio, los procedimientos asumidos para este fin siguen las consideraciones de GIAMA y FLUMEN (1) para la caracterización de las ecuaciones que gobiernan el modelo hidrodinámico, de transporte de sedimentos y de turbulencia. Además, se profundiza en los conceptos plasmados por Chow (2) y Naudascher (3) sobre los alcances de la energía específica en estructuras de control y disipación de energía, así como, el estudio del comportamiento de torrente y río en el régimen de flujo característico, para la determinación del procedimiento de diseño del CPD.

El trabajo de investigación consta de cinco capítulos que se estructuran de la siguiente manera: el primer capítulo se enfoca en el planteamiento del problema, donde se describen las particularidades de la zona de estudio, se justifica la importancia del estudio, se establecen los objetivos y se formulan las hipótesis. En el segundo capítulo se presenta el marco teórico que sustenta el estudio, detallando los antecedentes relacionados y las bases teóricas utilizadas para la modelación hidráulica, el manejo de datos de la hidrología del proyecto y la elección de la velocidad máxima permisible, así como los términos clave empleados. El tercer capítulo describe el diseño metodológico, especificando el método, tipo y alcance del estudio, presentando una caracterización de la población y describiendo la muestra y el tipo de muestreo empleado, además de desarrollar las técnicas e instrumentos de investigación, incluyendo la determinación de la confiabilidad y la validez. En el cuarto capítulo se presentan los resultados de la modelación, tanto sin como con

CPD, para analizar los cambios realizados mediante la Prueba de Rangos de Wilcoxon, con lo que se contrastan las discusiones. Finalmente, se exponen las conclusiones y recomendaciones obtenidas del estudio.

La autora.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Existe un gran interés por proveer alternativas tecnológicas en cuanto a la preservación de estructuras hidráulicas, ya que existe una mayor exigencia de uso para componentes que suelen cubrir algún tipo de riesgo (4). En el caso de una red de canales de drenaje pluvial, se prevé una necesidad por desaguar la fracción de la escorrentía superficial que puede provocar inundaciones y, por ende, perjudicar a la habitabilidad de un entorno urbano, esto es aún más incisivo si se tratan de caudales hidrológicos considerables (5). Cuando la red de drenaje pluvial se ve sobrepasada en su capacidad debido a estos caudales hidrológicos, se pueden llegar a consecuencias de un rápido deterioro de la estructura y un malestar generalizado en la población.

Por tal motivo, la eficiencia de disipación mediante la incorporación de componentes geométricos se ha mostrado como una posible solución ante los procesos destructivos provocados por factores como una pendiente excesiva que influye en el aumento exponencial de la carga dinámica y su relación directa con velocidades que superan el límite admisible para no comprometer a la estructura. Entonces, las particularidades de la topografía difícil son, en todo caso, una característica común en espacios

urbanos desarrollado en zonas andinas, siendo que las pendientes de diseño suelen superar el 20 % (6).

En el caso ecuatoriano, la ciudad de Quito estimó áreas críticas debido a su sobrepoblación y ubicación en zonas de riesgos por inundación, siendo la más afectada la zona baja de la ciudad. Los caudales calculados para un periodo de retorno de 50 años superaron $8.5 \text{ m}^3/\text{s}$, siendo que las estructuras hidráulicas de drenaje fueron colapsadas en más de una ocasión (7). En cuanto a la importancia de la morfología de cuenca plasmada en el desarrollo urbano, la cuenca del Bogatell en Barcelona, presenta una generación de caudales pico de hasta $350 \text{ m}^3/\text{s}$ en las zonas de mayor riesgo por inundación (8), este escenario está directamente relacionado con el deterioro rápido de la superficie en contacto con el fluido, siendo que los impactos de gran magnitud erosionan rápidamente las paredes interiores de la red drenaje.

De esta manera, el miércoles 16 de diciembre del 2009, entre las 17:20 y 18:30 horas aproximadamente, a consecuencia de las intensas precipitaciones pluviales acompañadas con granizada, ocasionaron el deslizamiento de piedras y lodos causando nueve muertes, heridos y varios vehículos sepultados en el Jr. 28 de Julio con la Calle San Martín, aquel incidente dio cabida a pensar en el sistema de drenaje pluvial el mismo que hasta la actualidad está evitando inundaciones en la ciudad que consiste en un sistema de acumulación de aguas pluviales que discurren por debajo de las calles por un canal, tapados con una especie de rejillas de concreto.



Figura 1. Huaico sepulto nueve personas y decenas de vehículos en la ciudad de Huamanga.

Fuente: tomado de RPP Noticias.

A las autoridades y entidades de la Ciudad de Carmen Alto les preocupa el manejo del agua de lluvia, particularmente en el Centro Histórico. Como resultado de dicha preocupación, se han emprendido proyectos para canalizar parcialmente las corrientes fluviales más importantes, como la Alameda Zona I, aunque estas estructuras aún permiten que el curso del agua siga su curso natural.



Figura 2. Fuertes precipitaciones pluviales.

Fuente: cotejo propio.

La finalidad de construir el Sistema de Colectores de Drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto es evitar que las aguas de lluvia y los sólidos arrastrados por ellas lleguen al Centro Histórico de la ciudad. Esto tiene como objetivo evitar daños en las propiedades privadas, la sedimentación en las calles y el colapso del alcantarillado.

La gestión del drenaje pluvial urbano está relacionada con cuestiones ambientales, que incluyen diversos factores relacionados con las condiciones de vida, como la calidad del agua, la calidad y seguridad alimentaria, el aire, el ruido, el entorno visual, la pérdida de tierras agrícolas, el uso y conservación de la biodiversidad, las relaciones de convivencia, entre otros.

Con la ejecución del proyecto se brindará adecuado nivel de integración socio económico de las poblaciones afectadas y otras poblaciones del distrito de Carmen alto, los mismos que han sido azotados por la violencia política y social, el proyecto en mención nace como respuesta a la petición formulada por las organizaciones representativas del Sector de AA.HH. Carmen alto Zona I y Zona II, Centro Poblado de Quicapata, Pueblo Joven Vista Alegre.



Figura 3. Sistema de drenaje pluvial culminado.

Fuente: cotejo propio.

En consecuencia, por la topografía y el desnivel que presenta el área del proyecto es necesario la instalación de “disipadores de energía” en el canal de drenaje urbano para evitar la erosión del concreto por las mismas pendientes que han sido consideradas para su diseño; estos disipadores de energía tienen una función muy importante como elemento de un canal ya que disminuyen las velocidades con que el fluido se transporta para su evacuación.



Figura 4. Erosión de las paredes en canales de drenaje.

Fuente: cotejo propio.

En la siguiente figura se muestra una de las calles que componen el proyecto, el tramo del Jr. Lucha Lucha en la cual se tiene el perfil longitudinal identificando así las pendientes con las cuales elaboraron el diseño para el canal. Al tener altas pendientes o pendientes pronunciadas el fluido pluvial descenderá con velocidades altas, mayores a las permisibles, las cuales generan grandes impactos en las paredes del canal teniendo como consecuencia a largo tiempo la presencia de patologías del concreto y en el peor de los casos la corrosión del acero, ocasionando el desgaste prematuro de la estructura.

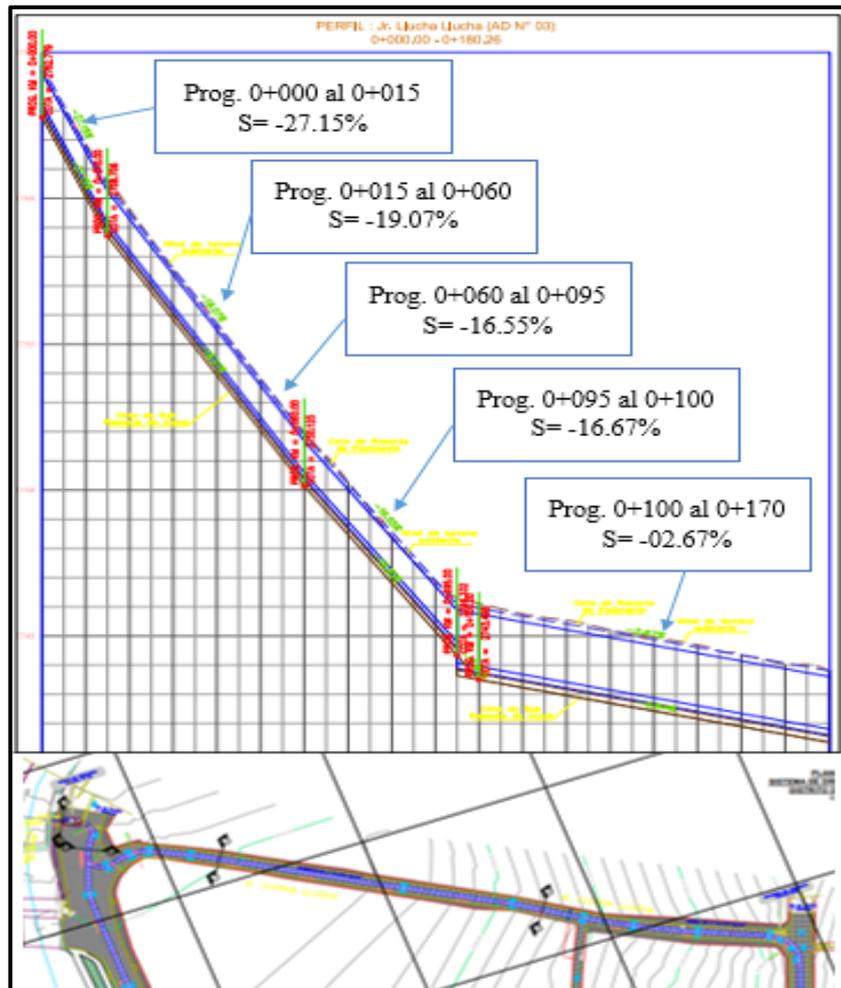


Figura 5. Perfil Longitudinal Jr. Llucha Llucha.

Fuente: adaptación de lo propuesto en el expediente técnico.

Se tiene en cuenta que el proceso constructivo es un factor muy importante para la estabilidad del proyecto, ya que está compuesta por el canal de drenaje, instalación de red de alcantarillado, instalación de agua potable y finalmente el pavimento rígido, sin embargo, por la misma experiencia al momento de desencofrar se tiene la presencia de las cangrejas, muchas veces éstas son cubiertas con la mezcla de cemento y agua, no obstante, el impacto del fluido con las paredes bajas del canal provocará la erosión dañando la estructura, influenciando así dos factores importantes; las funciones como canal de drenaje pluvial y la vida útil de la estructura, las cuales éstas generarían molestias a futuro indirectamente en la población beneficiaria.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿En qué medida la disipación de energía mediante el empleo de pantallas deflectoras influye en la preservación de los canales de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga, de tal manera que se pueda comprobar que existe una disminución de los efectos destructivos producido por el impacto de fluidos con respecto a las paredes internas?

1.1.2.2. Formulación del problema

- ¿En qué medida la disipación de energía mediante el empleo de pantallas deflectoras reduce las velocidades máximas del fluido siendo que se mitigan los efectos erosivos producidos por valores de velocidades no admisibles para el tipo de revestimiento del canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga?
- ¿En qué medida la disipación de energía mediante el empleo de pantallas deflectoras modifica la energía específica siendo que se puede comprobar una alteración en la carga dinámica y el tirante hidráulico en el canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga?
- ¿En qué medida la disipación de energía mediante el empleo de pantallas deflectoras modifica el régimen de flujo siendo que se puede comprobar una variación en el número adimensional de Froude con respecto al comportamiento del fluido en el canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Comprobar que el empleo de pantallas deflectoras aumenta la disipación de energía y mejora la preservación de los canales de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga, de tal manera que existe una disminución de los efectos destructivos producidos por el impacto de fluidos.

1.2.2. Objetivos específicos

- Comprobar la influencia del empleo de pantallas deflectoras en el cambio de las velocidades máximas del fluido siendo que se verifican las velocidades admisibles para revestimiento de concreto armado en el canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.
- Comprobar la influencia del empleo de pantallas deflectoras en la modificación de la energía específica siendo que se puede verificar una alteración en la carga dinámica y el tirante hidráulico con respecto a la configuración geométrica del canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.
- Comprobar la influencia del empleo de pantallas deflectoras en la modificación del régimen de flujo siendo que se puede verificar una alteración en el número adimensional de Froude con respecto al comportamiento del fluido del canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.

1.3. Justificación e importancia

La situación climatológica afecta a la sierra y selva del Perú cuando se habla de lluvias torrenciales; se necesitan evacuar esas aguas de la esorrentía pluvial de manera en la que se pueda evitar que las aguas pluviales y los sólidos transportados por la esorrentía lleguen al Centro Histórico de la ciudad, ocasionando daños en las propiedades privadas, sedimentación en las calles, ocasionando pérdidas humanas, atorando y colapsando el alcantarillado.

A consecuencias de tales actividades, se implementaron estructuras de canales de drenaje pluvial para su buena evacuación; estas estructuras deben estar diseñadas en función a los datos topográficos, estudios hidráulicos y estudio de suelos cumpliendo normas establecidas para su buena calidad y funcionamiento. Se sabe que los expedientes técnicos pasan por un proceso para su ejecución y los tiempos y climas varían; en la ejecución del proyecto se pudo ver las fuertes lluvias torrenciales que afectó al proyecto, en base a ello, se hizo el recalcu del diseño de los canales teniendo como resultado que las velocidades del canal del drenaje superan la velocidad máxima permisible.

Una iniciativa vital para garantizar la estabilidad del canal evacuador y su seguridad es la implementación de disipadores de energía, lo cual requerirá explorar nuevas soluciones. Este enfoque proporcionará beneficios significativos a la población mediante la extensión de la vida útil del canal, lo que a su vez contribuirá a reducir los gastos futuros y minimizar las pérdidas económicas asignadas a mejorar la calidad de vida de la comunidad; aunque será necesario aumentar el presupuesto inicial para llevar a cabo esta propuesta, sus beneficios son invaluable.

1.3.1. Justificación teórica

Existe un desarrollo teórico bastante amplificado para disipadores de energía como escalones o poza de bandejas, no obstante, las pantallas deflectoras representan un aspecto particularmente atractivo por sugerir menor coste de implementación. Bajo esta noción, se hace necesario profundizar en las especificaciones teóricas que complementan el diseño de este tipo de disipadores de energía, en todo caso, la evaluación de los componentes que conforman un análisis aproximado de esta alternativa tecnológica permite perfeccionar un procedimiento de diseño que cumpla con los requisitos de factibilidad y sustentabilidad.

1.3.2. Justificación metodológica

Dotar de una base de datos ajustada a una modelación geométrica y de comportamiento hidráulico podrá dar mayores nociones en la etapa de

proceso constructivos de canales de drenaje pluvial, además, permitirá los resultados de la investigación que se orientan en solventar una posible alternativa de solución directa para la mejora de la preservación de estructuras hidráulicas de drenaje. Por otro lado, la posibilidad de cuantificar la eficiencia de disipación de una pantalla deflectora bajo condiciones de canales a pendientes considerables, permitirá evaluar la factibilidad de su implementación en el lugar de estudio.

Por otra parte, conociendo las especificaciones en la disipación de energía de las pantallas deflectoras para canales de drenaje pluvial urbano para dicha zona, se podrá mejorar de manera eficiente la evacuación de la escorrentía proveniente de las precipitaciones pluviales, teniendo en cuenta que estos disipadores preservaran la estructura manteniendo su buen funcionamiento, teniendo en cuenta que la obra está conformada por, el sistema de alcantarillado, instalación de agua potable, etc.

1.3.3. Justificación metodológica

Asegurar la precisión y validación de instrumentos para el modelamiento adecuado de la hidráulica y la composición geométrica de las estructuras de drenaje pluvial, representa tres hitos importantes, la similitud geométrica, cinemática y dinámica, siendo que el software Iber 2.5 permitirá calibrar posibles diferencias entre el modelo físico que incluye pantallas deflectoras y el que no. Además, se tiene en cuenta que el canal de drenaje pluvial urbano en la ciudad de Ayacucho, se constituye como un ejemplo para diferentes zonas a nivel nacional (sierra, selva) donde se tiene un clima lluvioso y topografías desfavorables. A través de esta investigación, se tiene como propósito que los expedientes técnicos no sean exiguos, así también, se puedan ampliar las normas en cuanto a drenaje pluvial y normas en cuanto a los disipadores de energía.

1.3.4. Importancia de la investigación

El adecuado diseño y control de disipación de energía en estructuras hidráulicas de subdrenaje pluvial urbano, contempla una necesidad inherente por preservar la funcionalidad y ampliar lo más posible el tiempo de vida útil, puesto que, ante escenarios de lluvias extraordinarias, es necesario que la red de subdrenaje se comporte de forma satisfactoria para evacuar los flujos de agua que, ante condiciones normales, dañarían el sector aledaño que se pretende proteger. Entonces, la aplicación del CPD partió del contexto específico de influencia de orografía accidentada, con pendientes mayores a 20 %, en el incremento de velocidades que elevan los niveles de erosión en los canales de subdrenaje, ante ello, radica la importancia de profundizar en la efectividad del CPD y su capacidad de trasladar el desgaste de la estructura interna y aumentar la disipación de energía a través de los elementos flectados. Además, se considera importante ampliar los conocimientos ya adquiridos como aporte a los procedimientos de diseño validados del CPD.

1.4. Limitaciones de la investigación

Las principales restricciones que se percibieron durante el desarrollo de la investigación fueron las siguientes:

- Las normas nacionales en cuanto a los temas de saneamiento, más cuando se habla de drenaje pluvial, son limitantes, por lo que se tuvo que recurrir a fuentes internacionales para poder desarrollar el marco teórico y dar sustento científico a la operacionalización de las variables.
- Dificultad de acceso a la información del expediente técnico y acceso a obra para poder evidenciar el proceso constructivo y poder contar con más experiencia sobre el tema a tratar ya que la información en cuanto a los diseños de disipadores de energía es limitada.
- No existen normas peruanas, reglamentos o leyes cuando se toca el tema de Disipadores de Energía Hidráulica.
- Se hace uso de un modelo numérico computacional para la generación de las condiciones hidráulicas del canal de drenaje pluvial que incluye pantallas deflectoras, por lo que se genera un modelo hidráulico a escala.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

El empleo de pantallas deflectoras como disipadores de energía mejora la preservación de canales de drenaje pluvial al reducir los efectos destructivos generados por el impacto de fluidos, siendo que se comprueba una reducción de las velocidades máximas, una modificación en la energía específica y cambio de régimen de flujo en la red de canales de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.

1.5.2. Hipótesis específicas

- Se comprueba que la disipación de energía mediante el empleo de pantallas deflectoras reduce las velocidades máximas del fluido siendo que se mitigan los efectos erosivos producidos por altas velocidades, por ende, se estima que se producen velocidades menores al valor máximo admisible para revestimiento de concreto armado en el canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.
- Se comprueba que la disipación de energía mediante el empleo de pantallas deflectoras modifica la energía específica siendo que existe una disminución de la carga dinámica y aumento del tirante hidráulico debido a la influencia de la pérdida de energía cinética en el canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.
- Se comprueba que la disipación de energía mediante el empleo de pantallas deflectoras modifica el régimen, siendo que existe un cambio de un flujo supercrítico a un subcrítico y se puede verificar mediante el análisis del número adimensional de Froude con respecto al comportamiento del fluido en el canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes nacionales

El objetivo del estudio titulado "Evaluación de un sistema disipador de energía en el canal evacuador de aguas pluviales para la defensa ribereña, Talara - 2021" fue examinar cómo un sistema disipador puede reducir la energía del canal evacuador de aguas pluviales para proteger la ribera. La metodología empleada fue cuantitativa y de tipo explicativo. Los resultados del cálculo del pozo amortiguador indicaron que los efectos se encontraban dentro del rango de velocidades del caudal establecido por el Reglamento Nacional de Edificaciones, no obstante, durante el cálculo de la transición de sección transversal, se reveló que la velocidad del canal con el disipador instalado era similar a la del canal sin disipador, lo que incumplía la normativa. En definitiva, se concluyó que la integración del pozo amortiguador disminuyó la velocidad del flujo de agua en más del 30 % (9).

El objetivo del estudio titulado "Análisis experimental de disipación de energía de las corrientes de agua en canales de concreto de 100 % de pendiente empleando pantallas deflectoras" fue evaluar si hay una diferencia significativa en la disipación de energía en canales de concreto con una pendiente del 100 %, con y sin pantallas deflectoras. La metodología empleada fue cuantitativa, descriptiva y de nivel experimental.

Como resultado, se desarrolló un procedimiento de diseño que considera las medidas del canal a un ángulo de 45° con respecto al eje longitudinal y un caudal constante. A partir de mediciones del tirante de flujo realizadas cada 0.10 m, se calculó la velocidad del flujo y se determinó la energía específica del canal con pantallas deflectoras, comparándola con la energía de flujo del canal sin pantallas deflectoras. Como conclusión, se encontró que las pantallas deflectoras pueden ser un disipador de energía eficaz en canales de concreto con una pendiente del 100 %, aunque su eficacia es moderada en comparación con un canal sin pantallas deflectoras. En definitiva, se puede afirmar que el uso de pantallas deflectoras es una buena elección como disipador de energía en un canal de concreto con una pendiente del 100 % (10).

El propósito de la investigación titulada "Diseño de un modelo físico hidráulico para disipar energía en un canal con pantallas deflectoras" consistió en desarrollar un modelo hidráulico que emplea pantallas deflectoras para disipar la energía del canal. La metodología usada fue de enfoque cuantitativo y se enfocó experimentalmente en explicar el comportamiento de las pantallas deflectoras en un modelo hidráulico para reducir la energía en una pendiente específica. Los resultados demostraron que las pantallas deflectoras ubicadas en un ángulo de 67.5° lograron disipar la energía de manera eficiente aguas abajo en pendientes máximas del 50 %. En consecuencia, se concluyó que instalar disipadores con pantallas deflectoras a una distancia específica resulta en una mayor eficiencia, lo que aumenta los costos de construcción, pero al mismo tiempo prolonga la vida útil de la estructura hidráulica, permitiendo que el proyecto se mantenga a largo plazo (11).

El objetivo del estudio titulado "Optimización de la disipación de energía usando el modelo físico de la Bocatoma Miraflores" fue llevar a cabo una investigación adicional sobre la disipación de energía en la Bocatoma Miraflores. Estas opciones se desarrollaron en base a diseños iniciales extraídos de referencias bibliográficas y se probaron en campo abierto después de su construcción. La sección modelada se extendió a lo largo de 1900 metros aguas arriba y 500 metros aguas abajo del eje de la bocatoma sin estructuras, mientras que, para las condiciones con

estructuras, se llegó al eje de la compuerta móvil de desbordamiento. Los ensayos sin estructuras se utilizaron para definir las condiciones de borde del modelo físico, mientras que los ensayos con estructuras se emplearon para evaluar la capacidad de descarga (con un caudal máximo de 600 m³/s) y la capacidad de absorción (de 22 m³/s). En base a estos experimentos, se logró optimizar satisfactoriamente el diseño hidráulico del sistema de disipación de energía de la Bocatoma Miraflores (12).

En la investigación titulada "Evaluación hidráulica de la disipación de energía en cuatro tipos de cuencos amortiguadores, bajo condiciones de flujo variable" se tuvo como objetivo determinar la eficacia de la disipación de energía hidráulica en los diferentes tipos de cuencos amortiguadores (Tipo I, II, III y IV). La metodología utilizada fue experimental y se llevaron a cabo pruebas en laboratorio bajo seis condiciones de flujo diferentes. Los resultados indicaron que el Tipo III del cuenco amortiguador obtiene los mejores resultados para la disipación de energía, aunque su principal desventaja es que la longitud del resalto hidráulico supera la longitud del cuenco para los caudales fuera del diseño. Por otro lado, el Tipo IV del cuenco amortiguador obtuvo los mayores valores de disipación de energía para todos los caudales evaluados, ya que logró un mejor flujo restituído aguas abajo gracias a los resaltos hidráulicos formados dentro del cuenco. En conclusión, se determinó que el cuenco amortiguador Tipo III ofrece el mejor rendimiento en términos de disipación de energía (13).

2.1.2. Antecedentes internacionales

En la investigación titulada "Estudio hidráulico de un canal rectangular con pantallas deflectoras para pendientes del 15 %, 25 %, 35 %, 45 % y 55 % como disipador de energía" se desarrolló un análisis iterativo del comportamiento hidráulico de un canal a diferentes pendientes, en todo caso, su objetivo fue realizar un estudio hidráulico de un canal de sección rectangular a partir de los efectos de pantallas deflectoras en su comportamiento de flujo. Para ello, el estudio siguió una metodología descriptiva siendo que busco la realización de una modelación a diferentes caudales (2 L/s, 5 L/s, 8 L/s y 10 L/s), siendo que existieron un total de 230

modelaciones para variables definidas. Para la modelación matemática se utilizó el software HECRAS 4.1.0 y los resultados obtenidos se compararon con la modelación física, siendo que se encontró una incompatibilidad entre ambas, además se evaluó la eficiencia de la estructura con diferentes configuraciones para el dissipador de energía. Se concluye que existe una discrepancia significativa entre los resultados del modelamiento número y la modelación física (14).

El estudio titulado "Manual de diseño y guía de cálculo de canales escalonados (dissipadores de energía)" tuvo por objetivo proporcionar a los expertos en hidrología e hidráulica una guía útil en diferentes proyectos mediante la elaboración de un manual de diseño y una guía de cálculo para diseñar canales de disipación de energía del tipo escalonado. Para llevar a cabo el informe, se realizó una revisión bibliográfica de diferentes autores con el fin de determinar cómo las dimensiones del canal y el dissipador afectan el proceso de diseño. Como resultado, se elaboró una esquematización del proceso de diseño de estos dissipadores de energía, que fueron clasificados según su eficacia. El informe concluyó que los canales con escalones y régimen de flujo rasante no solo disipan la energía a lo largo del canal, sino que también reducen el riesgo de cargas hidráulicas máximas e inestabilidades hidrodinámicas en pendientes elevadas (4).

El objetivo del estudio titulado "Evaluación de la eficiencia en disipación de energía en estructuras hidráulicas construidas con gaviones y material reciclado (neumático usado) mediante modelamiento físico a escala reducida" fue examinar el rendimiento de los dissipadores de energía y su proceso de construcción, utilizando no solo concreto convencional, sino también materiales alternativos como neumáticos usados y gaviones. Se realizaron pruebas en dos modelos de estructuras existentes: una construida con concreto y la otra con neumático usado y gaviones hechos de grava fina y malla de plástico a escala reducida. Los resultados indican que la utilización de neumáticos usados como revestimiento en estructuras hidráulicas de tipo canal escalonado y caída presenta un comportamiento de flujo similar al de la construcción de concreto en términos de tipo de flujo (nappe flow) y ofrece una capacidad de disipación de energía superior al

92 %. Por otro lado, esta técnica permite reducir costos en un 18.5 % y tiene un impacto económico y ambiental positivo, ya que aprovecha materiales no biodegradables (5).

En la investigación denominada "Eficiencia en la disipación de energía en estructuras para cambio simultáneo de nivel y dirección en sistemas de alcantarillado en ciudades andinas" se tuvo como objetivo disipar la energía en dos estructuras: el Descargador a Vórtice y el Pozo de Bandejas, debido a los cambios de nivel experimentados. Para alcanzar esta meta se llevó a cabo una metodología preexperimental que utilizaron dos alternativas de solución equivalentes a escala 1:4. Después de realizar experimentos en el laboratorio, se comparó la eficiencia en disipación de energía obtenida en las dos estructuras y se dieron algunas recomendaciones para su diseño e implementación. Los resultados demostraron que el Pozo de Bandejas fue la estructura más eficiente para la disipación de energía (6).

El propósito de la investigación titulada "Metodología para el diseño de canales escalonados, disipadores de energía, empleados en drenaje urbano, basada en modelación física" fue describir la importancia de los canales escalonados en las presas de concreto, que son objeto frecuente de estudios sobre su comportamiento de flujo. Su propósito fue también elaborar una metodología de diseño unificada de canales escalonados para su aplicación en el drenaje urbano. Para lograr esto, la investigación detalla un enfoque metodológico que incluyó dos experimentos de montaje en el laboratorio de un canal rectangular con diferentes caudales y pendientes. En base a los resultados obtenidos, se planteó una propuesta metodológica que abarca el diseño de canales escalonados en dos regímenes de flujo: el régimen rasante, que logra una disipación de energía del 50 %, y el régimen saltante, que alcanza una disipación del 94 % (15).

En la investigación titulada "Verificación hidráulica de las alcantarillas de las vías del conjunto mesa de yeguas, ubicado en el municipio de Anapoima, por medio del programa HY-8" se tuvo como objetivo llevar a cabo la verificación hidráulica del sistema de drenaje de alcantarillado que evacua aguas pluviales. Se desarrolló una metodología que utilizó la modelación en el programa HY-8 para analizar las diferentes alcantarillas

existentes teniendo en cuenta las condiciones topográficas. Como resultado, se examinaron los diferentes tipos de flujo en la entrada y salida de las 16 alcantarillas existentes, siendo la mayoría de ellos subcríticos. En consecuencia, se recomendó la utilización de disipadores de energía escalonados, como bloques o baffles de concreto o dados de concreto, con el fin de evitar cualquier posibilidad de socavación en la salida de cada una de estas alcantarillas (16).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Disipador de energía

Se puede disipar la energía de diferentes maneras; aquello va a depender de la estructura que se construirá o de la estructura ya construida, de igual manera depende de las pendientes, dimensiones, el material a la cual llegará la descarga si el material es roca o material suelto, el tamaño de la estructura, etc.; aquello engloba a factores que influyen mucho en la selección de un disipador de energía. En cuanto a las características de disipadores de energía, se les puede clasificar con expansiones y desviaciones bruscas, por turbulencia, induciendo al flujo en spray, bloques de impacto y por escalones.

Según Pardo (17 pág. 109), al desprenderse el agua de una presa y caer sobre una vertedera o un aliviadero, su energía cinética aumenta fuertemente en la parte inferior debido a la gran diferencia de altura que existe entre los extremos de dichas estructuras. Esta energía potencial se transforma en energía cinética a medida que el flujo desciende hasta el nivel de la descarga. Si el agua se vertiera directamente en el canal de salida, se crearía una erosión importante que podría amenazar la estabilidad del propio aliviadero y del terraplén o cortina que forma la presa, sobre todo si la descarga ocurre muy cerca de ellas.

Los disipadores con bloques de impacto disipan la energía por impacto, lo que hay que ser cuidadosos en su diseño debido a que estos bloques pueden cavitarse y así ocasionar la falla de la obra. Por último, se tienen los

disipadores de energía por escalones, estas son de gran uso en rápidas y resultan ser de gran eficiencia y fácil construcción, se pueden citar aquí las soleras dentadas.

2.2.2. Pantallas reflectoras para preservación de canales

En la actualidad, existen diferentes maneras de disipar la energía de un canal sea al inicio del canal, al final del canal o a lo largo del canal, para lo cual se tiene en cuenta que existen diferentes tipos de disipadores de energía según el proyecto a ejecutar, por lo que se conceptualiza solo disipadores de energía que se ve por conveniente para la implementación en el canal ya existente en el distrito de Carmen Alto respetando las dimensiones y cálculos hidráulicos.

Las pantallas deflectoras siguen una consideración similar a los bloques de impacto, donde se emplean dados o cubos para moderar la energía cinética en los canales que están colocados antes de un resalto hidráulico y seguido por un colchón disipador. En el caso de los drenajes pluviales, la profundidad en el canal es muy variable, imposibilitando diseñar una estructura con un valor específico, donde la estructura funcione correctamente y de la misma manera se pueda controlar el resalto hidráulico como disipador al final de la rápida, por ende, se realiza una disposición de estos cubos flectados a una distancia patrón calculada.

Mayormente, se utiliza en un canal de sección rectangular y fondo liso lo cual consiste colocar deflectores en un ángulo de 45° con el eje del canal, que actúen como difusores. Finalmente, los deflectores desvían el flujo lateralmente ralentizando la velocidad en el caso de que el caudal sea pequeño y no desborde la altura de las pantallas, y si el flujo es alto actúan como rugosidad permitiendo disipar la energía cinética en el fondo de la estructura.

Además, requiere un especial diseño ya que disipan el flujo durante todo el tramo del canal y no al pie de esta, se adapta en casos donde los conductos presentan pendientes pronunciadas entre el 10 % y el 50 %. Asimismo, mantiene constantemente la capacidad del canal ya que la

disipación de la energía se produce por un cambio de dirección del flujo dentro del mismo, por lo que se adapta a las sinuosidades de los perfiles sin necesidad de alterar la sección del canal. Además, dado que el diseño de la estructura no tiene bordes horizontales ni espacios de estancamiento, evita la deposición de materiales suspendidos y la obstrucción por elementos flotantes.

2.2.3. Velocidades

Muchas veces, las definiciones de velocidades para el diseño de un canal revestido lo toman como irrelevantes, sin embargo, este tema es muy importante ya que en función a ello dependerá la estabilidad de la estructura y el buen funcionamiento durante su vida útil.

Se debe tener presente que las velocidades mínimas evitan el depósito de materiales, así también, el crecimiento de plantas como algas o musgos y las velocidades máximas permisibles eviten la erosión en la superficie del canal o en su defecto el levantamiento de los bloques de revestimiento.

Según Chow (2 pág. 162), se llama velocidad no erosionante o velocidad máxima permisible a la velocidad promedio más elevada que no causará daño al cuerpo del canal debido al proceso de erosión. Aunque, esta velocidad no es confiable y es muy variable, y solo puede ser estimada a partir de la experiencia y el criterio.

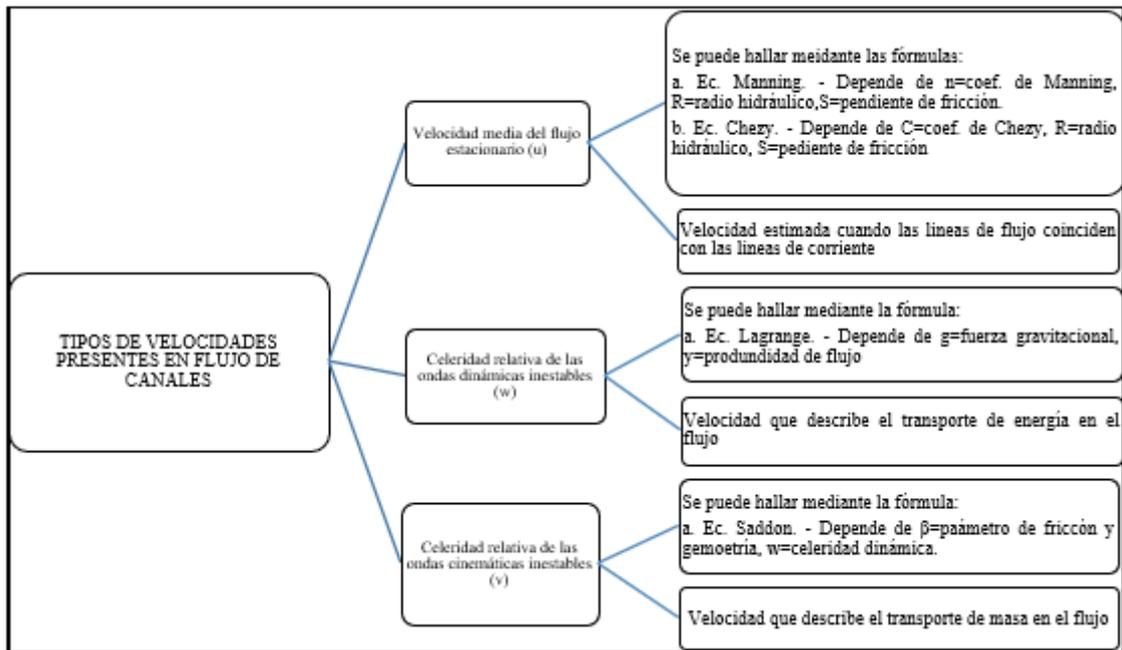


Figura 6. Esquema de los tipos de velocidades presentes en flujo de canales.

Fuente: adaptación propia.

2.2.4. Energía específica

La energía específica se entiende como la energía por unidad de peso del fluido en un punto de fondo dado del canal, siendo que se compone por la carga dinámica y el valor del tirante hidráulico. La energía específica es esencial para determinar tirantes críticos, siendo este un indicador entre el cambio de régimen subcrítico y supercrítico.

Para Naudascher (3), la energía específica permite estimar una comparativa en la alteración de la energía cinética a partir de la inclusión de estructuras de disipación a la largo del desarrollo longitudinal del canal. Entonces se estima una tendencia entre el ligero aumento del tirante y una disminución de la energía cinética. Este valor, además, es dependiente de la velocidad, en todo caso, la influencia de la pendiente también se toma en cuenta. Entonces, la energía específica se puede calcular de la siguiente manera, cuando se consideración el efecto Coriolis:

$$E = y + \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

Donde:

*v = velocidad media del flujo estacionario.

*g = aceleración gravitacional (9.81 m/s²).

*y = profundidad del flujo; que también puede expresarse como "D".

*D = profundidad hidráulica.

2.2.5. Régimen de flujo

Normalmente, el régimen del flujo depende del número adimensional de Froude, siendo este quién determina la relación entre la velocidad media del flujo estacionario (u) y la celeridad relativa de las ondas dinámicas inestables (w) y se calcula a partir de la fórmula siguiente:

$$F = \frac{u}{w} = \frac{u}{(g \cdot y)^{1/2}} \quad (2)$$

Donde:

*u = velocidad media del flujo estacionario.

*w = celeridad relativa de las ondas dinámicas inestables

*g = aceleración gravitacional (9.81 m/s²).

*y = profundidad del flujo; que también puede expresarse como "D".

*D = profundidad hidráulica.

En todo caso, el número de Froude describe la condición de flujo, que tiene tres clases:

- Flujo subcrítico: $u < (g \cdot y)^{1/2}$, donde las ondas dinámicas pueden viajar río arriba.
- Flujo crítico: $u = (g \cdot y)^{1/2}$, donde las ondas dinámicas no pueden viajar río arriba.
- Flujo supercrítico: $u > (g \cdot y)^{1/2}$, donde las ondas dinámicas permanecen estacionarias.

El cálculo de u se hace mediante las ecuaciones de Manning o Chezy:

$$u = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (3)$$

$$u = CR^{1/2} S^{1/2} \quad (4)$$

Donde:

*n = coeficiente de fricción de Manning.

*C = coeficiente de fricción de Chezy.

*R = radio hidráulico.

*S = pendiente de fricción.

El número de Froude es un dato muy importante, determina el tipo de flujo que presenta el fluido siendo así que cuando $NF < 1$ se tiene un flujo subcrítico, cuando $NF = 1$ se tiene un flujo crítico y cuando $NF > 1$ se tiene un flujo supercrítico, básicamente con el número de Froude se dan los tipos de Resalto Hidráulico por lo cual es una de las bases muy importantes para poder seleccionar el tipo de disipador a implementar.

2.2.6. Hidrología

a. Prueba de datos dudosos:

El Consejo de Recursos Hídricos de los Estados Unidos (18) recomienda ajustar los datos sospechosos, los cuales son aquellos puntos que difieren significativamente de la tendencia observada en el resto de la información. Si se decide mantener o eliminar estos datos, los parámetros estadísticos calculados para la información pueden verse afectados significativamente, especialmente cuando se trata de muestras pequeñas. También, precisa que los procedimientos utilizados para abordar los datos sospechosos implican el uso de un criterio que incorpora consideraciones tanto matemáticas como hidrológicas (18):

- Si la asimetría de estación es superior a +0.4, primero deben aplicarse pruebas para detectar valores atípicos altos.
- Si la asimetría de estación inferior a -0.4, deben aplicarse primeramente pruebas para detectar valores atípicos bajos.
- Cuando la asimetría de la estación se sitúa entre ± 0.4 , se deben aplicar tanto pruebas para detectar valores atípicos altos como pruebas para detectar valores atípicos bajos antes de eliminar cualquier valor sospechoso del conjunto de datos.

La siguiente ecuación de frecuencia puede utilizar para detectar datos dudosos altos:

$$y_H = \bar{y} + K_n s_y \quad (5)$$

Y la siguiente ecuación de frecuencia puede utilizar para detectar datos dudosos bajos:

$$y_L = \bar{y} - K_n s_y \quad (6)$$

2.2.7. Dimensionamiento hidráulico

El dimensionamiento hidráulico depende de parámetros tales como el tirante, velocidad media de diseño, rugosidad del material del canal, pendientes de diseño y propiedades geométricas de la sección transversal del canal. La relación en talud y las dimensiones en el ancho de solera pueden variar para un cambio de sección y desarrollo de curvas en tramos específicos del canal a diseñar, existen algunos “Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico” referidos por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), tales que consideran:

- Diseño hidráulico: para el diseño hidráulico de los canales de drenaje se utilizó el principio del flujo en canales abiertos, usando la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n} \text{ sabiendo que } Q = V \cdot A \text{ y } R = A/P \quad (7)$$

- Caudal (Q) de aporte: es el caudal calculado en el área de aporte correspondiente a la longitud del canal de drenaje:

$$Q_{max} = \frac{CIA}{3.6} \quad (8)$$

- Consideraciones de rugosidad (n): la rugosidad del canal está influenciada por varios factores, como el tipo de material utilizado, la forma del canal y la pendiente, los muros laterales, la vegetación, el trazo del caudal, el diámetro hidráulico y las obstrucciones. Según Rocha (19), nuestro canal específico tiene un valor de coeficiente de Manning: $n = 0.014$, lo que indica que se utiliza concreto terminado de manera adecuada.
- Borde libre: debido a las fluctuaciones del agua en un canal, se puede originar causas incontrolables, por ello no existe norma alguna para su cálculo. La U.S Burea of Reclamation recomienda estimar el borde libre con la formula $BL = \sqrt{CY}$, teniendo en cuenta que el valor de "C" será 1.5 para $Q < 20 \text{ pies}^3/\text{s}$ o 2.5 para Q del orden de los 3000 pies^3/s . Para el presente caso, al ser los caudales mayores a 20 pies^3/s , pero próximos a dicho valor, se considerará el valor de $C = 1.5$, por lo que se tiene: $BL = 0.676166\sqrt{Y}$.
- Radios mínimos en canales: las siguientes tablas indican radios mínimos según el autor y la fuente.

Tabla 1. Radio mínimo en función del caudal.

CAPACIDAD DE CANAL	RADIO MÍNIMO
Hasta 10 m^3/s	3* ancho de la base
De 10 a 14 m^3/s	4* ancho de la base
De 14 a 17 m^3/s	5* ancho de la base
De 17 a 20 m^3/s	6* ancho de la base
De 20 m^3/s a mayor	7* ancho de la base
Los radios mínimos deben ser redondeados hasta el próximo metro superior	

Fuente: International Institute for Land Reclamation and Improvement (20).

Tabla 2. Radio mínimo en canales abiertos para $Q < 20 \text{ m}^3/\text{s}$.

CAPACIDAD DE CANAL	RADIO MÍNIMO
20 m^3/s	100 m
15 m^3/s	80 m
10 m^3/s	60 m
5 m^3/s	20 m
1 m^3/s	10 m
0.5 m^3/s	5 m

Fuente: Ministerio de Agricultura y Alimentación, citado por la Autoridad Nacional del Agua (21).

Tabla 3. Radio mínimo en canales abiertos en función del espejo de agua.

CANAL DE RIEGO		CANAL DE DRENAJE	
Tipo	Radio	Tipo	Radio
Sub - canal	4T	Colector Principal	5T
Lateral	3T	Colector	5T
Sub - lateral	3T	Sub - colector	5T

Siendo T el ancho superior del espejo de agua

Fuente: Salzgitter Consult GMBH, citado por Rodríguez (22).

Analizando cada una de las condiciones establecidas, se puede determinar un ancho de base promedio de 0.6 m, el radio mínimo en función del caudal será de 1.80 m para $Q < 10 \text{ m}^3/\text{s}$. Para canales abiertos con un caudal (Q) inferior a $20 \text{ m}^3/\text{s}$, se requiere un radio mínimo de 5 metros, sin embargo, al considerar el ancho del canal, el radio mínimo se puede expresar como 5 veces el ancho del espejo de agua, que tiene un valor de 3.00 metros.

- Secciones de canales: las secciones transversales típicas en canales abiertos siguen formas regulares cuyos parámetros geométricos han sido establecidos de acuerdo con las estimaciones de Chow (2).

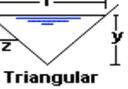
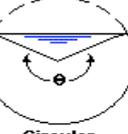
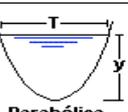
Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b + 2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular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

Figura 7. Cuadro de las secciones transversales típicas en canales abiertos.

Fuente: Chow (2).

2.2.8. Dimensionamiento de pantallas reflectoras

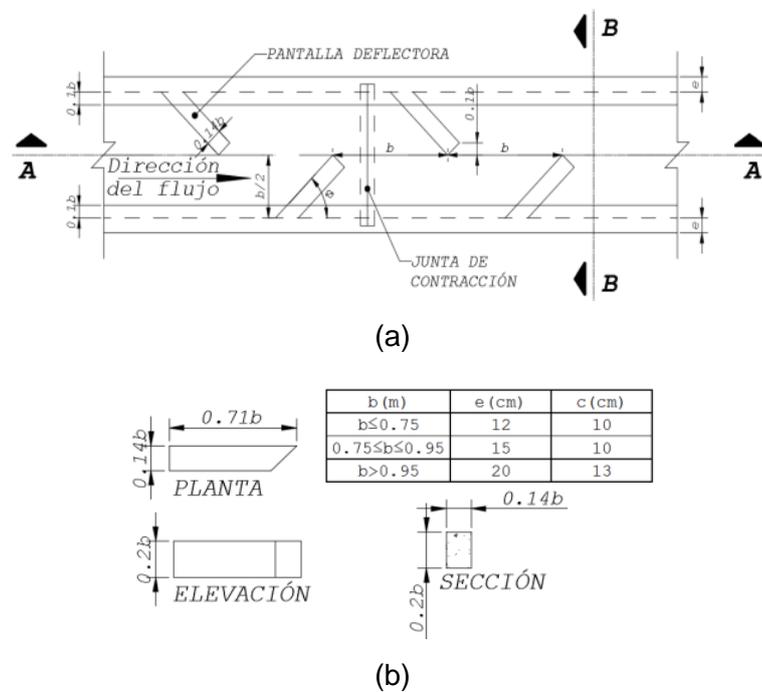


Figura 8. Diseño optimizado de canal de pantallas deflectoras.

Nota: (a) disposición con deflexión a 45°, (b) relaciones geométricas recomendadas.

Fuente: Mejía (23).

De acuerdo con los estudios experimentales de Mejía (23), se han optimizado los cálculos del ancho CPD para pendientes de 10 % a 20 %.

- Para la obtención del ancho optimizado del CPD:

$$b = 0.905 * Q^{0.4} \quad (9)$$

Donde:

*b = ancho del CPD (m).

*Q = caudal de diseño del CPD (m³/s).

Para obtener el valor de la velocidad promedio del flujo con el diseño optimizado del CPD, en función de su pendiente media y el caudal de diseño, se utilizarán las siguientes fórmulas:

- $v = 4.890 * Q^{0.2}$, para pendientes del 10 %.
- $v = 5.328 * Q^{0.2}$, para pendientes del 50 %.

Donde:

*v = velocidad promedio en el CPD (m/s).

*Q = caudal de diseño del CPD (m³/s).

Partiendo de estas condiciones, el diseño se realiza teniendo en cuenta los escenarios más adversos, por ejemplo, se considera una pendiente del 50 % aunque para el terreno real se contemple una pendiente ligeramente menor. Después de calcular la velocidad de flujo basándose en esta premisa, se compara su valor con las velocidades máximas permitidas en el canal para asegurarse de que no se sobrepasen.

2.3. Definición de términos

- a. Energía específica (E): “la energía específica se define como la suma de la profundidad del agua más la altura de velocidad” (2 pág. 27).

- b. Erosión: es el deterioro que se produce en una superficie por las altas velocidades de un fluido que se transporta por cierta sección, en este caso se hablaría del desgaste que sufre la superficie del canal de concreto que a largo tiempo estas afectan a la estructura (6).
- c. Pantallas deflectoras: elementos dispuestos con un ángulo de inclinación calculado con respecto a plano de las paredes interiores de un canal (45°), cumplen una función de disipación de energía de acuerdo con su disposición geométrica con respecto a la dirección del flujo (23).
- d. Pendiente (S): es la diferencia de altura que tendrá el recorrido del canal desde el punto inicial hasta el punto de descarga, esta depende de la topografía del lugar (24).
- e. Régimen de flujo: se entiende como el comportamiento entre torrente y río del flujo de agua, el número adimensional de Froude configura la transición entre comportamiento subcrítico $F < 1$, cuando la onda se propaga aguas arriba, y, supercrítico $F > 1$, cuando la onda no puede propagarse aguas arriba (25).
- f. Revestimiento: es el tipo de material del cual está hecho en este caso el canal, mediante ello se podrá obtener la velocidad máxima permisible (26).
- g. Rugosidad (n): en hidráulica se usan los valores de los coeficientes de Manning para calcular la velocidad de un canal dependiendo el tipo de revestimiento que tenga (19).
- h. Tirante (y): se le conoce a la profundidad o altura máximas de agua en un determinado canal (3).
- i. Velocidad (v): la velocidad en un canal se ve afectada por el tipo de material y la pendiente que este tenga, esta estará en función a la rugosidad, radio hidráulico y la pendiente (2).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Métodos de la investigación

Según Ander-Egg (27 pág. 18), el método científico es una pieza fundamental para el progreso de la ciencia, ya que se refiere a un proceso riguroso, sistemático, controlado y reflexivo que tiene como objetivo descubrir, describir, explicar o interpretar hechos, fenómenos, procesos, relaciones y constantes o generalizaciones que ocurren dentro de un ámbito específico de la realidad.

La presente investigación buscó implementar disipadores de energía a un canal de drenaje pluvial urbano, por ello se aplicó el método de la investigación científica mediante una modelación hidráulica del objeto en estudio, con el fin de estudiar el comportamiento de del flujo al momento de incorporar los disipadores dentro del canal y los beneficios que se obtendrán de esta.

3.1.2. Tipo de la investigación

Según Ander-EGG (27 pág. 27), la investigación aplicada está estrechamente relacionada con la investigación básica, ya que se basa en

los hallazgos y avances obtenidos en la investigación básica, y se nutre de ellos. A pesar de esto, la investigación aplicada se diferencia en su enfoque práctico y su interés en las implicaciones que los conocimientos adquiridos pueden tener en la solución de problemas prácticos y en la toma de decisiones.

En todo caso, se busca resolver la problemática de los efectos destructivos adversos a la preservación de canales de drenaje pluvial mediante la aplicación de un modelo hidráulico que estima el diseño de disipadores de energía a partir del empleo de pantallas deflectoras (28), siendo que sea factible un análisis comparativo entre los componentes que inciden en la disminución de la energía cinética, para ello, se cuantifica la teoría y valida el modelo hidráulico realizado en el Iber 2.5.

3.1.3. Enfoque de la investigación

Según Hernández-Sampieri *et al.* (29 pág. 4), el enfoque cuantitativo se centra en recopilar datos para verificar hipótesis mediante mediciones numéricas y análisis estadísticos, con el objetivo de establecer patrones de comportamiento y comprobar teorías.

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo, ya que se trabajó con datos numéricos en la hipótesis, como la variación de velocidades, la modificación de la energía específica y el cambio en el régimen de flujo, todo ello en los canales con disipadores de energía y canales sin disipadores de energía, obteniendo resultados numéricos los cuales fueron interpretados y analizados mediante una prueba de hipótesis (Wilcoxon).

3.1.4. Nivel de la investigación

Según Hernández-Sampieri *et al.* (29 pág. 95), “los estudios descriptivos tienen por fin establecer un modelo exacto que especifique las características, propiedades e interacciones de un fenómeno en estudio, de tal manera que, se pueda contar con una base para el desarrollo del conocimiento”.

Siendo que se pretende describir la variación entre el comportamiento del flujo sin y con disipadores de energía en canales de drenaje pluvial, por lo que se hace necesario estimar el desarrollo de los componentes que inciden en la disminución de la energía cinética, por ende, en la preservación de estas estructuras hidráulicas antes efectos destructivos considerables. En todo caso, para un procedimiento preciso se resalta la necesidad de generar una base de datos confiable, así como, un análisis comparativo basado en la teoría disponible.

3.2. Diseño de la investigación

De acuerdo con Hernández-Sampieri *et al.* (29 pág. 141), “los estudios preexperimentales estiman una serie de procedimientos que permiten la aplicación de un estímulo o tratamiento bajo condiciones controladas, siendo que se puede determinar la influencia del estímulo antes y después de su aplicación a un mismo grupo de control”.

O1 X O2

Donde:

*O1 = observación o medición antes de la aplicación del estímulo.

*O2 = observación o medición después de la aplicación del estímulo.

*X = variable en estudio.

En la presente investigación se manipuló una variable bajo condiciones controladas para medir la influencia de un estímulo aplicado, en este caso, se verificaron los efectos de disipación de energía al emplear pantallas deflectoras en un canal de drenaje pluvial con variaciones de grandes pendientes. Para generar las condiciones necesarias se indica el uso de un modelo numérico y computacional, así como la base de datos del proyecto existente.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

De acuerdo con Hernández-Sampieri *et al.* (29 pág. 45), “la población puede entenderse como el universo objetivo el cual presenta una homologación en las característica, propiedades e interacciones que se pretenden estudiar de un fenómeno en particular”.

La población de la presente investigación fue la red de canales de drenaje pluvial en toda la extensión del distrito de Carmen Alto Huamanga, siendo que se ha considerado una identificación por zonas para la estimación de las características propias de la población. Tanto para la zona alta como baja se identificó una topografía accidentada, donde la diferencia de alturas es considerable, lo cual influye directamente en los efectos de pendiente en la energía cinética del flujo pluvial en los canales de drenaje.

3.3.2. Muestra

De acuerdo con Hernández-Sampieri *et al.* (29 pág. 48), “la muestra es un conjunto representativo de la población, siendo que cuenta con las mismas características, propiedades e interacciones, la ventaja de la muestra es que permite un mejor manejo, puesto que ante poblaciones extensas se hace necesario elegir una muestra representativa del fenómeno en estudio”.

En este caso, la muestra asumida está en función a la técnica de muestreo posteriormente desarrollada, por lo que, se ha determinado la totalidad de tramos o progresivas que presenten valores superiores a la velocidad admisible asumida para el tipo de revestimiento del canal.

3.3.3. Muestreo

La técnica de muestreo siguió el método no aleatorio por conveniencia, siendo este el método óptimo para un análisis simplificado de un conjunto de subgrupos; en este aspecto, no se asumieron ajustes para la calibración matemática, como se realiza en un muestreo aleatorio (29).

Tabla 4. Áreas de drenaje asumidas como muestra.

Área de Drenaje Pluvial	Calles a Intervenir	C	I _{max}	Ac	T _{c=D}	Tr	Q propio
			mm/h	km ²	min	años	m ³ /s
Área de Drenaje N° 1	Jr. Llucha Llucha	0.88	45.7	0.14	3.04	25	1.51
Área de Drenaje N° 2	Jr. Tahuantinsuyo N° 1	0.88	45.7	0.10	2.62	25	1.14
Área de Drenaje N° 3	Jr. Tahuantinsuyo N° 2	0.88	45.7	0.05	2.49	25	0.60
Área de Drenaje N° 4	Av. Mariscal Cáceres	0.88	45.7	0.25	3.56	25	2.76
Área de Drenaje N° 5	Jr. Cangallo	0.88	41.4	0.21	7.39	25	2.11
Área de Drenaje N° 6	Av. Perú N° 2	0.88	45.7	0.01	2.74	25	0.08
Área de Drenaje N° 7	Av. Carmen Alto N° 1	0.88	45.7	0.05	3.02	25	0.54

Fuente: elaboración propia.

3.4. Instrumentos de investigación

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

Sajjad (30) para encontrar soluciones a la problemática planteada y corroborar las hipótesis mencionadas, se utilizará la observación de la estructura y se realizará un modelado hidráulico utilizando el software Iber 2.5.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Carrasco (31) explica que para ofrecer soluciones a preguntas relevantes y evaluar los resultados se necesita herramienta para la recopilación de datos con requisitos de confiabilidad y validez.

En todo caso, el modelo hidráulico pre y post inclusión de pantallas deflectoras (CPD) estará sometido a la capacidad de cálculo y precisión de resultados del software Iber 2.5. Siendo que Hernández-Sampieri *et al.* (29), indican que para un instrumento tenga una aprobación preliminar, debe asegurarse que cumpla con uno de los requisitos indispensables, posibilidad para medir la totalidad de información que compone el estudio,

en todo caso, el modelo número de Iber 2.5, mide en su conjunto, tirante, velocidad, energía específica, números adimensionales, entre otras, por lo que se asume como el instrumento principal de la investigación.

No obstante, se consideró el uso complementario de recursos adicionales como HCANALES, para el análisis de las pendientes, caudales, tirantes y velocidades permisibles. Así también, se hizo uso de la herramienta de dibujo AutoCAD Civil 3D para la idealización geométrica del canal de drenaje, siendo este la base necesaria para la modelación hidráulica.

De esta manera, se realizó la evaluación y rediseño del canal de drenaje para verificar las características hidráulicas en el programa HCANALES, además de la demostración de variación de datos hidráulicos en el software Iber 2.5.

3.4.3. Confiabilidad

Según Hernández-Sampieri *et al.* (29 pág. 200), “la confiabilidad es el grado en que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes”.

Por ello, se realizó una descripción teórica del desarrollo evolutivo del software Iber 2.5, considerando que Bladé *et al.* (8) señalan que Iber es una herramienta de modelación numérica de flujos en canales que permite ingresar directrices independientes de diseño, siendo que se pueden estimar modelos hidrodinámicos, modelos de análisis de turbulencia y modelo de análisis por sedimentación. Este software emplea el método de volúmenes finitos. En cuanto a la interfaz, Cakir (32) señala que es ciertamente intuitiva, además cuenta con un sistema de iteración pre proceso y post proceso, cuya capacidad operativa es considerable. En todo caso, Balkis (24) indica que el software Iber 2.5 permite una modelación adecuada para ríos, estuarios y canales. En definitiva, un modelamiento hidráulico hecho en Iber 2.5 cuenta con el respaldo numérico avanzado y con capacidad de cálculo estable y robusta.

3.4.4. Validez

Según Corral (33 pág. 230), “la validez se refiere a la medida en que un instrumento mide con precisión un dominio específico del conocimiento que se está evaluando. En otras palabras, la validez se utiliza para determinar si los ítems o preguntas de un instrumento son representativos del contenido total que se quiere medir”.

Es por ello por lo que los instrumentos a utilizar están validados por expertos y especialistas en el ámbito de la construcción y más cuando se habla de diseños hidráulicos, ya que estos son usados para la elaboración de expedientes o elaboración de proyectos hidráulicos a nivel nacional e internacional.

Tabla 5. Validación por expertos - V de Aiken.

INDICADORES	Juez 01	Juez 02	Juez 03	Sx1	Mx	CVCi	Pei	CVCtc
CLARIDAD	75.0	84.4	84.4	244	2.44	0.81	0.00032	0.812
OBJETIVIDAD	87.5	96.9	84.4	269	2.69	0.9	0.00032	0.896
ACTUALIDAD	90.6	93.8	90.6	275	2.75	0.92	0.00032	0.916
ORGANIZACIÓN	84.4	93.8	93.8	272	2.72	0.91	0.00032	0.906
SUFICIENCIA	87.5	93.8	96.9	278	2.78	0.93	0.00032	0.927
ADECUACION	90.6	93.8	87.5	272	2.72	0.91	0.00032	0.906
CONSISTENCIA	84.4	96.9	96.9	278	2.78	0.93	0.00032	0.927
COHERENCIA	90.6	81.3	96.9	269	2.69	0.9	0.00032	0.896
METODOLOGÍA	81.3	96.9	96.9	275	2.75	0.92	0.00032	0.916
PERTINENCIA	84.4	84.4	68.8	238	2.38	0.79	0.00032	0.791
PROMEDIO DE VALORACIÓN	85.6	91.6	89.7	267	2.67	0.89	0.00032	0.889

Fuente: elaboración propia.

Se ha sometido las consideraciones de los expertos a la prueba estadística V de Aiken para determinar un coeficiente de validez del instrumento asumido, Software Iber 2.5, midiendo en todo caso 10 criterios los cuales estuvieron dirigidos en función a las características tecnológicas del instrumento, así como su factibilidad de uso de acuerdo con los objetivos de la investigación.

Tabla 6. Interpretación del coeficiente de fiabilidad.

Rango	Interpretación
0.81 a 1.00	Muy alta
0.61 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.00 a 0.20	Muy baja

Fuente: cotejo propio.

Resultado: el coeficiente de confiabilidad es 0.889 teniendo como interpretación muy alta.

3.4.5. Procedimiento de recolección de datos

En todo caso, de acuerdo con la validación del instrumento, se tomó como respaldo la base de datos proveniente del expediente técnico del proyecto, de tal forma que se consideraron las características hidráulicas más resaltantes para el modelamiento hidráulico. Además, se usaron herramientas complementarias para el dibujo y verificación de los datos obtenidos (AutoCAD Civil 3D y HCANALES), así como se usó el software SPSS V.25 para el análisis estadístico de los resultados del modelamiento.

Tabla 7. Datos del cálculo hidráulico y diseño de canal de drenaje.

Ubicación de drenaje	Progresiva		DATOS INICIALES						CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS											
			Caudal (Q)	Rugosidad	Base (b)	Talud	Pendiente	Tirante normal	Area	Espejo de agua	Perimetro mojado	Radio hidráulico	Velocidad	Energía Especifica	Numero de Froude	Tipo de flujo	Borde Libre		Altura calculada	Altura Azumida
	del km.	al km.	m ³ /s	n	m	Z	m/m	y(m)	A(m ²)	T (m)	P(m)	Rh(m)	V(m)	E(m-kg/sg)	F		calculado (m)	asumido(m)	(m)	(m)
Av. Carmen Alto N° 02	0+000.00	0+601.63	0.50	0.014	0.60	0.00	0.0325	0.2458	0.1475	0.60	1.0916	0.1351	3.3904	0.8317	2.1834	Supercritico	0.3352	0.35	0.60	0.60
Av. Carmen Alto N° 02	0+601.63	0+614.30	3.36	0.014	0.60	0.00	0.0637	0.8482	0.5089	0.60	2.2964	0.2216	6.602	3.0698	2.2887	Supercritico	0.6227	0.63	1.48	1.80
Descarga N° 2	0+614.30	0+621.84	3.36	0.014	0.60	0.00	0.0687	0.8214	0.4928	0.60	2.2428	0.2197	6.8175	3.1904	2.4017	Supercritico	0.6128	0.61	1.43	1.80
Av. Peru N° 01	0+000.00	0+050.00	1.35	0.014	0.60	0.00	0.0540	0.4304	0.2582	0.60	1.4608	0.1768	5.2281	1.8235	2.5445	Supercritico	0.4436	0.50	0.93	1.00
Av. Peru N° 01	0+050.00	0+265.00	1.35	0.014	0.60	0.00	0.0272	0.5659	0.3395	0.60	1.7318	0.1961	3.9758	1.3716	1.6874	Supercritico	0.5087	0.50	1.07	1.10
Av. Peru N° 01	0+265.00	0+445.00	1.35	0.014	0.60	0.00	0.0488	0.4479	0.2687	0.60	1.4958	0.1797	5.0239	1.7343	2.3968	Supercritico	0.4525	0.50	0.95	1.00
Av. Peru N° 01	0+445.00	0+575.00	1.35	0.014	0.60	0.00	0.0470	0.4546	0.2728	0.60	1.5092	0.1807	4.9499	1.7034	2.3441	Supercritico	0.4559	0.50	0.95	1.00
Av. Peru N° 01	0+575.00	0+584.69	1.35	0.014	0.60	0.00	0.1982	0.2624	0.1574	0.60	1.1248	0.1400	8.5732	4.0086	5.3431	Supercritico	0.3464	0.50	0.76	0.80
Jr. Lucha Lucha	0+000.00	0+015.00	2.87	0.014	0.60	0.00	0.2715	0.4128	0.2477	0.60	1.4256	0.1737	11.5881	7.2570	5.7586	Supercritico	0.4344	0.45	0.86	0.90
Jr. Lucha Lucha	0+015.00	0+060.00	2.87	0.014	0.60	0.00	0.1907	0.4744	0.2846	0.60	1.5488	0.1838	10.0828	5.6560	4.6738	Supercritico	0.4657	0.50	0.97	1.00
Jr. Lucha Lucha	0+060.00	0+095.00	2.87	0.014	0.60	0.00	0.1655	0.5020	0.3012	0.60	1.6040	0.1878	9.5287	5.1298	4.2939	Supercritico	0.4791	0.50	1.00	1.10
Jr. Lucha Lucha	0+095.00	0+180.27	2.87	0.014	0.60	0.00	0.0267	1.0773	0.6464	0.60	2.7546	0.2347	4.4403	2.0822	1.3659	Supercritico	0.7018	0.50	1.78	1.80
Jr. Talmantisuyo N° 01	0+000.00	0+045.00	1.14	0.014	0.50	0.00	0.1291	0.3269	0.1635	0.50	1.1538	0.1417	6.9744	2.8061	3.8946	Supercritico	0.3866	0.40	0.73	0.80
Jr. Talmantisuyo N° 01	0+045.00	0+141.77	1.14	0.014	0.50	0.00	0.0950	0.3685	0.1843	0.50	1.2370	0.1489	6.1864	2.3192	3.2536	Supercritico	0.4105	0.40	0.77	0.80
Jr. Talmantisuyo N° 02	0+000.00	0+135.00	0.60	0.014	0.50	0.00	0.1285	0.2020	0.1010	0.50	0.9040	0.1117	5.9399	2.0003	4.2193	Supercritico	0.3039	0.30	0.50	0.50
Jr. Talmantisuyo N° 02	0+135.00	0+141.00	0.60	0.014	0.50	0.00	0.0425	0.3058	0.1529	0.50	1.1116	0.1375	3.9239	1.0906	2.2654	Supercritico	0.3739	0.40	0.71	0.80
Av. Mariscal Caceres	0+000.00	0+040.00	3.36	0.014	0.60	0.00	0.0461	0.9745	0.5847	0.60	2.5490	0.2294	5.7468	2.6577	1.8587	Supercritico	0.6685	0.70	1.67	1.70
Av. Mariscal Caceres	0+040.00	0+115.00	3.36	0.014	0.60	0.00	0.0289	1.1948	0.7169	0.60	2.9896	0.2398	4.6868	2.3144	1.3690	Supercritico	0.7391	0.73	1.92	1.90
Av. Mariscal Caceres	0+115.00	0+150.16	3.36	0.014	0.60	0.00	0.0813	0.7650	0.4590	0.60	2.1300	0.2155	7.3204	3.4963	2.6723	Supercritico	0.5914	0.60	1.37	1.40
Jr. Cangallo	0+000.00	0+035.00	2.11	0.014	0.60	0.00	0.0720	0.5478	0.3287	0.60	1.6956	0.1938	6.4196	2.6483	2.7692	Supercritico	0.5005	0.50	1.05	1.10
Jr. Cangallo	0+035.00	0+205.00	2.11	0.014	0.60	0.00	0.0996	0.4811	0.2887	0.60	1.5622	0.1848	7.3095	3.2043	3.3646	Supercritico	0.4690	0.50	0.98	1.00
Jr. Cangallo	0+205.00	0+255.00	2.11	0.014	0.60	0.00	0.1053	0.4704	0.2822	0.60	1.5408	0.1832	7.4760	3.3190	3.4802	Supercritico	0.4638	0.50	0.97	1.00
Jr. Cangallo	0+255.00	0+315.00	2.11	0.014	0.60	0.00	0.1277	0.4359	0.2615	0.60	1.4718	0.1777	8.0678	3.7534	3.9015	Supercritico	0.4464	0.50	0.94	1.00
Jr. Cangallo	0+315.00	0+435.00	2.11	0.014	0.60	0.00	0.1364	0.4248	0.2549	0.60	1.4496	0.1758	8.2793	3.9184	4.0559	Supercritico	0.4407	0.50	0.92	1.00
Jr. Cangallo	0+435.00	0+515.00	2.11	0.014	0.60	0.00	0.1290	0.4342	0.2605	0.60	1.4684	0.1774	8.1000	3.7782	3.9249	Supercritico	0.4456	0.50	0.93	1.00
Jr. Cangallo	0+515.00	0+560.00	2.11	0.014	0.60	0.00	0.1445	0.4153	0.2492	0.60	1.4306	0.1742	8.4683	4.0703	4.1956	Supercritico	0.4357	0.50	0.92	1.00
Jr. Cangallo	0+560.00	0+570.00	2.11	0.014	0.60	0.00	0.1322	0.4300	0.2580	0.60	1.4600	0.1767	8.1783	3.8390	3.9820	Supercritico	0.4434	0.50	0.93	1.00
Jr. Cangallo	0+570.00	0+578.83	2.11	0.014	0.60	0.00	0.0897	0.5014	0.3008	0.60	1.6028	0.1877	7.0132	3.0083	3.1621	Supercritico	0.4788	0.50	1.00	1.00
Av. Peru N° 02	0+000.00	0+025.00	5.55	0.014	0.60	0.00	0.1452	0.9160	0.5496	0.60	2.4320	0.2260	10.0982	6.1134	3.3687	Supercritico	0.6471	0.65	1.57	1.60
Av. Peru N° 02	0+025.00	0+075.00	5.55	0.014	0.60	0.00	0.1130	1.0207	0.6124	0.60	2.6414	0.2319	9.0620	5.2063	2.8637	Supercritico	0.6831	0.69	1.71	1.8
Av. Peru N° 02	0+075.00	0+105.00	5.55	0.014	0.60	0.00	0.1030	1.0627	0.6376	0.60	2.7254	0.2340	8.7039	4.9240	2.6957	Supercritico	0.6970	0.70	1.18	1.80
Av. Peru N° 02	0+105.00	0+151.17	5.55	0.014	0.60	0.00	0.0858	1.1512	0.6907	0.60	2.9024	0.2380	8.0349	4.4417	2.3909	Supercritico	0.7255	0.73	1.88	1.9
Av. Carmen Alto N° 01	0+000.00	0+085.00	7.22	0.014	0.60	0.00	0.1352	1.1880	0.7128	0.60	2.9760	0.2395	10.1294	6.4175	2.9672	Supercritico	0.7370	0.74	1.93	1.90
Av. Carmen Alto N° 01	0+085.00	0+100.00	7.22	0.014	0.60	0.00	0.1310	1.2046	0.7228	0.60	3.0092	0.2402	9.9893	6.2906	2.9059	Supercritico	0.7421	0.74	1.94	2.00
Pjsje. Lucanas	0+100.00	0+135.00	7.22	0.014	0.60	0.00	0.0726	1.5682	0.9409	0.60	3.7364	0.2518	7.6733	4.5692	1.9664	Supercritico	0.8467	0.85	2.42	2.40
Pjsje. Lucanas	0+135.00	0+170.00	7.22	0.014	0.60	0.00	0.0908	1.4178	0.8507	0.60	3.4356	0.2476	8.4871	5.0891	2.2757	Supercritico	0.8051	0.80	2.22	2.20
Pjsje. Lucanas	0+170.00	0+187.93	7.22	0.014	0.60	0.00	0.3236	0.8145	0.4887	0.60	2.2290	0.2192	14.7740	11.9394	5.2266	Supercritico	0.6102	0.61	1.42	1.50
Descarga N° 1	0+187.93	0+193.76	7.22	0.014	1.20	0.00	0.0617	0.6120	0.7344	1.20	2.4240	0.3030	14.7740	11.9394	5.2266	Supercritico	0.5290	0.53	1.14	1.10

Nota: para el dimensionamiento del canal se ha utilizado la fórmula de Manning, presentando los datos iniciales y características hidráulicas para su elaboración.

Fuente: tomado del expediente técnico, sección correspondiente al estudio hidrológico.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características del proyecto

- Ubicación geográfica: el distrito de Carmen Alto se ubica a 2800 msnm en la región andina del Perú. Cuenta con una superficie de 19 330 km². El área del proyecto, se encuentran ubicado políticamente en el distrito de Carmen Alto de la provincia de Huamanga, región Ayacucho.

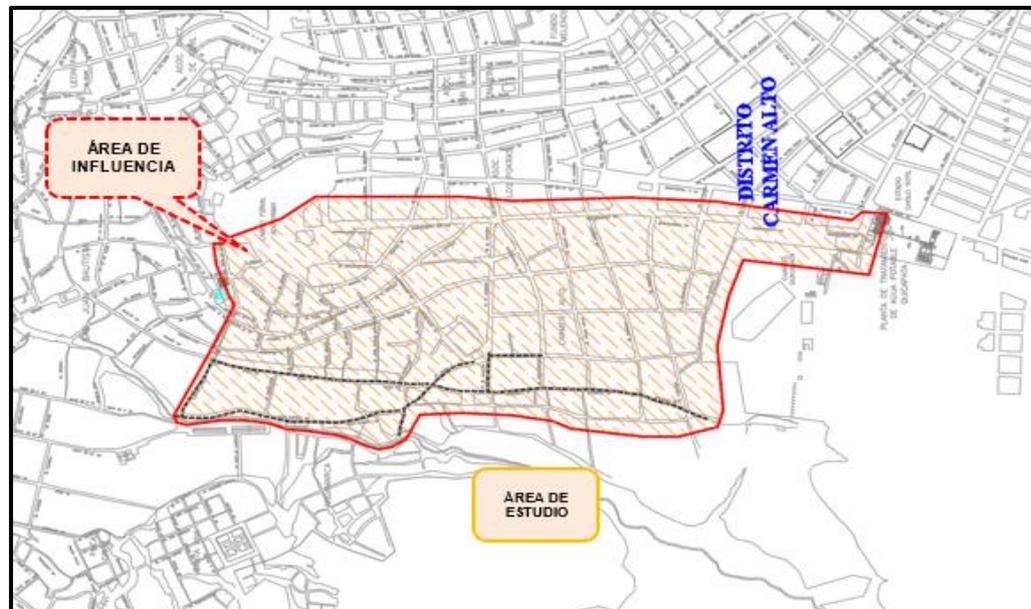


Figura 9. Ubicación del área en estudio.

Fuente: elaboración propia.

- Clima: con una temperatura ambiente promedio de 17°C, sin embargo, en los meses de mayo y junio la temperatura baja a los 2°C, pero no tiene impacto negativo en los cultivos agrícolas, ganadería o en la salud de las personas.
- Vivienda: en su mayoría, las viviendas del distrito están hechas con material de adobe de máximo 2 pisos, techo de calamina o teja, sin embargo, en las calles a intervenir en un 90 % las viviendas son de material noble; en la actualidad la construcción de las viviendas es para fines multifamiliares mas no tanto independientes. Las calles sin pavimentar y las que están pavimentadas se encuentran en pésimo estado.
- Población beneficiaria: la población beneficiaria directo del PIP alcanzan 775 familias (2 992 habitantes), pertenecientes al sector de AA.HH. Carmen Alto Zona I y Zona II, Centro Poblado de Quicapata, Pueblo Joven Vista Alegre. La densidad poblacional es de 599.17 habitantes por km².
- Topografía: el área del proyecto cuenta con zonas de pendiente pronunciada y está atravesada por quebradas. Su topografía comprende dos formas de relieve como cerros, llanos o pampas, con altitudes topográficas que van desde 2 743.50 msnm en la parte más baja en la entrega del sistema de drenaje N° 02 ubicado en la Av. Carmen Alto y el Jr. Llucha Llucha a 2 875.20 msnm en la parte más alta del inicio del drenaje proyectado ubicado entre el Jr. Cangallo y el Jr. Porvenir.

4.1.1. Drenaje urbano - sistema de drenaje pluvial según expediente técnico

El drenaje tiene la finalidad de evacuar las aguas superficiales, lo urbano que está dentro de la ciudad, entonces el drenaje urbano pluvial hace el trabajo de evacuar las aguas de lluvia desde las partes altas de la ciudad hacia las partes bajas llegando a desembocar en estructuras de captación y estas posteriormente descargan en los cuerpos de aguas naturales existentes (ríos).

El drenaje urbano pluvial tiene como principales funciones evitar daños a las edificaciones y servicios públicos como son las carreteras,

abastecimiento de agua, electricidad, etc., al igual que evitar el acopio de las aguas pluviales lo que puede originar focos de contaminación, polución y/o transmisión de enfermedades, así como su propagación.

4.1.2. Hidrología del proyecto

Según el reglamento RNE OS.060 de Normas Legales del Drenaje Pluvial Urbano, se ha decidido que el sistema de drenaje pluvial debe tener un periodo de retorno de 25 años. Para calcular los caudales máximos necesarios para el diseño del sistema de drenaje, se ha utilizado el método racional y curva IDF. Además, se han identificado las áreas de drenaje para los canales correspondientes, con un límite máximo de 13 km²/tramo, y se han registrado en el Plano 1 "Áreas de Estudio Hidrológico". Como resultado de este proceso, se han obtenido los valores totales y propios de los caudales (tabla 8).

Tabla 8. Caudal de diseño propio para el sistema de drenaje pluvial.

N°	AREA DE DRENAJE PLUVIAL	UBICACIÓN DEL DRENAJE PROYECTADO	C	I _{max}	Ac	T _c =D	Tr	Q propio
				(mm/hr)	(Km ²)	(min)	(Años)	(m ³ /s)
1	AREA DE DRENAJE N° 01	Av. CARMEN ALTO N° 02	0.88	37.7	0.05	9.80	25.0	0.50
2	AREA DE DRENAJE N° 02	Av. PERU N° 01	0.88	37.1	0.15	10.26	25.0	1.35
3	AREA DE DRENAJE N° 03	Jr. LLUCHA LLUCHA	0.88	45.7	0.14	3.04	25.0	1.51
4	AREA DE DRENAJE N° 04	Jr. TAHUANTINSUYO N° 01	0.88	45.7	0.10	2.62	25.0	1.14
5	AREA DE DRENAJE N° 05	Jr. TAHUANTINSUYO N° 02	0.88	45.7	0.05	2.49	25.0	0.60
6	AREA DE DRENAJE N° 06	Av. MARISCAL CACERES	0.88	45.7	0.25	3.56	25.0	2.76
7	AREA DE DRENAJE N° 07	Jr. CANGALLO	0.88	41.4	0.21	7.39	25.0	2.11
8	AREA DE DRENAJE N° 08	Av. PERU N° 02	0.88	45.7	0.01	2.74	25.0	0.08
9	AREA DE DRENAJE N° 09	Av. CARMEN ALTO N° 01	0.88	45.7	0.05	3.02	25.0	0.54

Nota: resultados por el Método Racional de los caudales de diseño para las estructuras del sistema de drenaje pluvial.

Fuente: tomado del expediente técnico, sección correspondiente al estudio hidrológico.

Tabla 9. Caudal de diseño total para el sistema de drenaje pluvial.

N°	UBICACIÓN DEL DRENAJE PROYECTADO	UBICACIÓN DE REFERENCIA	Qpropio (m³/s)	Qlateral (m³/s)	Qdiseño (m³/s)
1	Av. CARMEN ALTO N° 02	Jr. Llucha Llucha - Av. Perú	0.50	0.00	0.50
2	Av. PERU N° 01	Jr. Llucha Llucha - Av. Carmen Alto	1.35	0.00	1.35
3	Jr. LLUCHA LLUCHA	Av. Perú - Av. Carmen Alto	1.51	1.35	2.87
4	Jr. TAHUANTINSUYO N° 01	Av. Perú - Av. Mariscal Caceres	1.14	0.00	1.14
5	Jr. TAHUANTINSUYO N° 02	Av. Mariscal Caceres - Jr. Huancavelica	0.60	0.00	0.60
6	Av. MARISCAL CACERES	Jr. Cangallo - Jr. Tahuantinsuyo	2.76	0.60	3.36
7	Jr. CANGALLO	Jr. Porvenir - Av. Mariscal Caceres	2.11	0.00	2.11
8	Av. PERU N° 02	Av. Carmen Alto - Av. Mariscal Caceres	0.08	5.47	5.55
9	Av. CARMEN ALTO N° 01	Pje. Lucanas - Av. Perú	0.54	6.68	7.22
10	DESCARGA N° 01	Rio Alameda	0.00	7.22	7.22
11	DESCARGA N° 01	Rio Alameda	0.00	3.36	3.36

Nota: para el cálculo de los caudales máximos de diseño del sistema de drenaje se ha utilizado el Método Racional, curva IDF, en la cual las áreas de drenaje para el diseño de los canales de drenaje no superan los 13 km².

Fuente: tomado del expediente técnico, sección correspondiente al estudio hidrológico.

- Caudales de diseño: de acuerdo con el estudio hidrológico se obtiene el caudal de diseño, considerando para el canal una sección uniforme del canal rectangular, teniéndose los siguientes valores (tabla 9).

Tabla 10. Caudal de diseño total para el sistema de drenaje pluvial.

N°	UBICACIÓN DEL DRENAJE PROYECTADO	UBICACIÓN DE REFERENCIA	Qpropio (m³/s)	Qlateral (m³/s)	Qdiseño (m³/s)
1	Av. CARMEN ALTO N° 02	Jr. Llucha Llucha - Av. Perú	0.50	0.00	0.50
2	Av. PERU N° 01	Jr. Llucha Llucha - Av. Carmen Alto	1.35	0.00	1.35
3	Jr. LLUCHA LLUCHA	Av. Perú - Av. Carmen Alto	1.51	1.35	2.87
4	Jr. TAHUANTINSUYO N° 01	Av. Perú - Av. Mariscal Caceres	1.14	0.00	1.14
5	Jr. TAHUANTINSUYO N° 02	Av. Mariscal Caceres - Jr. Huancavelica	0.60	0.00	0.60
6	Av. MARISCAL CACERES	Jr. Cangallo - Jr. Tahuantinsuyo	2.76	0.60	3.36
7	Jr. CANGALLO	Jr. Porvenir - Av. Mariscal Caceres	2.11	0.00	2.11
8	Av. PERU N° 02	Av. Carmen Alto - Av. Mariscal Caceres	0.08	5.47	5.55
9	Av. CARMEN ALTO N° 01	Pje. Lucanas - Av. Perú	0.54	6.68	7.22
10	DESCARGA N° 01	Rio Alameda	0.00	7.22	7.22
11	DESCARGA N° 01	Rio Alameda	0.00	3.36	3.36

Nota: para el cálculo de los caudales máximos de diseño del sistema de drenaje se ha utilizado el Método Racional, curva IDF, en la cual las áreas de drenaje para el diseño de los canales de drenaje no superan los 13 km².

Fuente: tomado del expediente técnico, sección correspondiente al estudio hidrológico.

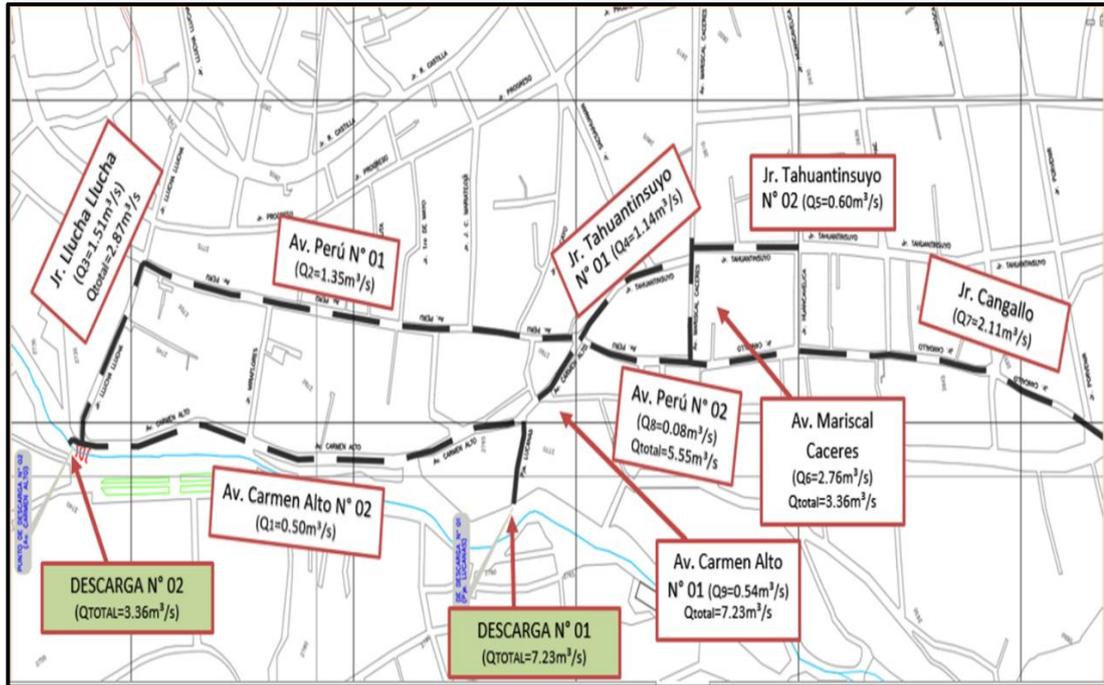


Figura 10. Caudal total de las calles a intervenir y las cámaras de descarga.

Fuente: tomado del expediente técnico, sección correspondiente al estudio hidrológico.

Los datos empleados para los cálculos hidráulicos, con los cuales se elaboró el diseño del canal del distrito de Carmen Alto en Huamanga, se obtuvieron del Expediente Técnico del proyecto

4.2. Análisis de las características hidráulicas del canal

El diseño de un canal abierto se ve influenciado por la pendiente y la velocidad, dos características de gran importancia que están estrechamente relacionadas. En cuanto a la velocidad máxima, Chow (2) recomienda basarse en la experiencia y el criterio del ingeniero a cargo, ya que es difícil de determinar. En el caso de canales revestidos con concreto, la mayoría de los informes, incluyendo U.S. Bureau of Reclamation (34), sugieren que las velocidades máximas no deben exceder los 2.5 - 3.0 m/s.

De igual forma, para el diseño de canales, existen recomendaciones de diferentes autores y fuentes. Para el valor de la velocidad máxima permisible o velocidad máxima erosiva, los valores se detallan a continuación.

Tabla 11. *Velocidades máximas en función de las características del material.*

Características de los suelos	Velocidades máximas (m/s)
Canales en tierra franca	0.60
Canales en tierra arcillosa	0.90
Canales revestidos con piedra y mezcla simple	1.00
Canales con mampostería de piedra y concreto	2.00
Canales revestidos con concreto	3.00
Canales de roca	
Pizarra	1.25
Arenisca consolidada	1.50
Roca dura, granito, etc.	3 a 5

Nota: Velocidades máximas recomendadas en función de las características del material en el cual están alojados.

Fuente: Villón (35).

Tabla 12. *Velocidad máxima del agua en canales según revestimiento.*

Tipo de superficie	Máxima velocidad admisible (m/s)
Arena o limo (poca o ninguna arcilla)	0.20 - 0.60
Arena arcillosa dura, margas duras	0.60 - 0.90
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0.60 - 1.20
Arcilla, grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1.20 - 1.50
Hierba	1.20 - 1.80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1.40 - 2.40
Mampostería, rocas duras	3.00 - 4.50
Concreto	4.50 - 6.00

Nota: Velocidad máxima del agua en canales según su revestimiento.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (36).

Tabla 13. *Velocidad máxima de erosión según su revestimiento.*

Revestimiento	Variación de velocidad máxima (m/s)	
Arena suelta muy ligera	0.30	0.45
Suelo arenoso	0.45	0.60
Suelo arenoso grueso	0.60	0.75
Tierra vegetal, suelo aluvial	0.75	0.85
Tierra vegetal arcillosa	0.90	1.15
Suelo arcilloso duro	1.30	1.50
Suelo con grava	1.50	1.80
Conglomerado	1.80	2.40
Roca sedimentaria suave	2.40	

Roca dura	3.00	4.50
Concreto f'c 140 kg/cm ²	3.80	4.40
Concreto f'c 210 kg/cm²	6.60	7.40

Nota: se da una variación de velocidad máxima según al tipo de revestimiento que tendrá el canal.

Fuente: Sviatoslav, citado por la Autoridad Nacional del Agua (21).

Tabla 14. *Velocidades máximas en función al material empleado.*

Material de tubería		Agua con fragmentos de arena y grava
Asbesto cemento		3.00
Hierro fundido dúctil		3.00
Cloruro polivinílico		6.00
Poliéster reforzado con fibra de vidrio		3.00
Arcilla vitrificada		3.50
Concreto armado de:	140 kg/cm ²	2.00
	210 kg/cm²	3.30
	250 kg/cm ²	4.00
	280 kg/cm ²	4.30
	315 kg/cm ²	5.00
Concreto armado de	>280 kg/cm ²	6.60
curado al vapor		

Nota: velocidades máximas en función al material empleado.

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (37).

Tabla 15. *Velocidades máximas permitidas en canales.*

Material	Velocidad (m/s)
Suelo arenoso muy suelto	0.30 - 0.45
Arena gruesa o suelo arenoso suelto	0.46 - 0.60
Suelo arenoso promedio	0.61 - 0.75
Suelo franco arenoso	0.76 - 0.83
Suelo franco de aluvión o ceniza volcánica	0.84 - 0.90
Césped de crecimiento ralo o débil	0.90
Suelo franco pesado o franco arcilloso	0.90 - 1.20
Suelo con vegetación regular	1.22
Suelo arcilloso o cascajoso	1.20 - 1.50
Césped vigoroso, denso y permanente	1.52 - 1.83
Conglomerados, cascajo cementado, pizarra blanda	1.80 - 2.40
Roca dura	3.00 - 4.50
Hormigón	4.51 - 6.00

Nota: velocidades máximas permitidas en canales.

Fuente: Martínez (38), que cita a Agres y Scoates, y Foster.

El objetivo es preservar el canal de concreto en todo el trayecto del canal, teniendo en cuenta que las velocidades altas originan la erosión en la superficie del canal de concreto generando la inestabilidad de dicha estructura.

Por lo tanto, teniendo en cuenta que la evacuación pluvial será para un flujo de corta duración y analizando las tablas antes mencionadas, se considera la velocidad máxima de erosión al valor de 6.0 m/s, tolerando hasta una velocidad máxima de 7.0 m/s.

Se completa el análisis de las características hidráulicas utilizando el software HCANALES, se verifica a continuación el comportamiento del flujo y se analiza las velocidades en el que el flujo desciende por el canal.

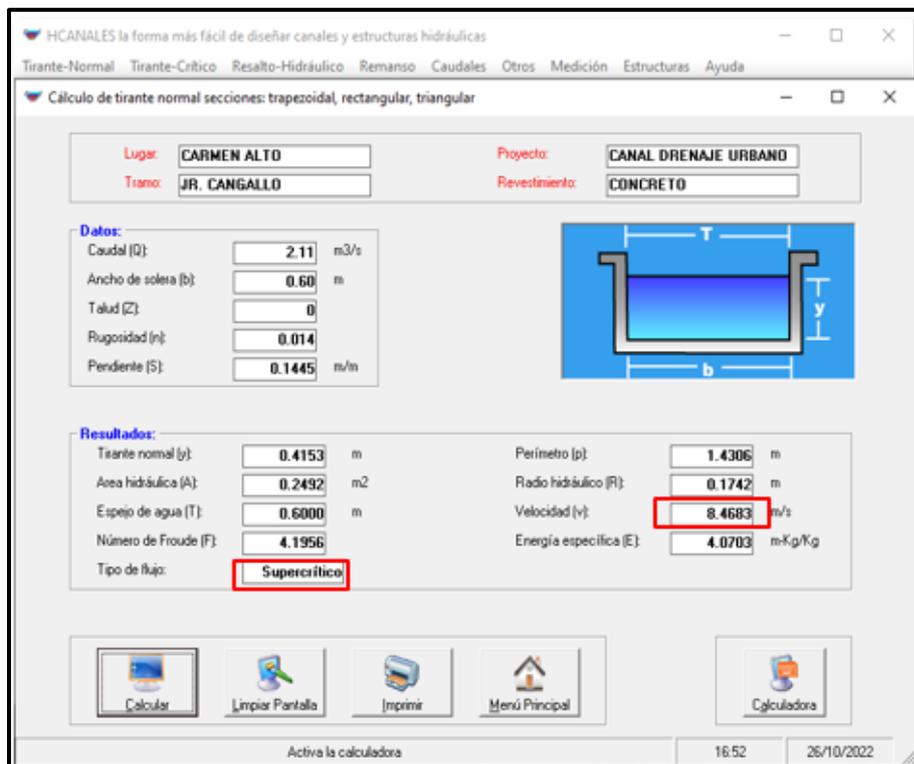


Figura 11. Análisis de las características hidráulicas en el software HCANALES.

Fuente: cotejo propio.

En la tabla siguiente se muestra el resumen del análisis de las velocidades y el comportamiento del flujo con la que se transporta el fluido en los diferentes tramos del proyecto, con el fin de verificar en que tramos es necesario un dissipador de energía para controlar dichas velocidades.

Tabla 16. Análisis de las características hidráulicas en el canal de drenaje.

Tramo	Progresiva		Long. m	Caudal (Q) m³/s	Base (b) m	Pendiente (s) m/m	Tirante (y) m	Velocidad (v) m/s	Energía Específica (E) E(m·kg/kg)	Borde Libre (BL) m	Altura (H) (m)	Tipo de flujo	Observación
	del km	al km											
Jr. Cangallo	0+000	0+035	35.00	2.11	0.60	0.0720	0.55	6.42	2.65	0.50	1.10	Supercrítico	Inicio de canal
	0+035	0+205	170.00	2.11	0.60	0.0996	0.48	7.31	3.20	0.50	1.00	Supercrítico	
	0+205	0+255	50.00	2.11	0.60	0.1053	0.47	7.48	3.32	0.50	1.00	Supercrítico	
	0+255	0+315	60.00	2.11	0.60	0.1277	0.44	8.07	3.75	0.50	1.00	Supercrítico	
	0+315	0+435	120.00	2.11	0.60	0.1364	0.42	8.28	3.92	0.50	1.00	Supercrítico	
	0+435	0+515	80.00	2.11	0.60	0.1290	0.43	8.10	3.78	0.50	1.00	Supercrítico	
	0+515	0+560	45.00	2.11	0.60	0.1445	0.42	8.47	4.07	0.50	1.00	Supercrítico	
	0+560	0+570	10.00	2.11	0.60	0.1322	0.43	8.18	3.84	0.50	1.00	Supercrítico	
Jr. Tahuantinsuyo N° 02	0+570	0+575	5.00	2.11	0.60	0.0897	0.50	7.01	3.01	0.50	1.00	Supercrítico	Intersección
	0+000	0+135	135.00	0.60	0.50	0.1285	0.20	5.94	2.00	0.30	0.50	Supercrítico	Inicio de canal
Av. Mariscal Cáceres	0+135	0+142	6.70	0.60	0.50	0.0425	0.31	3.92	1.09	0.40	0.80	Supercrítico	Intersección
	0+000	0+040	40.00	3.36	0.60	0.0461	0.82	5.59	2.41	0.70	1.70	Supercrítico	Inicio de canal
	0+040	0+115	75.00	3.36	0.60	0.0289	1.19	4.69	2.31	0.73	1.90	Supercrítico	
Av. Perú N° 02	0+115	0+150	35.16	3.36	0.60	0.0813	0.77	7.32	3.50	0.60	1.40	Supercrítico	Intersección
	0+000	0+025	25.00	5.55	0.60	0.1452	0.92	10.10	6.11	0.65	1.60	Supercrítico	Encuentro de Q
	0+025	0+075	50.00	5.55	0.60	0.1130	1.02	9.06	5.21	0.69	1.80	Supercrítico	
	0+075	0+105	30.00	5.55	0.60	0.1030	1.06	8.70	4.92	0.70	1.80	Supercrítico	
Jr. Tahuantinsuyo N° 01	0+105	0+151	46.17	5.55	0.60	0.0858	1.15	8.03	4.44	0.73	1.90	Supercrítico	Intersección
	0+000	0+045	45.00	1.14	0.50	0.1291	0.33	6.97	2.81	0.40	0.80	Supercrítico	Inicio de canal
Av. Carmen Alto N°01	0+045	0+142	96.77	1.14	0.50	0.0950	0.37	6.19	2.32	0.40	0.80	Supercrítico	Intersección
	0+000	0+085	85.00	7.22	0.60	0.1352	1.19	10.13	6.42	0.74	1.90	Supercrítico	Encuentro de Q
Psje. Lucanas	0+085	0+100	15.00	7.22	0.60	0.1310	1.20	9.99	6.29	0.74	2.00	Supercrítico	Intersección
	0+100	0+135	35.00	7.22	0.60	0.0726	1.57	7.67	4.57	0.85	2.40	Supercrítico	Encuentro de Q
	0+135	0+170	35.00	7.22	0.60	0.0908	1.42	8.49	5.09	0.80	2.20	Supercrítico	
Av. Perú N° 01	0+170	0+188	17.93	7.22	0.60	0.3236	0.81	14.77	11.94	0.61	1.50	Supercrítico	Descarga N°1
	0+000	0+050	50.00	1.35	0.60	0.0540	0.43	5.23	1.82	0.50	1.00	Supercrítico	Inicio de canal
	0+050	0+265	215.00	1.35	0.60	0.0272	0.57	3.98	1.37	0.50	1.10	Supercrítico	
	0+265	0+445	180.00	1.35	0.60	0.0488	0.45	5.02	1.73	0.50	1.00	Supercrítico	
	0+445	0+575	130.00	1.35	0.60	0.0470	0.45	4.95	1.70	0.50	1.00	Supercrítico	
Jr. Llucha Llucha	0+575	0+585	9.69	1.35	0.60	0.1982	0.26	8.57	4.01	0.50	0.80	Supercrítico	Intersección
	0+000	0+015	15.00	2.87	0.60	0.2715	0.41	11.59	7.26	0.45	0.90	Supercrítico	Encuentro de Q
	0+015	0+060	45.00	2.87	0.60	0.1907	0.47	10.08	5.66	0.50	1.00	Supercrítico	
	0+060	0+095	35.00	2.87	0.60	0.1655	0.50	9.53	5.13	0.50	1.10	Supercrítico	
Av. Carmen Alto N° 02	0+095	0+180	85.27	2.87	0.60	0.0267	1.08	4.44	2.08	0.70	1.80	Supercrítico	Intersección
	0+000	0+045	45.00	0.50	0.60	0.1202	0.15	5.40	1.64	0.30	0.50	Supercrítico	Encuentro de Q
	0+045	0+165	120.00	0.50	0.60	0.0771	0.18	4.62	1.27	0.30	0.50	Supercrítico	
	0+165	0+255	90.00	0.50	0.60	0.0376	0.23	3.58	0.88	0.35	0.60	Supercrítico	
	0+255	0+340	85.00	0.50	0.60	0.0288	0.26	3.24	0.79	0.35	0.60	Supercrítico	
	0+340	0+395	55.00	0.50	0.60	0.0815	0.18	4.72	1.31	0.30	0.50	Supercrítico	
	0+395	0+465	70.00	0.50	0.60	0.0453	0.22	3.83	0.96	0.35	0.60	Supercrítico	
	0+465	0+595	130.00	0.50	0.60	0.0325	0.25	3.39	0.83	0.35	0.60	Supercrítico	
0+595	0+602	6.63	0.50	0.60	0.0637	0.19	4.32	1.14	0.30	0.50	Supercrítico		
	0+602	0+614	12.67	3.36	0.60	0.0637	0.85	6.60	3.07	0.63	1.80	Supercrítico	Descarga N°2

Nota: análisis y recalcu de las velocidades y otras características hidráulicas con las fórmulas ya antes mencionadas en una hoja de Excel, teniendo en cuenta que el canal en todos los tramos es de sección rectangular, revestido de concreto F'c = 210 kg/cm², 0.20 cm de espesor y con un coeficiente de Manning n = 0.014.

Fuente: elaboración propia.

4.3. Diseño de canal con pantallas reflectoras

Las pantallas deflectoras se acomodan al canal existente sin variar la sección, no demandan excavaciones para su ejecución, se adaptan a la topografía sinuosa que tiene el canal y no ocasionan sedimentación ya que no contempla zonas de estancamiento. Se muestra el esquema del dimensionamiento que deberán seguir las pantallas deflectoras, que se proyecten en los diferentes tramos del canal de drenaje. Para Mejía (23 págs. 33-39), en base a sus investigaciones, propone un diseño geométrico para las pantallas deflectoras.

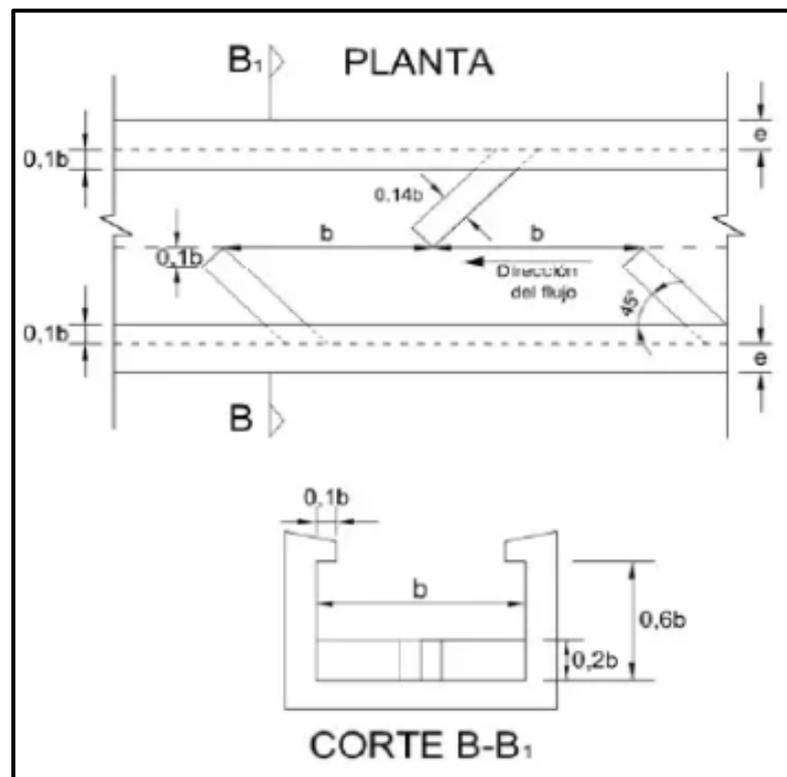


Figura 12. Diseño geométrico original de pantallas deflectoras.

Fuente: Ramírez (39 pág. 6).

Se realiza el cálculo de la sección de pantallas deflectoras por cada tramo del canal, mediante el empleo de una hoja de cálculo en el Microsoft Excel, además, se programan las formular antes mencionadas con los valores del caudal conocido de cada tramo del canal de drenaje pluvial; se calculan los valores de "b" y "v".

Tabla 17. Sección de pantallas deflectoras por cada tramo del canal de drenaje.

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DEL DISEÑO DEL EXPEDIENTE TECNICO											VALORES CALCULADOS Y ASUMIDOS PARA EL CPD						
Tramo	Progresiva		Long. m	Caudal (Q) m³/s	Base (b) m	Pendiente (s) m/m	Tirante (y) m	Velocidad (v) m/s	Borde Libre (BL) m	Altura (H) (m)	b calculado m	v calculado m/s	b asumido m	0.2*b m	0.14*b m	0.2*b asumido m	0.14*b asumido m
	del km	al km															
Jr. Cangallo	0+220	0+255	35.00	2.11	0.60	0.1053	0.47	7.48	0.50	1.10	1.22	6.19	1.16	0.23	0.16	0.20	0.15
	0+255	0+315	60.00	2.11	0.60	0.1277	0.44	8.07	0.50	1.10	1.22	6.19	1.16	0.23	0.16	0.20	0.15
	0+315	0+435	120.00	2.11	0.60	0.1364	0.42	8.28	0.50	1.10	1.22	6.19	1.16	0.23	0.16	0.20	0.15
	0+435	0+515	80.00	2.11	0.60	0.1290	0.43	8.10	0.50	1.10	1.22	6.19	1.16	0.23	0.16	0.20	0.15
	0+515	0+560	45.00	2.11	0.60	0.1445	0.42	8.47	0.50	1.10	1.22	6.19	1.16	0.23	0.16	0.20	0.15
	0+560	0+570	10.00	2.11	0.60	0.1322	0.43	8.18	0.50	1.10	1.22	6.19	1.16	0.23	0.16	0.20	0.15
Jr. Tahuantinsuyo N° 02	0+115	0+135	20.00	0.60	0.50	0.1285	0.20	5.94	0.30	0.80	0.74	4.81	0.77	0.15	0.11	0.15	0.10
Av. Mariscal Cáceres	0+030	0+040	10.00	3.36	0.60	0.0461	0.97	5.59	0.70	1.90	1.47	6.23	1.68	0.34	0.24	0.35	0.25
	0+115	0+140	25.00	3.36	0.60	0.0813	0.77	7.32	0.60	1.90	1.47	6.23	1.68	0.34	0.24	0.35	0.25
Av. Peru N° 02	0+005	0+025	20.00	5.55	0.60	0.1452	0.92	10.10	0.65	1.90	1.80	7.51	1.85	0.37	0.26	0.40	0.25
	0+025	0+075	50.00	5.55	0.60	0.1130	1.02	9.06	0.69	1.90	1.80	7.51	1.85	0.37	0.26	0.40	0.25
	0+075	0+105	30.00	5.55	0.60	0.1030	1.06	8.70	0.70	1.90	1.80	7.51	1.85	0.37	0.26	0.40	0.25
	0+105	0+145	40.00	5.55	0.60	0.0858	1.15	8.03	0.73	1.90	1.80	6.89	1.85	0.37	0.26	0.40	0.25
Jr. Tahuantinsuyo N° 01	0+123	0+138	15.00	1.14	0.50	0.0950	0.37	6.19	0.40	0.80	0.95	5.02	0.88	0.18	0.12	0.20	0.15
Av. Carmen Alto N°01	0+035	0+085	50.00	7.22	0.60	0.1352	1.19	10.13	0.74	1.90	2.00	7.91	1.95	0.39	0.27	0.40	0.25
	0+085	0+095	10.00	7.22	0.60	0.1310	1.20	9.99	0.74	2.00	2.00	7.91	2.00	0.40	0.28	0.40	0.25
Psje. Lucanas	0+140	0+170	30.00	7.22	0.60	0.0908	1.42	8.49	0.80	2.20	2.00	7.26	2.10	0.42	0.29	0.40	0.25
	0+170	0+180	10.00	7.22	0.60	0.3236	0.81	14.77	0.61	1.50	2.00	7.91	1.75	0.35	0.24	0.35	0.25
Jr. Llucha Llucha	0+005	0+015	10.00	2.87	0.60	0.2715	0.41	11.59	0.45	1.10	1.38	6.58	1.24	0.25	0.17	0.25	0.20
	0+015	0+060	45.00	2.87	0.60	0.1907	0.47	10.08	0.50	1.10	1.38	6.58	1.24	0.25	0.17	0.25	0.20
	0+060	0+095	35.00	2.87	0.60	0.1655	0.50	9.53	0.50	1.10	1.38	6.58	1.24	0.25	0.17	0.25	0.20

Nota: el diseño de pantallas deflectoras es en función al canal que presenta el proyecto según expediente técnico.

Fuente: elaboración propia en base a lo propuesto en el expediente técnico.

4.4. Modelamiento hidráulico con el software Iber 2.5

4.4.1. Hidrología del proyecto

Tabla 18. Valores K_n para la prueba de datos dudosos.

Tamaño de muestra n	K_n						
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.76	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Nota: la tabla contiene valores de K_n de un lado con un nivel de significancia del 10 % para distribución normal.

Fuente: U.S. Water Resources Council, citado por Fuentes (40 pág. 11).

Tabla 19. Precipitación máxima de 24 horas.

REGISTROS HISTORICOS DE PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)		
AÑO	PPmax24hr	Log(p24hr)
1970	29.0	1.46
1971	46.6	1.67
1972	20.2	1.31
1973	32.0	1.51
1974	26.0	1.41
1975	23.0	1.36
1976	30.5	1.48
1977	26.0	1.41
1978	23.2	1.37
1979	16.0	1.20
1980	19.6	1.29
1981	19.9	1.30

1982	38.0	1.58
1983	24.4	1.39
1984	29.0	1.46
1985	18.0	1.26
1986	16.5	1.22
1987	24.2	1.38
1988	23.0	1.36
1989	26.0	1.41
1990	30.5	1.48
1991	19.5	1.29
1992	35.5	1.55
1993	40.5	1.61
1994	52.2	1.72
1995	42.0	1.62
1996	31.3	1.50
1997	56.3	1.75
1998	31.2	1.49
1999	28.6	1.46
2000	41.5	1.62
2001	48.5	1.69
2002	41.1	1.61
2003	38.4	1.58
2007	27.0	1.43
2008	31.5	1.50
2009	29.6	1.47
2010	41.0	1.61
2011	46.7	1.67
2012	28.4	1.45

Nota: no existen registros de caudales ni niveles de agua de los riachuelos y quebradas que pertenecen al proyecto del Mejoramiento del Sistema de Drenaje Pluvial. Para la generación de caudales se utilizó la información pluviométrica consistente de la estación de Huamanga, Tambillo, Chiara, Pucaloma.

Fuente: tomado del expediente técnico, sección correspondiente al estudio hidrológico.

ESTADISTICA DE LA MUESTRA	P24hr	Log(P24hr)
Numero de datos (n)	40	40
Sumatoria	1252.4	58.9
Valor Máximo	56.30	1.75
Valor Mínimo	16.00	1.20
Media:	31.31	1.47
Varianza: s^2	103.323	0.020
Desviación Estándar: Sy	10.165	0.140
Coefficiente Variación: Cv	0.325	0.095
Coefficiente de Asimetría: Cs	0.626	0.020
Si la Asimetría es:	Detectar datos dudosos altos y bajos	

Figura 13. Prueba de datos dudosos.

Fuente: elaboración propia.

$$*n = 40$$

$$*K_n = 2.68$$

* K_n = valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10 %).

Umbral de datos dudosos altos (y_H : unidad logarítmica):

$$y_H = 1.850$$

$$y_H = \bar{y} + k_n \cdot s_y$$

Precipitación máxima aceptada:

$$P_H = 70.745$$

$$P_H = (10)^{y_H}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTOS DE LA MUESTRA - OK

Umbral de datos dudosos bajos (y_L : unidad logarítmica):

$$y_L = 1.098$$

$$y_L = \bar{y} - k_n \cdot s_y$$

Precipitación máxima aceptada:

$$P_H = 12.524$$

$$P_H = (10)^{y_L}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS BAJOS DE LA MUESTRA - OK

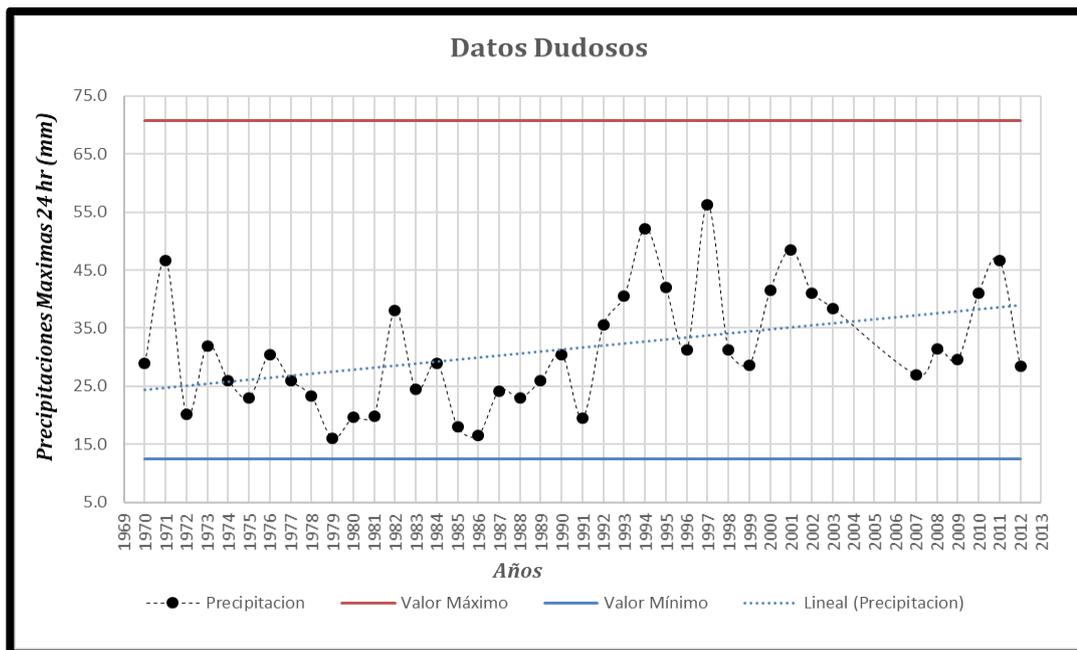


Figura 14. Gráfico estadístico de datos dudosos.

Fuente: elaboración propia.

a. Análisis estadístico:

Se realizó el cálculo estadístico con el programa HydroCALC2.0.2; de acuerdo con ello, el mejor ajuste es con el modelo de distribución LOG-NORMAL 2P.

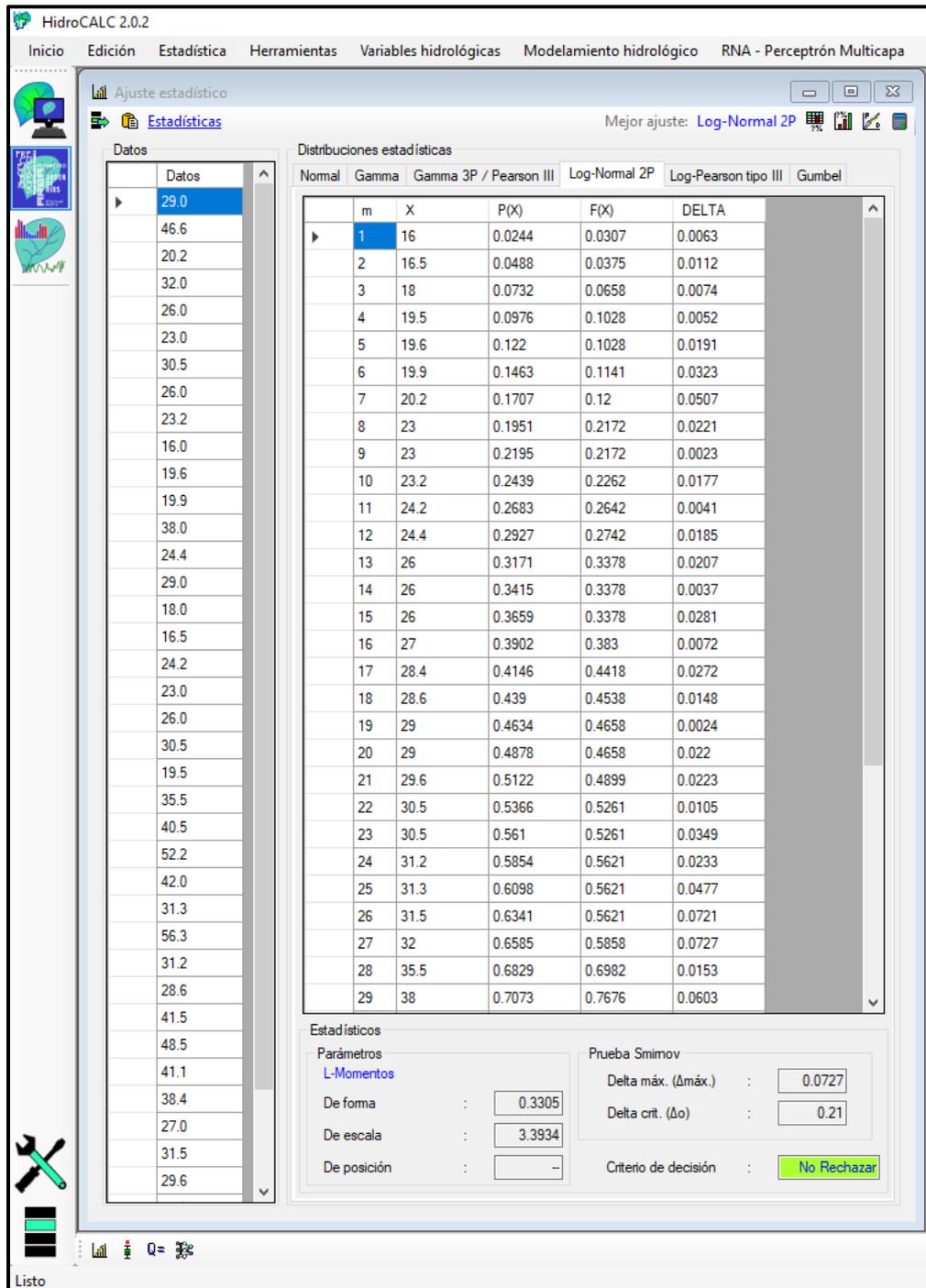


Figura 15. Ajuste de modelos de distribución.

Fuente: elaboración propia.

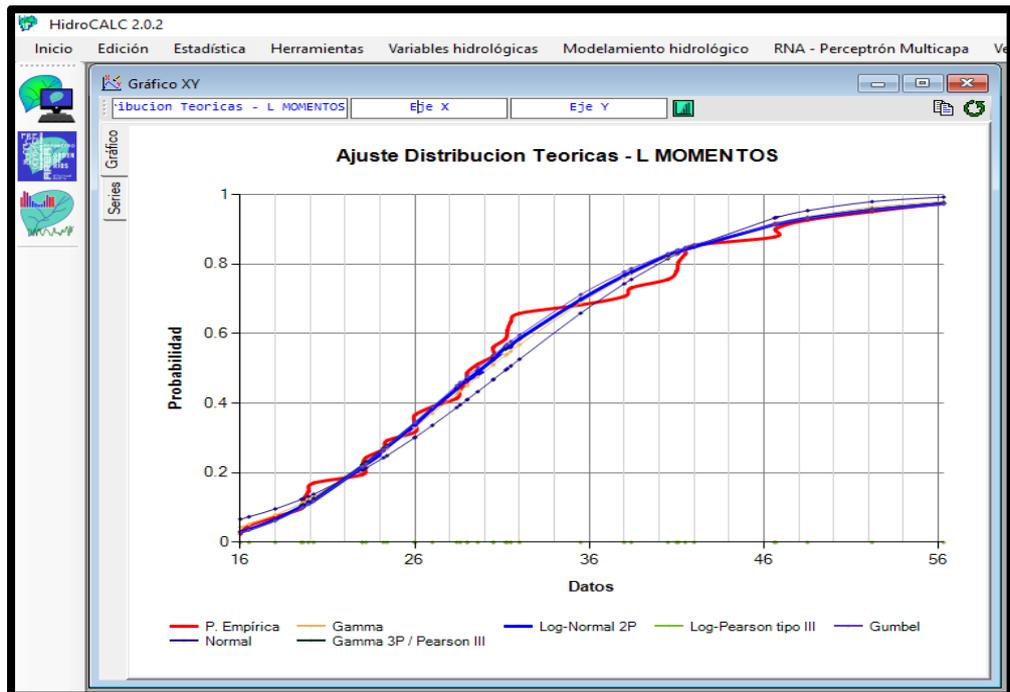


Figura 16. Ajuste de distribución teóricas - L MOMENTOS.

Fuente: elaboración propia.



Figura 17. Estadísticos generales.

Fuente: elaboración propia.

- b. Determinación de la tormenta de diseño:

Cálculo de la Curva IDF, con el Método Grobe (conocido como modelo Dyck y Peschke) - Programa HidroCALC 2.0.2.

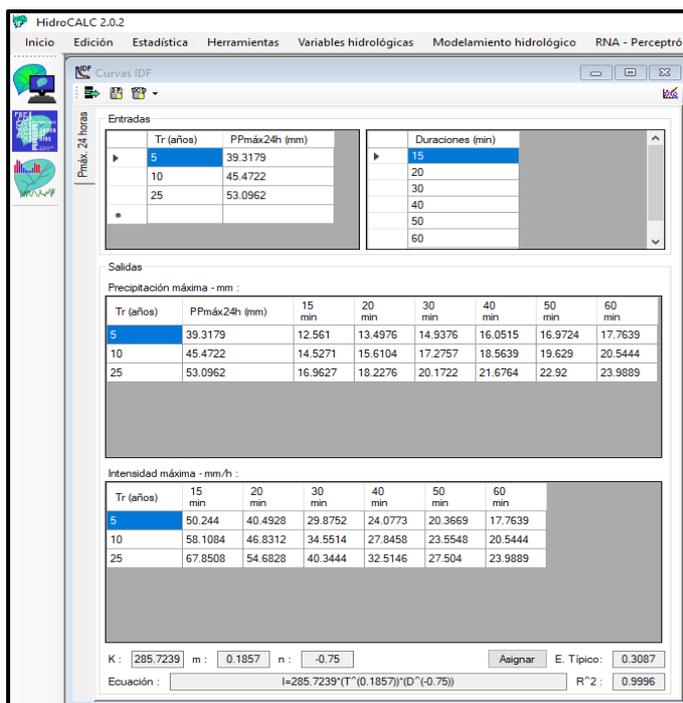


Figura 18. Ventana de cálculo de la IDF con un Tr = 25 años.

Fuente: elaboración propia.

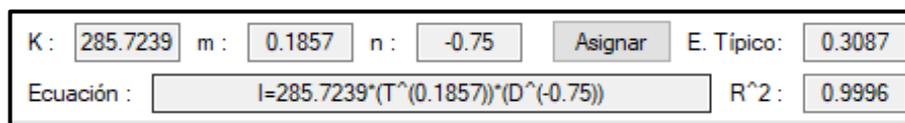


Figura 19. Ecuación general de la Curva IDT.

Fuente: elaboración propia.

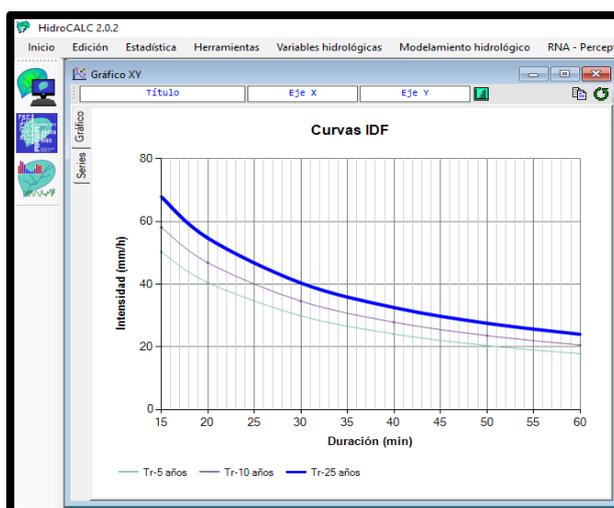


Figura 20. Estadística de la tormenta de diseño.

Fuente: elaboración propia.

c. Tiempo de concentración:

Se realizó el cálculo con 5 ecuaciones empíricas y el promedio es igual a $T_c = 30$ min, Cuenca Urbana Zona Alta.

PARAMETROS MORFOMETRICOS		
Cuenca Urbana ZONA ALTA		
<i>Area de la Cuenca</i>	: Km ²	0.67
<i>Perimetro de la cuenca</i>	: Km	4.87
<i>Longitud del cauce principal</i>	: Km	1.83
<i>Indice de compacidad</i>		1.68
<i>Factor de forma</i>		0.20
<i>Pendiente de la cuenca</i>	: m/m	0.10
<i>Pendiente del cauce principal</i>	: m/m	0.07
<i>Ancho promedio de la cuenca</i>	Km	0.36
<i>Lado L</i>	Km	2.14
<i>Lado l</i>	Km	0.31
<i>Tiempo de Concentracion</i>	min	30
<i>Kirpich (1940)</i>	: min	17.8
<i>Temez</i>	: min	47.4
<i>Federal Aviation Adm. (1970)</i>	: min	25.7
<i>Ecu. Onda cinematica (1973)</i>	: min	24.9
<i>Ecu. De retardo SCS (1973)</i>	: min	34.2

Figura 21. Cuadro que muestra los parámetros morfométricos de la zona alta.

Fuente: elaboración propia.

Se realizó el cálculo con 5 ecuaciones empíricas y el promedio es igual a $T_c = 21$ min, Cuenca Urbana Zona Baja.

PARAMETROS MORFOMETRICOS		
Cuenca Urbana ZONA BAJA		
<i>Area de la Cuenca</i>	: Km ²	0.34
<i>Perimetro de la cuenca</i>	: Km	3.00
<i>Longitud del cauce principal</i>	: Km	1.08
<i>Indice de compacidad</i>		1.45
<i>Factor de forma</i>		0.29
<i>Pendiente de la cuenca</i>	: m/m	0.18
<i>Pendiente del cauce principal</i>	: m/m	0.05
<i>Ancho promedio de la cuenca</i>	Km	0.31
<i>Lado L</i>	Km	1.24
<i>Lado l</i>	Km	0.27
<i>Tiempo de Concentracion</i>	min	21
<i>Kirpich (1940)</i>	: min	13.2
<i>Temez</i>	: min	33.5
<i>Federal Aviation Adm. (1970)</i>	: min	23.5
<i>Ecu. Onda cinematica (1973)</i>	: min	17.7
<i>Ecu. De retardo SCS (1973)</i>	: min	17.4

Figura 22. Cuadro que muestra los parámetros morfométricos de la zona baja.

Fuente: elaboración propia.

d. Hietograma de diseño:

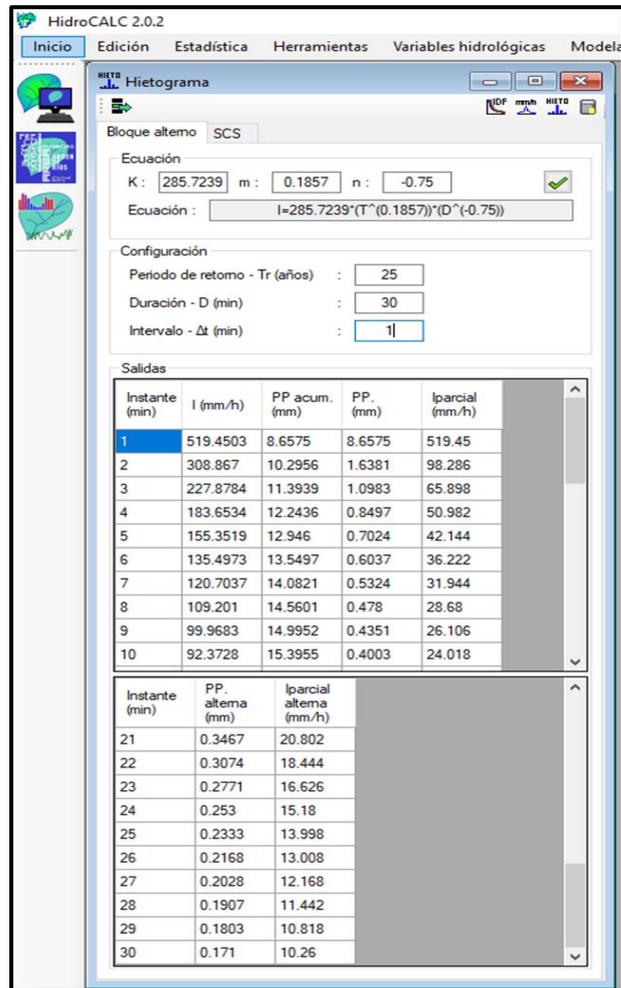


Figura 23. Ventana de cálculo de la lluvia de diseño - Cuenca Urbana Zona Alta.

Fuente: elaboración propia.

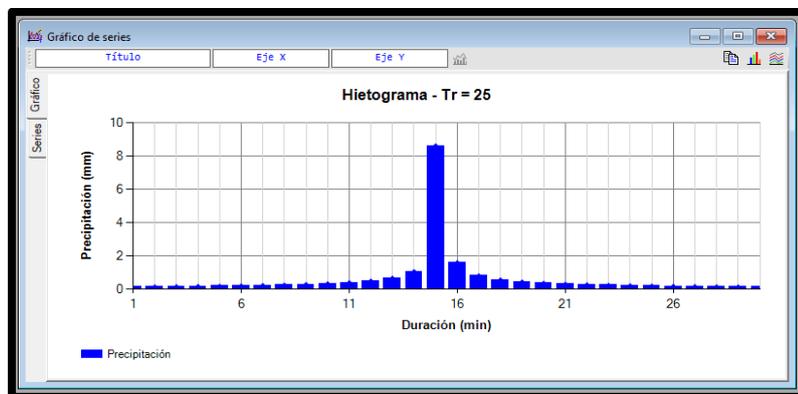


Figura 24. Hietograma zona alta - Tr = 25.

Fuente: elaboración propia.

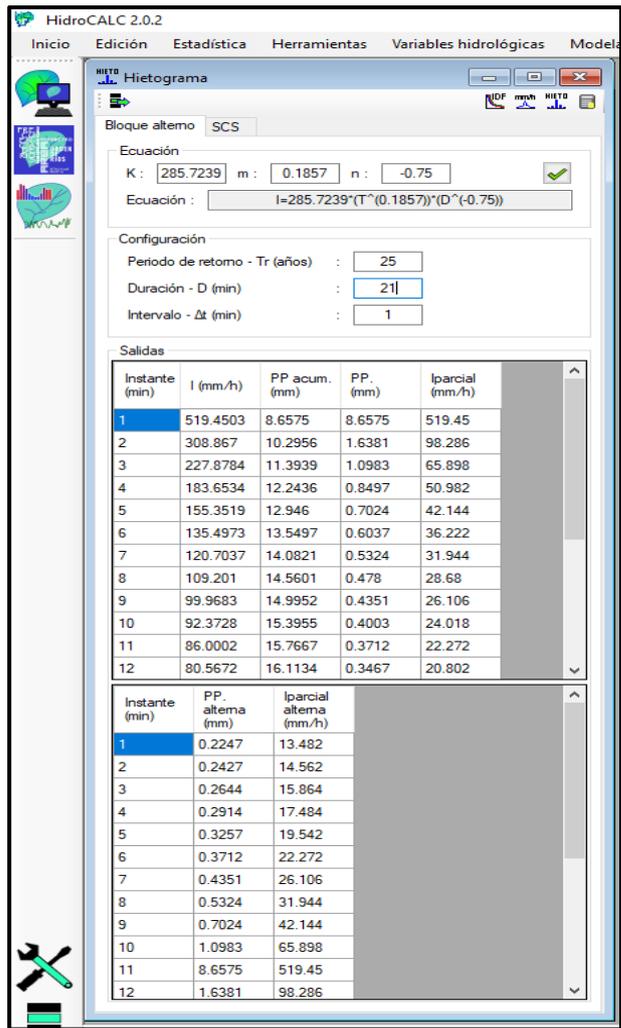


Figura 25. Ventana de cálculo de la lluvia de diseño - Cuenca Urbana Zona Baja.

Fuente: elaboración propia.

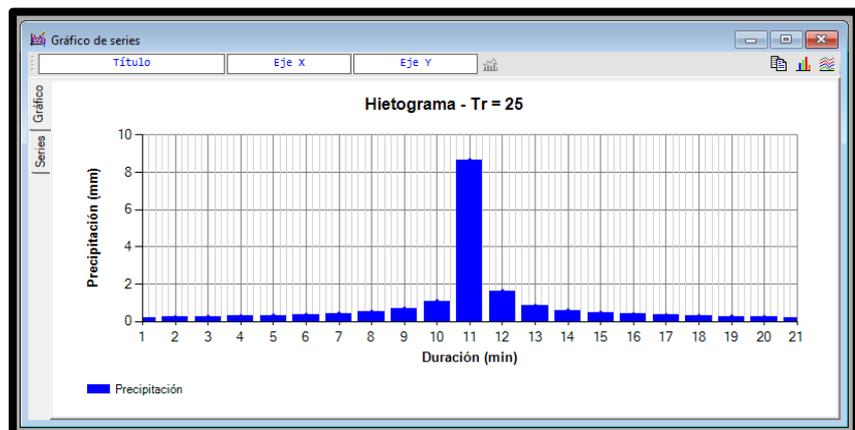


Figura 26. Hietograma zona baja - Tr = 25.

Fuente: elaboración propia.

e. Curva número:

DATOS DE SUB CUENCAS URBANAS ZONA ALTA - PARA EL MODELAMIENTO HIDROLOGICO CON HEC - HMS 4.9										
Sub Cuencas	Descripcion del uso de la tierra	Area Ha	Area Km2	Area Km2	CN	CN Ponderado	Ia mm	Impermeabilidad %	C	C Ponderado
Sub cuenca Av. Carmen Alto 01	Calle Pavimentada	0.704	0.007	0.05	98	86.45	7.96	65%	0.95	0.73
	Pastizales	0.365	0.004		79				0.15	
	Zona Residencial 500m2	3.747	0.037		85				0.75	
Sub cuenca Av. Mariscal Caceres	Areas Abiertas	0.874	0.009	0.25	69	86.53	7.91	84%	0.70	0.76
	Calle Pavimentada	4.856	0.049		98				0.95	
	Pastizales	1.142	0.011		79				0.15	
	Zona Residencial 1000m2	0.455	0.005		75				0.75	
	Zona Residencial 500m2	17.367	0.174		85				0.75	
Sub cuenca Av. Peru 02	Calle Pavimentada	0.128	0.001	0.01	98	87.39	7.33	71%	0.70	0.90
	Zona Residencial 500m2	0.569	0.006		85				0.95	
Sub cuenca Jr. Cangallo	Calle Pavimentada	1.984	0.020	0.21	98	84.16	9.56	60%	0.95	0.56
	Pastizales	7.208	0.072		79				0.15	
	Zona Residencial 500m2	11.689	0.117		85				0.75	
Sub cuenca Jr. Tahuantinsuyo N° 01	Calle Pavimentada	1.637	0.016	0.10	98	84.79	9.11	73%	0.95	0.78
	Pastizales	0.048	0.0045		79				0.15	
	Zona Residencial 1000m2	2.311	0.023		75				0.75	
	Zona Residencial 500m2	6.183	0.062		85				0.75	
Sub cuenca Jr. Tahuantinsuyo N° 02	Calle Pavimentada	0.796	0.008	0.05	98	86.94	7.63	70%	0.95	0.78
	Zona Residencial 500m2	4.541	0.045		85				0.75	

Figura 27. Cálculo curva número, impermeabilidad y coeficiente de escorrentía de la Cuenca Urbana Zona Alta.

Fuente: elaboración propia.

DATOS DE SUB CUENCAS URBANAS ZONA BAJA - PARA EL MODELAMIENTO HIDROLOGICO CON HEC - HMS 4.9										
Sub Cuencas	Descripcion del uso de la tierra	Area Ha	Area Km2	Area Km2	CN	CN Ponderado	Ia mm	Impermeabilidad %	C	C Ponderado
Sub cuenca Av. Peru 01	Areas abiertas	0.431	0.004	0.15	69	85.84	8.38	52%	0.70	0.75
	Calle Pavimentada	1.765	0.018		98				0.95	
	Pastizales	0.590	0.006		79				0.15	
	Zona Residencial 500m2	12.143	0.121		85				0.75	
Sub cuenca Jr. Llucha Llucha	Areas abiertas	0.657	0.007	0.14	69	84.22	9.52	50%	0.70	0.63
	Calle Pavimentada	1.442	0.014		98				0.95	
	Pastizales	3.138	0.031		79				0.15	
	Zona Residencial 500m2	8.292	0.083		85				0.75	
Sub cuenca Av. Carmen Alto 02	Areas abiertas	0.163	0.002	0.05	69	86.00	8.27	67%	0.70	0.77
	Calle Pavimentada	0.617	0.006		98				0.95	
	Zona Residencial 500m2	4.628	0.046		85				0.75	

Figura 28. Cálculo curva número, impermeabilidad y coeficiente de escorrentía de la Cuenca Urbana Zona Baja.

Fuente: elaboración propia.

f. Caudales máximos:

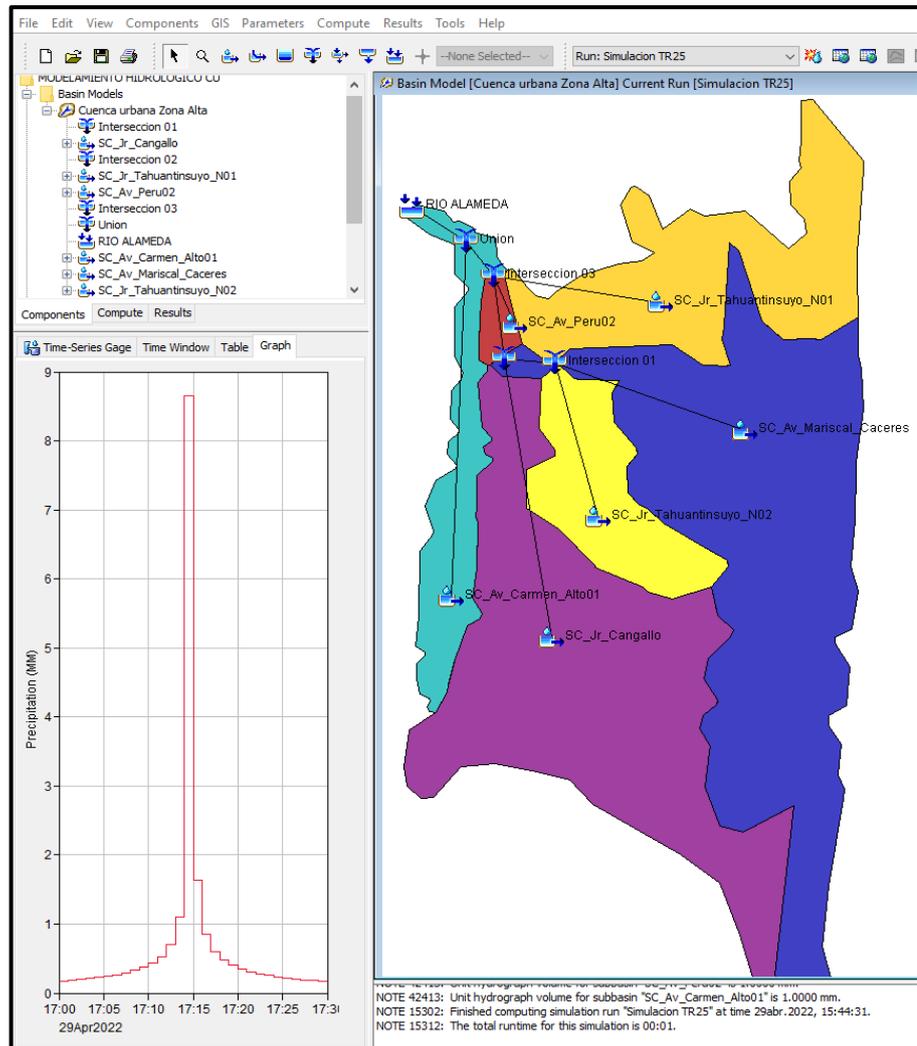


Figura 29. Modelamiento hidrológico de Subcuencas Urbanas Zona Alta, para el cálculo de caudales máximos.

Fuente: elaboración propia.

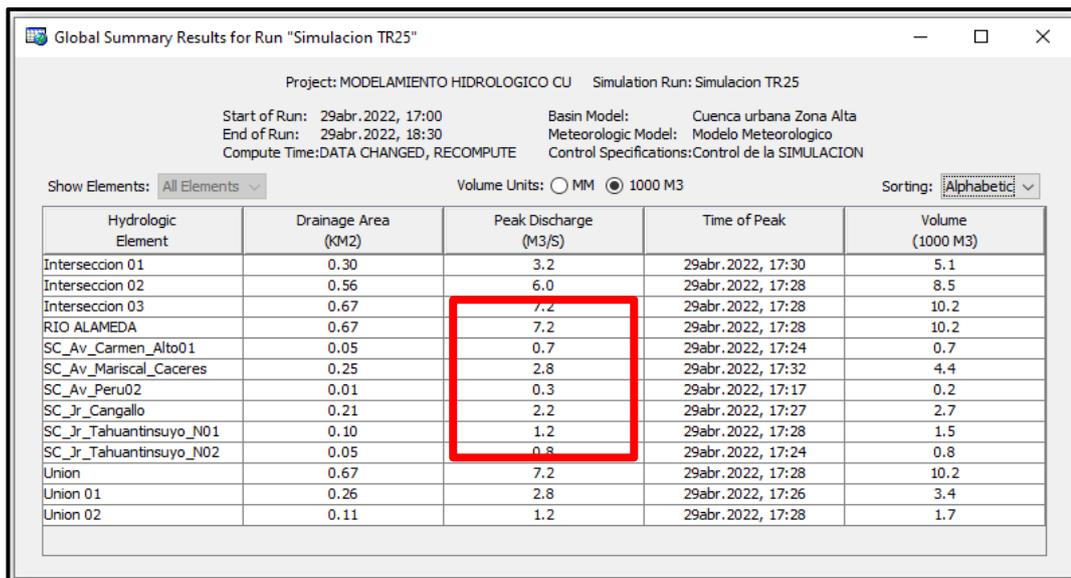


Figura 30. Caudales máximos para cada Subcuenca Urbana de la Zona Alta.

Fuente: elaboración propia.

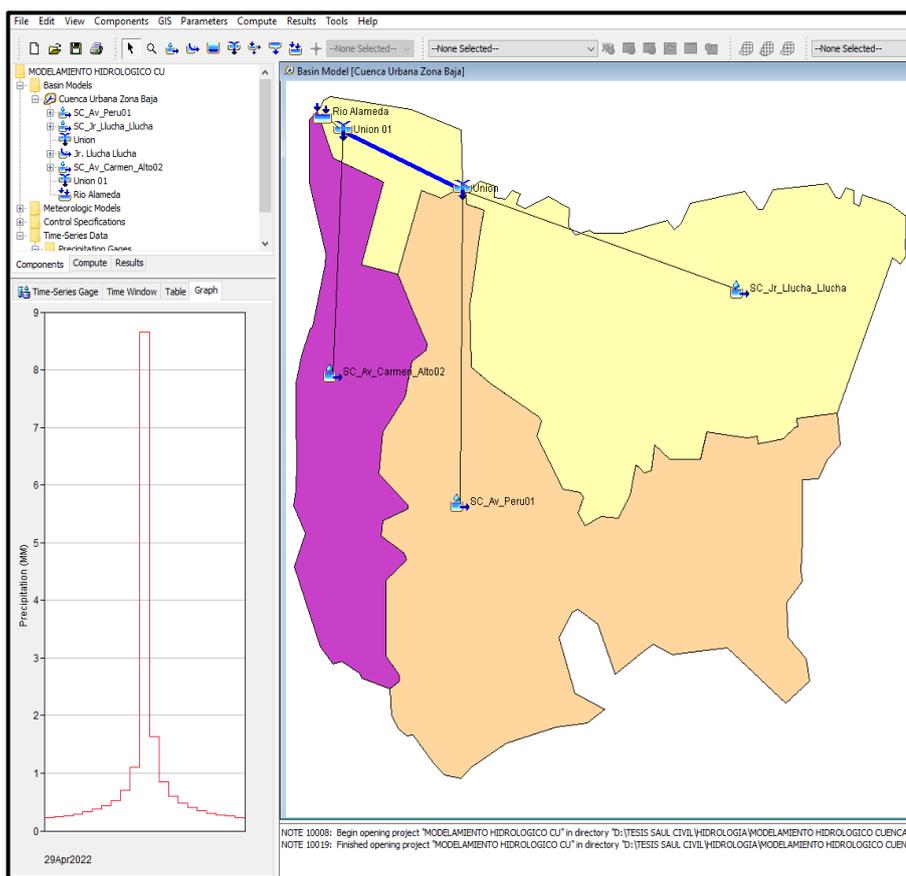


Figura 31. Modelamiento hidrológico de Subcuencas Urbanas Zona Baja, para el cálculo de caudales máximos.

Fuente: elaboración propia.

Global Summary Results for Run "Simulacion TR25"

Project: MODELAMIENTO HIDROLOGICO CU Simulation Run: Simulacion TR25

Start of Run: 29abr.2022, 17:00 Basin Model: Cuenca Urbana Zona Baja
 End of Run: 29abr.2022, 18:30 Meteorologic Model: Modelo Meteorologico
 Compute Time: 03may.2022, 19:25:08 Control Specifications: Control de la SIMULACION

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Alphabetic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
Jr. Llucha Llucha	0.29	3.3	29abr.2022, 17:19	3.0
Rio Alameda	0.34	4.0	29abr.2022, 17:19	3.6
SC_Av_Carmen_Alto02	0.05	0.7	29abr.2022, 17:20	0.7
SC_Av_Peru01	0.15	1.7	29abr.2022, 17:21	1.6
SC_Jr_Llucha_Llucha	0.14	1.7	29abr.2022, 17:19	1.4
Union	0.29	3.3	29abr.2022, 17:19	3.0
Union 01	0.34	4.0	29abr.2022, 17:19	3.6

Figura 32. Caudales máximos para cada Subcuenca Urbana de la Zona Baja.

Fuente: elaboración propia.

4.4.2. Cálculos hidráulicos

a. Modelos Iber 2.5:

Iber es un modelo de simulación numérica que se utiliza para estudiar el flujo turbulento en lámina libre y los procesos medioambientales en hidráulica fluvial en régimen no permanente. Este modelo es adecuado para diversas aplicaciones, incluyendo la hidrodinámica fluvial, la simulación de roturas de presas, la evaluación de zonas inundables, el cálculo del transporte de sedimentos y el flujo de marea en estuarios, entre otros usos.

El modelo de simulación numérica Iber cuenta con tres módulos principales de cálculo: hidrodinámico, de turbulencia y de transporte de sedimentos. Cada uno de estos módulos trabaja en una malla que puede estar estructurada o no estructurada, y que está compuesta por elementos triangulares y/o cuadriláteros. El módulo hidrodinámico se encarga de resolver las ecuaciones de aguas someras bidimensionales promediadas en profundidad, mientras que el módulo de turbulencia permite incluir las tensiones turbulentas en el cálculo

hidrodinámico y puede utilizar diferentes modelos con diferentes niveles de complejidad. Finalmente, el módulo de transporte de sedimentos se encarga de resolver las ecuaciones necesarias para calcular la evolución de la cota de fondo, utilizando el balance de masa de sedimentos (1).

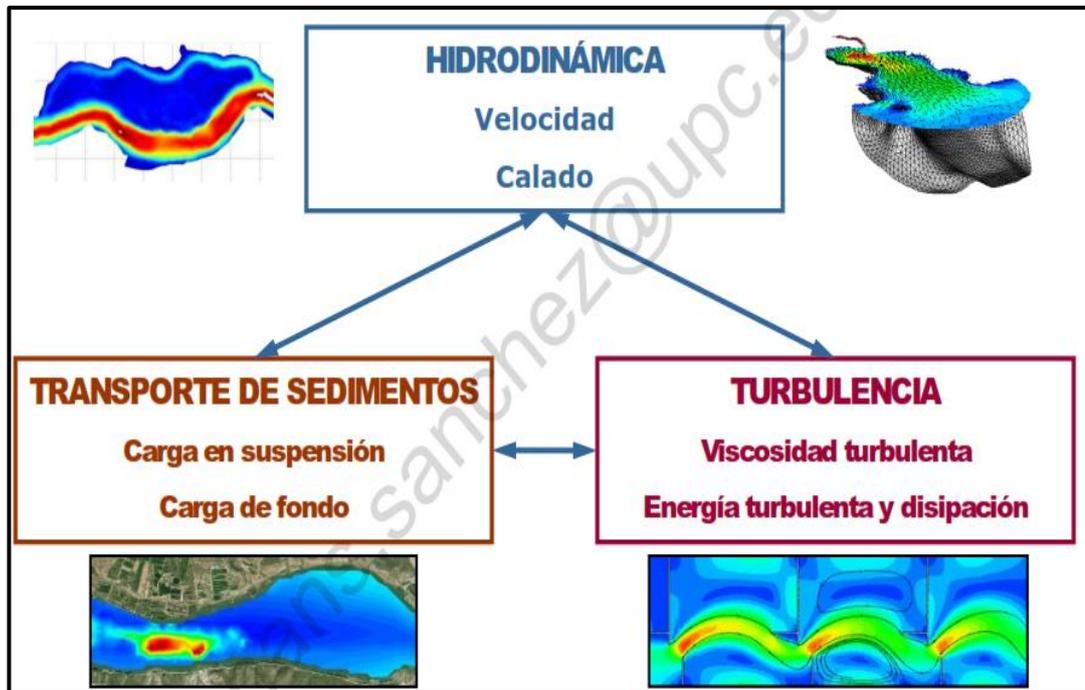


Figura 33. Módulos de cálculo.

Fuente: GIAMA y FLUMEN (1).

b. Geometría del modelo sin pantallas deflectoras:

El primer paso es dibujar los canales de drenaje de cada cuenca urbana sin pantallas deflectoras en AutoCAD - 3D Modeling, con sus respectivas dimensiones.

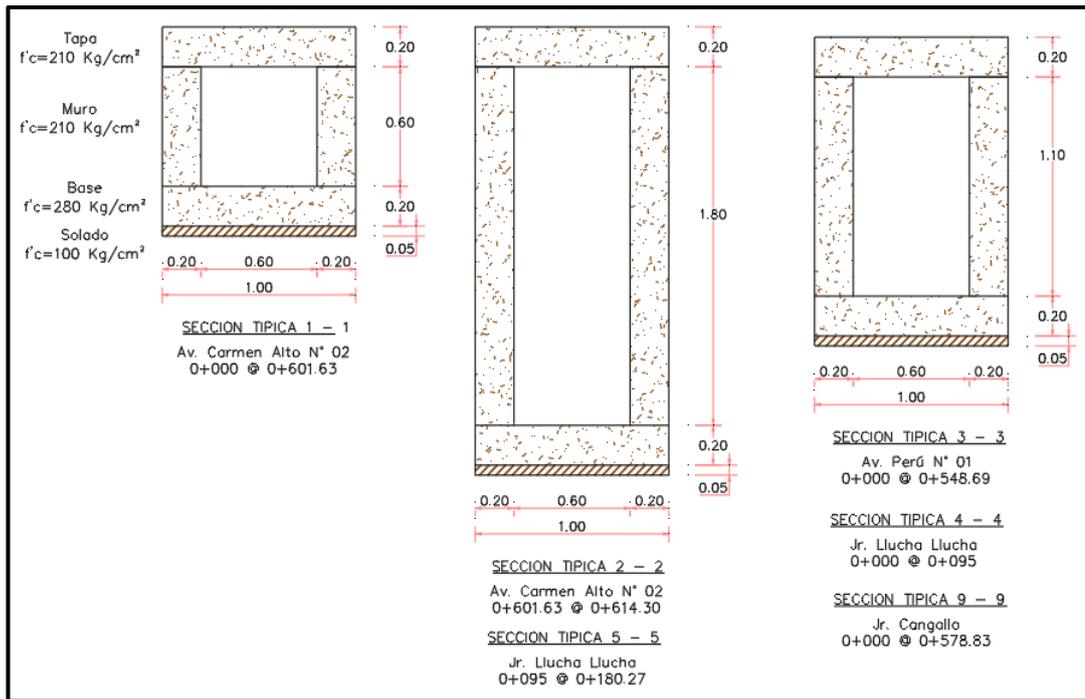


Figura 34. Dimensiones del canal de drenaje por tramos.

Fuente: elaboración propia.

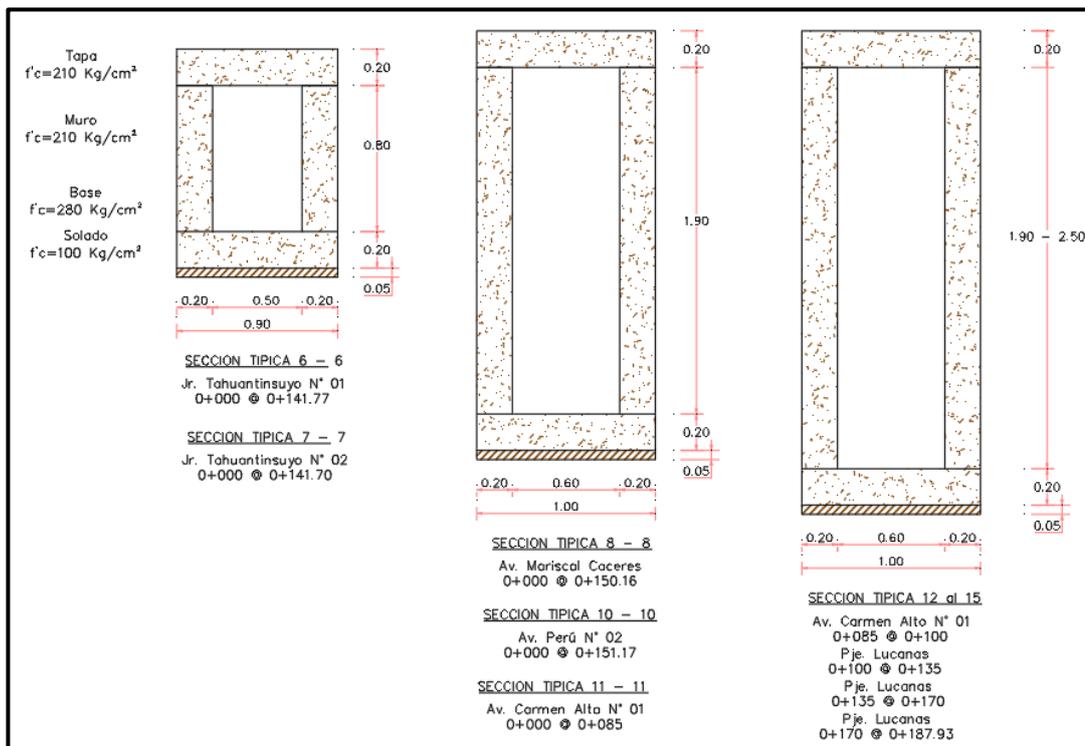


Figura 35. Dimensiones del canal de drenaje por tramos.

Fuente: elaboración propia.

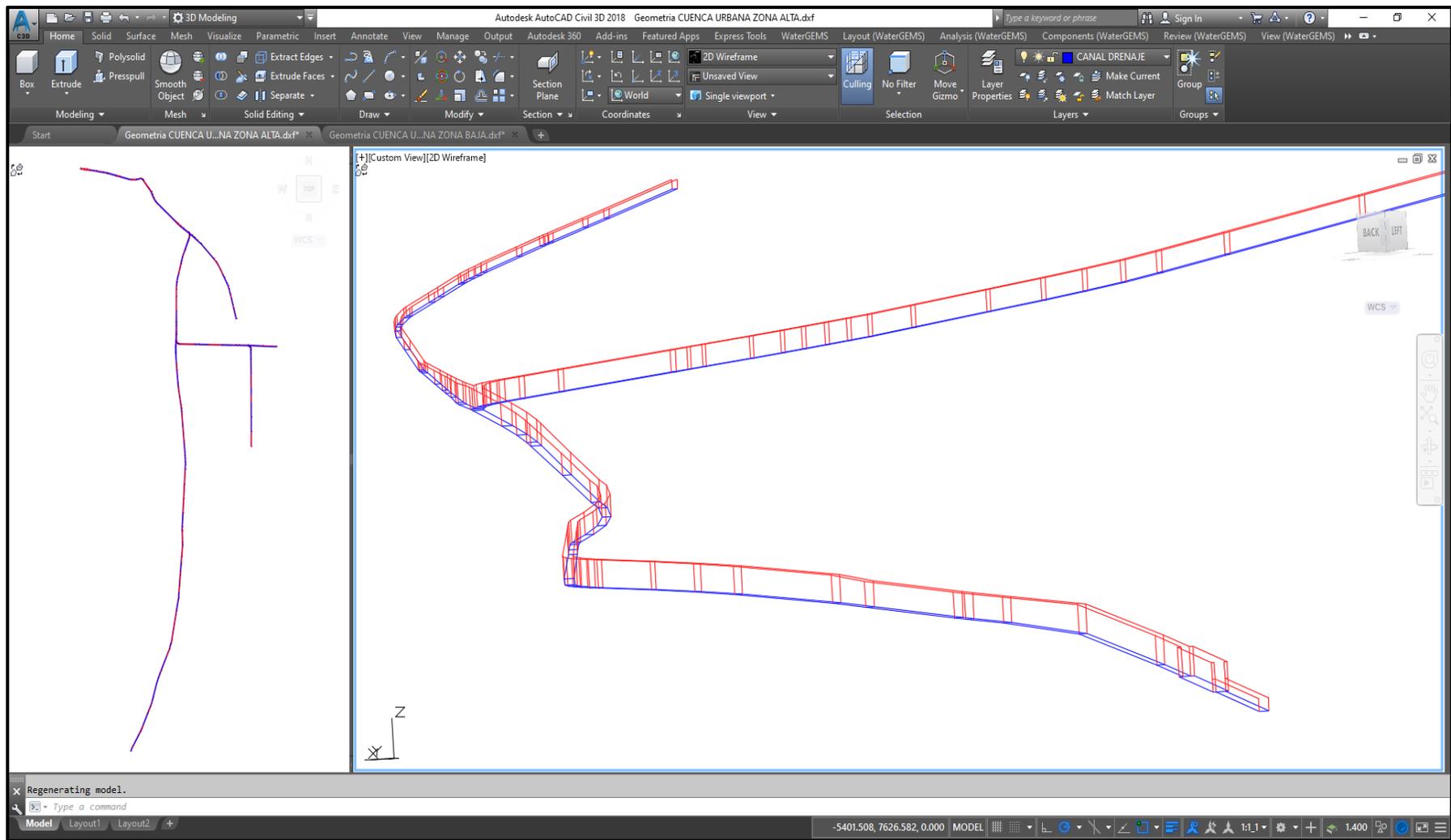


Figura 36. Dibujo en AutoCAD 3D Modeling - Cuenca Urbana Zona Alta sin pantallas deflectoras.

Fuente: elaboración propia.

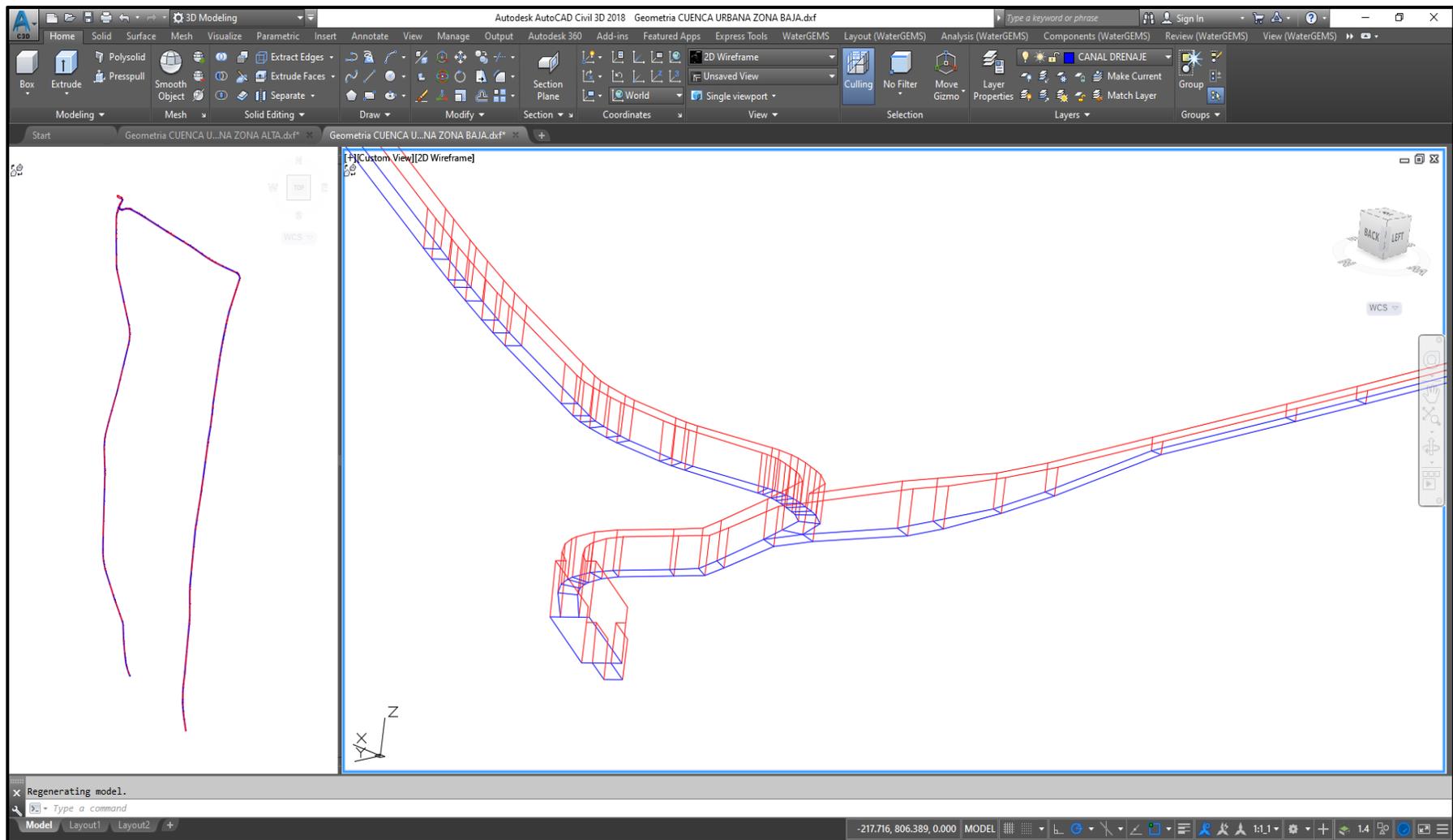


Figura 37. Dibujo en AutoCAD 3D Modeling - Cuenca Urbana Zona Baja sin pantallas deflectoras.

Fuente: elaboración propia.

c. Geometría del modelo con pantallas deflectoras:

Como segundo paso que se hizo, es dibujar los canales de drenaje con las pantallas deflectoras calculadas para cada tramo en AutoCAD - 3D Modeling, con sus respectivas dimensiones.

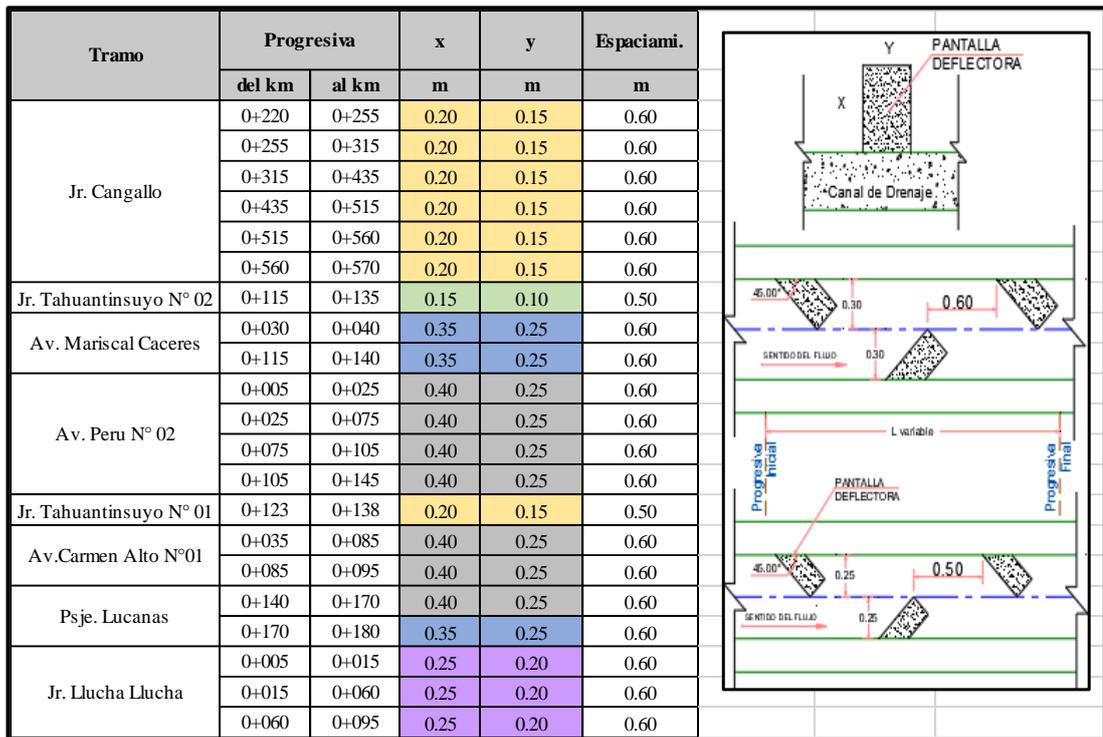


Figura 38. Sección de pantallas deflectoras.

Fuente: elaboración propia.

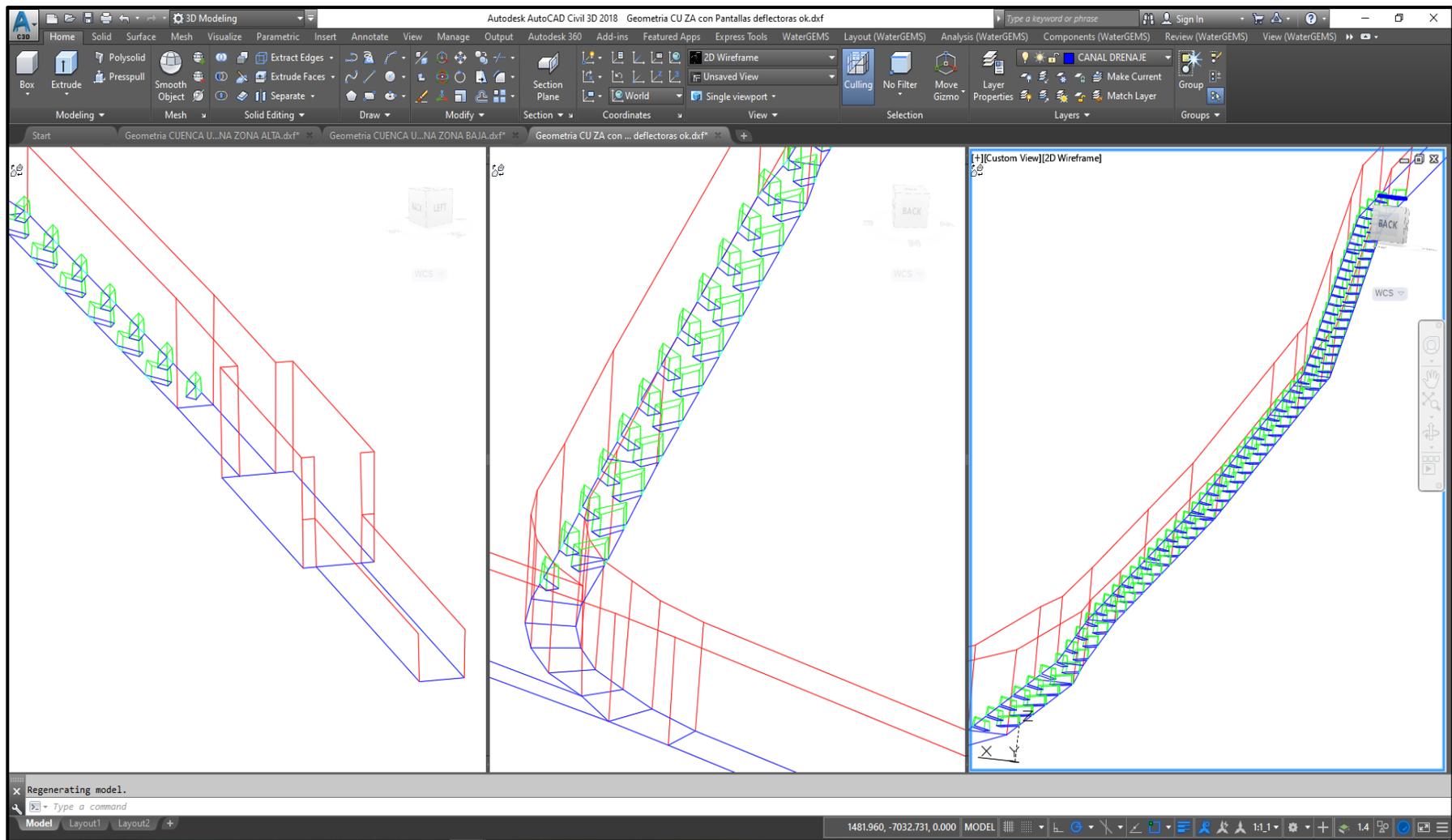


Figura 39. Dibujo en AutoCAD 3D Modeling - Cuenca Urbana Zona Alta con pantallas deflectoras.

Fuente: elaboración propia.

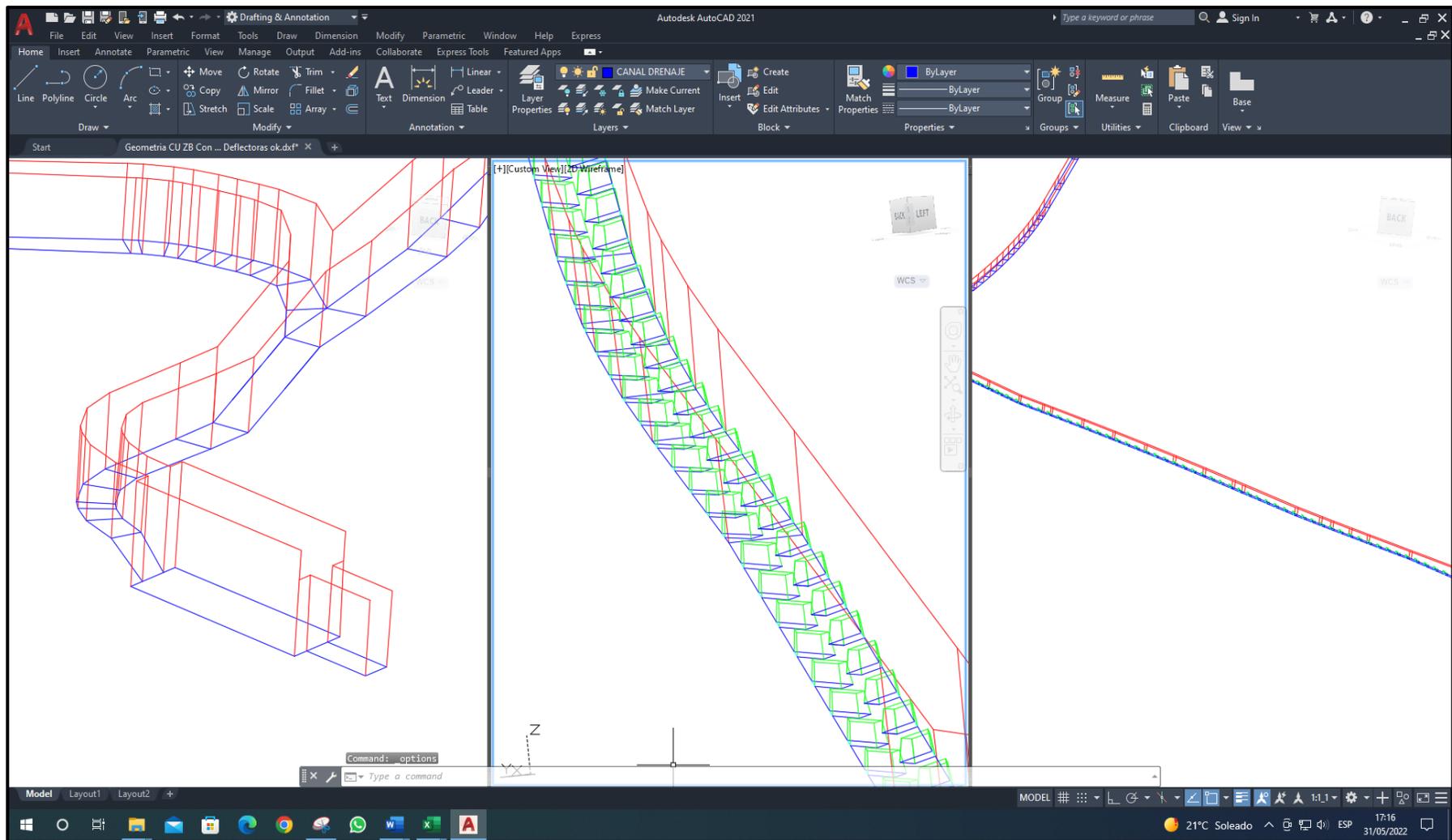


Figura 40. Dibujo en AutoCAD 3D Modeling - Cuenca Urbana Zona Baja con pantallas deflectoras.

Fuente: elaboración propia.

d. Configuración del modelo Iber (pre proceso):

- Abrir y guardar: como primer paso, se guarda el proyecto con el nombre Modelamiento Hidráulico CU ZA sin PD.

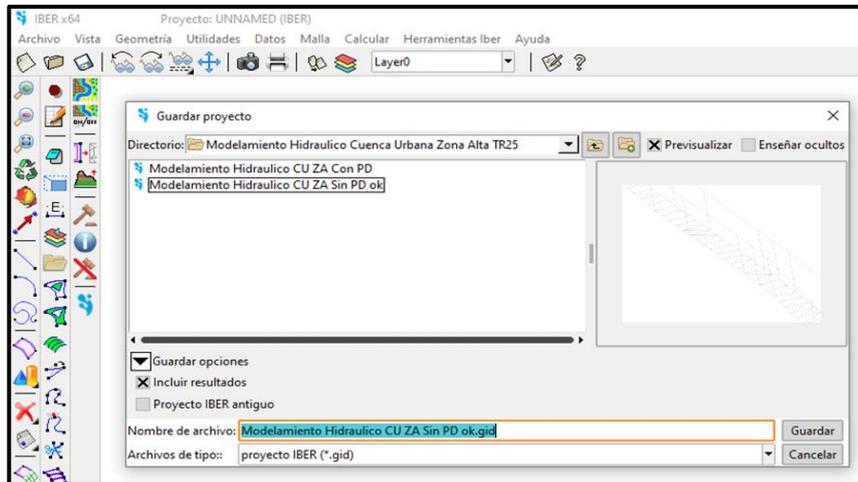


Figura 41. Ventana donde se guarda el modelo hidráulico.

Fuente: elaboración propia.

- Importar y crear superficie: como segundo paso la geometría del modelo que será importado debe estar en extensión DXF.

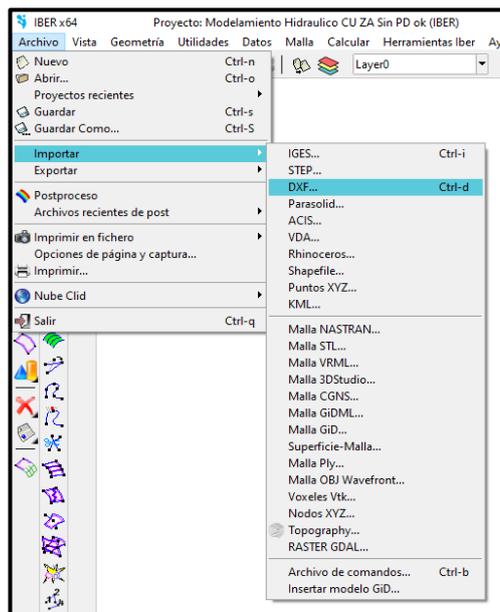


Figura 42. Importar - DXF.

Fuente: elaboración propia.

Una vez importado la geometría se procede a colapsar el modelo y seguidamente a crear la superficie.

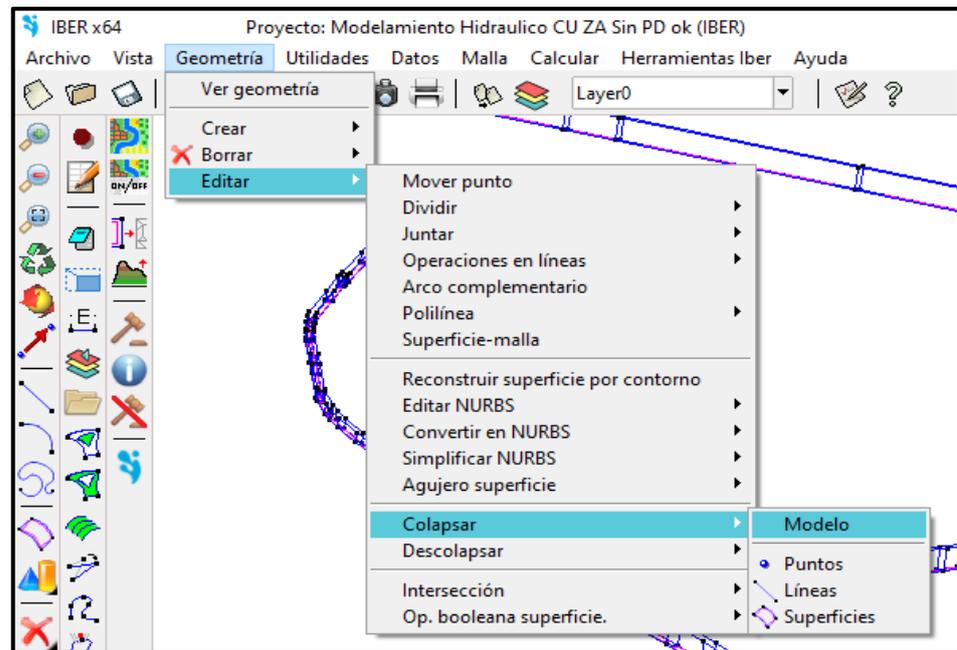


Figura 43. Colapsar modelo hidráulico.

Fuente: elaboración propia.

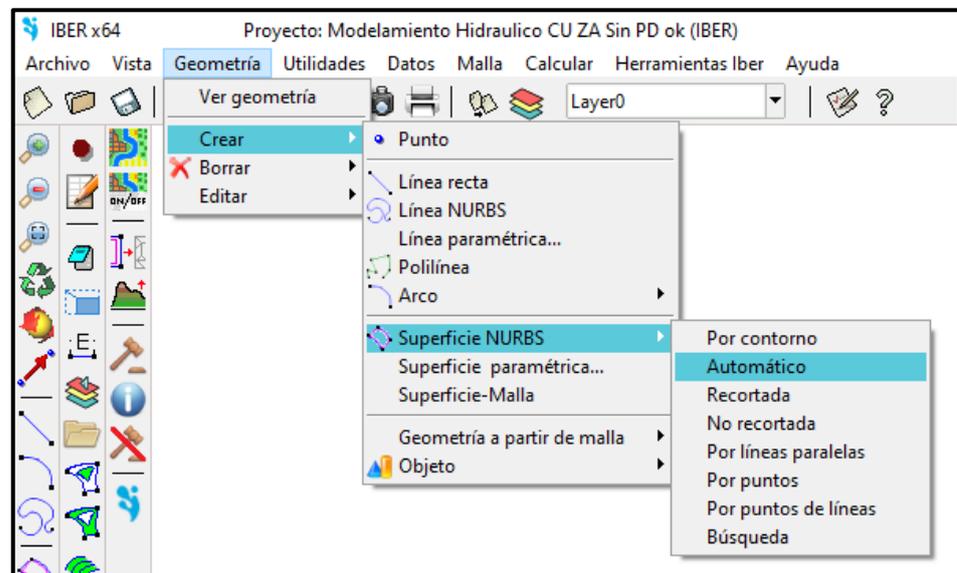


Figura 44. Creación de la superficie.

Fuente: elaboración propia.

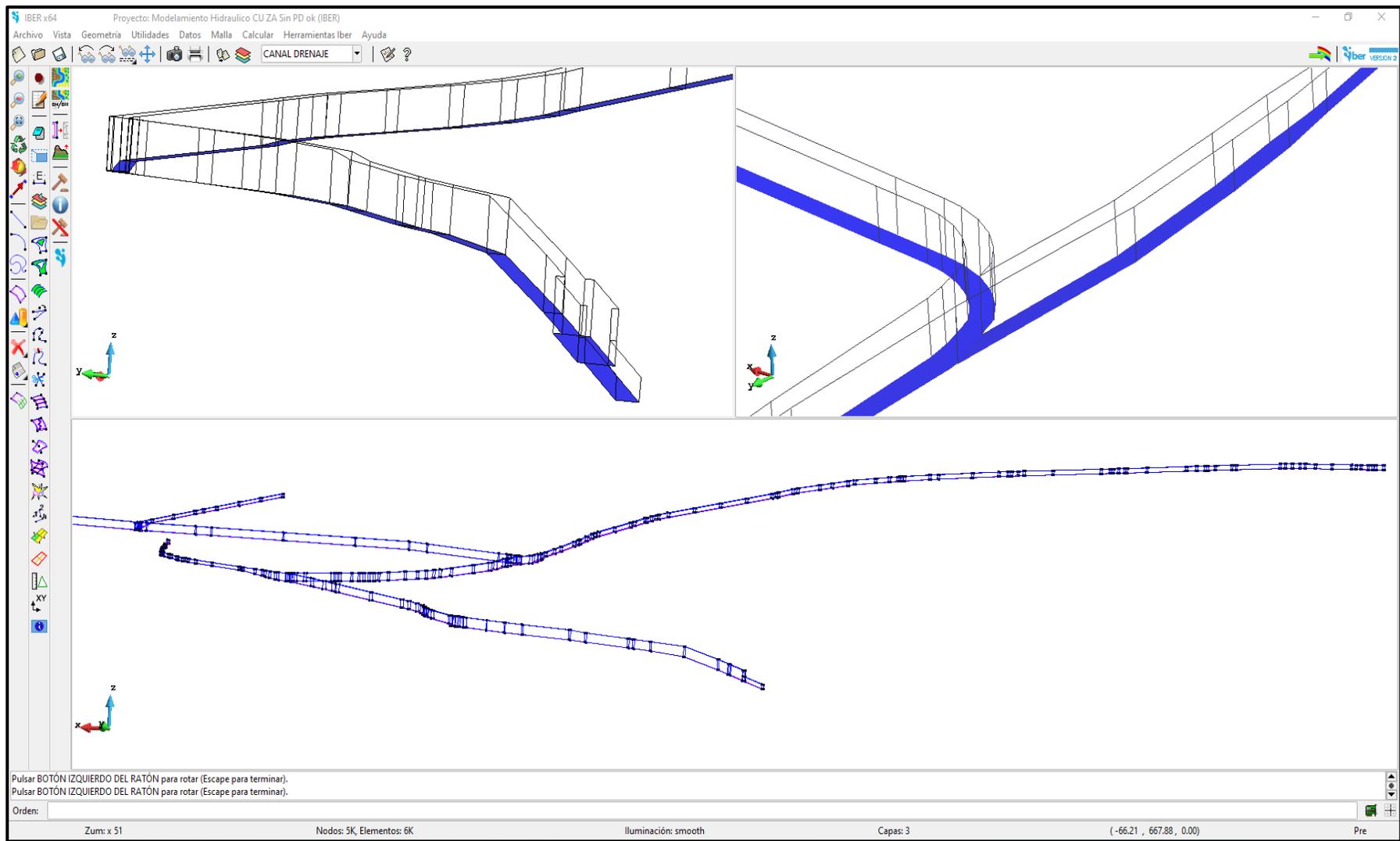


Figura 45. Resultado de la superficie en base del canal de drenaje.

Fuente: elaboración propia.

- Condiciones de contorno, asignación de rugosidad y dato del problema: como tercer paso, se dirige a hidrodinámica - condiciones de contorno y se copia el hidrograma de entrada, para seguidamente seleccionar la salida, como se puede observar en las siguientes figuras.

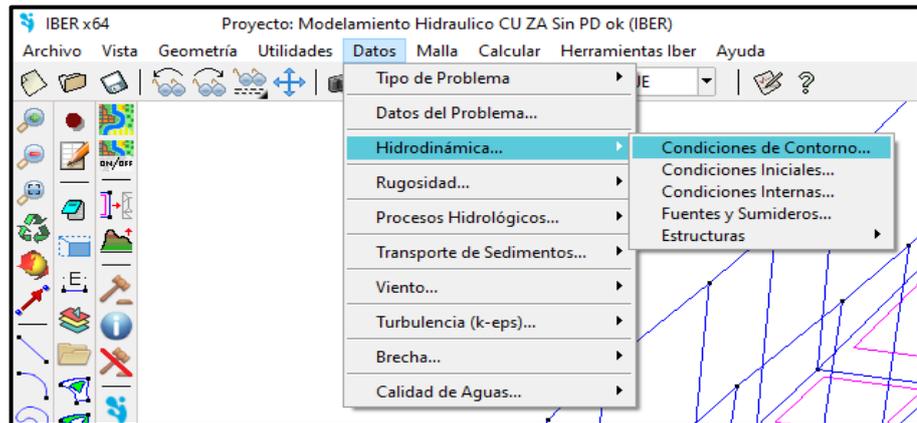


Figura 46. Condiciones de retorno.

Fuente: elaboración propia.

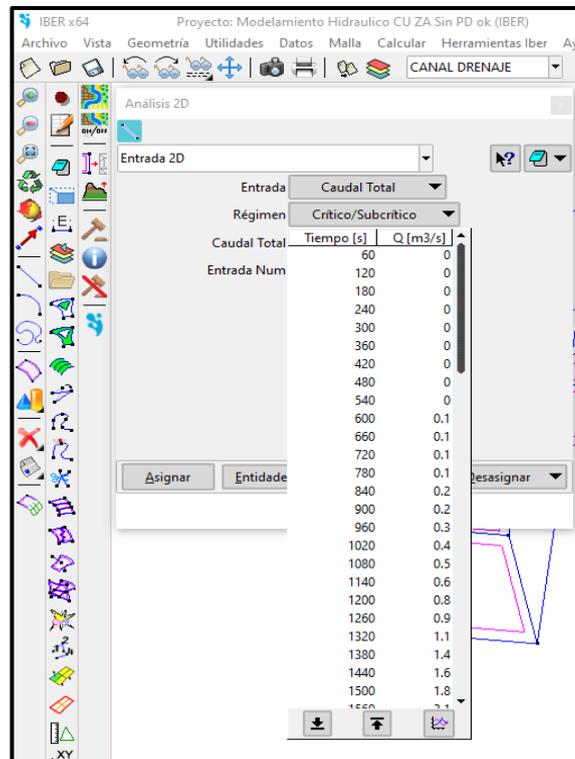


Figura 47. Asignación del hidrograma de la subcuenca urbana.

Fuente: elaboración propia.

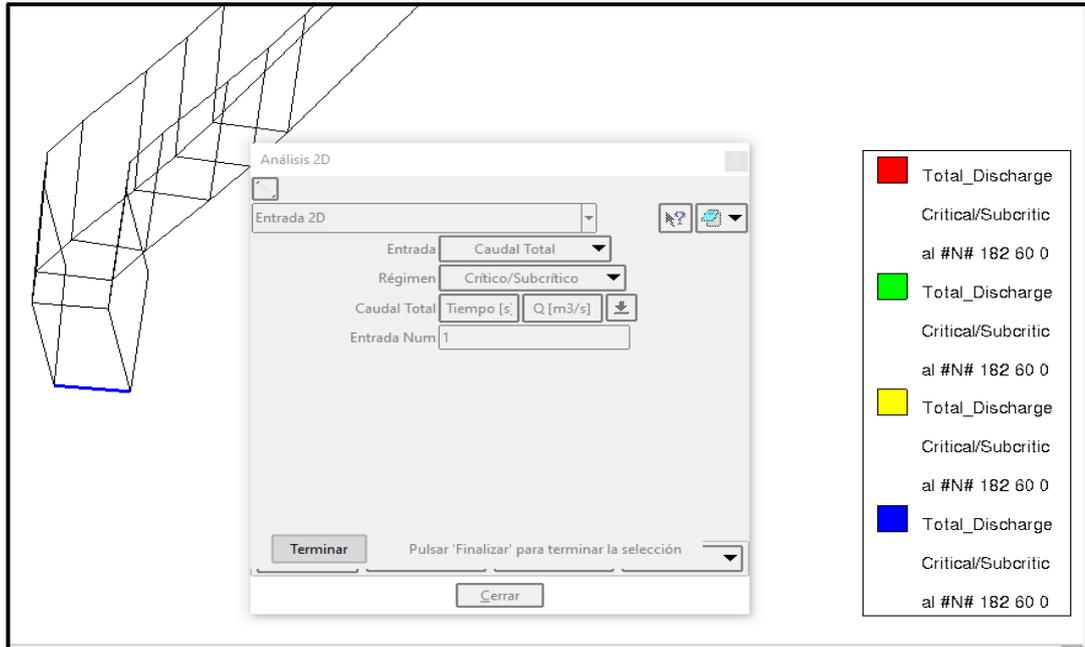


Figura 48. Condiciones de entrada asignados al canal de drenaje.

Fuente: elaboración propia.

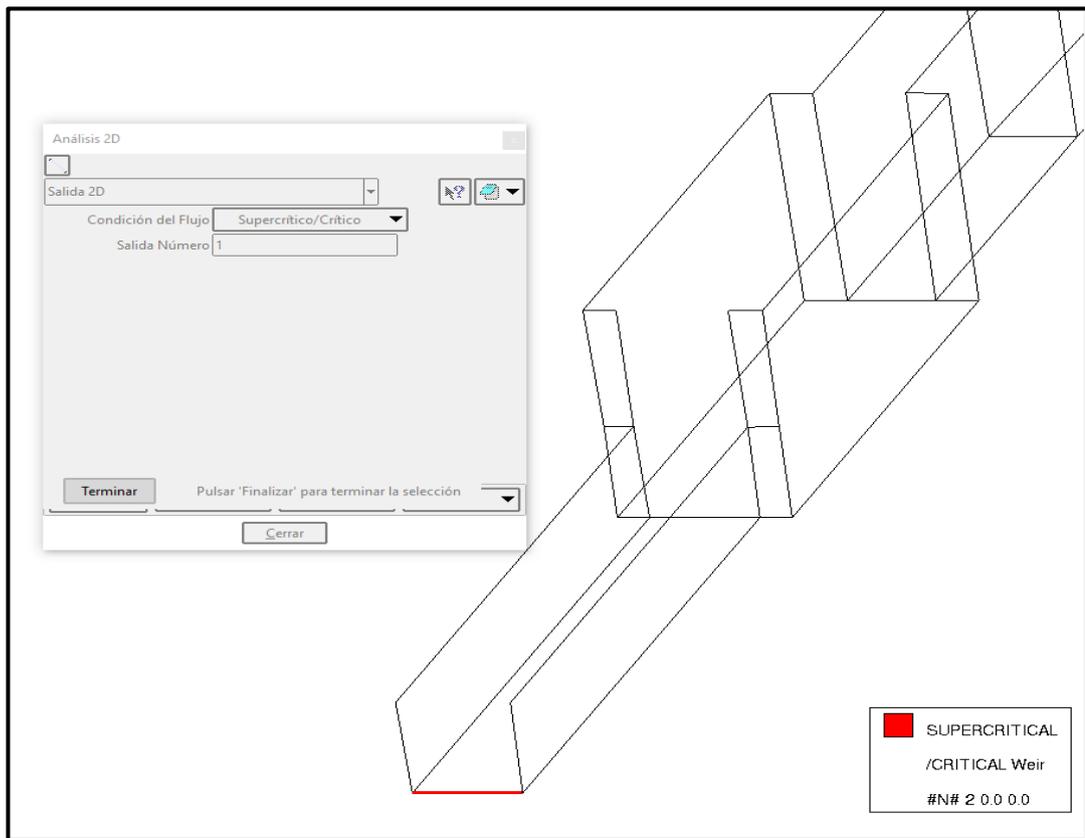


Figura 49. Condiciones de salida asignados al canal de drenaje.

Fuente: elaboración propia.

Seguidamente, se presenta la hidrodinámica, donde con las condiciones iniciales, se asignaron colores.

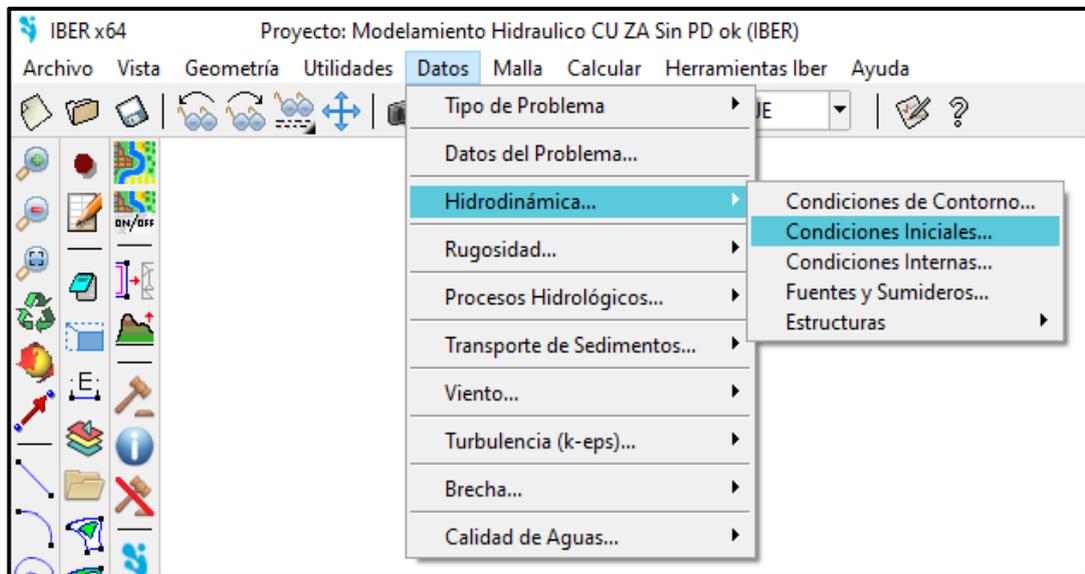


Figura 50. Verificamos la asignación de colores.

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se asigna la rugosidad de Manning, que por normal establece un $n = 0.0014$ para concreto.

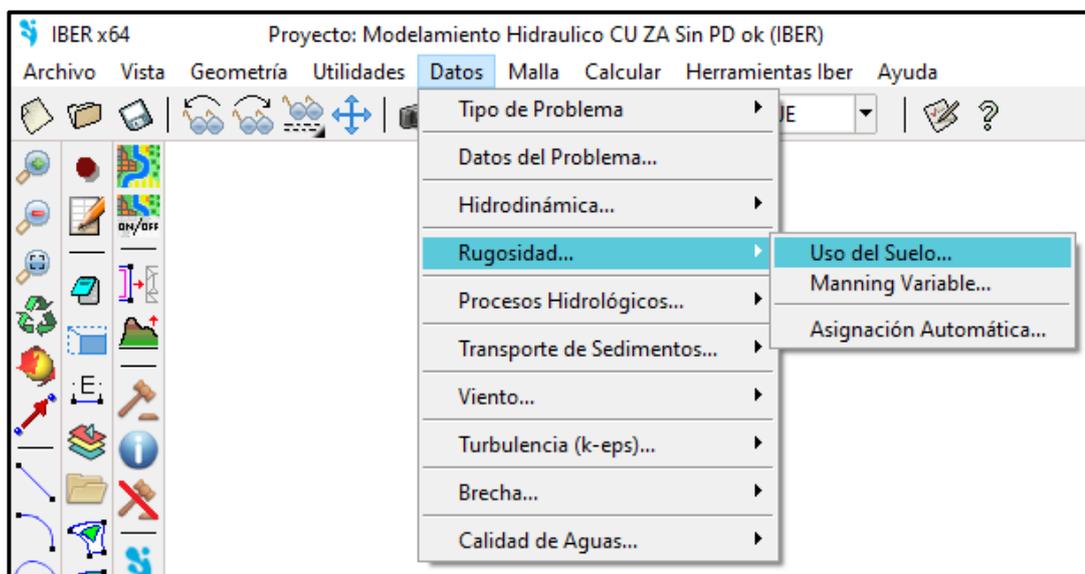


Figura 51. Asignación de la rugosidad de Manning.

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, se definen los datos del problema; se tendrá un tiempo de simulación de 6000 s e intervalos de resultados cada 60 s.

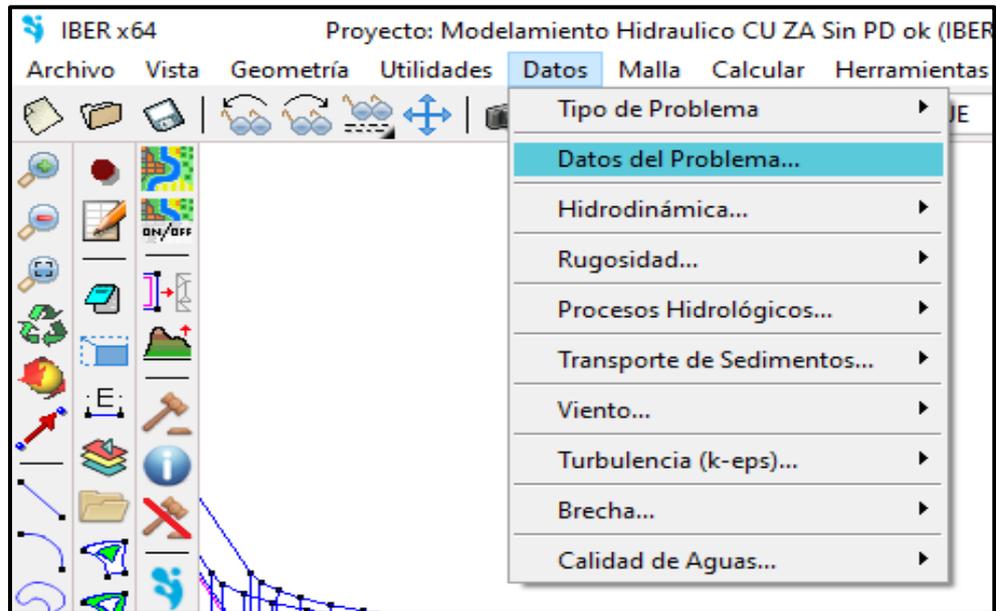


Figura 52. Asignación del tiempo de concentración.

Fuente: elaboración propia.

- Generación de malla: como cuarto paso, se elige la malla no estructurada y se asigna el tamaño de 1 m a las superficies.

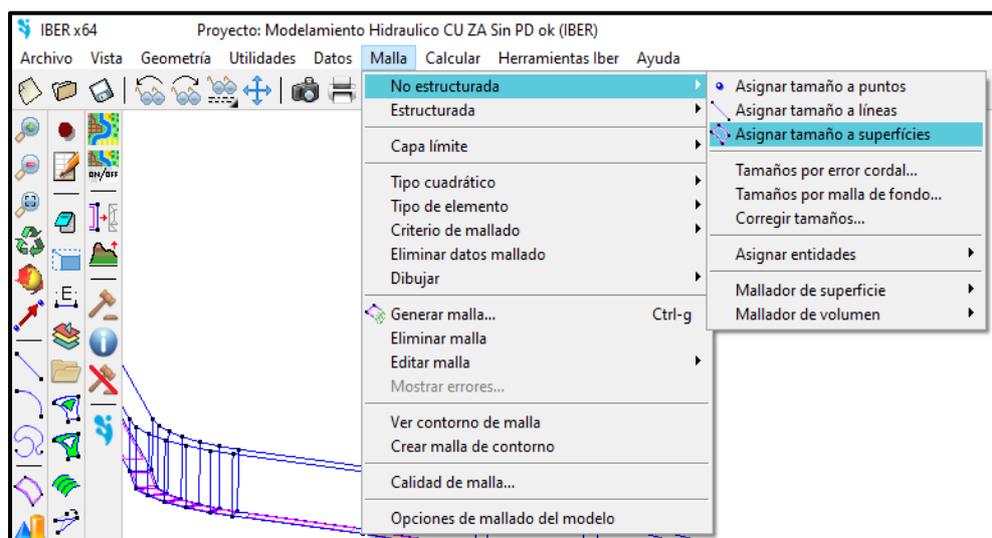


Figura 53. Asignación de la malla.

Fuente: elaboración propia.

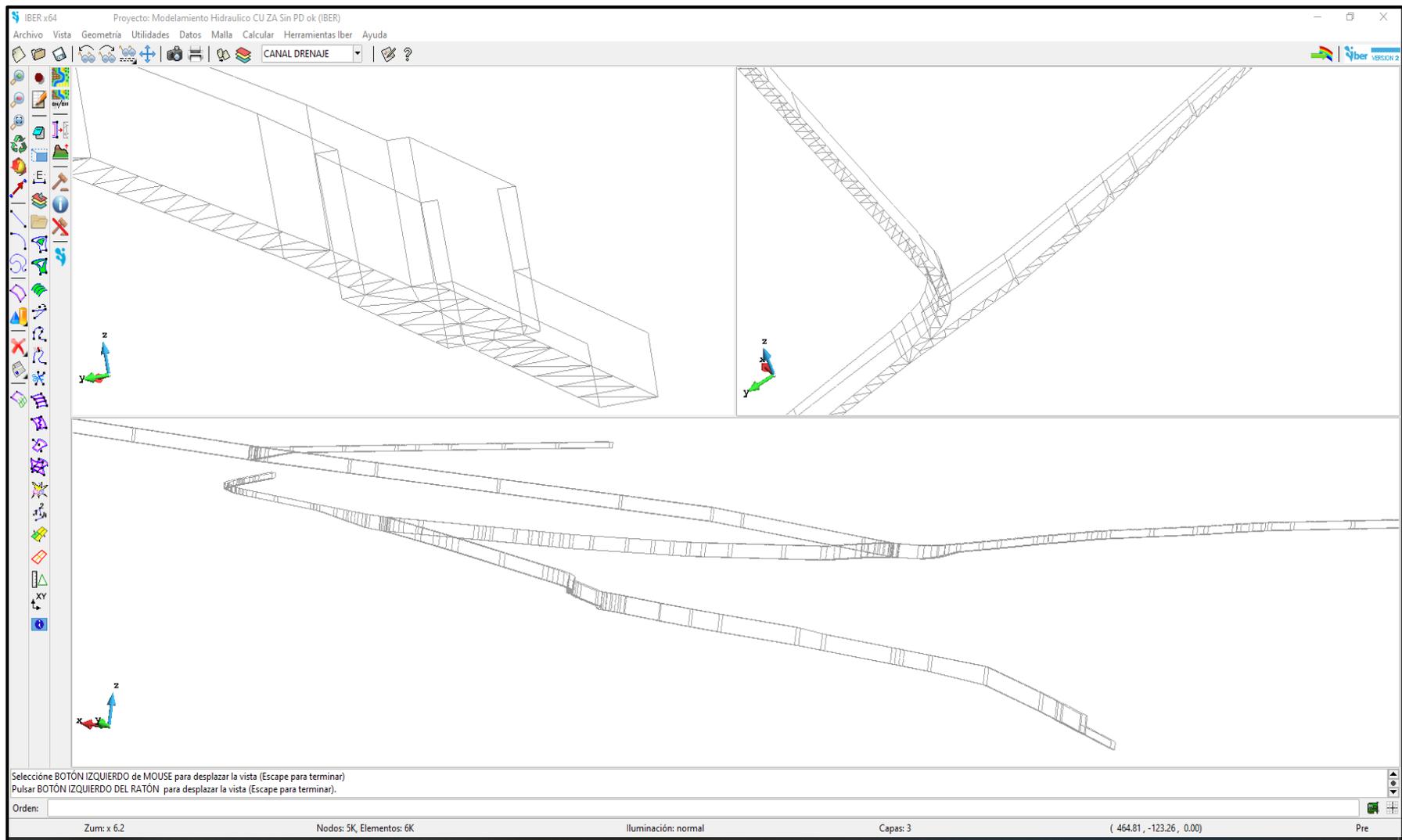


Figura 54. Vista de malla no estructurada.

Fuente: elaboración propia.

- Lanzamiento de cálculo: después de asignar todos los datos y a ver generado la malla no estructurada, el quinto paso es calcular.

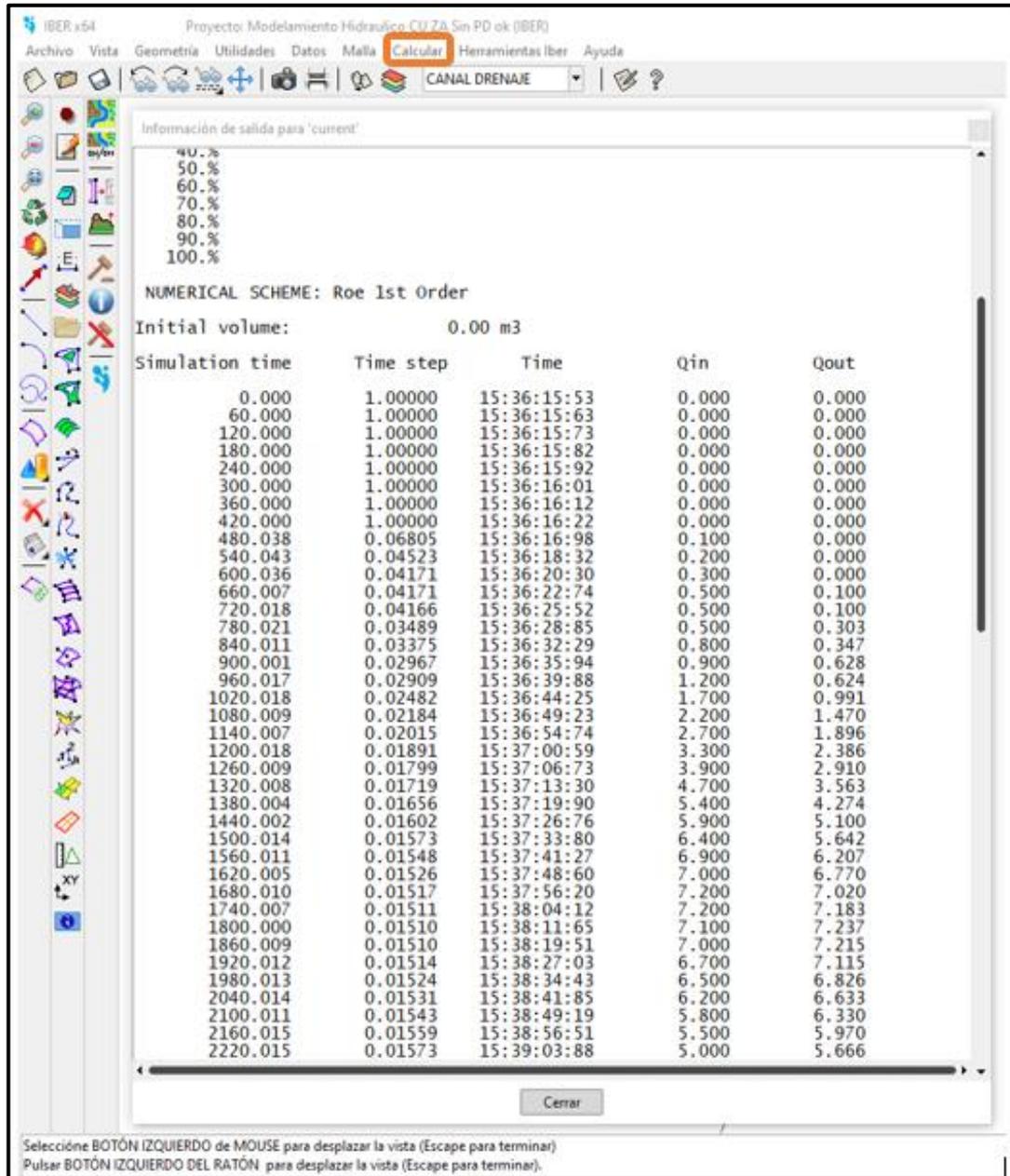


Figura 55. Lanzamiento de cálculo.

Fuente: elaboración propia.

e. Resultados (post proceso):

- Modelamiento hidráulico zona alta (post proceso):

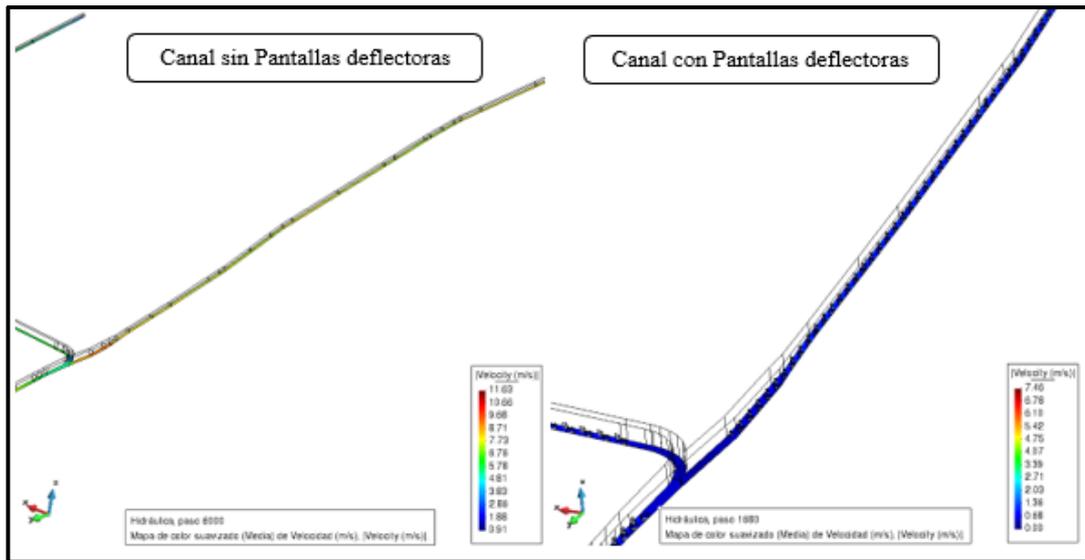


Figura 56. Modelamiento Jr. Cangallo Canal sin/con PD.

Fuente: elaboración propia.

SIN PANTALLAS DEFLECTORAS - PASO 1680 Jr. Cangallo / Av. Carmen Alto N° 01 0-000 @ 0-579						CON PANTALLAS DEFLECTORAS - PASO 1680 Jr. Cangallo / Av. Carmen Alto N° 01 0-000 @ 0-579					
Progresivas Km	Q total Tr = 25años (m ³ /s)	Rugosidad de Manning n	Tirante m	Velocidad Maxima (m/s)	N° de Froude F	Progresivas Km	Q total Tr = 25años (m ³ /s)	Rugosidad de Manning n	Tirante m	Velocidad Maxima (m/s)	N° de Froude F
0+000	2.40	0.014	0.61	3.83	1.11	0+000	2.40	0.014	0.61	3.83	1.11
0+020	2.40	0.014	0.59	5.54	1.93	0+020	2.40	0.014	0.59	5.54	1.93
0+040	2.40	0.014	0.54	5.80	2.07	0+040	2.40	0.014	0.54	5.80	2.07
0+060	2.40	0.014	0.52	6.57	2.40	0+060	2.40	0.014	0.52	6.57	2.40
0+080	2.40	0.014	0.54	6.33	2.36	0+080	2.40	0.014	0.54	6.33	2.36
0+100	2.40	0.014	0.55	6.68	2.54	0+100	2.40	0.014	0.55	6.68	2.54
0+120	2.40	0.014	0.55	6.78	2.61	0+120	2.40	0.014	0.55	6.78	2.61
0+140	2.40	0.014	0.52	6.97	2.73	0+140	2.40	0.014	0.52	6.97	2.73
0+160	2.40	0.014	0.54	6.39	2.33	0+160	2.40	0.014	0.54	6.39	2.33
0+180	2.40	0.014	0.51	6.36	2.33	0+180	2.40	0.014	0.51	6.36	2.33
0+200	2.40	0.014	0.52	6.80	2.64	0+200	2.40	0.014	0.52	6.80	2.64
0+220	2.40	0.014	0.51	6.99	2.79	0+220	2.40	0.014	0.51	6.99	2.79
0+240	2.40	0.014	0.52	6.99	2.74	0+240	2.40	0.014	0.65	1.05	0.10
0+260	2.40	0.014	0.48	7.11	2.30	0+260	2.40	0.014	0.61	0.69	0.09
0+280	2.40	0.014	0.48	7.46	3.03	0+280	2.40	0.014	0.60	1.06	0.16
0+300	2.40	0.014	0.47	7.06	2.73	0+300	2.40	0.014	0.59	0.90	0.11
0+320	2.40	0.014	0.47	7.03	2.72	0+320	2.40	0.014	0.58	0.92	0.12
0+340	2.40	0.014	0.48	7.69	3.17	0+340	2.40	0.014	0.62	0.89	0.11
0+360	2.40	0.014	0.47	7.84	3.26	0+360	2.40	0.014	0.58	0.88	0.11
0+380	2.40	0.014	0.46	7.87	3.23	0+380	2.40	0.014	0.59	0.91	0.12
0+400	2.40	0.014	0.47	7.87	3.26	0+400	2.40	0.014	0.58	0.88	0.12
0+420	2.40	0.014	0.48	7.31	2.92	0+420	2.40	0.014	0.61	0.86	0.11
0+440	2.40	0.014	0.47	7.47	3.03	0+440	2.40	0.014	0.59	0.85	0.11
0+460	2.40	0.014	0.46	7.70	3.17	0+460	2.40	0.014	0.56	0.83	0.12
0+480	2.40	0.014	0.48	7.77	3.22	0+480	2.40	0.014	0.62	0.91	0.13
0+500	2.40	0.014	0.46	7.46	3.03	0+500	2.40	0.014	0.57	0.93	0.14
0+520	2.40	0.014	0.45	7.53	3.06	0+520	2.40	0.014	0.57	0.96	0.15
0+540	2.40	0.014	0.47	7.83	3.24	0+540	2.40	0.014	0.59	0.95	0.15
0+560	2.40	0.014	0.48	7.94	3.32	0+560	2.40	0.014	0.62	0.93	0.16
0+579	2.40	0.014	0.56	7.69	3.04	0+579	2.40	0.014	0.73	0.76	0.04

Figura 57. Cuadro de pérdida de velocidades Jr. Cangallo.

Fuente: elaboración propia.

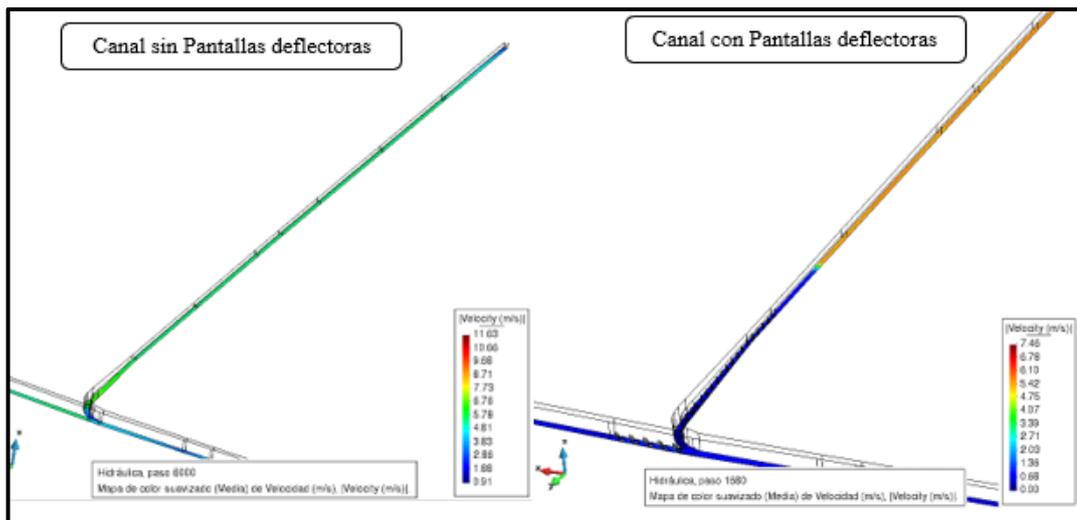


Figura 58. Modelamiento Jr. Tahuantinsuyo N° 2 sin/con PD.

Fuente: elaboración propia.

SIN PANTALLAS DEFLECTORAS - PASO 1680						CON PANTALLAS DEFLECTORAS - PASO 1680					
Jr. Tahuantinsuyo N° 02						Jr. Tahuantinsuyo N° 02					
0+000 @ 0+141.70						0+000 @ 0+141.70					
Progresivas Km	Q total Tr = 25 años (m³/s)	Rugosidad de manning n	Tirante m	Velocidad Maxima (m/s)	N° de Froude F	Progresivas Km	Q total Tr = 25 años (m³/s)	Rugosidad de manning n	Tirante m	Velocidad Maxima (m/s)	N° de Froude F
0+000	0.80	0.014	0.22	2.84	1.31	0+000	0.80	0.014	0.22	2.84	1.31
0+020	0.80	0.014	0.24	5.33	3.35	0+020	0.80	0.014	0.24	5.33	3.35
0+040	0.80	0.014	0.23	5.47	3.48	0+040	0.80	0.014	0.23	5.47	3.48
0+060	0.80	0.014	0.23	5.56	3.50	0+060	0.80	0.014	0.23	5.56	3.50
0+080	0.80	0.014	0.25	5.44	3.42	0+080	0.80	0.014	0.25	5.44	3.42
0+100	0.80	0.014	0.25	5.48	3.40	0+100	0.80	0.014	0.25	5.48	3.40
0+120	0.80	0.014	0.39	5.57	3.57	0+120	0.80	0.014	0.48	1.15	0.25
0+142	0.80	0.014	0.58	2.71	1.52	0+142	0.80	0.014	0.47	0.27	0.05

Figura 59. Cuadro de pérdida de velocidades Jr. Tahuantinsuyo N° 2.

Fuente: elaboración propia.

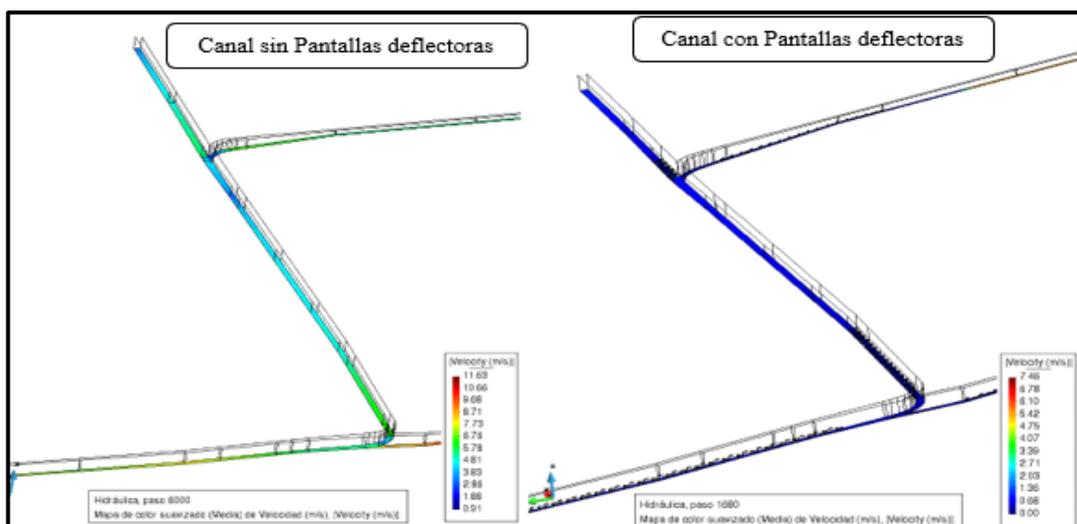


Figura 60. Modelamiento Av. Mariscal Cáceres sin/con PD.

Fuente: elaboración propia.

SIN PANTALLAS DEFLECTORAS - PASO 1680 Av. Mariscal Cáceres 0-000 @ 0-150						CON PANTALLAS DEFLECTORAS - PASO 1680 Av. Mariscal Cáceres 0-000 @ 0-150					
Progresivas Km	Q total Tr = 25años (m ³ /s)	Rugosidad de Manning n	Tirante m	Velocidad Máxima (m/s)	Nº de Froude F	Progresivas Km	Q total Tr = 25años (m ³ /s)	Rugosidad de Manning n	Tirante m	Velocidad Máxima (m/s)	Nº de Froude F
0+000	2.80	0.014	0.83	5.21	1.10	0+000	2.80	0.014	1.11	1.05	0.20
0+020	2.80	0.014	0.84	4.86	2.06	0+020	2.80	0.014	1.02	0.74	0.12
0+040	2.80	0.014	1.02	4.71	2.28	0+040	2.80	0.014	1.28	1.05	0.18
0+060	2.80	0.014	1.01	3.92	1.32	0+060	2.80	0.014	1.27	0.83	0.14
0+080	2.80	0.014	0.98	4.55	1.66	0+080	2.80	0.014	1.24	0.67	0.10
0+100	2.80	0.014	0.99	4.75	1.76	0+100	2.80	0.014	1.24	0.56	0.08
0+120	2.80	0.014	0.69	5.31	2.09	0+120	2.80	0.014	0.57	0.84	0.12
0+140	2.80	0.014	0.66	6.33	2.71	0+140	2.80	0.014	0.55	0.89	0.15
0+150	2.80	0.014	0.84	4.76	1.61	0+150	2.80	0.014	1.06	0.43	0.06

Figura 61. Cuadro de pérdida de velocidades Av. Mariscal Cáceres.

Fuente: elaboración propia.

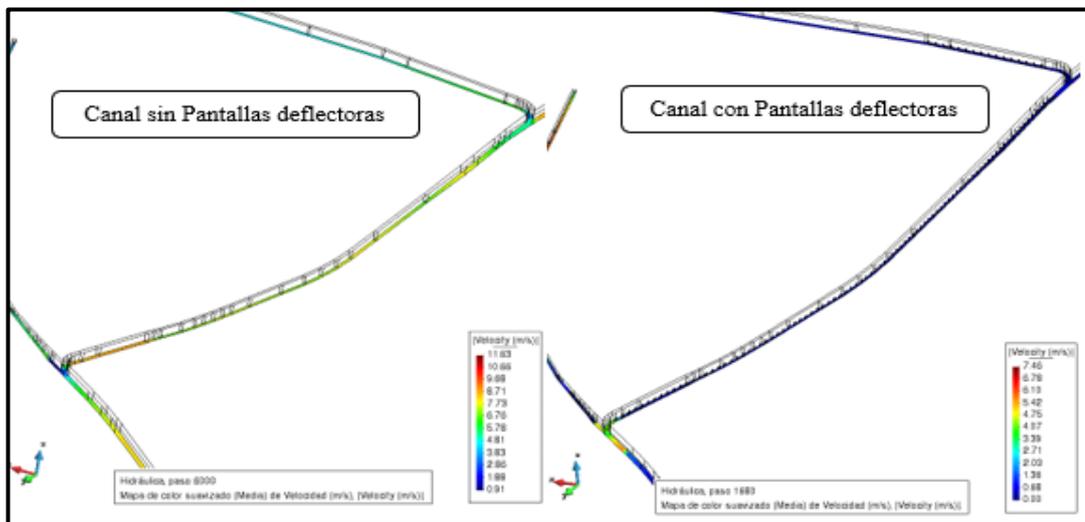


Figura 62. Modelamiento Av. Perú N° 2 sin/con PD.

Fuente: elaboración propia.

SIN PANTALLAS DEFLECTORAS - PASO 1680 Av. Peru N° 02 0-000 @ 0-151						CON PANTALLAS DEFLECTORAS - PASO 1680 Av. Peru N° 02 0-000 @ 0-151					
Progresivas Km	Q total Tr = 25años (m ³ /s)	Rugosidad de Manning n	Tirante m	Velocidad Máxima (m/s)	Nº de Froude F	Progresivas Km	Q total Tr = 25años (m ³ /s)	Rugosidad de Manning n	Tirante m	Velocidad Máxima (m/s)	Nº de Froude F
0+000	0.00	0.014	0.85	5.42	1.81	0+000	0.00	0.014	1.06	0.48	0.07
0+020	0.00	0.014	0.80	7.32	2.45	0+020	0.00	0.014	1.08	0.55	0.07
0+040	0.00	0.014	0.96	6.74	1.80	0+040	0.00	0.014	1.25	0.99	0.12
0+060	0.00	0.014	0.97	7.70	2.15	0+060	0.00	0.014	1.22	0.61	0.07
0+080	0.00	0.014	0.99	7.30	2.01	0+080	0.00	0.014	1.23	1.05	0.13
0+100	0.00	0.014	0.97	7.36	2.04	0+100	0.00	0.014	1.21	0.83	0.11
0+120	0.00	0.014	1.02	6.75	1.73	0+120	0.00	0.014	1.25	1.24	0.13
0+140	0.00	0.014	1.03	8.56	3.11	0+140	0.00	0.014	1.20	1.08	0.10
0+151	0.00	0.014	1.09	4.97	1.33	0+151	0.00	0.014	1.36	3.91	1.02

Figura 63. Cuadro de pérdida de velocidades Av. Perú N° 2.

Fuente: elaboración propia.

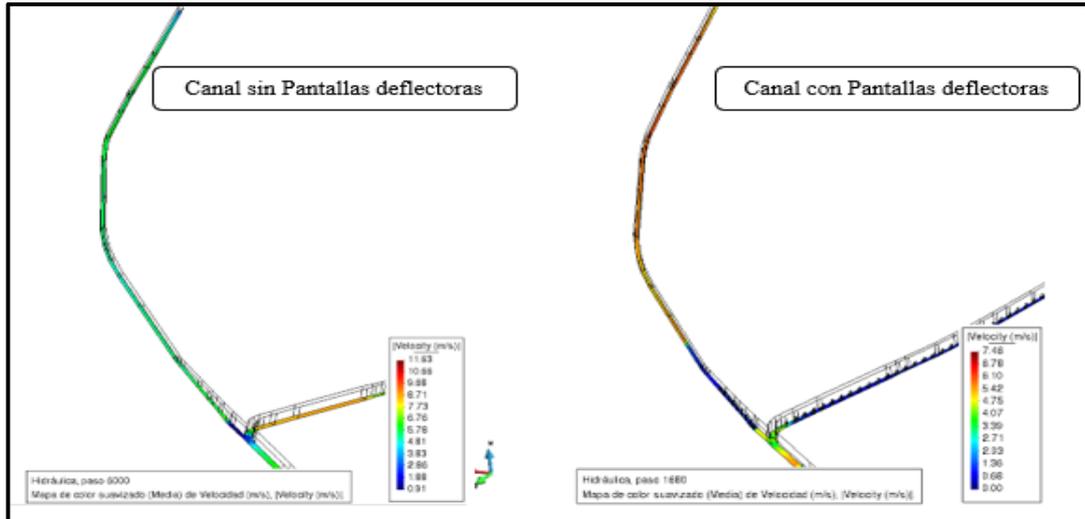


Figura 64. Modelamiento Jr. Tahuantinsuyo N° 1 sin/con PD.

Fuente: elaboración propia.

SIN PANTALLAS DEFLECTORAS - PASO 1680 Jr. Tahuantinsuyo N° 01 0+000 @ 0+141.77						CON PANTALLAS DEFLECTORAS - PASO 1680 Jr. Tahuantinsuyo N° 01 0+000 @ 0+141.77					
Progresivas Km	Q total Tr = 25 años (m ³ /s)	Rugosidad de Manning n	Tirante m	Velocidad Máxima (m/s)	N° de Froude F	Progresivas Km	Q total Tr = 25 años (m ³ /s)	Rugosidad de Manning n	Tirante m	Velocidad Máxima (m/s)	N° de Froude F
0+000	1.20	0.014	0.35	3.28	1.23	0+000	1.20	0.014	0.35	3.28	1.23
0+020	1.20	0.014	0.34	5.86	2.93	0+020	1.20	0.014	0.34	5.86	2.93
0+040	1.20	0.014	0.36	6.04	3.05	0+040	1.20	0.014	0.36	6.04	3.05
0+060	1.20	0.014	0.35	5.66	2.77	0+060	1.20	0.014	0.35	5.66	2.77
0+080	1.20	0.014	0.39	5.38	2.57	0+080	1.20	0.014	0.39	5.38	2.57
0+100	1.20	0.014	0.37	5.31	2.53	0+100	1.20	0.014	0.37	5.31	2.53
0+120	1.20	0.014	0.36	5.41	2.58	0+120	1.20	0.014	0.45	0.93	0.18
0+142	1.20	0.014	0.35	1.66	0.39	0+142	1.20	0.014	0.45	0.98	0.36

Figura 65. Cuadro de pérdida de velocidades Jr. Tahuantinsuyo N° 1.

Fuente: elaboración propia.

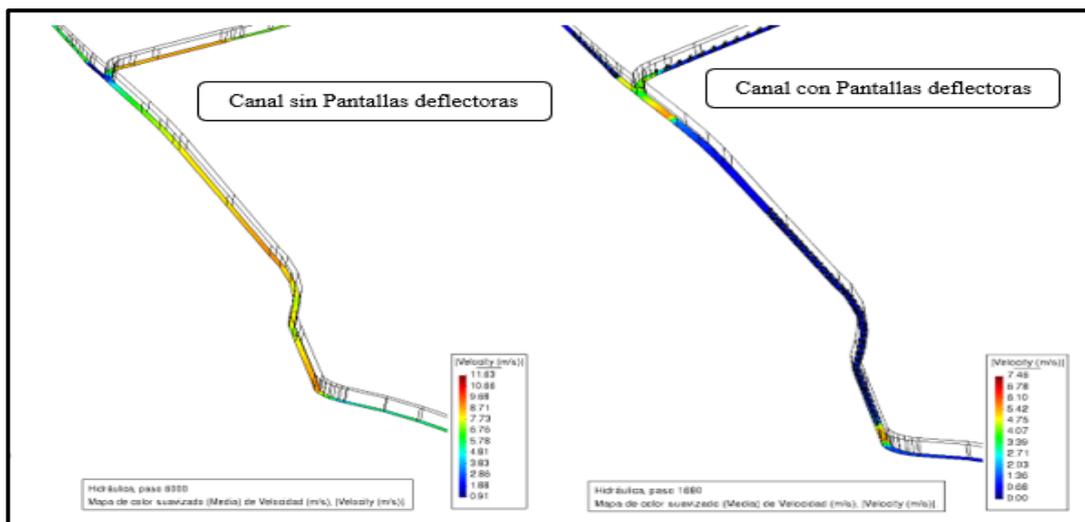


Figura 66. Modelamiento Av. Carmen Alto N° 1 sin/con PD.

Fuente: elaboración propia.

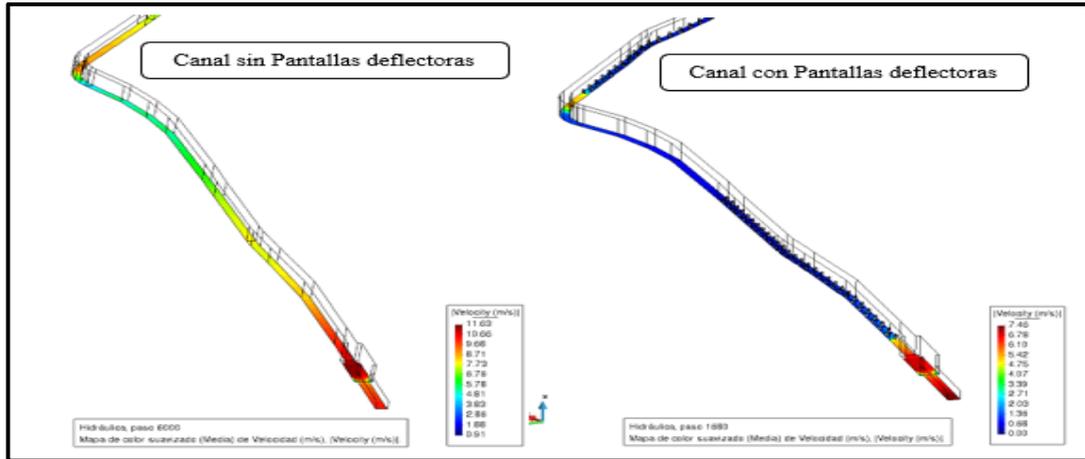


Figura 67. Modelamiento Pje. Lucanas sin/con PD.

Fuente: elaboración propia.

SIN PANTALLAS DEFLECTORAS						SIN PANTALLAS DEFLECTORAS					
Av. Carmen Alto N° 01 y continua por el Pje Lucanas hasta el Punto de Salida						Av. Carmen Alto N° 01 y continua por el Pje Lucanas hasta el Punto de Salida					
0-000 @ 0-193						0-000 @ 0-193					
Progresivas	Q total	Rugosidad de	Tirante	Velocidad	N° de	Progresivas	Q total	Rugosidad de	Tirante	Velocidad	N° de
Km	Tr = 25años	manning	m	Maximas	Froude	Km	Tr = 25años	manning	m	Maximas	Froude
	(m³/s)	n		(m/s)	F		(m³/s)	n		(m/s)	F
0+000	7.20	0.014	1.03	3.46	0.52	0+000	7.20	0.014	1.36	2.13	0.93
0+020	7.20	0.014	1.02	7.67	2.52	0+020	7.20	0.014	1.23	0.89	0.15
0+040	7.20	0.014	1.04	8.13	2.51	0+040	7.20	0.014	1.31	0.71	0.1
0+060	7.20	0.014	1.05	8.73	2.76	0+060	7.20	0.014	1.31	0.90	0.12
0+080	7.20	0.014	1.18	7.93	2.46	0+080	7.20	0.014	1.48	1.49	0.22
0+100	7.20	0.014	1.19	8.81	4.93	0+100	7.20	0.014	1.45	5.68	0.64
0+120	7.20	0.014	1.32	5.69	1.55	0+120	7.20	0.014	1.00	0.79	0.14
0+140	7.20	0.014	1.27	7.09	2.22	0+140	7.20	0.014	1.33	0.71	0.11
0+160	7.20	0.014	1.25	7.67	2.51	0+160	7.20	0.014	1.52	1.03	0.17
0+180	7.20	0.014	0.83	9.93	3.71	0+180	7.20	0.014	1.94	1.68	0.59
0+193	7.20	0.014	0.31	10.29	4.56	0+193	7.20	0.014	1.01	6.52	3.05

Figura 68. Cuadro de pérdida de velocidades Av. Carmen Alto N° 1 y Pje. Lucanas.

Fuente: elaboración propia.

- Modelamiento hidráulico zona baja:

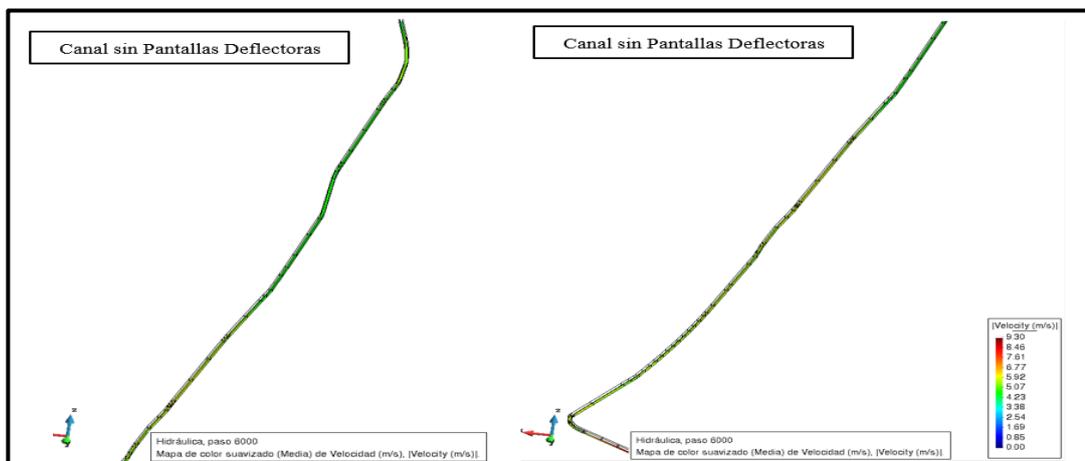


Figura 69. Modelamiento Av. Perú N° 1 sin PD.

Fuente: elaboración propia.

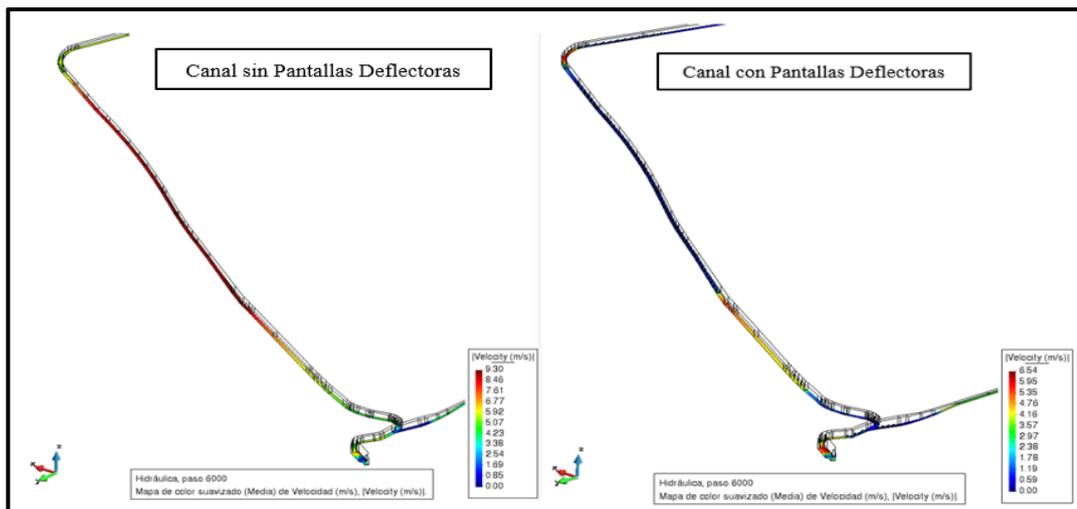


Figura 70. Modelamiento Jr. Llucha Llucha sin/con PD.

Fuente: elaboración propia.

SIN PANTALLAS DEFLECTORAS						CON PANTALLAS DEFLECTORAS					
Jr. Llucha Llucha						Jr. Llucha Llucha					
0-000 @ 0-180						0-000 @ 0-180					
Progresivas	Q total	Rugosidad de	Calado	Velocidad	Nº de	Progresivas	Q total	Rugosidad de	Calado	Velocidad	Nº de
Km	Tr = 25 años	manning	m	Maxima	Froude	Km	Tr = 25 años	manning	m	Maxima	Froude
	(m ³ /s)	n		(m/s)	F		(m ³ /s)	n		(m/s)	F
0+000	3.30	0.014	0.58	5.36	2.13	0+000	1.70	0.014	0.58	1.40	0.31
0+020	3.30	0.014	0.40	8.49	4.01	0+020	1.70	0.014	0.46	1.46	0.23
0+040	3.30	0.014	0.44	8.77	4.24	0+040	1.70	0.014	0.44	1.39	0.23
0+060	3.30	0.014	0.42	9.05	4.47	0+060	1.70	0.014	0.42	1.20	0.10
0+080	3.30	0.014	0.44	8.77	4.24	0+080	1.70	0.014	0.41	1.24	0.22
0+100	3.30	0.014	0.41	9.27	4.65	0+100	1.70	0.014	0.41	4.91	0.98
0+120	3.30	0.014	0.53	7.16	3.14	0+120	1.70	0.014	0.53	4.57	0.85
0+140	3.30	0.014	0.64	3.96	2.58	0+140	1.70	0.014	0.64	4.22	1.01
0+160	3.30	0.014	0.74	5.11	1.90	0+160	1.70	0.014	0.74	1.41	0.40
0+180	3.30	0.014	0.96	3.41	1.13	0+180	1.70	0.014	0.96	0.82	0.10

Figura 71. Cuadro de pérdida de velocidades Jr. Llucha Llucha.

Fuente: elaboración propia.

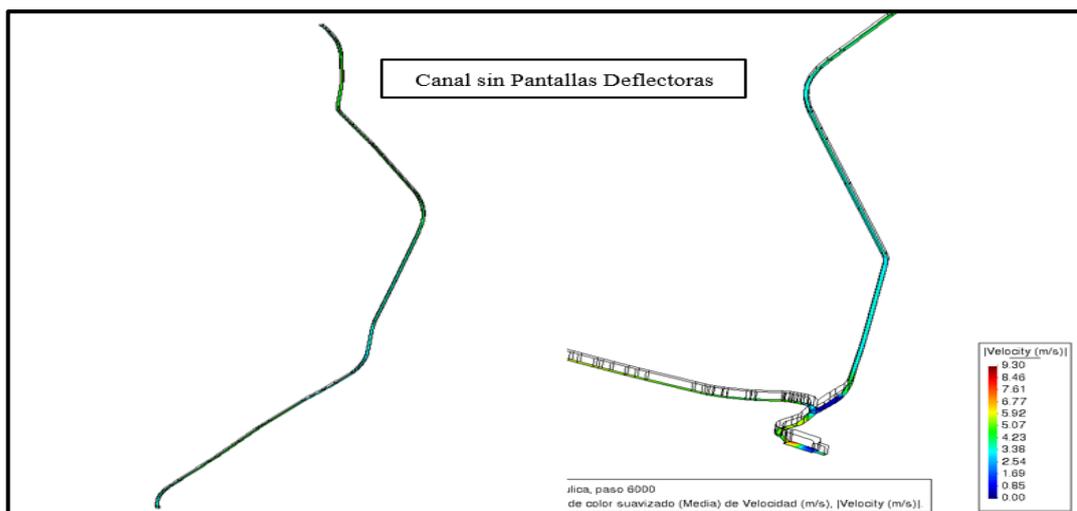


Figura 72. Modelamiento Av. Carmen Alto N°2.

Fuente: elaboración propia.

4.5. Discusión de resultados

Tabla 20. Base de datos del modelamiento en software Iber 2.5 para la zona alta y baja.

PRE					POST				
Diseño sin disipador de energía CPD					Diseño con disipador de energía CPD				
Tirante	Velocidad máxima	Nº de Froude	Energía cinética	Energía específica	Tirante	Velocidad máxima	Nº de Froude	Energía cinética	Energía específica
m	(m/s)	F			m	(m/s)	F		
0.52	6.99	2.74	2.490	3.01	0.65	1.05	0.16	0.022	0.04
0.48	7.11	2.80	2.577	3.06	0.61	0.69	0.09	0.019	0.03
0.48	7.46	3.03	2.836	3.32	0.60	1.06	0.16	0.018	0.03
0.47	7.06	2.78	2.540	3.01	0.59	0.90	0.11	0.018	0.03
0.47	7.03	2.72	2.519	2.99	0.58	0.92	0.12	0.017	0.03
0.48	7.69	3.17	3.014	3.49	0.62	0.89	0.11	0.020	0.03
0.47	7.84	3.26	3.133	3.60	0.58	0.88	0.11	0.017	0.62
0.46	7.87	3.28	3.157	3.62	0.59	0.91	0.12	0.018	0.03
0.47	7.87	3.26	3.157	3.63	0.58	0.88	0.12	0.017	0.03
0.48	7.31	2.92	2.724	3.20	0.61	0.86	0.11	0.019	0.03
0.47	7.47	3.03	2.844	3.31	0.59	0.85	0.11	0.018	0.03
0.46	7.70	3.17	3.022	3.48	0.56	0.83	0.12	0.016	0.03
0.48	7.77	3.22	3.077	3.56	0.62	0.91	0.13	0.020	0.03
0.46	7.46	3.02	2.836	3.30	0.57	0.95	0.14	0.017	0.03
0.45	7.53	3.06	2.890	3.34	0.57	0.96	0.15	0.017	0.03
0.47	7.83	3.24	3.125	3.59	0.59	0.95	0.15	0.018	0.64
0.48	7.94	3.32	3.213	3.69	0.62	0.93	0.16	0.020	0.03
0.56	7.69	3.94	3.014	3.57	0.73	0.26	0.04	0.027	0.04
0.83	3.21	1.10	0.525	1.36	1.11	1.03	0.20	0.05	1.16
0.84	4.86	2.06	1.204	2.04	1.02	0.74	0.12	0.03	1.05
1.02	4.71	2.28	1.131	2.15	1.28	1.03	0.18	0.05	1.33
1.01	3.92	1.32	0.783	1.79	1.27	0.83	0.14	0.04	1.31
0.98	4.55	1.66	1.055	2.04	1.24	0.67	0.10	0.02	1.26
0.99	4.73	1.76	1.140	2.13	1.24	0.56	0.08	0.02	1.26
0.69	5.31	2.09	1.437	2.13	0.57	0.84	0.12	0.04	0.61
0.66	6.33	2.71	2.042	2.70	0.83	0.89	0.13	0.04	0.87
0.84	4.26	1.61	0.925	1.76	1.06	0.43	0.06	0.01	1.07
0.39	5.57	3.57	1.581	1.97	0.48	1.15	0.25	0.07	0.55
0.38	2.71	1.52	0.374	0.75	0.47	0.27	0.05	0.00	0.47
0.85	5.42	1.81	1.497	2.35	1.06	0.48	0.07	0.01	1.07
0.86	7.32	2.45	2.731	3.59	1.08	0.55	0.07	0.02	1.10
0.96	6.74	1.80	2.315	3.28	1.23	0.99	0.12	0.05	1.28

0.97	7.70	2.18	3.022	3.99	1.22	0.61	0.07	0.02	1.24
0.99	7.30	2.01	2.716	3.71	1.23	1.05	0.13	0.06	1.29
0.97	7.36	2.04	2.761	3.73	1.21	0.83	0.11	0.04	1.25
1.02	6.75	1.78	2.322	3.34	1.28	1.24	0.18	0.08	1.36
1.03	8.56	3.11	3.735	4.76	1.29	1.08	0.19	0.06	1.35
1.09	4.97	1.38	1.259	2.35	1.36	3.91	1.02	0.78	2.14
0.36	5.41	2.58	1.492	1.85	0.45	0.93	0.18	0.04	0.49
0.38	1.66	0.39	0.140	0.52	0.48	0.98	0.56	0.05	0.53
1.08	3.46	0.82	0.610	1.69	1.36	2.13	0.98	0.23	1.59
1.02	7.67	2.52	2.998	4.02	1.28	0.89	0.15	0.04	1.32
1.04	8.13	2.51	3.369	4.41	1.31	0.71	0.1	0.03	1.34
1.05	8.73	2.76	3.884	4.93	1.31	0.90	0.12	0.04	1.35
1.18	7.93	2.46	3.205	4.39	1.48	1.49	0.22	0.11	1.59
1.19	8.81	2.95	3.956	5.15	1.49	5.68	0.64	1.64	3.13
1.32	5.69	1.55	1.650	2.97	1.66	0.79	0.14	0.03	1.69
1.27	7.09	2.22	2.562	3.83	1.58	0.71	0.11	0.03	1.61
1.25	7.67	2.51	2.998	4.25	1.52	1.03	0.17	0.05	1.57
0.83	9.95	3.71	5.046	5.88	1.04	1.68	0.39	0.14	1.18
0.81	10.29	4.36	5.397	6.21	1.01	6.52	3.65	2.17	3.18
0.58	5.56	2.13	1.58	2.16	0.58	1.40	0.31	0.100	0.68
0.46	8.49	4.01	3.67	4.13	0.46	1.46	0.23	0.109	0.57
0.44	8.77	4.24	3.92	4.36	0.44	1.39	0.23	0.098	0.54
0.42	9.05	4.47	4.17	4.59	0.42	1.20	0.10	0.073	0.49
0.44	8.77	4.24	3.92	4.36	0.44	1.24	0.22	0.078	0.52
0.41	9.27	4.65	4.38	4.79	0.41	4.91	0.98	1.229	1.64
0.53	7.16	3.14	2.61	3.14	0.53	4.57	0.95	1.064	1.59
0.64	5.96	2.38	1.81	2.45	0.64	4.22	1.01	0.908	1.55
0.74	5.11	1.90	1.33	2.07	0.74	1.41	0.40	0.101	0.84
0.96	3.41	1.13	0.59	1.55	0.96	0.82	0.19	0.034	0.99

Fuente: elaboración propia.

4.5.1. Prueba de normalidad

Tabla 21. *Hipótesis planteadas para determinación de normalidad en los datos.*

Hipótesis nula	valor $p > 0.05$	Los datos siguen una distribución normal
Hipótesis alternativa	Valor $p < 0.05$	Los datos no siguen una distribución normal

Fuente: elaboración propia.

Se realizó una prueba de normalidad para determinar el estadígrafo a calcular en cuanto a la medición pre y post para verificar la influencia del CPD en los canales de subdrenaje en el distrito de Carmen Alto, Huamanga, siendo que se asume un total de 61 datos para el procesamiento, en todo caso, de acuerdo con las especificaciones de la prueba de normalidad se opta por el método de Kolmogorov-Smirnov.

Tabla 22. Prueba de normalidad por dimensión.

		Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PRE	Velocidad (VM).	.174	61	.000	.948	61	.012
	Régimen (FR)	.078	61	.200*	.989	61	.868
	Energía específica (EE)	.087	61	.200*	.985	61	.664
POST	Velocidad (VM)	.323	61	.000	.575	61	.000
	Régimen (FR)	.350	61	.000	.407	61	.000
	Energía específica (EE)	.144	61	.003	.891	61	.000

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los resultados, los subconjuntos dimensionales no siguen una distribución normal ($p < 0.05$), excepto para el Régimen FR y Energía específica EE en la etapa pre test ($p > 0.05$), no obstante, de acuerdo con los requerimientos de homogeneidad en los datos, se realiza la variante no paramétrica para el estudio (Prueba de Rangos de Wilcoxon).

4.5.2. Análisis descriptivo

Tabla 23. Estadística descriptiva de la muestra.

	Prom. (\bar{x})	Prom. (\bar{x}) al 95 %	Var. (σ^2)	Dev. (σ)	Mín.	Máx.	Asimetría	Curtosis
VM-pre	6.7531 ± 0.09	6.8165	3.347	1.82961	1.66	10.29	-0.683	0.104
FR-pre	2.6202 ± 0.48	2.6188	0.865	0.93013	0.39	4.65	0.044	-0.196
EE-pre	3.2195 ± 0.59	3.2094	1.352	1.16276	0.52	6.21	0.069	0.077
VM-post	1.3429 ± 0.65	1.1584	1.633	1.27772	0.26	6.52	2.738	6.947
FR-post	0.2890 ± 0.26	0.2140	0.254	0.50442	0.04	3.65	5.305	33.511
EE-post	0.8977 ± 0.37	0.8403	0.527	0.72588	0.03	3.18	0.802	1.221

Fuente: elaboración propia.

En primera instancia, se muestra una disminución de las medias entre la pre y post prueba, de tal manera que existe una variación entre VM-pre y VM-post (6.7531 ± 0.09 m/s a 1.3429 ± 0.65 m/s), así también, se observa un cambio entre FR-pre y FR-post (2.6202 ± 0.48 - 0.2890 ± 0.26) lo cual sugiere un cambio de régimen de supercrítico a subcrítico, además, la variación entre EE-pre y EE-post (3.2195 ± 0.59 m - 0.8977 ± 0.37 m) sugiere una pérdida sustancial de la energía. En cuanto a los valores extremos de las dimensiones en análisis, se puede indicar una variación máxima para VM de 3.77 m/s (10.29 m/s a 6.52 m/s), es decir del 36.64 %, no obstante, es necesario respaldar los resultados a través de la prueba de hipótesis planteada para el estudio.

4.5.3. Contrastación de hipótesis

Para la contrastación de las hipótesis del estudio, se empleó el método lógico inductivo, por lo que se partió del análisis de los resultados de Rangos de Wilcoxon en la pre y post prueba para cada dimensión, de esta manera se modelaron las hipótesis específicas con el nivel de significancia de 5 % para la confiabilidad estadísticas de los resultados inferenciales obtenidos. De acuerdo con Hernández-Sampieri *et al.* (29), se recomienda simplificar las hipótesis a una caracterización estadísticas por lo que se indica las reglas de decisión para el valor de significancia asumido.

Tabla 24. *Planteamiento de hipótesis específicas y regla de decisión para la evaluación de capacidad de disipación por CPD.*

VM	H0:	Valor $p > 0.05$	No existe una variación negativa con respecto a la velocidad debido a CPD.
	Ha:	Valor $p < 0.05$	Existe una variación negativa con respecto a la velocidad debido a CPD.
FR	H0:	Valor $p > 0.05$	No existe una variación negativa con respecto al régimen debido a CPD.
	Ha:	Valor $p < 0.05$	Existe una variación negativa con respecto al régimen debido a CPD.
EE	H0:	Valor $p > 0.05$	No existe una variación negativa con respecto a la energía específica debido a CPD.
	Ha:	Valor $p < 0.05$	Existe una variación negativa con respecto a la energía específica debido a CPD.

Nota: si $p < 0.05$ se acepta H0, si $p > 0.05$ se rechaza H0.

Fuente: elaboración propia.

HE1: se comprueba que la disipación de energía mediante el empleo de pantallas deflectoras reduce las velocidades máximas del fluido siendo que se mitigan los efectos erosivos producidos por altas velocidades, por ende, se estima que se producen velocidades menores al valor máximo admisible para revestimiento de concreto armado en el canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.

Tabla 25. Resultados de Rangos de Wilcoxon en velocidades máximas pre y post test.

Rangos				
n= 61		N	Rango promedio	Suma de rangos
Velocidad_Post - Velocidad_Pre	Rangos negativos	61 ^a	31.00	1891.00
	Rangos positivos	0 ^b	0.00	0.00
	Empates	0 ^c		
	Total	61		

a. Velocidad_Post < Velocidad_Pre, b. Velocidad_Post > Velocidad_Pre, c. Velocidad_Post = Velocidad_Pre.

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el resultado, se comprueba una reducción de las velocidades máximas en 61 casos procesados, es decir que la totalidad de la muestra experimenta una reducción significativa.

Tabla 26. Resultados de descriptivos e inferenciales en dimensión velocidades máximas del CPD.

Estadígrafo	VM-pre	VM-post
Prom. (\bar{x})	6.7531 ± 0.09	1.3429 ± 0.65
Prom. (\bar{x}) al 95 %	6.8165	1.1584
Var. (σ^2)	3.347	1.633
Desv. (σ)	1.82961	1.27772
Mín.	1.66	0.26
Máx.	10.29	6.52
Asimetría	-0.683	2.738
Curtosis	0.104	6.947
Wilcoxon		
gl	61	
Z	-6.791	
p-valor	0.000	

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los resultados de la Prueba de Wilcoxon en la dimensión velocidades máximas (VM) para canales de subdrenaje pluvial, se tiene un valor $Z = -6.791$ y un p-valor = 0.000 ($p < 0.05$), es decir que se rechaza el supuesto de no variación de las velocidades debido a la inclusión del CPD, o se descarta H_0 y se acepta H_a . Además, esta disminución se da en un 80.11 % (6.7531 ± 0.09 m/s a 1.3429 ± 0.65 m/s) para un 100 % de la muestra ($n = 61$) y en un 83.00 % para el 95 % de la misma, tal que la velocidad máxima en la etapa pretest que supera el valor permisible ($V_{m\acute{a}x} = 10.29$ m/s), se ve reducido en la etapa post test en un 67.18 % ($V_{m\acute{a}x} = 6.52$ m/s) en la etapa post test o con inclusión del CPD.

Conclusión estadística: se puede concluir que existe una disipación de energía significativa mediante el empleo de pantallas deflectoras, ya que se reduce las velocidades máximas del fluido, siendo que se mitigan los efectos erosivos producidos por altas velocidades en un 67.18 %, por ende, se estima que se producen velocidades menores al valor máximo admisible para revestimiento de concreto armado en el canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.

HE2: se comprueba que la disipación de energía mediante el empleo de pantallas deflectoras modifica la energía específica siendo que existe una disminución de la carga dinámica y aumento del tirante hidráulico debido a la influencia de la pérdida de energía cinética en el canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.

Tabla 27. Resultados de Rangos de Wilcoxon en energía específica pre y post test.

		Rangos		
n= 61		N	Rango promedio	Suma de rangos
Energía_Post - Energía_Pre	Rangos negativos	60 ^a	31.50	1890.00
	Rangos positivos	1 ^b	1.00	1.00
	Empates	0 ^c		
	Total	61		

a. Energía_Post < Energía_Pre, b. Energía_Post > Energía_Pre, c. Energía_Post = Energía_Pre.

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el resultado se comprueba una reducción de la energía específica en 61 casos procesados, es decir que la totalidad de la muestra experimenta una reducción significativa.

Tabla 28. *Resultados de descriptivos e inferenciales en dimensión energía específica del CPD.*

Estadígrafo	EE-pre	EE-post
Prom. (\bar{x})	3.2195 ± 0.59	0.8977 ± 0.37
Prom. (\bar{x}) al 95 %	3.2094	0.8403
Var. (σ^2)	1.352	0.527
Desv. (σ)	1.16276	0.72588
Mín.	0.52	0.03
Máx.	6.21	3.18
Asimetría	0.069	0.802
Curtosis	0.077	1.221
Wilcoxon		
gl		61
Z		-6.77
p-valor		0.000

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los resultados de la Prueba de Wilcoxon en la dimensión energía específica (EE) para canales de subdrenaje pluvial, se tiene un valor $Z = -6.77$ y un $p\text{-valor} = 0.000$ ($p < 0.05$), es decir que se rechaza el supuesto de no variación de las velocidades debido a la inclusión del CPD, o se descarta H_0 y se acepta H_a . Además, esta disminución se da en un 72.12 % ($3.2195 \pm 0.59\text{m} - 0.8977 \pm 0.37\text{m}$) para un 100 % de la muestra ($n = 61$) y en un 73.82 % para el 95 % de la misma, tal que la energía específica máxima en la etapa pretest ($EE = 6.21 \text{ m}$) se ve reducido en la etapa post test en un 48.79 % ($EE = 3.18 \text{ m}$) en la etapa post test o con inclusión del CPD.

Tabla 29. Descripción estadística para tirante (TH) y energía cinética (EC).

	Prom. (\bar{x})	Var. (σ^2)	Desv. (σ)	Mín.	Máx.	Asimetría	Curtosis
TH-pre	0.7275 ± 0.07	0.081	0.28463	0.36	1.32	0.37	-1.30
EC-pre	2.4920 ± 0.30	1.359	1.16597	0.14	5.40	0.00	-0.30
TH-post	0.8849 ± 0.09	0.138	0.37160	0.41	1.66	0.39	-1.33
EC-post	0.1676 ± 0.11	0.166	0.40731	0.00	2.17	3.48	12.34

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a los resultados específicos para EE (energía específica), se puede inferir un ligero aumento en tirante hidráulico existiendo una variación entre TH-pre y TH-post ($0.7275 \text{ m} \pm 0.07 - 0.8849 \pm 0.09 \text{ m}$) de 21.64 %, mientras que se comprueba una mayor disminución de la energía cinética siendo que EC-pre y EC-post varían ($2.4920 \pm 0.30 \text{ m} - 0.1676 \pm 0.11 \text{ m}$) en un 93.27 %.

Conclusión estadística: se puede concluir que existe una disipación de energía significativa mediante el empleo de pantallas deflectoras, ya que existe una disminución de la carga dinámica en 93.27 % y aumento del tirante hidráulico en 21.64 % debido a la influencia de la pérdida de energía cinética, lo cual incide en la variación de la energía específica de 48.76 % para el valor crítico máximo y 72.12 % para el promedio en el canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.

HE3: se comprueba que la disipación de energía mediante el empleo de pantallas deflectoras modifica el régimen, siendo que existe un cambio de un flujo supercrítico a un subcrítico y se puede verificar mediante el análisis del número adimensional de Froude con respecto al comportamiento del fluido en el canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.

Tabla 30. Resultados de Rangos de Wilcoxon en régimen de flujo pre y post test.

Rangos				
n= 61		N	Rango promedio	Suma de rangos
Régimen_Post - Régimen_Pre	Rangos negativos	60 ^a	31.50	1890.00
	Rangos positivos	1 ^b	1.00	1.00
	Empates	0 ^c		
	Total	61		

a. Régimen_Post < Régimen_Pre, b. Régimen_Post > Régimen_Pre, c. Régimen_Post = Régimen_Pre.

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el resultado se comprueba una reducción del número Froude en 60 casos procesados e incrementa en 01 caso, es decir, que existe una variación del régimen de flujo significativa.

Tabla 31. Resultados de descriptivos e inferenciales en dimensión régimen de flujo del CPD.

Estadígrafo	RF-pre	RF-post
Prom. (\bar{x})	2.6202 ± 0.48	0.2890 ± 0.26
Prom. (\bar{x}) al 95 %	2.6188	0.214
Var. (σ^2)	0.865	0.254
Desv. (σ)	0.93013	0.50442
Mín.	0.39	0.04
Máx.	4.65	3.65
Asimetría	0.044	5.305
Curtosis	-0.196	33.511
Wilcoxon		
gl	61	
Z	-6.784	
p-valor	0.000	

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los resultados de la Prueba de Wilcoxon en la dimensión régimen de flujo (FR) para canales de subdrenaje pluvial, se tiene un valor $Z = -6.784$ y un $p\text{-valor} = 0.000$ ($p < 0.05$), es decir que se rechaza el supuesto de no variación de las velocidades debido a la inclusión del CPD, o se descarta H_0 y se acepta H_a . Además, esta alteración del comportamiento de flujo se da una disminución del número de Froude en

un 88.97 % ($2.6202 \pm 0.48 - 0.2890 \pm 0.26$) para el 100 % de la muestra ($n = 61$) y en un 67.91 % para el 95 % de la misma, tal que el valor máximo para Froude en la etapa pretest que indica un régimen supercrítico se ve alterado en la etapa post test en un 31.61 % en la etapa post test o con inclusión del CPD, de modo que se puede reconocer que existe una mayor variabilidad en el paso de comportamiento de flujo supercrítico a subcrítico para el promedio de casos analizados; si bien algunos valores FR mantienen su comportamiento de torrente, se complementa la influencia de las pendientes promedio de 50 % por la orografía en la zona de estudio.

Conclusión estadística: se puede concluir que existe una disipación de energía significativa mediante el empleo de pantallas deflectoras, ya que se altera el comportamiento de flujo, siendo que el número adimensional de Froude indica un cambio de comportamiento promedio de flujo supercrítico ($Fr > 1$) a subcrítico ($Fr < 1$) en el canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.

HG: el empleo de pantallas deflectoras como disipadores de energía mejora la preservación de canales de drenaje pluvial al reducir los efectos destructivos generados por el impacto de fluidos, siendo que se comprueba una reducción de las velocidades máximas, una modificación en la energía específica y cambio de régimen de flujo en la red de canales de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.

Tabla 32. *Resumen de Prueba de Wilcoxon para la evaluación de capacidad de disipación por PD.*

Wilcoxon	Z	Sig. asintótica (bilateral)
VM pre vs post	-6.791	0.000
FR pre vs post	-6.77	0.000
EE pre vs post	-6.784	0.000

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el resultado inferencial de la prueba de hipótesis (Wilcoxon) realizada para cada dimensión, se encuentra una variación negativa tanto en las velocidades máximas, pues $Z = -6.791$ ($p < 0.05$),

como en los números de Froude, pues $Z = - 6.77$ ($p < 0.05$) y la energía específica, pues $Z = - 6.784$ ($p < 0.05$), de tal manera que se aceptan las hipótesis específicas de la investigación, y, por ende, la hipótesis general del estudio, ya que se tiene una variación significativa para cada componente de la disipación de energía mediante pantallas deflectoras (PD).

4.6. Discusión de resultados

OE1: comprobar la influencia del empleo de pantallas deflectoras en el cambio de las velocidades máximas del fluido siendo que se verifican las velocidades admisibles para revestimiento de concreto armado en el canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.

El canal de drenaje urbano del distrito de Carmen Alto-Huamanga presenta un flujo supercrítico en todo el trayecto del canal, con caudales que varían de $0.50 \text{ m}^3/\text{s}$ a $7.22 \text{ m}^3/\text{s}$ que se transportan con velocidades que varían de los 3.24 m/s a 14.77 m/s y con pendientes que varían de 0.029 m/m a 0.324 m/m , por ello es probable que se generen fuertes impactos entre el caudal y la superficie del concreto al momento en que las aguas pluviales se transportan hacia la estructura de descarga, por lo tanto, se recomienda emplear una estructura que sea capaz de disipar la energía con el fin de evitar posibles patologías en el concreto como es la erosión.

Se eligen las Pantallas Deflectoras (CPD) para disipar la energía, ya que estas se adaptan al canal acorde a su dimensionamiento y características hidráulicas, además de que son prácticas en su construcción lo cual evita la molestia en la población y en cuanto a costos son tolerables. Para su diseño no se cuenta con normas o reglamentos, sin embargo, se tomó en cuenta información en base a antecedentes nacionales como internacionales, las cuales son elaboradas en hojas de Excel, de esta forma se dispone en tramos que cuenta con velocidades mayores a la permisible y entre el encuentro de dos flujos diferentes. Es preciso mencionar que no se colocaron en los tramos de progresivas iniciales, debajo de las rejillas y a las entradas de la estructura de descarga.

Luego de la aplicación del CPD, se ha logrado comprobar una disminución en las velocidades promedio en un 80.11% ($6.7531 \pm 0.09 \text{ m/s}$ a $1.3429 \pm 0.65 \text{ m/s}$) para

un 100 % de casos ($n = 61$) y en un 83.00 % para el 95 % de la misma, tal que la velocidad máxima en la etapa pre test que supera el valor permisible ($V_{\text{máx}} = 10.29$ m/s) se ve reducido en la etapa post test en un 67.18 % ($V_{\text{máx}} = 6.52$ m/s). De acuerdo con la información sobre Velocidades Máximas Permisibles, existen recomendaciones de diferentes fuentes y autores, ya que no se cuenta con un reglamento estandarizado que haga mención específica en drenaje urbano. De esta manera, se define la velocidad permisible de 7.0 m/s para el análisis de cambio en la velocidad promedio entre la pre y post prueba, considerando que el material en análisis es concreto armado con resistencia estándar a la compresión de 280 kg/cm². La disminución de velocidad se logra validar mediante la prueba de Rangos de Wilcoxon, donde este apartado permite englobar la influencia de la topografía del terreno en estudio, siendo que se han identificado pendientes que superan el 20 %. Para Ortega y Torres (14), la estimación del cambio de velocidades es imprescindible en terrenos con orografía accidentada, es de esta manera que ingresa la capacidad de procesamiento de parámetros y simulación del modelo matemático asumido para la caracterización de los componentes hidráulicos que configuran las velocidades medias. Algunos autores como Muro (12) resaltan la profundidad de calado o tirante y la distancia entre paredes de canal como un factor importante para estimar la influencia de la velocidad como parámetro de disipación de energía. De esta forma, los modelos hidráulicos permiten estimar velocidades para secciones transversales cambiantes con una profundidad de iteración que dota de mayor respaldo en la verificación del diseño del dissipador CPD.

Bajo este escenario, se puede incluir la influencia de la variación de pendientes. Para Ortega y Torres (14) este es uno de los factores más influyentes cuando el flujo de agua se transporta a velocidades altas (transporta partículas en suspensión) por lo que el efecto erosionante que sufre el concreto se produce por los continuos choques del agua contra las paredes bajas internas del canal, desgastando las capas superficiales de las paredes de concreto y exponiendo a un progresivo deterioro. Arbeláez (4) señala que, ante altas velocidades, la pasta de cemento es la primera en desprenderse para luego desgastar y causar desmoronamiento en los agregados de los canales de concreto, esto conlleva a la patología de formación de huecos que asemejan a las llamadas cangrejas. De acuerdo con el Manual de diseño y guía de cálculo de canales escalonados y pantallas deflectoras, el proceso constructivo debería contemplar la inclusión de componentes que permitan resistencia a la abrasión para canales con pendientes superiores al 20 %.

Ortega y Torres (14) refieren que las condiciones topográficas del proyecto son extensamente variables en zonas andinas, siendo que la característica asociada a accidentes resuelve una frecuencia de pendientes altas (1 % a 38 %), en todo caso, los canales de subdrenaje pluvial requeridos para poblaciones asentada en estas condiciones topográficas deben estimar el uso adicional de modelos de control de velocidades, ya que la pendiente no puede ser manipulada en el diseño. Marín, Menjívar y Zavaleta (41) indican que las pantallas deflectoras pueden reducir la velocidad media del flujo en un 60 %, tomando un uso complementario de vertederos en tramos específicos. Además, Malpaso (10) indica la influencia del tipo de revestimiento elegido para canales de subdrenaje pluvial, siendo que el concreto reforzado representa en la actualidad uno de los materiales de mayor uso en este tipo de estructuras hidráulicas, por lo que la velocidad permisible varía de acuerdo a la resistencia esperada. Por otra parte, Cuzque (11) resalta la variación de velocidades por empleo de pantallas deflectoras, de tal manera que se consideran dos configuraciones geométricas (45° y 60.5° de inclinación con respecto a las paredes internas del canal), siendo que se verifica experimental una mayor tasa de reducción de velocidades al flectar 45° la PD. En cuanto al modelo numérico asumida para las velocidades, Muro (12) refiere la importancia de la calibración de los modelos hidráulicos de tal forma que el manejo de datos puede regirse a un método comparativo.

OE2: comprobar la influencia del empleo de pantallas deflectoras en la modificación de la energía específica siendo que se puede verificar una alteración en la carga dinámica y el tirante hidráulico con respecto a la configuración geométrica del canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.

En cuanto a la energía específica, se ha conseguido una variación de 72.12 % (3.2195 ± 0.59 m - 0.8977 ± 0.37 m) para un 100 % de la muestra ($n = 61$) y en un 73.82 % para el 95 % de la misma, siendo que la energía específica máxima en el pretest se ve reducida en un 48.79 % para el post test que estima la influencia del CPD. De esta manera, y a partir de la prueba de Rangos de Wilcoxon, se comprueba la capacidad de disipación de la energía, mediante CPD, y se estima la compatibilidad el indicador energía específica como parámetro control para el diseño en el canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.

De acuerdo con el resultado complementario de alteración de la altura de presión y altura de velocidad que componen la energía específica se resaltan la necesidad

por estimar adecuadamente el incremento de tirante debido al empleo de pantallas deflectoras en el canal de subdrenaje, se denota la apertura de un campo experimental para la iteración de diferentes distribución, configuraciones y ángulos de flexión de estos disipadores de energía. Cuzque (11) realizó una cantidad considerable de ensayos para comprobar la influencia de la energía específica en la disipación de energía, siendo que su valor cuantitativo disminuye en un 75 % cuando se cuenta con pantallas flectadas a 45°, en todo caso, Muro (12) refiere que las dimensiones de las pantallas deflectoras se pueden ajustar en función a la solera de canal. Garavito y Rodríguez (16) señalan una característica no asumida para el presente estudio, puesto que el uso de pantallas deflectoras y su estudio se ha limitado a canales de sección rectangular, por lo que el desarrollo teórico en alusión de la sección transversal de canales tiene un campo de carácter exploratorio.

Algunos autores como Zapata y Reátegui (9), estiman dentro de sus cálculos a la energía específica para el análisis del comportamiento de descargas críticas en estructuras de control, además de la importancia de la energía específica como un parámetro poderoso en el aseguramiento de un diseño competente es referido por múltiples autores teóricos como Chow (2) y Naudascher (3), aunque existen algunas incertidumbres teóricas sobre la participación de la energía específica en los cambios de sección transversal, no obstante, aquello sigue siendo un indicador que permite calcular y predecir la variación del tirante bajo diversos escenarios, entre ellos los cambios excesivos de pendiente.

OE3: comprobar la influencia del empleo de pantallas deflectoras en la modificación del régimen de flujo siendo que se puede verificar una alteración en el número adimensional de Froude con respecto al comportamiento del fluido del canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.

En cuanto a los resultados en la variación del régimen de flujo, la Prueba de Wilcoxon indica un cambio significativo cuando se aplica el CPD en el canal de subdrenaje pluvial, siendo que esta alteración se da en un cambio de flujo supercrítico a subcrítico en 88.97 % ($2.6202 \pm 0.48 - 0.2890 \pm 0.26$) para el 100 % de la muestra ($n = 61$) y en un 67.91 % para el 95 % de la misma. Aunque el valor máximo para Froude mantiene su comportamiento de flujo supercrítico, se estima que el régimen de flujo se ve alterado a pesar de la orografía para la mayoría de las zonas, donde la Zona Alta conformada por el Jr. Cangallo, Av. Tahuantinsuyo N° 2, Av. Mariscal Cáceres, Av. Tahuantinsuyo N° 1, Av. Perú N° 2, Av. Carmen Alto N°

1 y Pje. Lucanas. Por un lado, el canal sin pantallas deflectoras donde se tienen velocidades > 7.0 m/s y un flujo supercrítico con un N° Froude > 1 , mientras que por otro lado se tiene un canal con la implementación de pantallas deflectoras donde se evidencia la disminución de velocidades < 7.0 m/s y un flujo subcrítico con un N° Froude < 1 . La Zona Baja estuvo conformada por la Av. Perú N° 1, Av. Carmen Alto N° 2 y el Jr. Llucha Llucha, donde, por un lado, para el canal sin pantallas deflectoras se alcanzaron velocidades > 7.0 m/s y un flujo supercrítico con un N° Froude > 1 , mientras que para el canal con la implementación de pantallas deflectoras se evidencia la disminución de velocidades < 7.0 m/s y un flujo subcrítico con un N° Froude < 1 .

Henao (6) refiere que uno de los indicadores para la verificación de disipación de energía es la modificación del número de Froude, es decir, se tiene un parámetro adimensional para estimar el régimen de flujo dado por empleo de pantallas deflectoras, aunque Zapata y Reátegui (9) señalan que el estudio del régimen de flujo presente exclusivamente en canales con fines de subdrenaje pluvial requiere de una modelación más sofisticada y, por ende, influye en la modificación del número de Froude. Malpaso (10), refiere que este es un parámetro adecuado para establecer la eficiencia de un dissipador de energía. En este caso, las pantallas deflectoras evidencian un cambio significativo en el régimen de flujo, por lo que se cumple satisfactoriamente con el control esperado.

Malpaso (10) también se refiere que uno de los objetivos de controlar el número de Froude adecuadamente conlleva a las descargas uniformes durante el desarrollo del canal, esto significa que también se controlan las velocidades medias del flujo, por ende, se incide en los niveles de erosión. La descarga crítica en estructuras de disipación es entonces un apartado que suma a la investigación en un campo que demanda mayor capacidad de procesamiento y manejo de datos, de esta forma, el software Iber 2.5 sugiere un modelo simplificado con capacidad para determinar y asumir un diseño basado en los parámetros expuestos.

OG: comprobar que el empleo de pantallas deflectoras aumenta la disipación de energía y mejora la preservación de los canales de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga, de tal manera que existe una disminución de los efectos destructivos producidos por el impacto de fluidos.

Finalmente, la comprobación estadística por la prueba de Rangos de Wilcoxon muestra un cambio significativo entre el diseño sin y con CPD, donde para la dimensión velocidad máxima VM se alcanzó un valor $Z = - 6.791$ ($p < 0.05$), así como, la energía específica mostró un valor $Z = - 6.77$ ($p < 0.05$) y el régimen de flujo un valor $Z = - 6.784$ ($p < 0.05$), de tal manera que el contraste específico desarrollado con antelación se ve reforzado. Ante esto, Henao (6), Malpaso (10) y Zapata y Reátegui (9) reiteran la importancia de los disipadores de energía en la preservación de estructuras hidráulicas, de tal modo que se debe tomar en cuenta la variabilidad de los escenarios donde se opera para una elección adecuada de la tecnología. Ante ello, la inclusión de CPD demostró un comportamiento satisfactorio en cuanto mitigación de efectos de erosión por altas velocidades ante pendientes superiores a 20 %.

CONCLUSIONES

- a. **OE1:** se ha comprobado una variación significativa ($p < 0.05$) en cuanto a la velocidad máxima (6.7531 ± 0.09 m/s a 1.3429 ± 0.65 m/s) con respecto al empleo de pantallas deflectoras (PD) como disipador de energía en canales de grandes pendientes, así también, se ha determinado la velocidad máxima permisible adecuada para las consideraciones del presente estudio (7 m/s), siendo que es un valor límite importante que mide la efectividad en la preservación de canales de subdrenaje pluvial. Este apartado se considera imprescindible puesto que permite estimar y controlar los niveles de erosión en canales de concreto armado en escenarios con orografía accidentada, de tal manera que la inclusión del CPD permite reducir las velocidades medias del flujo.
- b. **OE2:** se ha comprobado una variación significativa ($p < 0.05$) en cuanto a la energía específica (3.2195 ± 0.59 m - 0.8977 ± 0.37 m) con respecto al empleo de pantallas deflectoras (PD) como disipador de energía en canales con cargas considerables de energía cinética, siendo que se indica un aumento ligero del tirante hidráulico post (0.7275 m \pm 0.07 - 0.8849 ± 0.09 m) y disminución proporcional de la energía cinética (2.4920 ± 0.30 m - 0.1676 ± 0.11 m), de tal manera que se infiere que la energía pasa a tener un carácter potencial, el cual se manifiesta en el ligero aumento del tirante hidráulico. De esta manera, el modelo matemático asumido ha permitido el control de diseño del CPD bajo el ajuste por tramos de las alturas de presión y alturas de velocidad que componen las energías específicas.
- c. **OE3:** se ha comprobado una variación negativa ($p < 0.05$) en cuanto el número de Froude (2.6202 ± 0.48 - 0.2890 ± 0.26); con respecto al empleo de pantallas deflectoras (PD) como disipador de energía en canales con un comportamiento de flujo de torrente, siendo que el régimen pasa de ser supercrítico ($Fr > 1$) a subcrítico ($Fr < 1$). En todo caso se indica una característica de profundidades mayores y celeridades más baja debido a la alteración de la trayectoria del flujo. Además, se ha comprobado que la inclusión del CPD y la alteración de flujo supercrítico a subcrítico en la estructura reduce la capacidad erosiva del flujo de agua pluvial en el desarrollo del canal de subdrenaje.
- d. **OEG:** finalmente, se comprueba que es factible el empleo de pantallas deflectoras para la disipación de energía en canales de subdrenaje pluvial, por lo que es apto para ser considerado como una alternativa tecnológica que aumenta el tiempo de vida útil de las estructuras hidráulicas bajo condiciones de pendientes considerables,

de modo que su estimación como estrategia de preservación se fundamenta adecuadamente bajo un modelo hidráulico de volúmenes finitos dados mediante Iber 2.5. Además, se denota la importancia de los parámetros hidráulicos asumidos y sus respectivos componentes que desempeñan una interacción importante, en todo caso, el control de estos conlleva a plantear herramientas tecnológicas de mayor capacidad que incidan en un diseño seguro que, ante la escasez de normas vigentes, es aún más necesaria.

RECOMENDACIONES

Se sugiere realizar una mayor estimación de los efectos de las pantallas deflectoras en el aumento de tirantes hidráulicos, con tal de resolver mayores interrogantes con respecto a riesgo por desbordamiento y falla de la estructura hidráulica, si bien, este apartado está considerado en el procedimiento de diseño del CPD, se ha encontrado un patrón de incremento que puede ser abordado teóricamente. Las estimaciones del modelo hidráulico asumido competen un desarrollo de la hidrología del proyecto con un periodo de retorno de 25 años, el comportamiento ante lluvias extraordinarias no ha sido abordado con detenimiento, por lo que, se recomienda abordar este apartado en un escenario futuro.

Así también, en función con las pendientes y velocidades que se tengan en el diseño de canales de drenaje urbanos, se pueden considerar valores permisibles establecidos para implementar disipadores de energía como alternativas para garantizar los estándares de calidad y sostenibilidad de la estructura hidráulicas. Por otro lado, el soporte tecnológico de los modelos hidráulicos permite estimar a mayor contraste una velocidad permisible más adecuada, por lo que se sugiere ampliar este campo para establecer un protocolo estándar.

Por otro lado, se recomienda llevar mayor control del modelo hidrológico e hidráulico para el diseño de canales de drenajes urbanos en los expedientes técnicos, siendo que presentan información poco detallada debido a la escasa información en el tema, por ello es necesario la implementación de un código o norma que establezca el uso de disipadores de energía en canales de drenajes urbanos.

Finalmente, se estima que, para futuras construcciones, los canales de drenaje urbano de Ayacucho pueden hacer uso de esta tecnología de disipación aplicada a zonas y calles, donde exista mayor requerimiento de mayores tiempos de durabilidad, de tal forma que se evite mantenimientos continuos. Además, se sugiere que se puede llevar a cabo una inspección antes y después de periodos lluviosos para comprobar el estado situacional de la estructura y obtener datos como marcas dejadas por las crecidas de caudales, acumulación de material que generan malos olores, depósito de sedimentos, patologías del concreto como la erosión y cavitación de las paredes y bases del canal, de esta manera se podrían generar factores de calibración para el modelo hidrológico e hidráulico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) GIAMA y FLUMEN. *Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas. Manual de referencia hidráulico*. España: CEDEX, 2014.
- (2) CHOW, V. *Hidráulica de canales abiertos*. Colombia: McGraw Hill, 2004. ISBN: 958-600-228-4.
- (3) NAUDASCHER, E. *Hidráulica de canales: diseño de estructuras*. México: Limusa, 2000. ISBN: 9681858913.
- (4) ARBALAEZ, V. Manual de diseño y guía de cálculo de canales escalonados (disipadores de energía) para obras propuestas o existentes que se encuentren comprometidas por corrientes de agua, a fin de disminuir la energía en las zonas descarga y evitar socavación. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Colombia: Universidad de Antioquia, 2022.
- (5) AYALA-ROJAS, L., FRANCO-ROJAS, A. y PADILLA-GONZÁLEZ, E. Evaluación de la eficiencia en disipación de energía en estructuras hidráulicas construidas con gaviones y material reciclado (neumático usado) mediante modelamiento físico a escala reducida. *UIS Ingenierías*, 2020, 19(1), 143-154 pp. ISSN: 2145 -8456.
- (6) HENAO, P. Estudio de un modelo físico a escala de un desarenador, para establecer la eficiencia de tres tipos de pantallas deflectoras. Tesis de Maestría (Ingeniería Civil). Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2021.
- (7) HARO, P., y otros. Eficiencia en la disipación de energía en estructuras para cambio simultáneo de nivel y de dirección en sistemas de alcantarillado en ciudades andinas. *Rev. Politécnica*, 2017, 38(2).
- (8) DOLZ, J., y otros. Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. *Rev. Int. Métodos Numéricos Cálculo. Diseño Ing.*, 2014, 30(1), 1-10 pp.
- (9) ZAPATA, S. y REATEGUI, M. Evaluación de un sistema disipador de energía en el canal evacuador de aguas pluviales para la defensa ribereña, Talara - 2021. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2021.
- (10) MALPASO, R. Análisis experimental de disipación de energía de las corrientes de agua en canales de concreto de 100 % de pendiente empleando pantallas deflectoras. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2020.
- (11) CUZQUE, H. Diseño de un modelo físico hidráulico para disipar energía en un canal con pantallas deflectoras. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Pimentel: Universidad Señor de Sipán, 2019.

- (12) MURO, J. Optimización de la disipación de energía con el uso del modelo físico de la bocatoma Miraflores. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Piura: Universidad de Piura, 2019.
- (13) VÁSQUEZ, L. y TERRONES, N. Evaluación hidráulica de la disipación de energía en cuatro tipos de cuencos amortiguadores, bajo condiciones de flujo variable. Rev. INGENIERÍA UC, 2019, 26(2), 163-174 pp.
- (14) ORTEGA, C. y TORRES, J. Estudio hidráulico de un canal rectangular con pantallas deflectoras para pendientes del 15 %, 25 %, 35 %, 45 % y 55 % como disipador de energía. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Colombia: Universidad de La Salle, 2012.
- (15) ROSADO, G. Metodología para el diseño de canales escalonados, disipadores de energía, empleados en drenaje urbano, basada en modelación física. Tesis de Maestría (Ingeniería de Recursos Hidráulicos). Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2018.
- (16) GARAVITO, J. y RODRÍGUEZ, L. Verificación hidráulica de las alcantarillas de las vías del conjunto Mesa de Yeguas, ubicado en el municipio de Anapoima, por medio del programa HY-8. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2017.
- (17) PARDO, R. Disipadores de energía - parte I: el salto hidráulico. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 2018, 39(3), 1-11 pp. ISSN: 1680-0338.
- (18) UNITED STATES WATER RESOURCES COUNCIL. *Guidelines for Determining Flood Flow Frequency*. Estados Unidos: USWRC, 1981.
- (19) ROCHA, A. *Hidráulica de tuberías y canales*. 2007.
- (20) INTERNATIONAL INSTITUTE FOR LAND RECLAMATION AND IMPROVEMENT. *Principios y aplicaciones del drenaje*. Holanda, 1978.
- (21) AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. *Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico*. Lima: Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales, 2010.
- (22) RODRÍGUEZ, M. [En línea]. Diseño de canales [fecha de consulta: 11 de octubre de 2022]. Disponible en: https://www.academia.edu/33614102/Dise%C3%B1o_de_Canales.
- (23) MEJÍA, F. *Estructuras de vertimiento de aguas en laderas de media a fuerte entiendo: canal de pantallas deflectoras (CPD) y canal de rápida con tapa y columpio (CRTC)*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Arquitectura, 2010. ISBN: 9588280281.

- (24) BALKIS, G. Experimental investigation of energy dissipation through inclined screens. Tesis de Maestría (Ingeniería Civil). Turquía: Middle East Technical University, 2004.
- (25) VILLÓN, M. *Hidráulica de canales*. Lima: Ed. Villón, 2007. ISBN: 99778-66-081-6.
- (26) DANESHFARAZ, R., y otros. Experimental investigation of the effect of double horizontal screens on the hydraulic performance of a vertical drop. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2020, 17, 2927-2936 pp.
- (27) ANDER-EGG, E. *Introducción a las técnicas de investigación social*. Mendoza: Universidad Nacional del Cuyo, 1987.
- (28) KROCHIN, R. *Diseño hidráulico*. Moscú: MIR Moscú, 1978.
- (29) HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ-COLLADO, C. y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
- (30) SAJJAD, S. Methods of data collection. Booki Zone Publication. *Research: An Introductory Approach for All Disciplines*, 2019, 9(1), 201-275 pp.
- (31) CARRASCO, S. *Metodología de la investigación científica: pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. Lima: San Marcos, 2006. ISBN: 9972-34-242-5.
- (32) CAKIR, P. Experimental investigation of energy dissipation through screens. Tesis de Maestría (Ingeniería Civil). Turquía: Middle East Technical University, 2003.
- (33) CORRAL, Y. Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. *Ciencias de la Educación*, 2009, 19(33), 228-247 pp.
- (34) AISENBREY, A. *Design of small canal structures*. Estados Unidos: U.S. Bureau of Reclamation, 1978.
- (35) VILLÓN, M. *Diseño de estructuras hidráulicas*. Perú: Ed. Villón, 2005.
- (36) MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Perú: MTC, 2008.
- (37) MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Perú: MVCS, 2020.
- (38) MARTÍNEZ, E. *Diseño de canales de evacuación*. Chile: Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos, 2014.
- (39) RAMÍREZ, J. Canal con pantallas deflectoras: estudio con modelos hidráulicos. *Boletín de Vías*, 1978, 6(37).
- (40) FUENTES, K. Distribución de precipitaciones máximas diarias en la región de los ríos. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Chile: Universidad del Bio-Bio, 2016.

- (41) MARÍN, C., MENJÍVAR, M. y ZAVALA, J. Diseño y construcción de un canal hidráulico de pendiente variable para uso didáctico e investigación. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). El Salvador: Universidad de El Salvador, 2012.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia y operacionalización de variables.

Matriz de consistencia: “Preservación de los canales de drenaje mediante el empleo de disipadores de energía: el caso del canal en el distrito de Carmen Alto en Huamanga”.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p>PROBLEMA GENERAL: ¿En qué medida la disipación de energía mediante el empleo de pantallas deflectoras influye en la preservación de los canales de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga, de tal manera que se pueda comprobar que existe una disminución de los efectos destructivos producido por el impacto de fluidos con respecto a las paredes internas?</p> <p>PE 1: ¿En qué medida la disipación de energía mediante el empleo de pantallas deflectoras reduce las velocidades máximas del fluido siendo que se mitigan los efectos erosivos producidos por valores de velocidades no admisibles para el tipo de revestimiento del canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL: Comprobar que el empleo de pantallas deflectoras aumenta la disipación de energía y mejora la preservación de los canales de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga, de tal manera que existe una disminución de los efectos destructivos producidos por el impacto de fluidos.</p> <p>OE 1: Comprobar la influencia del empleo de pantallas deflectoras en el cambio de las velocidades máximas del fluido siendo que se verifican las velocidades admisibles para revestimiento de concreto armado en el canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL: El empleo de pantallas deflectoras como disipadores de energía mejora la preservación de canales de drenaje pluvial al reducir los efectos destructivos generados por el impacto de fluidos, siendo que se comprueba una reducción de las velocidades máximas, una modificación en la energía específica y cambio de régimen de flujo en la red de canales de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.</p> <p>HE 1: Se comprueba que la disipación de energía mediante el empleo de pantallas deflectoras reduce las velocidades máximas del fluido siendo que se mitigan los efectos erosivos producidos por altas velocidades, por ende, se estima que se producen velocidades menores al valor máximo admisible para revestimiento de concreto armado en el canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.</p>	<p>Disipación de energía mediante pantallas deflectoras</p>	<p>Reducción de velocidades máximas</p> <p>Modificación en la energía específica</p> <p>Cambio de régimen de flujo</p>	<p>Modelo hidráulico (con inclusión de pantallas deflectoras):</p> <p>Área transversal</p> <p>Velocidades</p> <p>Pendientes</p> <p>Caudales</p> <p>Rugosidad</p> <p>Tirante</p> <p>Número de Froude</p> <p>Expediente técnico del proyecto (sin inclusión de pantallas deflectoras):</p>	<p>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: Investigación científica.</p> <p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: Investigación aplicada.</p> <p>ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN: Enfoque cuantitativo.</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Investigación descriptiva.</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Diseño pre-experimental.</p>

<p>PE 2: ¿En qué medida la disipación de energía mediante el empleo de pantallas deflectoras modifica la energía específica siendo que se puede comprobar una alteración en la carga dinámica y el tirante hidráulico con respecto a la configuración geométrica del canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga?</p> <p>PE 3: ¿En qué medida la disipación de energía mediante el empleo de pantallas deflectoras modifica el régimen de flujo siendo que se puede comprobar una variación en el número adimensional de Froude con respecto al comportamiento del fluido en el canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga?</p>	<p>OE 2: Comprobar la influencia del empleo de pantallas deflectoras en la modificación de la energía específica siendo que se puede verificar una alteración en la carga dinámica y el tirante hidráulico en el canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga</p> <p>OE 3: Comprobar la influencia del empleo de pantallas deflectoras en la modificación del régimen de flujo siendo que se puede verificar una alteración en el número adimensional de Froude con respecto al comportamiento del fluido del canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.</p>	<p>HE 2: Se comprueba que la disipación de energía mediante el empleo de pantallas deflectoras modifica la energía específica siendo que existe una disminución de la carga dinámica y aumento del tirante hidráulico debido a la influencia de la pérdida de energía cinética en el canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.</p> <p>HE 3: Se comprueba que la disipación de energía mediante el empleo de pantallas deflectoras modifica el régimen, siendo que existe un cambio de un flujo supercrítico a un subcrítico y se puede verificar mediante el análisis del número adimensional de Froude con respecto al comportamiento del fluido en el canal de drenaje pluvial en el distrito de Carmen Alto Huamanga.</p>		<p>Área transversal Velocidades Pendientes Caudales Rugosidad Tirante Número de Froude</p>	<p>POBLACIÓN: Red de canales de drenaje pluvial del distrito de Carmen Alto Huamanga.</p> <p>MUESTRA: Totalidad de tramos donde se estimó la necesidad de usar PD (n=61).</p> <p>MUESTREO: Muestreo no probabilístico por conveniencia.</p> <p>INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN: Principal: Software Iber 2.5 Complementario: Hoja de Cálculo Excel HCANALES AutoCAD Civil 3D.</p>
--	---	---	--	--	--

Matriz de operacionalización de variables: “Preservación de los canales de drenaje mediante el empleo de disipadores de energía: el caso del canal en el distrito de Carmen Alto en Huamanga”.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
Disipación de energía mediante pantallas de deflectoras	“Los disipadores de energía son las estructuras encargadas de disipar la energía cinética que adquiere el flujo en su descenso desde niveles de agua altos, hasta niveles inferiores, es decir disminuir las altas velocidades de este, en el caso de pantallas deflectoras se asumen una inclusión de cuerpos flectados con respecto al sentido de flujo, de tal manera concibe como una alternativa tecnológica ante la preservación de todo tipo de canales” (17 pág. 45).	En la hidráulica de canales abiertos se puede asumir el estudio de estructuras de disipación con fines de preservación y aumento del tiempo de vida útil, de tal manera que, permite un análisis comparativo mediante componentes como velocidades máximas alcanzadas, variación en la energía específica y cambios en el régimen de flujo.	Reducción de velocidades máximas	Modelo hidráulico (con inclusión de pantallas deflectoras)	Software Iber 2.5	Razón
			Modificación en la energía específica	Expediente técnico del proyecto (sin inclusión de pantallas deflectoras)		
			Cambio de régimen de flujo			

Anexo 2. Validación de instrumentos de investigación.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO SOFTWARE IBER 2.5.

Nº	Software Iber 2.5	OPINIÓN DEL EXPERTO		Sugerencias
		Si	No	
	Medición dimensiones modelo hidráulico			
1.- Claridad	El software permite obtener resultados claros, de tal manera que el modelo hidráulico es fácil de interpretar	X		
2.- Objetividad	Los procedimientos de modelamiento permiten acoplar objetividad a los resultados obtenidos	X		
3.- Actualidad	El software cuenta con un desarrollo tecnológico continuo	X		
4.- Organización	La interfaz del software permite llegar una organización óptima en el proceso de modelamiento	X		
5.- Suficiencia	La suficiencia del software está respaldada por su capacidad de cálculo	X		
6.- Adecuación	El modelo hidráulico obtenido mediante el software se adecua perfectamente a la realidad	X		
7.- Consistencia	El modelo obtenido no tiene inconsistencias geométricas	X		
8.- Coherencia	El procedimiento de modelamiento y los objetivos buscado a través del uso del software son coherentes con los resultados obtenidos	X		
9.- Metodología	La metodología que emplea el software respalda un desarrollo científico	X		
10.- Pertinencia	El uso del software es pertinente en cuanto a los objetivos buscados en la investigación	X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): La información considerada en el instrumento es suficiente para ser aplicada

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador: Ing. George Edwar Flores Jara

DNI: 41439715

Especialidad del validador: Especialista en Mecánica de Fluidos CIP:167248




George Edward Flores Jara
Ing. Mecánico de Fluidos
CIP. N° 167248

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO SOFTWARE IBER 2.5.

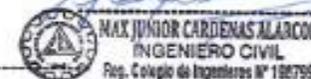
Nº	Software Iber 2.5	OPINIÓN DEL EXPERTO		Sugerencias
		Si	No	
	Medición dimensiones modelo hidráulico			
1.- Claridad	El software permite obtener resultados claros, de tal manera que el modelo hidráulico es fácil de interpretar	X		
2.- Objetividad	Los procedimientos de modelamiento permiten acoplar objetividad a los resultados obtenidos	X		
3.- Actualidad	El software cuenta con un desarrollo tecnológico continuo	X		
4.- Organización	La interfaz del software permite llegar una organización óptima en el proceso de modelamiento	X		
5.- Suficiencia	La suficiencia del software está respaldada por su capacidad de cálculo	X		
6.- Adecuación	El modelo hidráulico obtenido mediante el software se adecua perfectamente a la realidad	X		
7.- Consistencia	El modelo obtenido no tiene inconsistencias geométricas	X		
8.- Coherencia	El procedimiento de modelamiento y los objetivos buscado a través del uso del software son coherentes con los resultados obtenidos	X		
9.- Metodología	La metodología que emplea el software respalda un desarrollo científico		X	Verificar calibración del modelo si es necesario
10.- Pertinencia	El uso del software es pertinente en cuanto a los objetivos buscados en la investigación	X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): La información considerada en el instrumento es suficiente para ser aplicada

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador: Ing. Max Junior Cardenas Alarcón DNI: 70757853

Especialidad del validador: Especialista en Estructuras CIP:198799



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO SOFTWARE IBER 2.5.

Nº	Software Iber 2.5	OPINIÓN DEL EXPERTO		Sugerencias
		Si	No	
	Medición dimensiones modelo hidráulico			
1.- Claridad	El software permite obtener resultados claros, de tal manera que el modelo hidráulico es fácil de interpretar	X		
2.- Objetividad	Los procedimientos de modelamiento permiten acoplar objetividad a los resultados obtenidos	X		
3.- Actualidad	El software cuenta con un desarrollo tecnológico continuo	X		
4.- Organización	La interfaz del software permite llegar una organización óptima en el proceso de modelamiento	X		
5.- Suficiencia	La suficiencia del software está respaldada por su capacidad de cálculo	X		
6.- Adecuación	El modelo hidráulico obtenido mediante el software se adecua perfectamente a la realidad	X		
7.- Consistencia	El modelo obtenido no tiene inconsistencias geométricas	X		
8.- Coherencia	El procedimiento de modelamiento y los objetivos buscado a través del uso del software son coherentes con los resultados obtenidos	X		
9.- Metodología	La metodología que emplea el software respalda un desarrollo científico	X		
10.- Pertinencia	El uso del software es pertinente en cuanto a los objetivos buscados en la investigación	X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): La información considerada en el instrumento es suficiente para ser aplicada

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador: Ing. Saúl Lapa Meza

DNI: 46547679

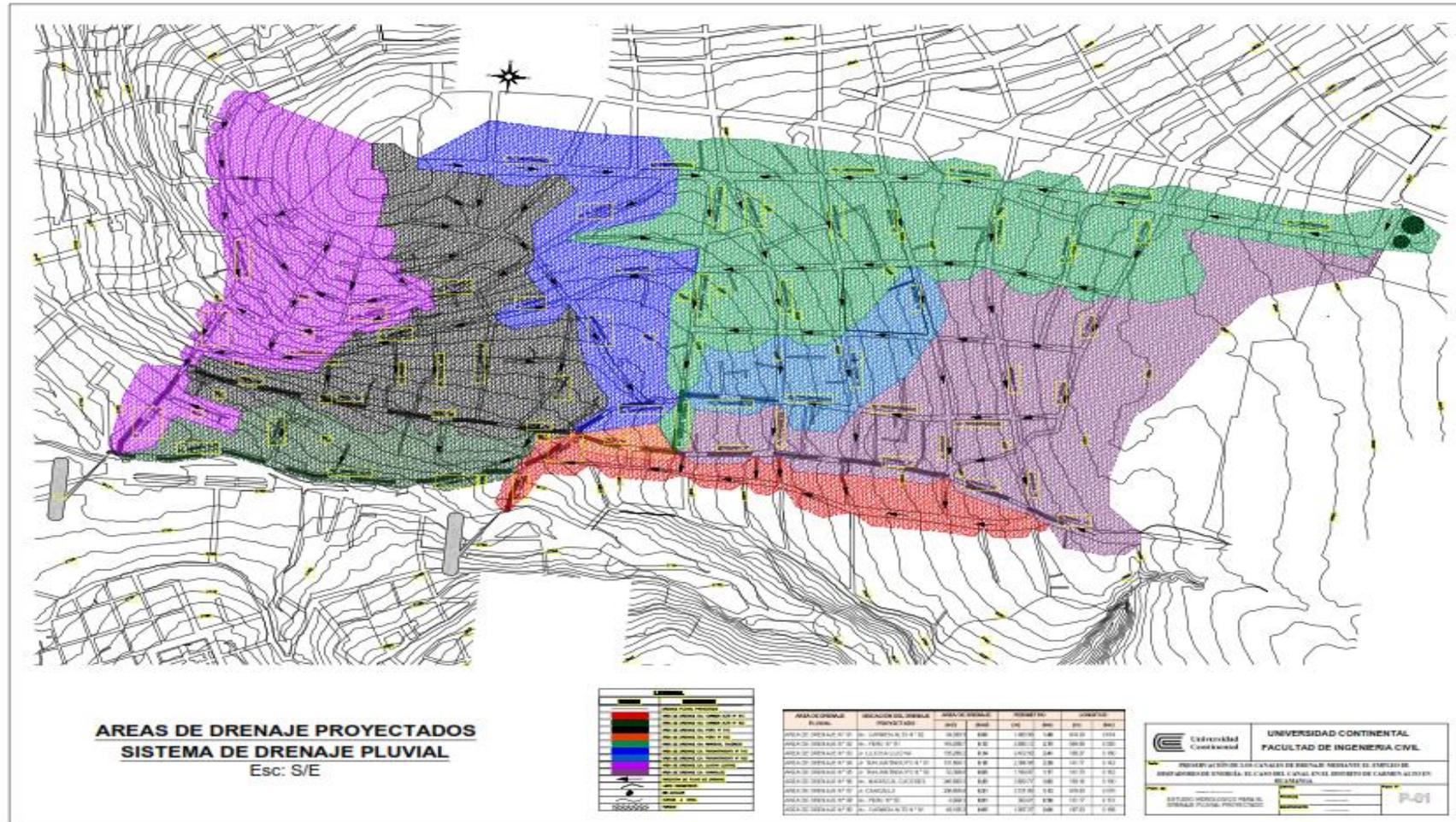
Especialidad del validador: Especialista en Calidad CIP:214023



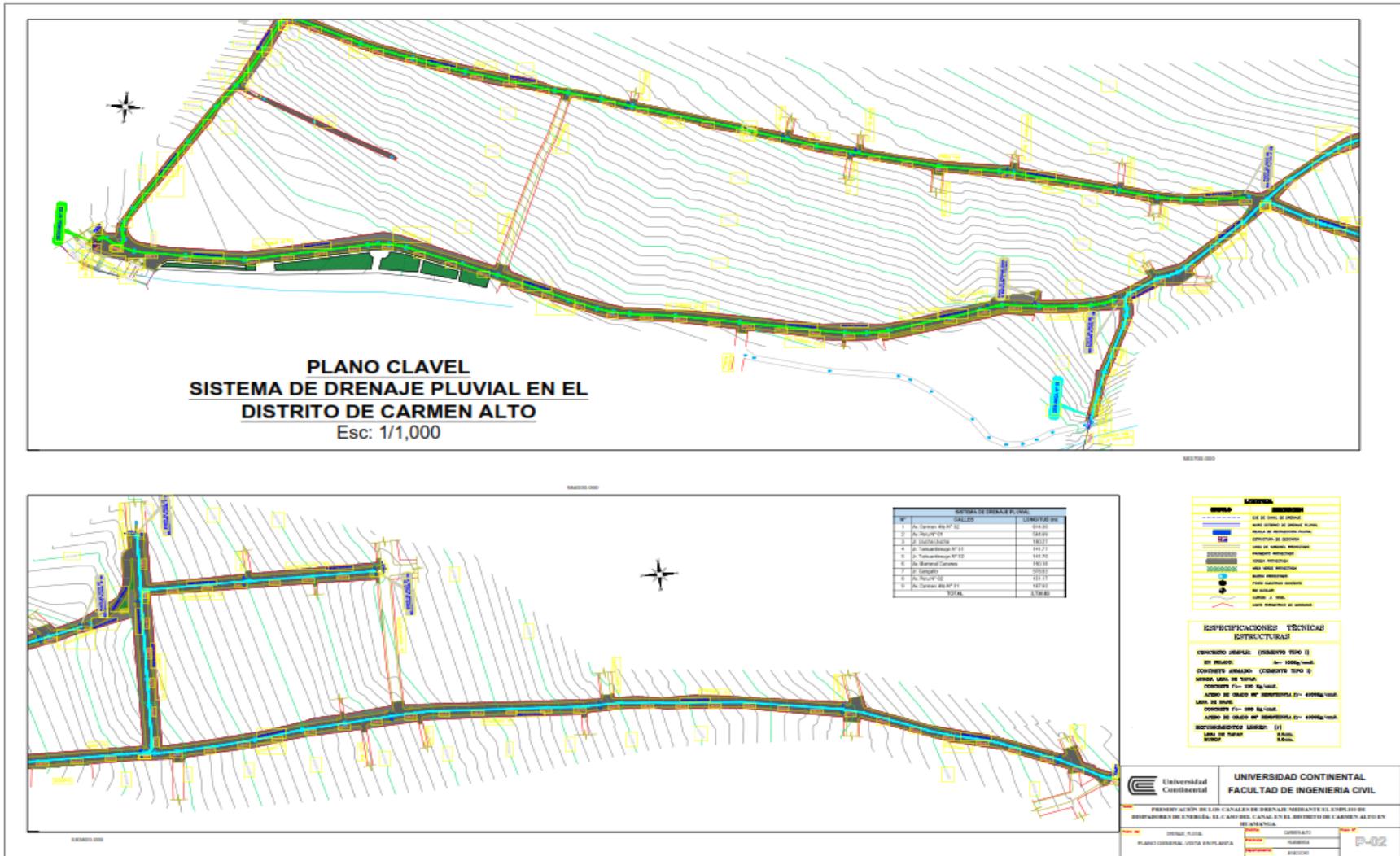
Saul Lapa Meza
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 214023

Anexo 3. Planos.

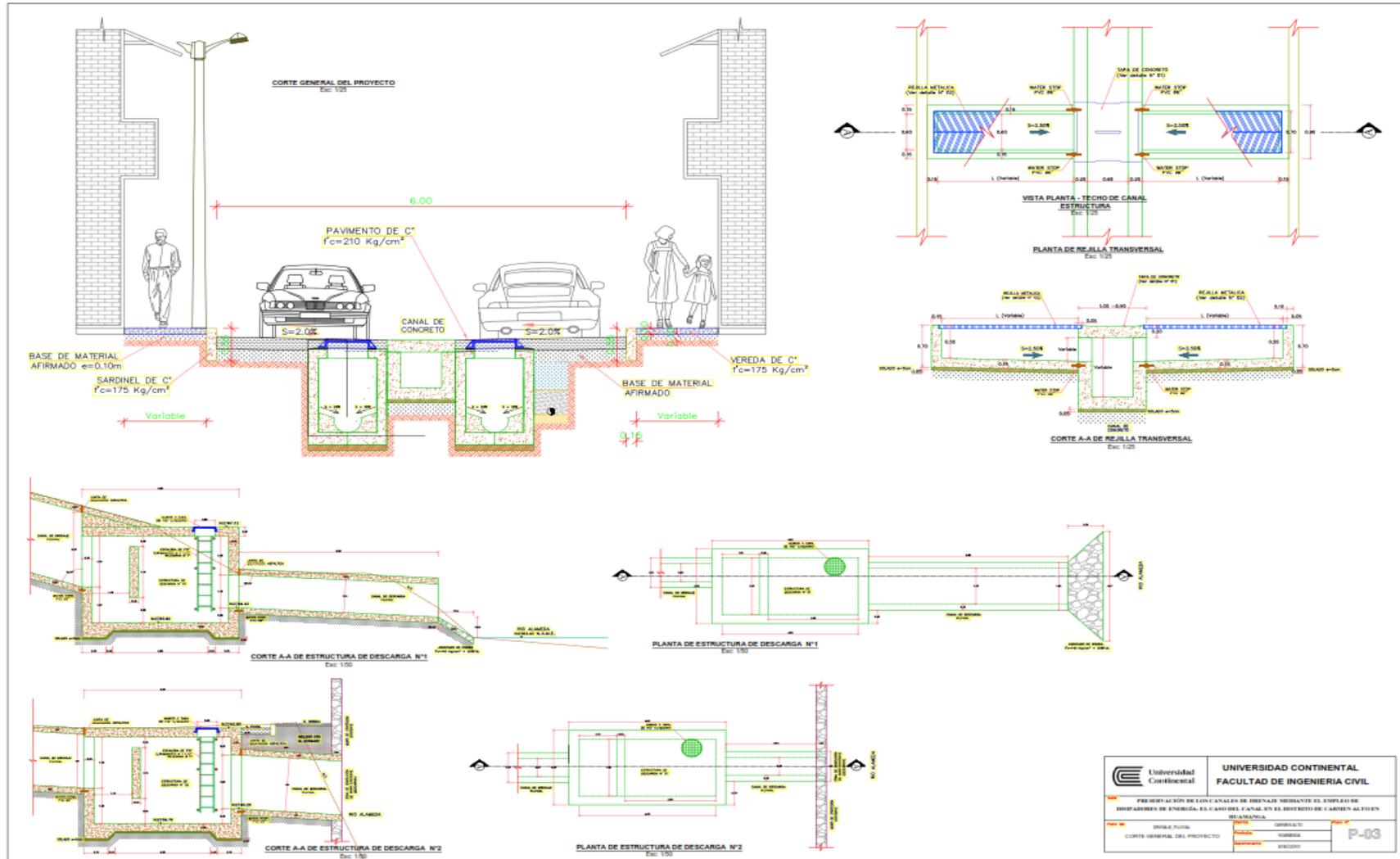
Plano 1. Áreas de estudio hidrológico.



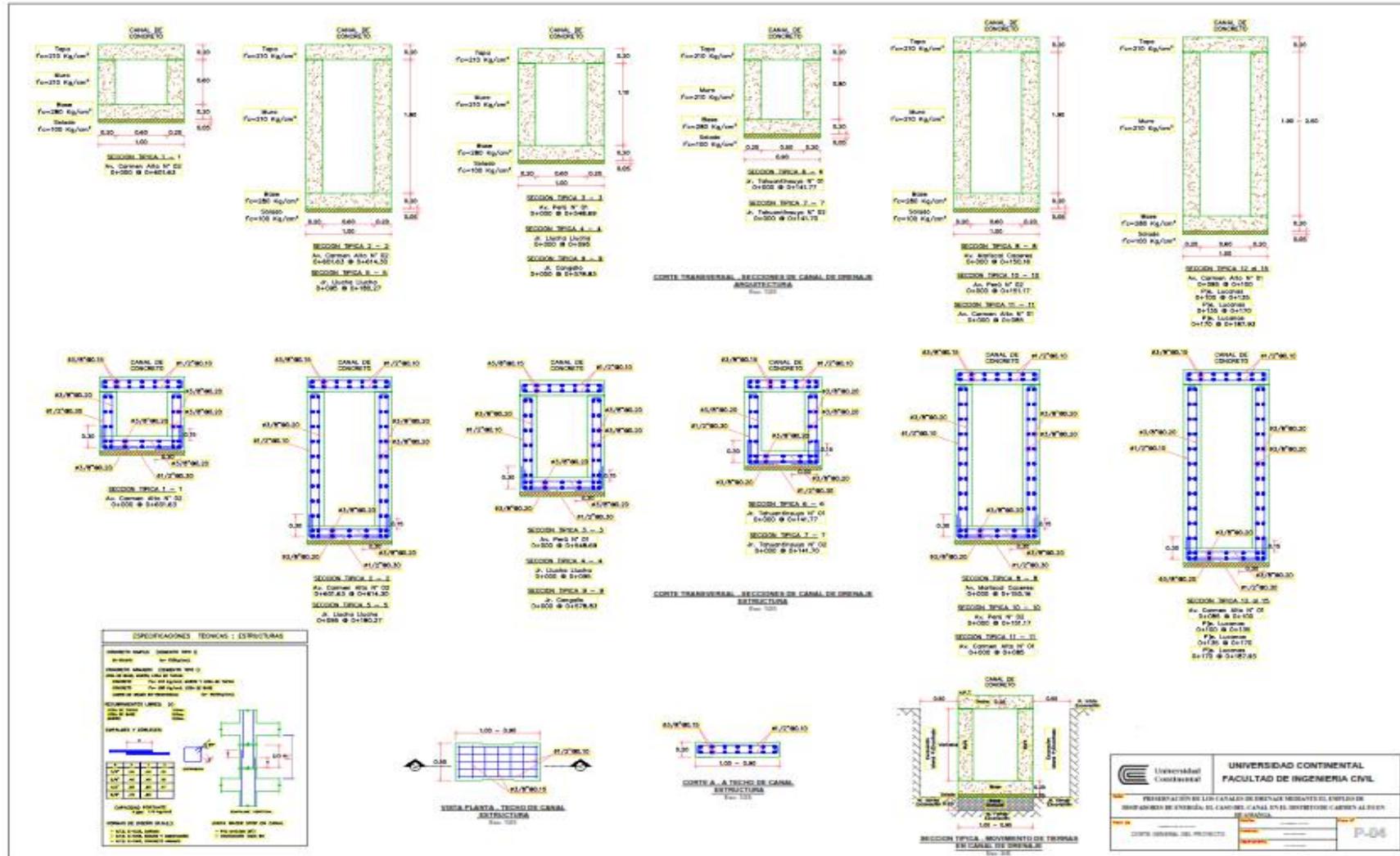
Plano 2. Plano general - vista en planta.



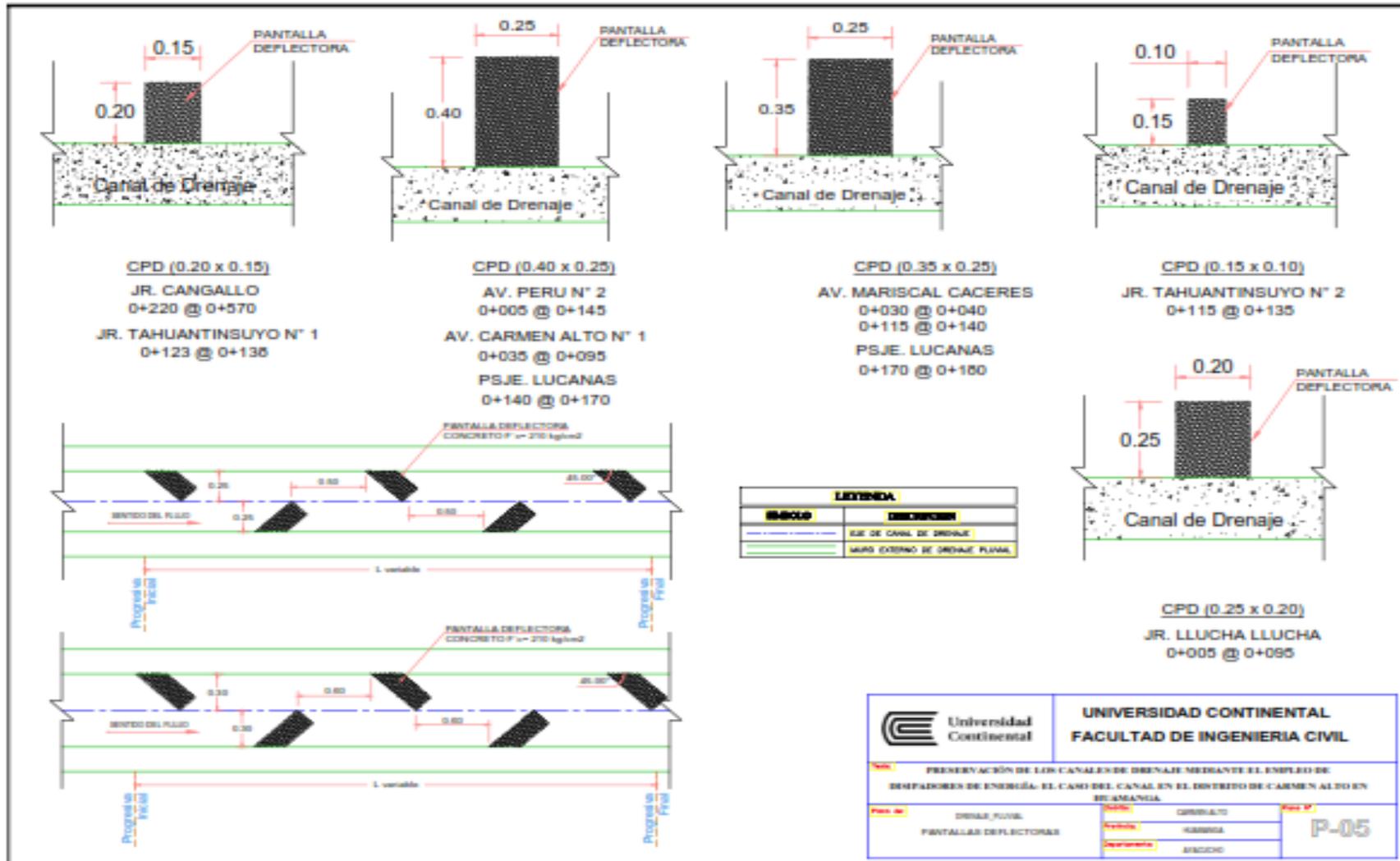
Plano 3. Corte general - vista frontal.



Plano 4. Sección de canal - corte transversal.



Plano 5. Pantallas deflectoras.



Anexo 4. Panel fotográfico.



Fotografía 1. Lluvias intensas y granizada.



Fotografía 2. Colapso de buzones producto de la unión de caudales de drenaje y aguas servidas.



Fotografía 3. Vista de Jr. Llucha Llucha.



Fotografía 4. Vista de Av. Perú 2.