

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERÍA CIVIL



Tesis

**Análisis del sistema de drenaje pluvial frente a las precipitaciones máximas en el
sector de Patibamba baja de la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025**

Asesor:

Ing. Roldan Juárez, Américo

Autor:

Pérez Peralta, Frishder

Para optar el Título Profesional: Ingeniero Civil

Abancay-Apurímac-Perú

2026

Acta de sustentación



Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 013

En la ciudad de Abancay, a los **seis** días del mes de **mayo del 2026**, siendo las **09:00 am** horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° **0183-2026- EPIC-FI-UTEA-SA** de fecha **28 de abril del 2026**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería:

Presidente :	Dra. Rosa Marina VERA TEVES
Dictaminante :	Mag. Ing. Willy Silvestre LEGUIA VALVERDE
Replicante :	Mag. Horacio Fernando Antonio Hassan CORNEJO ROSALES

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

☒ Tesis ☐ Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Análisis del sistema de drenaje pluvial frente a las precipitaciones máximas en el sector de Patibamba baja de la ciudad de Abancay, Apurímac -2025

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br: PEREZ PERALTA, Frishder

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) **APROBADO (S)**:

Por: **Unanimidad**
(Unanimidad o Mayoría) (*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
PEREZ PERALTA, Frishder	Aprobado

Siendo **las 10:40 am horas** concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: **Dra. Rosa Marina VERA TEVES**

Dictaminante: **Mag. Ing. Willy Silvestre LEGUIA VALVERDE**

Replicante: **Mag. Horacio Fernando Antonio Hassan CORNEJO ROSALES**

Abancay 06 de abril del 2026

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 011

(*) : Mayoría: Dos integrantes del jurado aprueban o desaprueban; Unanimidad: Todos los integrantes del jurado aprueban o desaprueban, Art. 18 RGGAT.
(**) : 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
Ciudad Universitaria Av. Perú N° 700, Abancay, Central Telefónica 051 (083) 321559
Filial Cusco, Av. Grau N° 516, Teléfono (084) 251565
Filial Andahuaylas, Av. Juan Antonio Trelles N° 513 Teléfono (083) 421752
www.utea.edu.pe

Reporte de similitud



Página 2 de 102 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid::3117:597115325

14% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 14%  Fuentes de Internet
- 4%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Página 2 de 102 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid::3117:597115325

Metadatos

Datos del Autor		
Apellidos y nombres	:	Pérez Peralta, Frishder
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	73006049
URL ORCID	:	https://orcid.org/0009-0004-1243-2932
Datos del Asesor		
Apellidos y nombres	:	Ing. Roldan Juárez, Américo
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	06788424
URL ORCID	:	https://orcid.org/0000-0001-7796-7947
Datos de la investigación		
Facultad	:	Ingeniería
Escuela Profesional	:	Ingeniería Civil
Línea de Investigación	:	Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible
Rango de años en que se realizó la investigación	:	2025
Fuente de financiamiento	:	Propia
Porcentaje de similitud	:	14%
URL de OCDE	:	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01

Dedicatoria

A Dios, quien me ha otorgado salud, vida y fortaleza para perseguir mis sueños y llevar a cabo esta investigación con dedicación y determinación.

Pérez Peralta, Frishder

Agradecimientos

A Dios, quien me fortalece a continuar con mis metas.

A mis padres y hermanos, por el apoyo incondicional.

Al asesor, por guiar en las adversidades de esta tesis.

A los docentes que fueron los pilares de aporte con su sabiduría para nosotros.

Pérez Peralta, Frishder

Resumen

La investigación se desarrolló en el sector urbano de Patibamba baja, en la ciudad de Abancay, donde se presentan problemas de escorrentía y posible insuficiencia del drenaje pluvial frente a lluvias intensas, por lo que se requirió verificar si la red existente responde adecuadamente a las precipitaciones máximas. El objetivo principal fue determinar el comportamiento de los sistemas de drenaje pluvial frente a las precipitaciones máximas en dicho sector. El estudio fue de tipo aplicado, nivel descriptivo, enfoque cuantitativo y diseño no experimental transeccional; se trabajó con series de precipitación máxima en 24 h de PISCOP (1992–2016) y datos de SENAMHI, aplicando pruebas de bondad de ajuste en hojas de cálculo, delimitación de microcuencas y subcuencas en Civil 3D y modelación hidráulica de los canales en HEC-RAS, complementadas con observación de campo. Se obtuvo una lluvia de diseño de 40,99 mm para un periodo de retorno de 15 años y un tiempo de concentración de 2,18 h, generando caudales entre 0,13 y 0,78 m³/s por microcuenca y hasta 1,77 m³/s por subcuenca. La simulación mostró que los canales de las subcuencas 1, 2 y 4 evacúan estos caudales sin desborde, mientras que la subcuenca 3 carece de canal, concluyéndose que el sistema solo es hidráulicamente suficiente donde la infraestructura está completa y que se requiere ejecutar el canal propuesto para cerrar la red.

Palabras Clave: Drenaje pluvial, precipitación máxima, microcuencas urbanas, modelación hidráulica.

Abstract

The research was conducted in the urban sector of Patibamba Baja, in the city of Abancay, where runoff problems and potential inadequacy of stormwater drainage during heavy rainfall are present. Therefore, it was necessary to verify whether the existing network responds adequately to peak rainfall events. The main objective was to determine the behavior of the stormwater drainage systems under peak rainfall in this sector. The study was applied, descriptive, quantitative, and employed a non-experimental, cross-sectional design. Data was collected using 24-hour maximum rainfall series from PISCOP (1992–2016) and SENAMHI data. Goodness-of-fit tests were applied using spreadsheets, micro- and sub-basin delineation was performed using Civil 3D, and hydraulic modeling of the channels was carried out using HEC-RAS, complemented by field observations. A design rainfall of 40.99 mm was obtained for a 15-year return period and a concentration time of 2.18 h, generating flows between 0.13 and 0.78 m³/s per micro-basin and up to 1.77 m³/s per sub-basin. The simulation showed that the channels in sub-basins 1, 2, and 4 evacuate these flows without overflowing, while sub-basin 3 lacks a channel. It was concluded that the system is only hydraulically sufficient where the infrastructure is complete and that the proposed channel needs to be constructed to close the network.

Keywords: Stormwater drainage, maximum precipitation, urban micro-basins, hydraulic modeling.

Índice general

Portada.....	i
Acta de sustentación	ii
Reporte de similitud	iii
Metadatos	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
Índice general.....	ix
Índice de Tablas	xi
Índice de Figuras	xii
Índice de Anexos	xiii
I. Introducción	14
II. Planteamiento del problema	15
2.1 Descripción y formulación del problema	15
2.2 Objetivos.....	17
2.2.1 Objetivo General	17
2.2.2 Objetivos Específicos	17
2.3 Justificación e importancia	18
2.4 Hipótesis	19
2.4.1 Hipótesis General	19

2.5 Variables	19
III. Marco Teórico	21
3.1 Antecedentes.....	21
3.2 Bases teóricas.....	29
3.2.1 Precipitaciones máximas.	29
3.2.2 Análisis del sistema de drenaje pluvial.	31
3.3 Definición de términos	32
IV. Metodología	36
4.1 Tipo y nivel de investigación.....	36
4.2 Ámbito temporal y espacial	38
4.3 Población y muestra.....	39
4.4 Instrumentos	40
4.5 Procedimientos	40
4.6 Análisis de datos	41
4.7 Consideraciones éticas.....	42
V. Resultados y discusión	43
VI. Conclusiones	80
VII. Recomendaciones.....	82
VIII. Referencias.....	84
IX. Anexos	89

Índice de Tablas

Tabla 1	Operacionalización de las variables.....	20
Tabla 2	Rugosidad de Manning para materiales de sistemas de drenaje.	35
Tabla 3	Áreas parciales del estudio.....	45
Tabla 4	Ubicación geográfica de estaciones meteorológicas Senamhi.....	46
Tabla 5	Precipitaciones mensuales máximas Estación Abancay	47
Tabla 6	Precipitaciones Máximas diarias Estación Andahuaylas	47
Tabla 7	Precipitaciones Máximas diarias Estación Curahuasi.....	48
Tabla 8	Precipitaciones completado de máximas diarias estación Curahuasi	49
Tabla 9	Precipitaciones de data PISCOP de máximas diarias (mm) del sector Abancay.	50
Tabla 10	Precipitación máx. 24 anual Est. Senamhi.....	51
Tabla 11	Precipitaciones máximas anual en 24H	52
Tabla 12	Precipitación max. anual 24h (mm)	54
Tabla 13	Prueba de bondad de ajuste.....	55
Tabla 14	Máxima precipitación en 15 años	55
Tabla 15	Determinación del promedio de tiempo de concentración	55
Tabla 16	Cálculo de caudales en función al área de cada sub cuenca	57
Tabla 17	Resumen del canal de la microcuenca 01	63
Tabla 18	Resumen del canal de la microcuenca 02	67
Tabla 19	Resumen del canal de la microcuenca 03	73
Tabla 20	Subcuenca 4 conformado por las microcuencas de 9 y 10.	74
Tabla 21	Resumen del canal de la microcuenca 04	77

Índice de Figuras

Figura 1	Ubicación del proyecto Patibamba baja.....	43
Figura 2	Curvas de nivel del área de estudio.....	43
Figura 3	Áreas achuradas que representan los diferentes puntos de acopiación.....	44
Figura 4	Esquema de flujo del Sistema de Drenaje Pluvial	44
Figura 5	Definición del área de influencia.	45
Figura 6	Hidrogramas de estaciones Senamhi.....	51
Figura 7	Comparación de estación Abancay Senamhi vs data Piscop Prep. Anual max .24h	53
Figura 8	Correlación regresión lineal.	53
Figura 9	Perfil del canal rectangular 01 con Hec Ras.	58
Figura 10	Características del canal de sub cuenca 01 con microcuencas 1, 2 y 3.	59
Figura 11	Diseño existente de canal microcuenca.	63
Figura 12	Subcuenca 02 conformado por microcuenca 4 y 5.....	64
Figura 13	Características del canal de sub cuenca 02 con microcuencas 5 y 4.	65
Figura 14	Sección de canal diseñado existente para microcuenca 4 y 5.....	67
Figura 15	Subcuenca 3 conformado por las microcuencas de 8, 7 y 6.	68
Figura 16	Características del canal de sub cuenca 03 con microcuencas 8, 7 y 6.	69
Figura 17	Secciones transversales del canal propuesto para su diseño hidráulico.	73
Figura 18	Características del canal de sub cuenca 04 con microcuencas 9 y 10.	75
Figura 19	Secciones transversales del canal propuesto para su diseño hidráulico.	77

Índice de Anexos

Anexo 1 Matriz de Consistencia.....	90
Anexo 2 Matriz de Operacionalización de variables	92
Anexo 3 Planos topográficos	96

I. Introducción

En ciudades que crecen rápido, la entrega de sistemas de drenaje urbano debe comprobarse con criterios de desempeño (capacidad de captación, conducción y descarga para el evento de diseño) usando curvas IDF y verificación hidráulica de sumideros y colectores; buenas prácticas como HEC-22 recomiendan validar en obra con datos y modelación que el sistema construido responde sin reboses en el periodo de retorno adoptado. (Kilgore, 2024).

En el Perú, la Norma Técnica CE.040 Drenaje Pluvial del RNE exige diseñar y verificar los sistemas con IDF locales y periodos de retorno definidos, además de comprobar su funcionalidad antes de la recepción, para asegurar que el caudal pico no genere encharcamientos ni fallas en puntos críticos urbanos. (Ministerio de Vivienda, 2021).

En Abancay, los mapas de peligros identifican zonas con inundaciones recurrentes durante lluvias intensas; por ello, en Patibamba baja la introducción del estudio se centra en actualizar IDF, estimar caudales máximos y verificar en campo que captaciones y colectores evacúen el gasto de diseño sin anegamientos previos a la puesta en servicio. (INDECI, s. f.).

II. Planteamiento del problema

2.1 Descripción y formulación del problema

Las fuertes lluvias provocan inundaciones, en gran cantidad de ciudades del mundo, estos son causados por ciertos factores como el factor hidrológico, la urbanización de las ciudades, la pavimentación, el cambio climático, insuficiencia de las estructuras. Estos generan inundación, fallas en de estructuras de propiedades de la ciudadanía, pérdida de vidas influyendo negativamente alrededor urbano y pérdidas económicas y vidas (Teshome 2020)

En Malasia cuando sucede fuertes lluvias aumenta el volumen de escurrimiento estos pueden generar obstrucciones debido a la acumulación de residuos sólidos generando inundaciones por residuos sólidos en ciudades compactas, donde una cuarta parte de la población urbana mundial se encuentran en áreas informales donde estos son los más afectados (Nadeesha, et al., 2017),

Según Baeza, (2018) En Chile los incrementos de la población del sector urbano, y la construcción de vías en las avenidas de estos, generan la impermeabilización de los suelos, donde estos alteran el fenómeno del ciclo hidrológico de las precipitaciones pluviales, por lo cual la ciudad recurre a un sistema de colectores de dimensiones más esbeltas generando mayor costos, la ciudad tiene dos sistemas de evacuación que son las redes de saneamiento (Aguas servidas) y drenaje urbano (Drenaje de aguas pluviales), estos al no poder evacuar las aguas se mezclan con las del sistema de saneamiento frente a las precipitaciones en máximas temporadas de precipitaciones intensas, generando la pérdida de aguas pluviales, inundaciones y contaminación de las aguas pluviales, según norma de Chile las redes de agua de lluvia deben ir separados de las aguas servidas pero por ser complejo la colocación de los sistemas, algunos sectores no los cumplen, para resolver este

problemas el gobierno propone invertir más en esos sistemas donde el costo bordearía los 4.000 millones de dólares.

En la provincia de Chiclayo, distrito de José Leonardo Quiñones Urb. La Despensa, cuenta con 197 a 627 habitantes, la construcción de viviendas es de 35% de adobe y 65% de concreto. Cada cierta temporada se ocurren fuertes lluvias como en los años 1998, 2002, 2012, 2017 y 2019, han causado inundaciones mediante la escorrentía generando erosión del suelo y transporte de estos materiales y consecuentemente la acumulación de estos generando empozamientos en terrenos de pendiente mayor a 5° con una altura hasta de 30cm, para evitar estos problemas se propone evaluar mediante estudios hidrológicos para determinar las precipitaciones y escorrentías para construir estructuras de captación, conducción y mitigación, para evacuar estas aguas en las principales cuencas. (Chiroque C. 2020).

En la ciudad de Abancay se presentan fuertes precipitaciones pluviales en los meses de noviembre a marzo estos debido al ciclo hidrológico del agua que es un tránsito naciente de la evaporación del mar seguidamente la condensación y transporte de estas por corrientes de vientos, donde finalmente estas nubes descargan en precipitaciones pluviales. Estos causan escorrentías fuertes con arrastre de todo tipo de materiales que se encuentran en su paso de la ciudad, estos ocurren gracias a la pendiente y la pavimentación, como también inundaciones en avenidas que tienen pendientes bajos generándose charcos y pozos de agua, y consecuentemente el colapso de los sistemas de alcantarillado si estos ingresan a estos elementos. Estos contaminan las calles con materiales del arrastre y también con las aguas servidas. Lo que se plantea es determinar la cantidad de precipitación y escorrentía con esta información de antecedente se pueda realizar diseños que soporten las precipitaciones pluviales y así poder evitar estos problemas de colapso de las estructuras de sistema de drenaje de aguas pluviales.

2.1.1 Problema general

¿Cuál es el comportamiento de los sistemas de drenaje pluvial frente a las precipitaciones máximas en el sector de Patibamba baja de la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?

2.1.2 Problemas Específicos

- ¿Cuál es el comportamiento de los sistemas de drenaje pluvial frente a la intensidad de la precipitación en el sector de Patibamba baja de la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?
- ¿Cuál es el comportamiento de los sistemas de drenaje pluvial frente a la duración de la precipitación en el sector de Patibamba baja de la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?
- ¿Cuál es el comportamiento de los sistemas de drenaje pluvial frente a la frecuencia de la precipitación en el sector de Patibamba baja de la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo General

Determinar el comportamiento de los sistemas de drenaje pluvial frente a las precipitaciones máximas en el sector de Patibamba baja de la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025.

2.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar el comportamiento de los sistemas de drenaje pluvial frente a la intensidad de la precipitación en el sector de Patibamba baja de la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025.

- Evaluar el comportamiento de los sistemas de drenaje pluvial frente a la duración de la precipitación en el sector de Patibamba baja de la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025.
- Evaluar el comportamiento de los sistemas de drenaje pluvial frente a la frecuencia de la precipitación en el sector de Patibamba baja de la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025.

2.3 Justificación e importancia

2.3.1 Justificación

La evaluación de los sistemas de drenajes y posibles puntos de colapso ante la presencia de precipitaciones máximas es sumamente importante, que permitirá garantizar las estructuras de evacuación sean eficientes ante fenómenos climáticos extremos, de tal modo esta investigación permitirá dar a conocer las deficiencias de los sistemas de drenaje, y permitirá formular soluciones para mejorar los sistemas de drenaje ante posibles riesgos de inundación y mejorar la calidad de vida y el bienestar social de la población.

2.3.2 Importancia

La presente tesis es importante porque entrega resultados aplicables de inmediato para mejorar la seguridad y la funcionalidad urbana en Patibamba baja: prioriza tramos críticos, define caudales de diseño coherentes con el nivel de riesgo y propone soluciones costo-efectivas (ampliaciones, nuevas rejillas, ajustes de pendientes, cámaras de inspección, disipadores o medidas de control en la fuente) que disminuyen daños a la infraestructura y costos de mantenimiento correctivo. Además, ordena las descargas para mitigar erosión y transporte de sedimentos, favoreciendo la sostenibilidad del entorno; proporciona insumos verificables (tablas de intensidades, hietogramas, mapas de criticidad) para expedientes técnicos y programación de inversiones; y deja una

metodología replicable para otros barrios de Abancay, fortaleciendo la gestión pública y la resiliencia urbana frente a lluvias extremas.

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

El comportamiento de los sistemas de drenaje pluvial será óptimo, frente a las precipitaciones máximas en el sector de Patibamba baja de la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025.

2.4.2 Hipótesis Específicas

- El comportamiento de los sistemas de drenaje pluvial será óptimo, frente a la intensidad de la precipitación en el sector de Patibamba baja de la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025.
- El comportamiento de los sistemas de drenaje pluvial será óptimo, frente a la duración de la precipitación en el sector de Patibamba baja de la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025.
- El comportamiento de los sistemas de drenaje pluvial será óptimo, frente a la frecuencia de la precipitación en el sector de Patibamba baja de la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025.

2.5 Variables

VARIABLE DEPENDIENTE

VD: Sistema de drenaje pluvial.

VARIABLE INDEPENDIENTE

VI: Precipitaciones máximas.

Tabla 1
Operacionalización de las variables

VARIABLES	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	INDICADORES	Instrumentos
Precipitaciones máximas.	Las precipitaciones máximas se definen como los valores extremos de lluvia registrados en un periodo determinado, expresados en términos de intensidad, duración y frecuencia, que representan eventos hidrológicos críticos capaces de generar escorrentías significativas y poner en riesgo la infraestructura urbana cuando superan los parámetros de diseño hidráulico establecidos (Tucci, 2009).	Las precipitaciones máximas se operacionalizan mediante el análisis cuantitativo de los registros pluviométricos correspondientes al sector Patibamba Baja durante el año 2025, considerando indicadores de intensidad máxima horaria y diaria, duración del evento y periodo de retorno, los cuales permiten estimar los caudales generados y evaluar su incidencia sobre el sistema de drenaje pluvial	Intensidad	Intensidad máxima horaria (mm/h) Intensidad máxima diaria (mm/día) Intensidad crítica para diseño hidráulico (mm/h)	Registros pluviométricos Estaciones meteorológicas Cálculos hidráulicos Series históricas de precipitación Modelos hidrológicos
			Duración	Duración del evento máximo (horas) Tiempo efectivo de lluvia intensa (horas) Tiempo de concentración de la cuenca (minutos)	
			Frecuencia	Periodo de retorno del evento máximo (años) Probabilidad de excedencia (%) Comparación con periodo de diseño del drenaje	
Sistema de drenaje pluvial.	El sistema de drenaje pluvial es el conjunto de infraestructuras hidráulicas urbanas destinadas a la captación, conducción y evacuación de las aguas de lluvia, tales como cunetas, sumideros, colectores y buzones, cuyo objetivo es prevenir inundaciones, proteger la infraestructura vial y salvaguardar la seguridad de la población frente a eventos de precipitación (Davies, 2011).	El sistema de drenaje pluvial se operacionaliza evaluando su capacidad hidráulica, estado físico, eficiencia operativa y nivel de vulnerabilidad a inundaciones en el sector Patibamba Baja, mediante inspecciones de campo, cálculos hidráulicos, modelación hidrológica y análisis del comportamiento del sistema durante eventos de precipitaciones máximas registrados en el año 2025.	Capacidad hidráulica	Caudal de diseño del drenaje (m ³ /s) Caudal generado por la precipitación máxima (m ³ /s) Nivel de sobrecarga hidráulica (%)	Cálculos hidráulicos Ficha de inspección técnica Ficha de evaluación operativa
			Estado físico del sistema	Porcentaje de tramos colmatados (%) Presencia de fisuras o daños estructurales Estado de conservación (bueno, regular, malo)	
			Eficiencia de evacuación	Tiempo de evacuación del agua pluvial (min) Frecuencia de obstrucciones Funcionamiento durante lluvias intensas	

Nota. En la tabla se muestra la identificación de las variables con sus conceptos, indicadores, dimensiones y el instrumento a usar para determinar dichas variables.

III. Marco Teórico

3.1 Antecedentes

3.1.1 A nivel internacional

En India según Andimuthu R., et al. (2019) en su Artículo “Rendimiento de la red de drenaje pluvial urbano en escenarios climáticos cambiantes: mitigación de inundaciones en una ciudad costera de la India”. Su objetivo es determinar la máxima avenidas lluvias y la predicción del clima a futuro, analizando las precipitaciones pluviales mayores a 124.5mm/día (lluvias muy fuertes) y mayores a 244.5 mm/día (lluvias extremadamente fuertes), dentro del periodo del año 1975 al 2015. La metodología para determinar estos valores se usó GCMs para determinar climas futuros, HEC-HMS para escurrimiento, SWMM para red de drenaje y ArcGIS para delimitación de cuencas. Los Resultados obtenidos muestran, de 46 registros de lluvias muy fuertes 15 acontecieron en el periodo del 2000 al 2015. Y 8 registros de lluvias extremadamente fuertes acontecieron en el periodo de 1975 al 2015. Dentro de ese rango se tiene que el año de 1976 tuvo una intensidad de 346.6mm/día, en 2015 tuvo una intensidad de 345.1mm/día. Modelado hidrológico con ArcGIS. Área total cuenca=697.1 ha, 121 sub cuencas, tasa de impermeabilidad=88.5% de toda el área, elevación 1.87 a 13.2 m de diferencia, simulando la lluvia de 5 periodos de 2,5,10,50 y 100. En el periodo 2 años obtiene una lluvia de 33.567mm, escurrimiento de 32.402mm e infiltración de 0.455mm. y lo mismo para periodo de 100 años lluvia de 88.223, escurrimiento de 87.292mm, almacenamiento superficial está en un rango de 0.847mm-0.894mm. También de 15 nodos se inundaron solo con el periodo de retorno de 2 años y 48 nodos tuvieron poco escurrimiento. Concluye que del periodo de retorno de 2 a 10 años aumenta un 162% la intensidad de lluvia, los desagües pluviales deben ser rediseñados de 120m a 200m de ancho reduciendo la profundidad de 3.43m a 2.44m para el periodo de 100 años.

En Dodola, Etiopia según Takele, (2023) en su Artículo “Evaluación del desempeño de los sistemas de drenaje ante escenarios futuros y medidas de mitigación de inundaciones mediante un modelo de gestión de aguas pluviales. Tiene como Objetivo estudiar los factores que intervienen en la eficacia de los sistemas de evacuación pluvial, donde utilizo datos como nivel de población 10%, 30%, 50% y 70%, cuantifica la precipitación de diseño, en escenarios de emisiones altas y medias, relación de impermeabilidad, evaluar el desempeño y medidas de los drenajes urbanos. La metodología de obtener estos datos fue mediante Modelos de Gestión de aguas pluviales (SWMM). Resultados para 6 periodos diferentes de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, el área total de estudio se obtuvo 31.78% de escorrentía máxima y caudal 20.1 m³/s, el modelo SWMM simuló un máximo caudal de 5.11 m³/s, periodo de retorno 2 años. La impermeabilidad aumenta del 10% al 70% la inundación total y número de nodos inundados aumenta de 24,320.5x10³m³ a 33,647.4 x10³m³ y de 64 a 196 nodos. En conclusión, cuando la población aumenta de 10% a 70% la escorrentía máxima aumenta de 26.5 a 89.2 m³/s, el coeficiente de escorrentía aumenta de 0.68 a 0.92. las inundaciones son más intensas.

En Eslovaquia Fathy I., et al., (2020). En su Artículo “El impacto negativo de los bloqueos en la red de drenaje de aguas pluviales”. Su objetivo es determinar un valor de bloqueo respecto a la eficiencia de los sistemas de drenaje pluvial en tres elementos o estructuras de drenaje que son el bloque en tuberías, en las rejillas y un bloqueo combinado de tubería y rejilla, la metodología es de un trabajo netamente experimental con simulación de maquetas dentro de un rango de paso de $Q = 1 \text{ L/seg}$ a 6 L/s . Resultados bloqueo de altura en tubería para 15%=59% de eficiencia promedio=reducción de eficiencia es 0.93%, altura de tubería de 50% = 53% de eficiencia promedio=reducción de eficiencia resulta 6.53%, para altura de bloque del 90%=12% eficiencia promedio=reducción de eficiencia a 46.49% de la tubería obstruida. Para bloqueo combinado de tubería en su extremo y toda la

longitud, altura y longitud de bloqueo 25%,33%=71% de eficiencia promedio=0.89% reducción de eficiencia, altura y longitud de bloqueo 50%,33%=58% de eficiencia promedio=2.49% reducción de eficiencia=2.49% de reducción de eficiencia y altura y longitud de bloque 50% 100%=44% de eficiencia promedio=15.11% de reducción de eficiencia. Para bloqueo combinado de tubería más rejillas se tiene altura, longitud y área de bloqueo 0%,0%y12.5%=57.67 de eficiencia promedio=2.27 reducción de eficiencia, para 25%,100% y 50%=38.29% de eficiencia promedio=21.65% reducción de eficacia, para 50%,100% y 50%=35.34% de eficiencia promedio=24.60% reducción de eficacia. En Conclusión, las redes pluviales deben tener mantenimiento periódico en un determinado tiempo y que estos deben ser intervenidos cuando se presenten lluvias intensas.

En Vietnam Hoang L., et al., (2024). En su Artículo “Evaluación de los impactos de la urbanización y el cambio climático en el sistema de drenaje urbano” el objetivo es saber los efectos potenciales de la frecuencia de las precipitaciones por el cambio climático, como también el efecto de las urbanizaciones para obtener los flujos de las áreas urbanas identificaciones de las inundaciones, para poder desarrollar un plan de adaptación, divididas en 4 zonas. La Metodología será mediante evaluación empírica por mediciones de inundaciones históricas y el otro mediante modelos hidrológicos. Resultados, en las zonas 1 y 3 que tienen tasas elevadas de urbanización generando caudales de 0.25m³/ha, la zona 4 genera caudal de 0.15m³/ha. Las sub cuencas de menos urbanizadas tienen una gran cantidad de infiltración lo cual reduce la tasa de escorrentía, para un 30% de áreas impermeable se tiene de 40 a 50 mm de infiltración y para 90 a 100 área impermeable se tiene una infiltración de 0 a 10mm. Conclusión para la simulación de utilizo el software SWMM, cuando la tasa de urbanización aumenta en 70% la eficiencia de reducción de flujo disminuye drásticamente, si las lluvias se encuentran en largos periodos el proceso de infiltración se reduce por saturación.

En Estambul, Samouei S., Özger M., (2020). En su Artículo “Un modelo de lluvia esorrentía para zonas altamente urbanizadas Áreas: Un estudio de caso en la Universidad Técnica de Estambul Campus principal de la universidad” el objetivo es la simulación hidráulica de una tormenta de 2 horas y un periodo de retorno de 25 años mediante el programa SWMM, en 77 subcuencas, el sistema de drenaje cuenta con 196 nodos de unión, 197 conductos y 4 puntos de descargas. Resultados del modelo la esorrentía máxima se manifiesta después de 70 min y el valor máximo de esorrentía es 1.3 m³/s. de cual detalla que 4 nodos son nodos inundados, 12 nodos están a punto de inundarse. Conclusión la tormenta de duración de 2hrs, y periodo de 25 años, pico de esorrentía llega a 1.3m³/s, la parte del medio del área de estudio es la más afectada, donde se indica que para disminuir el riesgo de inundación recomienda aumentar la permeabilidad de la superficie de estudio.

3.1.2 A nivel nacional

Victoria P., (2021) en su investigación “Diseño de un sistema de drenaje pluvial urbano en la ciudad de Otuzco, la Libertad mediante el uso del modelo matemático SWMM”. El objetivo es uso del software SWMM para diseñar un sistema de drenaje pluvial, para determinar el comportamiento del agua como la precipitación de diseño, con los valores obtenidos se puedan diseñar los sistemas de drenaje con la simulación de un periodo de retorno de 10 años, tiempo de duración 2 horas, pendiente mayor a 1%. La metodología es cuantitativa, descriptiva, se realiza mediante el uso de datos hidrometeorológicos proporcionado por el Senamhi y el Minagri, los datos meteorológicos se recogieron de precipitaciones diarias fueron de la estación Virgen de la Puerta del Minagri, del PISCO (Peruvian Interpolated data of the Senamhi Climatological and Hydrological Observations), determina la prueba de bondad de ajuste y distribución con el software HidroEsta2. Resultados altura de lluvia 57.06mm, intensidad de lluvia 28.53mm/hr, tiempo de concentración 13.35min, 90% de escurrimiento al sistema de drenaje, en zona rural solo

la tercera parte entra al sistema de drenaje (30%), se obtiene caudal pico de 29.93 a 255.13 (lps) cuencas menores. En cuencas superiores supera los 261.09 lps, la esorrentía es de 0.37-0.47 zona rural, 0.84 -0.91 zona urbana. Las estructuras de drenaje el máximo caudal de lluvia a eliminar es 166.86 a 1515.91 lps. Caudal en ductos está en 30.33-1515.91 lps, en todo el sistema, velocidad 0.92-5.44 m/s. el ultimo colector trabaja con un tirante de 77% del colector y gasto 94%. Conclusiones tiempo de concentración pequeña de 13.35min, por las pendientes altas, coeficiente de esorrentía zona urbana 0.89 elevado por no tener áreas de infiltración como áreas verdes, zona rural esorrentía 0.35-0.47 se filtra gracias a las áreas verde que tiene en cantidad.

Purizaca F., (2020) en su investigación “Diseño de drenaje pluvial urbano en la avenida Jesús de Nazareth, distrito Trujillo, provincia Trujillo, departamento La Libertad, 2020” el objetivo de su tesis es diseñar un drenaje pluvial mediante estudios topográficos, estudio de mecánica de suelos, estudio hidrológico y realizar un diseño hidráulico para alcantarillado urbano. La metodología es descriptiva, transversal. Resultando el caudal de 499.92l/s, Área de drenaje 0.372km², sumideros mixtos 47und, tuberías de diámetros de 250mm en 359.90m, 300mm en 309.60m, 375mm en 67.10m, 450mm en 2297.70m, 600mm en 1800.90m, 900mm en 140.20m, Buzones de inspección 64und, pendiente 5-95 m-km., Velocidades 1 a 4 m/s. En conclusión, se realizó en diseño de drenaje optando por utilizar 64 buzones en cada distancia de 70m como máximo, el suelo es arena limosa con capacidad portante de 0.964 kg/cm² como mínimo el estudio hidrológico se obtenido del SENAMHI, utilizando tuberías para la evacuación de aguas pluviales, optaron otra avenida por la pendiente topográfica.

Avila, (2020) en su tesis de “Comportamiento del sistema de drenaje pluvial ante precipitaciones extremas en la Avenida San Martín de Porres-Cajamarca”, donde el objetivo es saber el estado en que se encuentran los sistemas de drenaje cuando ocurre las

precipitaciones pluviales extremas, mediante el uso de reportes del Senamhi y obtener la capacidad en el que soporta el sistema de drenaje. La metodología es una investigación aplicada, enfoque cuantitativo, diseño experimental. Resultados según norma para el riesgo admisible para alcantarillas y descarga de agua en cunetas es 35%, vida útil del sistema de drenaje es 15 años obteniendo el periodo de retorno de 40 años y respectivamente el riesgo admisible le corresponde el 32%, registros pluviográficos máximas precipitaciones durante 24 horas desde el 2003 al 2016. Conclusión los sistemas de drenaje no cumplen con la evacuación de las precipitaciones pluviales teniendo el caudal mínimo de 0.750 m³/s y máximos por 6.570 m³/s, según reglamento de edificaciones la pendiente mínima es de 0.5% y algunas cunetas no tienen la pendiente mínima, como también las obstrucciones que se producen a causa de no hacer mantenimiento.

Flores M., (2023). En su tesis “Diseño de un sistema de alcantarillado pluvial para mitigar los riesgos por inundaciones generados en la junta vecinal Virgen del Carmen del Distrito de Tacna – 2023” tiene por objetivo mitigar inundaciones pluviales, determinando parámetros de diseño y el costo de estos sistemas de drenaje. La metodología de estudio es de tipo no experimental, tipo de investigación es aplicada, nivel descriptivo, recolección de datos mediante datos de precipitaciones. En conclusión, el sistema de alcantarillado pluvial hecho adecuadamente este resulta positivo, por lo que disminuye considerablemente el riesgo de inundación, con datos hidrológicos de 1982 a 2002, y mediante método probabilístico de Gumbel, se determina que la intensidad de precipitación para 25 años es 1.25mm y para 50 años es 1.56mm, con esos valores su redimensionamiento de cuneta triangular es ancho 0.5m, altura 0.25m, bombeo 2% de concreto, el costo de implementación de sistema de drenaje bordea los 223,468.77 soles.

Robles N., (2020). en su tesis “Diseño del sistema de drenaje para la evacuación de aguas pluviales de la Av. Larco – Trujillo” donde el objetivo es el diseño de sistema pluvial, terminar la topografía, características del suelo, estudio hidrológico, caudal de diseño. Metodología de la investigación es de tipo aplicativo, nivel descriptivo, enfoque cuantitativo, datos obtenidos de SENAMHI y bajo la norma O.S: 06, con método Racional para caudal y ecuaciones de Manning para rugosidad. Concluyendo que su sistema de drenaje soporta y es suficiente ante lluvias pronunciadas con un caudal de diseño de 21.64 lt/s esto bajo los datos obtenidos de SENAMHI, la topografía aportó en la pendiente que se tomara en cuenta para el diseño de los sistemas de drenaje.

3.1.2 A nivel regional y local

Sotomayor M., (2022) en su tesis “Análisis Hidráulico y Estructural del Drenaje Pluvial para mitigar las Inundaciones en el centro de la ciudad de Abancay, Apurímac”. Tiene por objetivo realizar un estudio hidráulico para mitigar inundaciones y también el diseño estructural de drenajes pluviales del centro de Abancay, determinando su topografía, geología, caudal de diseño. La metodología de su investigación es una investigación aplicada, de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, no experimental con diseño longitudinal, usando los programas de SewerGEMS, GoogleEarth, ArcGis, Civil 3d, Datos de SENAMHI, Global Mapper y TREND. En Conclusión, realizó el estudio para 217.89 km², de 8 áreas tributarias solo utilizó uno de 0.243km² donde su pendiente está en 14% a 25%, el análisis hidrológico con periodo de retorno de 26 años resultó homogénea, utilizó distribución de Long Gumbel con $\delta=0.087$, dentro de periodo de 5-50 años, tiempo de concentración utilizó 15 métodos matemáticos resultando 16.02 min. Caudal de diseño=1.60m³/s a 1.94m³/s. modeló la red de drenaje con SewerGems donde requiere 12,252.83ml de tubería, con diámetro de 150mm a 1050mm, con velocidad de conducción de 1.15m/s a 5.06m/s periodo estático, para periodo dinámico 0.56 a 3.99 m/s, buzones 175

und, con diámetro de 1.2m profundidad de 0.57 a 11.47m caudal de recepción 2.43m³/s, 310 sumideros, para evacuar 0.05m³/s a 0.26m³/s.

Almiron G., (2023) en su trabajo de investigación de “Análisis de las Precipitaciones y Caudales para el Diseño de Sistema de Drenaje Pluvial en la Micro Cuenca Sahuanay de la Ciudad de Abancay” su objetivo es diseñar sistema de drenaje de lluvias con datos de caudal máximo y precipitación, con periodo de retorno dentro de 100 años, y conocer la máxima capacidad del sistema de drenaje de lluvias en la cuenca del sector Sahuanay. Metodología es de tipo aplicativo, enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, diseño no experimental-longitudinal. Resultados long. Total, corrientes 21.90km, número total de corrientes 11, Densidad de drenaje=0.97km/km², pendiente media cause=22%, Tiempo de concentración=45.47min (mediana), caudal máximo método Creager=29.75m³/s, Dipeo=64.91m³/s, Mac math=57.04m³/s, promedio=50.57 m³/s según los hidrogramas el caudal de salida es 43.10m³/s, con un área de 22.64km². conclusión la microcuenca en la zona alta p1 tiene intensidad de 334.11mm/rh, duración 5min, periodo de retorno=500años para T=100 años, 260.62mm/hr, D=5min. La zona baja salida fue de T=100, intensidad=137.36mm/hr D=5min, y para periodo de retorno de T=500, 154.28mm/hr, D=5min. Datos del SENAMHI no son suficientes y se completó con la información de PISCOp, más estaciones MAP Abancay y MAP Granja de San Antonio, la verificación de sistema de drenaje para un periodo de retorno de 100 años, este si cumple, pero no cumple en la velocidad que es de 10 m/s, donde ello se considera una velocidad erosiva, lo cual la velocidad ideal debería estar en 5m/s para elementos de concreto.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 *Precipitaciones máximas.*

Las precipitaciones máximas se definen como los valores extremos de lluvia registrados en un periodo determinado, expresados en términos de intensidad, duración y frecuencia, que representan eventos hidrológicos críticos capaces de generar escorrentías significativas y poner en riesgo la infraestructura urbana cuando superan los parámetros de diseño hidráulico establecidos (Tucci, 2009).

Desde el enfoque hidrológico, el análisis de precipitaciones máximas se realiza a partir del estudio de series históricas de datos pluviométricos, permitiendo identificar patrones extremos y construir curvas Intensidad, Duración, Frecuencia (IDF), herramientas fundamentales para el dimensionamiento hidráulico de obras de drenaje. La adecuada estimación de estos parámetros resulta esencial para garantizar la seguridad hidráulica y la resiliencia de las ciudades frente a eventos climáticos extremos, especialmente en contextos urbanos con topografía compleja como la ciudad de Abancay (Tucci, 2009).

3.2.2 *Intensidad de precipitación*

La intensidad de la precipitación se define como la cantidad de lluvia caída por unidad de tiempo y constituye uno de los factores más determinantes en la generación de caudales de escorrentía superficial. Intensidades elevadas en periodos cortos pueden provocar incrementos súbitos del caudal, superando la capacidad hidráulica de los sistemas de drenaje pluvial y ocasionando inundaciones urbanas (Butler & Davies, 2011).

En ingeniería hidráulica, la intensidad de la precipitación se utiliza directamente en métodos de cálculo como el método racional, ampliamente empleado en cuencas urbanas pequeñas, donde la intensidad máxima horaria o subhoraria representa el insumo principal para la estimación de caudales de diseño. Por ello, una correcta caracterización de la

intensidad permite evaluar si los sistemas de drenaje existentes responden adecuadamente frente a eventos extremos de lluvia (Mays, 2010)

3.2.3 Duración de la precipitación

La duración de la precipitación hace referencia al tiempo total durante el cual se presenta un evento de lluvia, siendo un factor clave en la acumulación de volúmenes de escorrentía y en la saturación progresiva de los sistemas de drenaje pluvial. Eventos de larga duración, incluso con intensidades moderadas, pueden generar fallas hidráulicas debido a la acumulación sostenida de agua en la infraestructura urbana (Viessman & Lewis, 2003).

En el análisis hidrológico urbano, la duración del evento se relaciona directamente con el tiempo de concentración de la cuenca, parámetro que permite determinar el periodo crítico en el cual se produce el máximo caudal. La evaluación de la duración resulta indispensable para analizar el comportamiento real del drenaje pluvial durante precipitaciones prolongadas y su influencia en la generación de inundaciones en zonas vulnerables (Tucci, 2009)

3.2.4 Frecuencia o periodo de retorno de la precipitación

La frecuencia o periodo de retorno de una precipitación máxima representa el intervalo promedio de tiempo en el que un evento hidrológico de determinada magnitud es igualado o superado. Este concepto probabilístico es fundamental en el diseño hidráulico, ya que permite establecer niveles aceptables de riesgo para las infraestructuras urbanas (Chow et al., 1988).

Los sistemas de drenaje pluvial suelen diseñarse considerando periodos de retorno específicos, generalmente entre 5 y 25 años, dependiendo de la importancia de la infraestructura y del nivel de riesgo tolerable. Cuando los eventos de precipitación presentan periodos de retorno superiores a los considerados en el diseño, se incrementa

significativamente la probabilidad de fallas hidráulicas, lo que hace indispensable evaluar la adecuación del sistema existente frente a eventos extremos (ASCE, 2015).

3.2.5 *Sistema de drenaje pluvial.*

El sistema de drenaje pluvial es el conjunto de infraestructuras hidráulicas destinadas a la captación, conducción y evacuación de las aguas de lluvia en áreas urbanas, con el objetivo de prevenir inundaciones y garantizar la funcionalidad de la infraestructura vial y urbana. Estos sistemas incluyen elementos como sumideros, cunetas, colectores, buzones y canales, cuyo desempeño depende de un adecuado diseño, construcción y mantenimiento (Butler & Davies, 2011).

En zonas urbanas con crecimiento acelerado y condiciones topográficas complejas, como Patibamba Baja en Abancay, el sistema de drenaje pluvial adquiere especial relevancia, ya que su inadecuado funcionamiento puede generar daños estructurales, interrupciones del tránsito y riesgos para la población. Por ello, el análisis integral del sistema resulta fundamental para identificar deficiencias hidráulicas y operativas frente a eventos de precipitaciones máximas (Mays, 2010).

3.2.6 *Capacidad hidráulica del sistema de drenaje pluvial*

La capacidad hidráulica se define como el máximo caudal que un sistema de drenaje pluvial puede transportar de manera segura sin provocar sobrecargas ni desbordamientos. Esta capacidad depende de factores como el diámetro de los conductos, la pendiente, el material, el estado de conservación y las condiciones de flujo (Chin, 2013).

La evaluación de la capacidad hidráulica permite comparar el caudal generado por las precipitaciones máximas con el caudal de diseño del sistema, identificando posibles puntos críticos de insuficiencia hidráulica. En estudios aplicados, este análisis constituye el eje central para determinar el comportamiento del drenaje pluvial frente a eventos extremos de lluvia (Mays, 2010).

3.2.7 *Estado físico y eficiencia operativa del sistema de drenaje pluvial*

El estado físico del sistema de drenaje pluvial se refiere a las condiciones estructurales y de conservación de sus componentes, mientras que la eficiencia operativa evalúa su desempeño real durante eventos de lluvia. Factores como la colmatación por sedimentos, residuos sólidos y falta de mantenimiento reducen significativamente la capacidad hidráulica efectiva del sistema (Butler & Davies, 2011).

Una infraestructura en mal estado puede generar tiempos prolongados de evacuación del agua, incrementando la vulnerabilidad a inundaciones urbanas. Por ello, la evaluación conjunta del estado físico y la eficiencia operativa permite identificar deficiencias críticas que afectan el comportamiento global del sistema frente a precipitaciones máximas, aportando información clave para la toma de decisiones técnicas y de gestión urbana (ASCE, 2015).

3.3 Definición de términos

Ciclo hidrológico: Son procesos que ocurren en la tierra, es un ciclo circular ósea que no tiene inicio ni fin, sino se comporta como un bucle, de estados del agua que son líquido, sólido y gaseoso, mediante procesos de evaporación, presión atmosférica, condensación, infiltración y capilaridad. (Bateman, 2007).

Coefficiente de escorrentía: Denominado por (C), es la cantidad de agua en una determinada área que se trasporta por el suelo se estima de acuerdo al tipo de suelo o elementos como el caso de ciudades el material son los pavimentos que tienen un coeficiente, como también el escurrimiento generan los techos, veredas, cunetas, zanjas, etc. También escurrimiento ocurre en los canales de evacuación. (Chiarito, 2018).

Sistema de drenaje pluvial urbano: Cumple función de recolectar el agua de las lluvias, en las urbanizaciones el escurrimiento es incrementado volumétricamente por la impermeabilidad de las superficies de concreto y asfalto, entonces el drenaje urbano su

función es captar y desalojar el agua de lluvia fuera del área urbanístico, con lo cual se pueda conseguir la reducción de daños ocasionados por el escurrimiento. (Carrera, 2022).

Estructuras de captación: Recolectan el agua ubicados en partes bajos del terreno, se colocan rejillas para evitar el ingreso de objetos que obstruyan los conductos. (Carrera, 2022).

Estructura de conducción: Son transportadores de aguas, que conducen desde las obras de captación hasta el vertido. (Carrera, 2022).

Estructura de conexión y mantenimiento: Son estructuras que unen diferentes estructuras de conducción y también permiten la limpieza de acumulación de objetos obstructivos del sistema. (Carrera, 2022).

Estructura de vertido: Es la obra final del sistema donde su función es asegurar la descarga continua a una corriente receptora. (Carrera, 2022).

Obras complementarias: Son estructuras forman parte de la red de drenaje permitiendo el funcionamiento adecuado como son las alcantarillas, sifones, cruces elevados, obras de retención detención, puentes, estaciones de bombeo, etc. (Carrera, 2022).

Disposición final: Es el desfogue que dará al agua captado por el sistema de drenaje, ya sea de conducto cerrado o abierto. (Carrera, 2022).

Cuencas, sub cuencas urbanas: Área de terreno donde la lluvia cae y es conducida a un punto de salida o almacenamiento, delimitaciones de la superficie del terreno en la infraestructura urbana, donde se debe considerar el trazo de calles, edificios, parques, etc. Donde esto influirá en el comportamiento del sentido de flujo del agua. Los DEM es una herramienta que ayuda a definir las cuencas, sub cuencas y microcuencas donde calcula el pendiente desnivel áreas factibles de inundación, y otros. (Carrera, 2022).

Drenaje Urbano: Es un sistema donde se retira el exceso de agua no utilizable ya sea de forma natural o artificial. (Carrera, 2022).

Duración de precipitaciones: Es la “Intervalo de tiempo que media entre el principio y el final de la lluvia”. (CE.040 P. 5. 2021).

Frecuencia de precipitaciones: Son el “Número de veces que se repite una precipitación de intensidad dada en un periodo de tiempo determinado, es decir, la probabilidad de ocurrencia de una lluvia”. (CE.040 P. 5. 2021).

Intensidad de precipitación: Es definido como la división de la altura de agua (h) entre la duración (d) que demando su acumulación es un valor local, se expresa en mm/h. (Carrera, 2022).

Pendiente de cuenca: Es un factor físico que determina el tiempo del flujo y tiene una gran influencia de la magnitud de las avenidas o crecidas, tiene una relación con la infiltración y escurrimiento superficial, humedad del suelo, contribución al agua subterráneo. (Carrera, 2022).

Rejilla: Es una estructura de acero para retener objetos no deseables en un sistema de drenaje, “Estructura con aberturas generalmente de tamaño uniforme utilizadas para retener sólidos que puedan causar obstrucción al pase del agua pluvial” (CE.040 P.6, 2021).

Periodo de retorno: Tiempo que regresa a ocurrir un evento máximo o superior en lluvias, “Intervalo medio de recurrencia de un evento de igual o mayor magnitud”. (CE.040 P.6, 2021).

Tiempo de concentración: Es el tiempo que demora la gota de agua en viajar desde el punto más alejado de una cuenca hasta la salida de esta. (Carrera, 2022).

Velocidad mínima: Debe ser mayor a 0.09 m/s “igual que 0,90 m/s en condición del caudal de diseño, para evitar la sedimentación de las partículas como las arenas y

gravas que acarrea el agua pluvial. En el caso de no cumplir esta condición, la/el profesional responsable lo justifica”.

(CE.040 P.13, 2021).

Velocidad máxima: Lo define el profesional que hace el diseño garantizando evitar la erosión de las estructuras. “velocidad máxima en los subcolectores y colectores está en función del material de la tubería. La/el profesional responsable del proyecto debe definir la velocidad máxima de diseño, que evite la erosión de las paredes de la tubería”. (CE.040 P.13, 2021).

Sistemas de evacuación por gravedad: Son estructuras para evacuar las lluvias fuera del área de influencia “Aquellos que descargan libremente a depósito de drenaje, ya sea natural o artificial”. (NT OS.060, P 4. 2006).

Sumideros: Elementos estructurales del sistema de drenaje encargado de captar el agua de lluvia. “Estructura destinada a la captación de las aguas de lluvias, localizados generalmente antes de las esquinas con el objeto de interceptor las aguas antes de la zona de tránsito de los peatones. Generalmente están concentrados a los buzones de inspección”. (NT OS.060, P 4. 2006).

Tabla 2

Rugosidad de Manning para materiales de sistemas de drenaje.

Tipo de cuneta o calzada	n de Manning
Cuneta de concreto con acabado paletado	0,012
Calzada de asfalto – textura suave (o lisa)	0,013
Calzada de asfalto – textura rugosa	0,016
Cuneta de concreto – calzada de asfalto (suave o liso)	0,013
Cuneta de concreto – calzada de asfalto (rugoso)	0,015
Calzada de concreto – acabado	0,014
Calzada de concreto – acabado escobillado	0,016

Nota. Para cunetas con pendiente pequeña, donde puede acumularse sedimento, incrementar n en 0,002 sobre los valores de la tabla. Fuente: CE.040, (2021).

IV. Metodología

4.1 Tipo y nivel de investigación

4.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación se determina según el propósito práctico del estudio, cuando se busca resolver un problema concreto, aportar un diagnóstico útil o proponer mejoras sobre una realidad específica, se habla de investigación aplicada, porque toma la teoría como respaldo, pero la dirige hacia una situación real que requiere intervención o evaluación. La investigación aplicada se apoya en datos observables y en procedimientos técnicos propios del campo profesional, y no se queda solo en lo teórico (Hernández et al., 2014).

En la presente investigación, el tipo de investigación fue aplicada, porque el análisis de las precipitaciones máximas y del sistema de drenaje pluvial en Patibamba baja se realizó con el propósito de verificar si los colectores, cunetas y canales existentes evacuaron adecuadamente los caudales de diseño y, a partir de ello, plantear alternativas de mejora. Los datos hidrometeorológicos (Senamhi y PISCOP), el análisis de tiempos de concentración, la estimación de caudales máximos por microcuenca y la modelación hidráulica se emplearon para sustentar decisiones técnicas sobre el dimensionamiento y funcionamiento del sistema de drenaje en un sector urbano real de la ciudad de Abancay.

4.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación indica la profundidad con la que se estudia el fenómeno. Cuando se pretende caracterizar cómo se comporta una realidad, sin manipular variables y usando datos que ya existen o que se miden en campo, corresponde al nivel descriptivo si este nivel permite ordenar la información, calcular indicadores y mostrar el estado real del objeto de estudio, sin llegar todavía a comprobar relaciones causales complejas (Hernández et al., 2014).

La presente investigación se desarrolló con un nivel descriptivo. Se describió el comportamiento del sistema de drenaje pluvial frente a las precipitaciones máximas, caracterizando la magnitud de las lluvias (precipitación máxima en 24 horas, intensidades para distintos periodos de retorno), los caudales generados en cada microcuenca, la capacidad hidráulica de los canales.

4.1.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación es el plan o estrategia que guía la obtención y el análisis de los datos. Cuando el investigador no manipula deliberadamente la variable independiente y solo observa los hechos tal como ocurren en su contexto natural, se trata de un diseño no experimental, y cuando la recolección se hace en un único momento o periodo definido, para describir cómo es la situación en ese punto del tiempo, se denomina transversal (Hernández et al., 2014).

En este caso la tesis fue un diseño no experimental, transversal, porque el investigador no modificó las lluvias ni las pendientes ni las secciones de los colectores; solo registró los datos históricos de precipitación, completó los años faltantes, delimitó las subcuencas urbanas y, con esa información, evaluó la capacidad del sistema de drenaje. Todo se levantó y analizó en un solo periodo, tomando como línea de base la información topográfica y pluviométrica ya existente.

En la tesis se utilizó un diseño no experimental de tipo transversal descriptivo. No se intervino ni modificó el sistema de drenaje pluvial, sino que se observó y analizó su comportamiento tal como se encontraba en el año 2025. Se trabajó con series históricas de precipitación y con la configuración actual de canales, cunetas y colectores, modelada en software Hec Ras. La información se recopiló y procesó en un periodo definido, sin realizar un seguimiento longitudinal, por lo que el análisis se centró en describir el estado y

el desempeño del sistema frente a un escenario de precipitación máxima asociado a un periodo de retorno de 15 años.

4.1.4. Enfoque de investigación

El enfoque cuantitativo se caracteriza por partir de un problema delimitado, usar mediciones numéricas, someter los datos a procedimientos estadísticos o de modelación y, con base en ello, contrastar el planteamiento inicial. Se privilegia la objetividad, la estandarización de instrumentos y el uso de fuentes verificables (Hernández et al., 2014).

La presente investigación se desarrolló con un enfoque cuantitativo, ya que se trabajó principalmente con datos numéricos de precipitación diaria y máxima en 24 horas, intensidades de lluvia, tiempos de concentración, pendientes, áreas de microcuencas, caudales de diseño y parámetros hidráulicos (velocidades, niveles de lámina y grados de ocupación de las secciones). Estos datos se procesaron mediante hojas de cálculo, pruebas de bondad de ajuste de distribuciones de probabilidad y modelos computacionales (Hydrognomon 4, HEC-RAS y AutoCAD Civil 3D), permitiendo cuantificar el comportamiento del sistema de drenaje pluvial y compararlo con los criterios establecidos en la Norma Técnica CE.040 y otras referencias técnicas.

4.2 Ámbito temporal y espacial

4.2.1. Ámbito temporal

Para Hernández et al. (2014), toda investigación debe precisar el marco temporal dentro del cual se recogieron los datos o al que se refiere el análisis, porque eso delimita la validez de los resultados y evita generalizaciones indebidas. El ámbito temporal puede ser retrospectivo (usar datos históricos), sincrónico (un solo momento) o prospectivo (proyecciones), pero siempre debe estar fechado y ser coherente con los objetivos.

Para la presente investigación el ámbito temporal incluyó, por un lado, las series históricas de precipitación máxima diaria y en 24 horas de las estaciones meteorológicas

Abancay, Andahuaylas y Curahuasi del Senamhi, que abarcaron principalmente el periodo 2000–2024, y, por otro lado, la serie de precipitación máxima en 24 horas del producto PISCOP para Abancay, considerada entre 1992 y 2016 para el análisis de frecuencia. Sobre esta base se determinó la lluvia de diseño para un periodo de retorno de 15 años. El levantamiento de información de campo, la definición de microcuencas, la modelación hidráulica y la redacción de la tesis se realizaron hasta el año 2025.

4.2.2. Ámbito espacial

Hernández et al. (2014) indican que el ámbito espacial define el lugar físico o geográfico donde se ubica el fenómeno estudiado; su función es acotar el escenario para que la recolección de datos y las conclusiones no se pretendan aplicar fuera de ese contexto. La delimitación espacial debe ser clara (distrito, sector, cuenca, institución) y, cuando es posible, apoyarse en planos o croquis.

La tesis se realizó en el sector de Patibamba baja, localizado en la parte baja de la ciudad de Abancay, departamento de Apurímac.

4.3 Población y muestra

4.3.1. Población

Para Hernández et al. (2014), la población (o universo) es el conjunto total de elementos, eventos o unidades de análisis que poseen las características que se desean estudiar; puede ser finita o infinita y no necesariamente implica personas, también pueden ser redes, infraestructuras, documentos o episodios hidrológicos, siempre que cumplan el criterio de inclusión.

En mi tesis la población estuvo conformada por el sistema de drenaje pluvial existente y por proyectar en el sector Patibamba baja.

4.3.2. Muestra

Hernández et al. (2014) explican que la muestra es un subconjunto de la población que se selecciona mediante un procedimiento definido, con el fin de hacer más manejable el estudio; la muestra debe ser representativa y guardar correspondencia con los objetivos, sobre todo cuando se trabaja con mediciones específicas o análisis técnicos detallados.

La muestra estuvo integrada por las subáreas o polígonos de aporte que descargan a los tramos críticos del sistema pluvial de Patibamba baja, es decir, aquellos puntos donde la topografía, la pendiente de las vías, el volumen de escorrentía calculado y la capacidad de los colectores mostraron mayor riesgo de encharcamiento o colapso. Se incluyeron también las estaciones pluviométricas seleccionadas (Abancay, Andahuaylas y Curahuasi) porque de ellas dependió directamente el cálculo de caudales de diseño.

4.4 Instrumentos

Según Hernández et al. (2014), los instrumentos de recolección de datos son los medios estandarizados con los que el investigador obtiene la información: pueden ser fichas de observación, guías de registro, formatos de levantamiento, softwares especializados o matrices de cómputo. Deben responder a las variables definidas y garantizar confiabilidad y validez.

En la presente tesis se utilizaron como instrumentos principales: formatos de registro de datos hidrológicos para organizar las series de precipitación diaria y máxima en 24 horas de Senamhi y PISCOP; hojas de cálculo en Excel para calcular medias, desviaciones estándar, varianzas y realizar pruebas de bondad de ajuste; el modelo digital de terreno y planos topográficos elaborados en AutoCAD Civil 3D para delimitar microcuencas, subcuencas y pendientes; y el programa HEC-RAS para la simulación hidráulica de los canales rectangulares. Además.

4.5 Procedimientos

Para Hernández et al. (2014), los procedimientos son la secuencia de pasos operativos que sigue la investigación desde la obtención de las fuentes hasta el análisis final; deben describirse de manera lógica, cronológica y acorde al diseño (no experimental, en este caso), de modo que el estudio pueda repetirse.

En el presente trabajo los procedimientos siguieron este orden:

- Recopilación de las series históricas de precipitación del SENAMHI y PISCOP
- Revisión y completado de datos faltantes; tercero, levantamiento y delimitación del área de estudio en Civil 3D
- Identificación de las estructuras existentes de drenaje urbano; quinto, cálculo de caudales de diseño y verificación hidráulica en el software correspondiente
- Contraste de la capacidad del sistema con las lluvias máximas previstas para Patibamba baja.

4.6 Análisis de datos

Hernández et al. (2014) señalan que el análisis de datos en el enfoque cuantitativo consiste en ordenar la información, codificarla y someterla a operaciones estadísticas o de modelación acordes con los objetivos; se busca transformar datos en resultados que puedan interpretarse técnicamente.

En esta tesis los datos de precipitación se organizaron en tablas de máximos mensuales y anuales, se calcularon promedios, desviaciones y valores de diseño; luego, esos datos se ingresaron al modelo hidráulico para simular el comportamiento del sistema de drenaje urbano y se compararon los caudales obtenidos con la capacidad de los colectores y sumideros identificados en Patibamba baja, determinando así los puntos de posible colapso y las necesidades de mejora.

4.7 Consideraciones éticas

Para Hernández et al. (2014), aun en investigaciones de ingeniería es necesario respetar principios éticos: declarar la procedencia de los datos, no falsear mediciones, citar adecuadamente las fuentes técnicas y normativas, y usar la información solo para los fines académicos establecidos.

En el desarrollo de la tesis se respetó la autoría de las fuentes nacionales e internacionales consultadas sobre drenaje pluvial, se citó la norma peruana aplicable (RNE CE.040), se usaron datos oficiales del SENAMHI y del PISCOP sin alterarlos y se presentó la información topográfica y de modelación tal como fue obtenida, con el único propósito de sustentar la evaluación del sistema de drenaje de Patibamba baja en beneficio de la ciudad de Abancay.

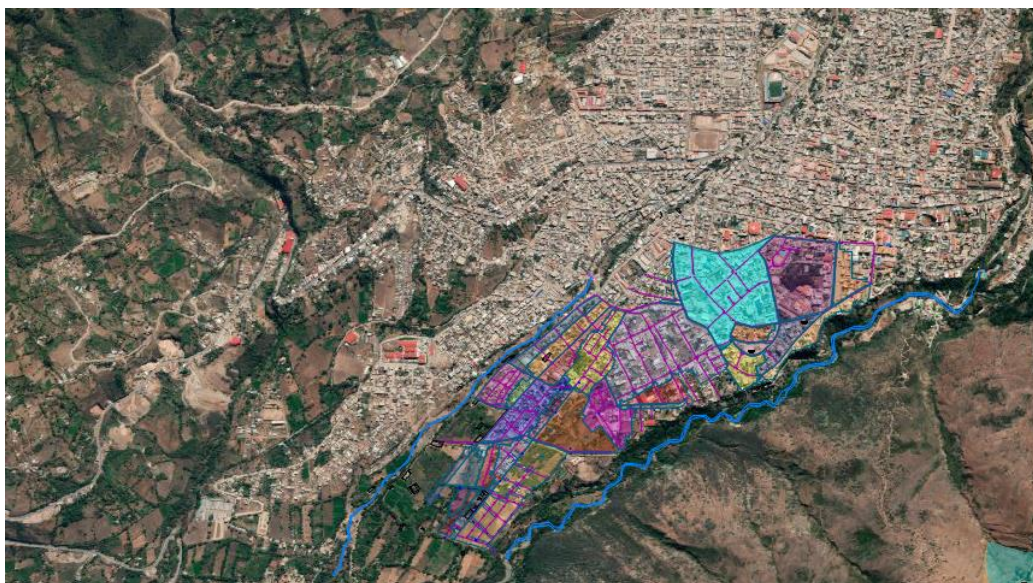
V. Resultados y discusión

5.1 Resultados

5.1.1 Ubicación y Topografía

Figura 1

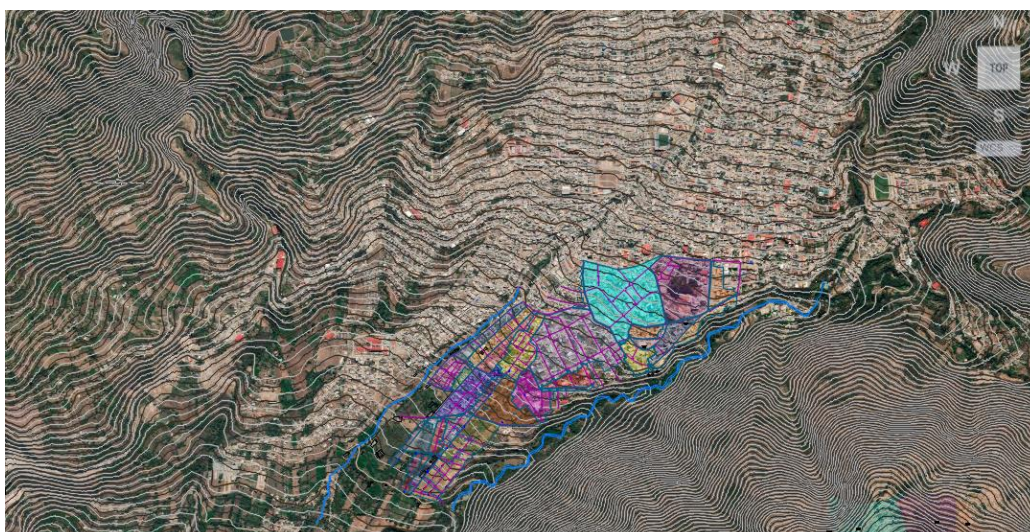
Ubicación del proyecto Patibamba baja.



Nota. La imagen muestra la ubicación del área de estudio que se encuentra en la parte baja de la ciudad de Abancay Patibamba – baja. Fuente: Google Maps.

Figura 2

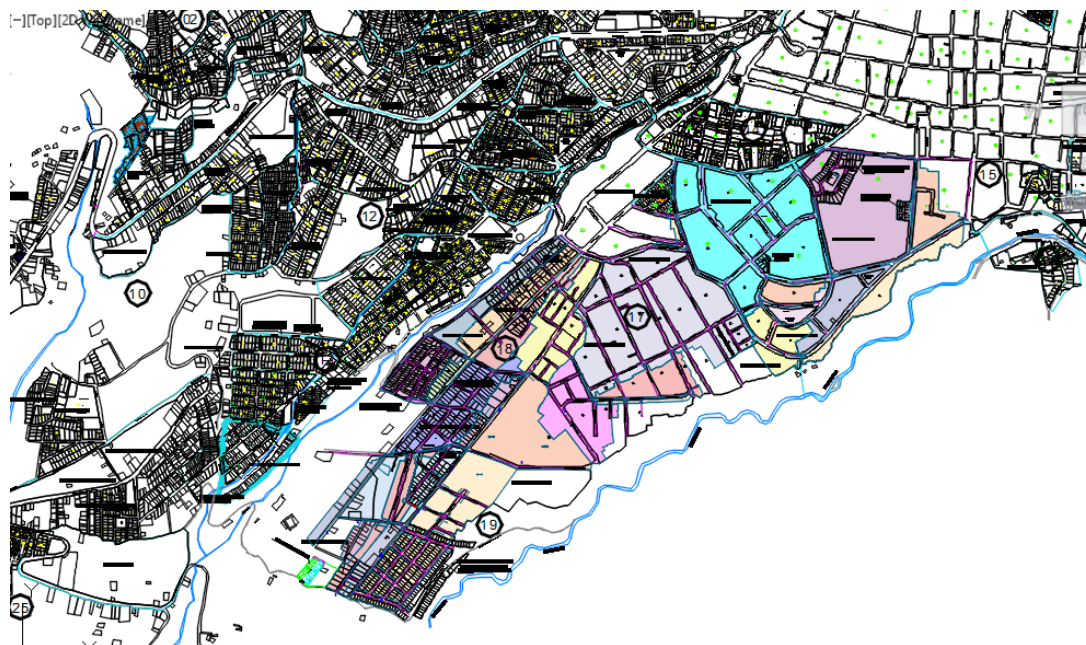
Curvas de nivel del área de estudio



Nota. La imagen muestra las curvas de nivel del estudio que están con curvas mayores a 10 metros y menores a 5 metros. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 3

Áreas achuradas que representan los diferentes puntos de acopiación

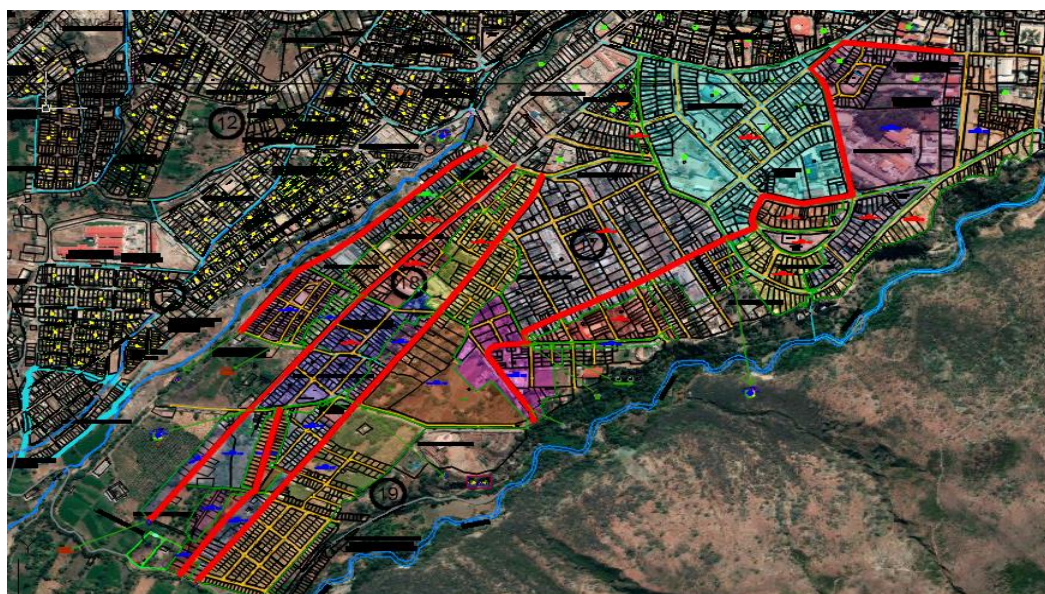


Nota. La imagen muestra catastro de la ciudad de Abancay, como también catastro del área de estudio. Fuente: Civil 3D.

5.1.2 Área de estudio hidráulico

Figura 4

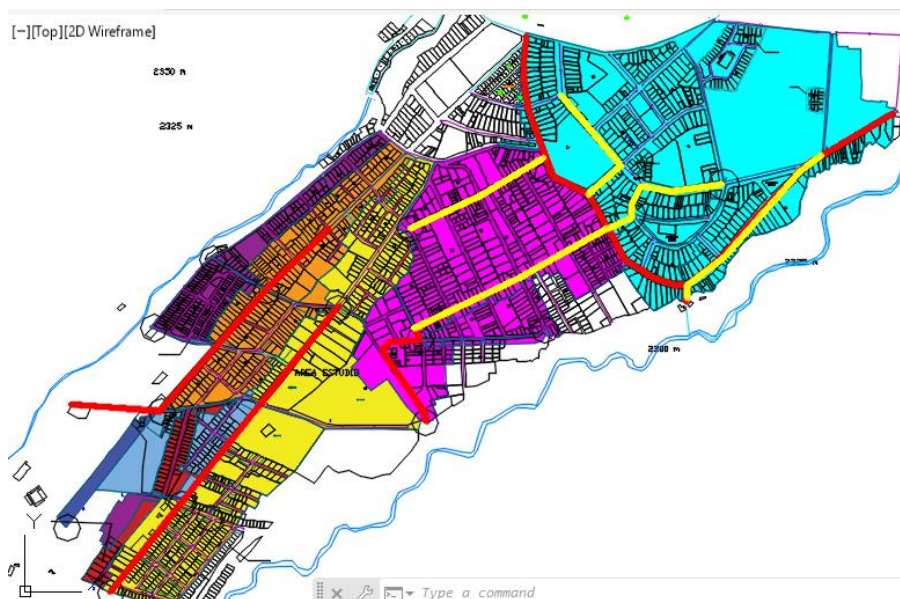
Esquema de flujo del Sistema de Drenaje Pluvial



Nota. La imagen muestra la delimitación del flujo donde se muestra los colectores pluviales principal y secundario como también su dirección de fluidez, estos se obtienen de acuerdo a la topografía y distribución de las vías. Fuente: Civil 3D.

Figura 5

Definición del área de influencia.



Nota. Se muestra en cada área hasta dónde llega el agua que termina en cada sistema de Patibamba Baja, uniendo relieve (divisoria y cauces naturales) con lo que pasa en la calle; pendientes, sardineles y sumideros, cada polígono corresponde a una subárea con su superficie (ha) y el tramo o sumidero al que descarga. Estos límites se comprobaron en campo en puntos clave para confirmar la dirección real del flujo. Fuente: Civil 3D.

Tabla 3

Áreas parciales del estudio.

ZONA	AREA m ²	AREA km ²	LONGITUD (m)	LONG (Km)	OBSERVACION	COTA INICIO m.s.n.m.	COTA FINAL m.s.n.m.	PENDIENTE
Área tributaria N° 01	87769.35	0.0878	638.8015	0.639	SE ACUMULAN LAS AREAS - ORIGINANDO UNA SOLA LONGITUD	2381	2339	6.57%
Área tributaria N° 05	135334.584	0.1353	335.1761	0.335		2339	2319	5.97%
Microcuenca 01	223103.934	0.22310393	973.9776	0.9739776		2381	2319	6.37%
Área tributaria N° 09	4330	0.0043		0.000	SE ACUMULAN LAS AREAS -			7.99%
Área tributaria N° 10	136097.634	0.1361	513.1915	0.513		2319	2278	

Área tributaria N° 11	20373.4098	0.0204		0.000	ORIGINANDO UNA SOLA LONGITUD			
Área tributaria N° 22	4064.566	0.0041		0.000				
Microcuenca 02	164865.609	0.1649	513.1915	0.513		2319	2278	7.99%
Área tributaria N° 21	35879.6081	0.03587961	280.8004	0.2808004		2278	2247	11.04%
Microcuenca 03	35879.6081	0.0359	280.8004	0.281		2278	2247	11.04%
Área tributaria N° 12	39239.6865	0.0392	388	0.388	SE ACUMULAN LAS AREAS - ORIGINANDO UNA SOLA LONGITUD	2314		10.93%
Área tributaria N° 19	8945.0896	0.0089		0.000				
Área tributaria N° 20	47571.5621	0.0476	279.5888	0.280			2241	
Microcuenca 04	95756.3382	0.09575634	667.5888	0.6675888		2314	2241	10.93%
Área tributaria N° 26	15667.9225	0.0157		0.000	SE ACUMULAN LAS AREAS - ORIGINANDO UNA SOLA LONGITUD	2241		9.64%
Área tributaria N° 27	73564.719	0.0736	539.3812	0.539				
Área tributaria N° 30	9805.4909	0.0098		0.000			2189	
Microcuenca 05	99038.1324	0.09903813	539.3812	0.5393812		2241	2189	9.64%
Área tributaria N° 14	25456.5771	0.0255		0.000	SE ACUMULAN LAS AREAS - ORIGINANDO UNA SOLA LONGITUD	2313		10.48%
Área tributaria N° 13	20027.8935	0.0200	438.7618	0.439			2267	
Microcuenca 06	45484.4706	0.04548447	438.7618	0.4387618		2313	2267	10.48%
Área tributaria N° 17	5689.8087	0.0057		0.000	SE ACUMULAN LAS AREAS - ORIGINANDO UNA SOLA LONGITUD	2267		10.86%
Área tributaria N° 18	39927.3478	0.0399	359.1754	0.359			2228	
Microcuenca 07	45617.1565	0.04561716	359.1754	0.3591754		2267	2228	10.86%
Área tributaria N° 23	8423.5313	0.0084		0.000	SE ACUMULAN LAS AREAS - ORIGINANDO UNA SOLA LONGITUD	2228		9.26%
Área tributaria N° 24	16555.8663	0.0166	334.8963	0.335			2197	
Microcuenca 08	24979.3976	0.0249794	334.8963	0.3348963		2228	2197	9.26%
Área tributaria N° 15	20957.8812	0.0210		0.000	SE ACUMULAN LAS AREAS - ORIGINANDO UNA SOLA LONGITUD	2309		10.35%
Área tributaria N° 16	21694.5254	0.0217	676.35	0.676			2239	
Microcuenca 09	42652.4066	0.04265241	676.35	0.67635		2309	2239	10.35%
Área tributaria N° 25	11772.4492	0.0118		0.000	SE ACUMULAN LAS AREAS - ORIGINANDO UNA SOLA LONGITUD	2231		9.28%
Área tributaria N° 28	6145.32	0.0061		0.000				
Área tributaria N° 29	6641.7997	0.0066	452.7678	0.453			2189	
Microcuenca 10	24559.5689	0.02455957	452.7678	0.4527678		2231	2189	9.28%

Nota. Las áreas de las microcuencas están con las sumas de las áreas tributarias de los cuales nacen 4 sub cuencas.

5.1.2 Precipitación y Cálculos Hidrológicos

Tabla 4

Ubicación geográfica de estaciones meteorológicas Senamhi

N°	Estación	Latitud (S)	Longitud (W)	Altitud (m s.n.m.)
1	Abancay	13° 36' 17.7"	72° 51' 24.9"	2780
2	Andahuaylas	13° 38' 55.1"	73° 22' 0.4"	2981
3	Curahuasi	13°33'9.36"	72°44'5.64"	2741

Nota. Se utilizo las estaciones que están menos de rango de 500km y estas estaciones cumplen.

Tabla 5

Precipitaciones mensuales máximas Estación Abancay

AÑO/MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2000	25.6	26.2	13.6	28.3	5.8	6.7	9.4	18.1	7.1	27.3	18.8	20
2001	21.7	21.1	19.5		20.6	0.7	15.2	9.9	3	8.6	8.1	24.4
2002	17.1	16.6	23.4	20.2	10.7	7.7	18.3	7.4	17.4			
2003	35.8	26.7	30.2	9.2	2.7	0	0.9	11.2	13.6	43.7	7	23.8
2004	21.9	28.6			2.7	14.5	15.2	11.7	19.7	8.5	8.9	20.4
2005												
2006												
2007	28.2	23.6	20.6	8.7	3.7		14.1		1.3	14.5	18.3	32.1
2008	16.5	25	16		15.7		0	7.4	4.9	8.2	22.8	34.9
2009	33	35.9	17.8	15.6	11.8		7.2	16.1	0		20	17.6
2010	32.8	30.9	17	45.1	2.8	0	1.6	5.7	5.4	13.5	8.8	14.9
2011												
2012												
2013	25.4	34.5		10	16.6	5.7	4.2	32.2	4.2	11.7	10.7	38.8
2014	38.9	54.1	16.6	17.3	5.9	3.2	3.2	3.1	7.2	25.5	12.5	31.5
2015	27.9	35.9	19.3	14	2.8	1.1	5	20.3	1.6	11.9	25.3	58.2
2016	17.8	36.3	14.2	20.7	1.5	7.2	7.5	4.7	7.5	12.7	21.5	20.9
2017	26.8	30.1	32.8	7	15.9	0.5	0.9	7.6	5.1	17.4	20	20.6
2018	28.5	40.3	22	8.5	9.3	12.8	11.2	20.6	8.9	34	12	32.2
2019	27.2	27.2	18.2	11.3	10.1		9		9.4	12.8	24	27.3
2020	24.6	32.5	51	20.9	7.5	1.1			3.6	16	5.2	22
2021	20.5	21.2	28.9	26.3	4.2	4.9	3.6	1.4	3.7	14.8	33.8	15.8
2022	39.6	41	25	6.2	1.8	4.5	1.5	21.7	18.6	1.9	5.9	15.3
2023	41.1	39.5	22.3	29.6	31.5	0.3	0.4	8.5	14.4	45	23.9	35.3
2024	41.8	32.7	38.2	24.7	14.2	21.7	0	7.2	16.9	8.5	19.6	52.9
MEDIA	28.2	31.4	23.5	18.0	9.4	5.5	6.4	11.9	8.3	17.7	16.4	28.0
DESV. STAND	7.9	8.5	9.3	10.2	7.6	6.1	5.8	8.0	6.1	12.0	7.9	11.9
VARIANZA	61.9	71.8	87.3	103.2	58.2	36.7	34.0	63.9	37.2	143.9	62.2	141.1
Total	592.7	659.9	446.6	323.6	197.8	92.6	128.4	214.8	173.5	336.5	327.1	558.9

Nota. Estos datos del Senamhi se completará datos faltantes.

Tabla 6

Precipitaciones Máximas diarias Estación Andahuaylas

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2000	27.3	30.5	12.6	6.4	3.2	9.4	12.8	6.6	17.7	24.4	14.6	24
2001	24.8	12	25.8	9.9	21.4	2.9	7.5	14.4	12.8	10.2	12.3	19.2

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2016												
2017												
2018												
2019												
2020												
2021												
2022												
2023						0	0	0	0.2	10.3	18.5	37.6
2024	15.1	18.9	32.2	14.1	3.9	8.9	0	0	10.1			
MEDIA	23.96	22.45	22.3	14.47	5.23	2.21	3.51	5.64	6	15.44	21.01	23.4
DESV. STAND	6.2	6.7	6.8	7.0	4.1	2.6	3.8	4.6	4.5	5.6	9.7	12.7
VARIANZA	38.9	45.1	46.1	48.4	16.8	6.7	14.7	21.2	20.5	31.3	94.8	161.8
Total	359.4	336.7	334.5	217.1	78.5	35.4	52.6	84.6	90.0	216.1	294.1	327.6

Nota. El Senamhi nos brinda esta información de precipitaciones, pero algunos años no fueron registrados.

Dato de precipitaciones faltantes corregidos

Tabla 8

Precipitaciones completado de máximas diarias estación Curahuasi

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2000	25.6	26.2	13.6	28.3	5.8	6.7	9.4	18.1	7.1	27.3	18.8	20
2001	21.7	21.1	19.5	17.98	20.6	0.7	15.2	9.9	3	8.6	8.1	24.4
2002	17.1	16.6	23.4	20.2	10.7	7.7	18.3	7.4	17.4	17.71	16.36	27.95
2003	35.8	26.7	30.2	9.2	2.7	0	0.9	11.2	13.6	43.7	7	23.8
2004	21.9	28.6	23.51	17.98	2.7	14.5	15.2	11.7	19.7	8.5	8.9	20.4
2005	28.22	31.42	23.51	17.98	9.42	5.45	6.42	11.93	8.26	17.71	16.36	27.95
2006	28.22	31.42	23.51	17.98	9.42	5.45	6.42	11.93	8.26	17.71	16.36	27.95
2007	28.2	23.6	20.6	8.7	3.7	5.45	14.1	11.93	1.3	14.5	18.3	32.1
2008	16.5	25	16	17.98	15.7	5.45	0	7.4	4.9	8.2	22.8	34.9
2009	33	35.9	17.8	15.6	11.8	5.45	7.2	16.1	0	17.71	20	17.6
2010	32.8	30.9	17	45.1	2.8	0	1.6	5.7	5.4	13.5	8.8	14.9
2011	28.22	31.42	23.51	17.98	9.42	5.45	6.42	11.93	8.26	17.71	16.36	27.95
2012	28.22	31.42	23.51	17.98	9.42	5.45	6.42	11.93	8.26	17.71	16.36	27.95
2013	25.4	34.5	23.51	10	16.6	5.7	4.2	32.2	4.2	11.7	10.7	38.8
2014	38.9	54.1	16.6	17.3	5.9	3.2	3.2	3.1	7.2	25.5	12.5	31.5
2015	27.9	35.9	19.3	14	2.8	1.1	5	20.3	1.6	11.9	25.3	58.2
2016	17.8	36.3	14.2	20.7	1.5	7.2	7.5	4.7	7.5	12.7	21.5	20.9
2017	26.8	30.1	32.8	7	15.9	0.5	0.9	7.6	5.1	17.4	20	20.6
2018	28.5	40.3	22	8.5	9.3	12.8	11.2	20.6	8.9	34	12	32.2
2019	27.2	27.2	18.2	11.3	10.1	5.45	9	11.93	9.4	12.8	24	27.3
2020	24.6	32.5	51	20.9	7.5	1.1	6.42	11.93	3.6	16	5.2	22
2021	20.5	21.2	28.9	26.3	4.2	4.9	3.6	1.4	3.7	14.8	33.8	15.8
2022	39.6	41	25	6.2	1.8	4.5	1.5	21.7	18.6	1.9	5.9	15.3
2023	41.1	39.5	22.3	29.6	31.5	0.3	0.4	8.5	14.4	45	23.9	35.3
2024	41.8	32.7	38.2	24.7	14.2	21.7	0	7.2	16.9	8.5	19.6	52.9
MEDIA	28.2	31.4	23.5	18.0	9.4	5.5	6.4	11.9	8.3	17.7	16.4	28.0
DESV. STAND	7.2	7.7	8.1	8.6	7.0	4.9	5.2	6.7	5.6	10.4	7.0	10.6
VARIANZA	51.6	59.9	65.5	73.1	48.5	24.5	26.9	45.2	31.0	107.9	49.3	111.7

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Total	705.6	785.6	587.7	449.5	235.5	136.2	160.5	298.3	206.5	442.8	408.9	698.7

Nota. Estos datos ya procesados completos mediante el método de promedio aritmético, solo utilizamos para comparar con estación Piscop.

Tabla 9

Precipitaciones de data PISCOP de máximas diarias (mm) del sector Abancay

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1981	19.6	18.4	19.3	10.7	0.0	3.3	1.0	5.7	9.3	18.5	20.1	18.0
1982	25.4	37.5	19.3	14.4	0.0	2.2	0.0	5.0	2.5	3.0	12.4	22.1
1983	20.0	21.9	32.8	13.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	7.1	17.2
1984	30.2	24.6	0.1	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1
1985	22.3	30.7	24.1	15.5	26.2	2.7	4.3	0.3	11.8	13.9	11.1	20.9
1986	12.4	16.7	21.6	9.6	8.8	0.0	0.0	7.0	15.7	13.6	19.7	13.2
1987	33.7	24.1	14.4	15.8	13.7	0.0	7.8	0.0	3.6	13.8	10.7	22.5
1988	21.5	28.3	32.9	17.3	8.8	0.0	0.0	0.0	0.1	9.4	0.1	0.2
1989	20.0	23.7	20.2	27.0	4.9	0.0	0.3	7.9	0.5	9.7	9.7	13.1
1990	22.0	33.0	19.6	14.5	6.4	0.2	0.0	7.5	10.8	13.4	12.0	20.4
1991	26.9	33.4	22.5	12.4	4.9	0.0	0.0	0.1	0.9	13.6	13.7	22.7
1992	19.3	25.5	20.4	11.8	0.0	0.9	0.0	5.8	8.2	11.7	21.9	13.4
1993	24.9	35.5	21.3	8.9	3.9	0.0	1.9	9.4	0.2	20.9	21.9	31.3
1994	29.3	29.8	13.1	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	44.1	19.1	22.6
1995	30.2	18.8	24.9	14.8	6.7	0.0	0.0	0.0	5.7	6.7	14.2	25.4
1996	18.9	19.4	26.9	13.8	1.3	0.0	0.0	4.1	6.3	22.2	11.8	21.2
1997	34.6	19.8	22.2	12.4	7.7	0.0	0.3	7.3	2.0	13.7	14.4	26.6
1998	17.4	25.9	18.8	5.4	1.8	1.2	0.0	0.7	2.2	10.4	12.3	17.2
1999	24.2	38.7	29.9	9.7	5.2	3.5	2.2	0.0	14.0	10.0	19.7	27.7
2000	24.4	26.6	13.9	17.1	6.0	4.1	6.2	9.2	5.8	23.8	11.6	21.1
2001	20.9	19.9	17.4	21.4	4.7	0.1	9.9	8.3	2.8	10.3	9.0	19.1
2002	16.7	16.7	25.7	16.7	8.0	4.1	12.7	5.7	8.9	20.6	11.7	21.8
2003	31.0	28.8	27.4	9.2	2.8	0.0	0.8	6.7	10.2	10.1	7.0	23.5
2004	18.7	27.5	12.3	11.4	3.1	2.3	10.4	9.8	16.1	11.1	11.2	14.6
2005	14.0	30.0	16.3	6.7	1.8	0.0	8.4	1.7	12.5	15.9	27.7	22.3
2006	25.5	23.5	14.5	9.9	0.0	4.8	0.0	0.1	2.0	18.2	14.7	19.0
2007	23.4	25.2	20.9	9.0	12.3	0.0	8.7	1.6	1.4	12.3	19.1	32.6
2008	17.1	29.0	18.2	6.2	7.7	2.0	0.0	5.8	4.9	9.1	23.2	31.1
2009	27.8	30.2	16.6	13.8	2.7	0.0	2.1	8.6	0.0	9.1	19.8	16.5
2010	31.8	27.7	19.3	16.6	5.5	0.0	1.3	4.4	6.4	13.5	8.8	14.6
2011	18.5	28.0	22.6	15.8	6.6	1.1	3.7	6.1	9.3	8.2	17.2	13.7
2012	26.4	25.1	24.9	11.7	0.2	3.6	3.5	3.4	4.1	14.9	7.0	23.4
2013	17.8	18.5	16.6	10.5	1.5	0.4	1.1	11.6	2.9	8.7	10.6	22.9
2014	23.5	23.8	10.1	7.9	2.6	0.0	0.7	0.4	6.3	11.1	7.9	12.6
2015	17.9	18.5	15.6	8.8	3.0	0.4	1.5	7.4	3.8	9.2	17.9	18.3
2016	15.0	30.1	13.9	15.8	1.8	5.0	6.5	3.6	7.7	12.2	14.7	16.3

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
MEDIA	22.8	25.7	19.4	11.7	3.9	1.3	3.3	4.9	5.8	14.3	15.0	21.2
DESV. STAND	5.8	5.5	5.3	4.0	3.1	1.8	3.9	3.6	4.3	7.8	5.6	5.7
VARIANZA	33.1	30.3	27.6	16.2	9.6	3.1	15.5	12.9	18.9	60.6	31.0	33.0
Total	569.2	642.2	483.8	293.4	96.8	33.5	82.0	121.7	143.8	358.1	374.3	528.8

Nota. Precipitaciones del PISCOP para Abancay se utilizará, pero antes compararemos con correlación de regresión lineal con estación Senamhi-Abancay.

Tabla 10

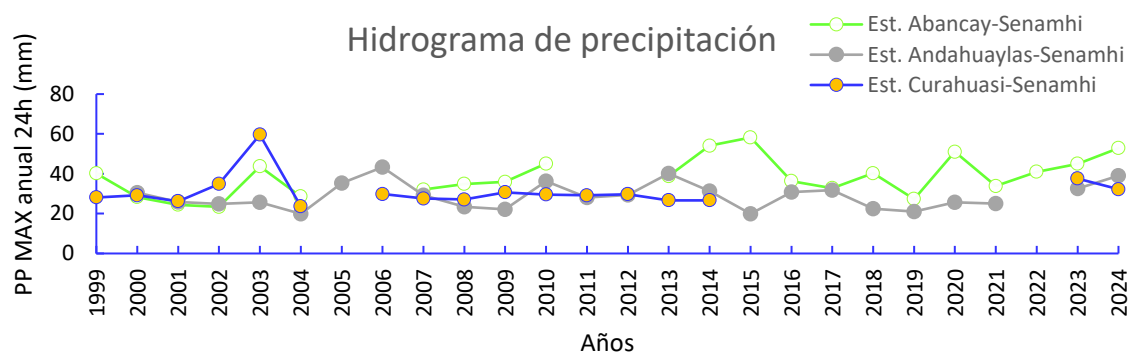
Precipitación máx. 24 anual Est. Senamhi

Año	Est. Abancay- Senamhi	Est. Andahuaylas- Senamhi	Est. Curahuasi- Senamhi
2000	28.3	30.5	29.2
2001	24.4	25.8	26.2
2002	23.4	24.8	34.9
2003	43.7	25.7	59.6
2004	28.6	19.9	23.6
2005		35.3	
2006		43.3	29.8
2007	32.1	29.2	27.6
2008	34.9	23.5	27.1
2009	35.9	22.2	30.7
2010	45.1	36.3	29.6
2011		28.1	29.2
2012		29.3	29.7
2013	38.8	40.2	26.7
2014	54.1	31.3	26.7
2015	58.2	19.9	
2016	36.3	30.8	
2017	32.8	31.8	
2018	40.3	22.5	
2019	27.3	21	
2020	51	25.7	
2021	33.8	25	
2022	41		
2023	45	32.6	37.6
2024	52.9	39	32.2

Nota. Precipitaciones máximas anual en 24h.

Figura 6

Hidrogramas de estaciones Senamhi



Nota. Precipitaciones anuales de las tres estaciones.

Tabla 11

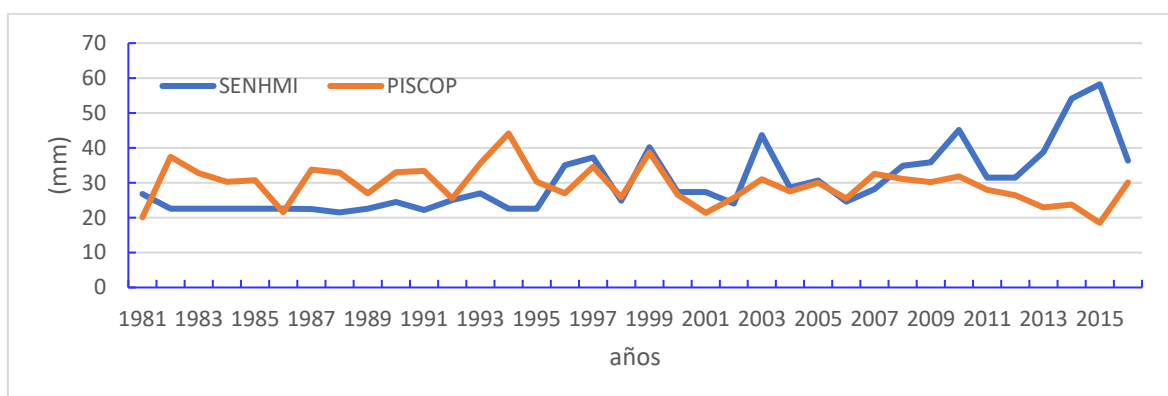
Precipitaciones máximas anual en 24H

	SENHAMI	PISCOP
1981	26.8	20.06
1982	22.59	37.46
1983	22.59	32.76
1984	22.59	30.24
1985	22.59	30.69
1986	22.59	21.55
1987	22.5	33.74
1988	21.5	32.91
1989	22.59	27.01
1990	24.5	33.03
1991	22.2	33.42
1992	25	25.48
1993	27	35.55
1994	22.59	44.13
1995	22.59	30.24
1996	35	26.94
1997	37.2	34.62
1998	24.9	25.91
1999	40.2	38.72
2000	27.3	26.60
2001	27.3	21.40
2002	24	25.70
2003	43.7	31.00
2004	28.6	27.50
2005	30.6	30.00
2006	24.6	25.50
2007	28.2	32.60
2008	34.9	31.10
2009	35.9	30.20

2010	45.1	31.80
2011	31.42	28.00
2012	31.42	26.40
2013	38.8	22.90
2014	54.1	23.80
2015	58.2	18.50
2016	36.3	30.10

Figura 7

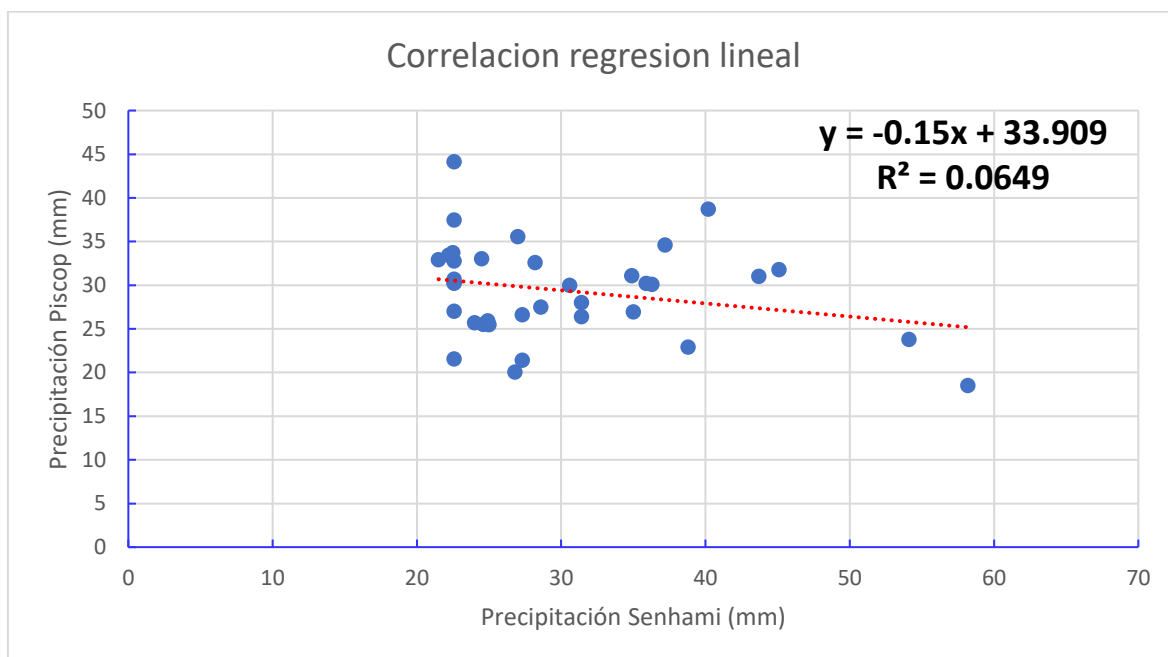
Comparación de estación Abancay Senamhi vs data Piscop Prep. Anual max .24h



Nota. Precipitaciones máximas anual en 24h. Senhami vs Psicop

Figura 8

Correlación regresión lineal.



Nota. Correlación lineal $r^2=0.0649$, Coef. Pearson $r=0.25$ no tiene correlación (correlación aceptable cuando r esta entre ± 0.5 hasta ± 1)

Tabla 12

Precipitación max. anual 24h (mm)

PISCOP	
Año	Prep. (mm)
1992	25.48
1993	35.55
1994	44.13
1995	30.24
1996	26.94
1997	34.62
1998	25.91
1999	38.72
2000	26.60
2001	21.40
2002	25.70
2003	31.00
2004	27.50
2005	30.00
2006	25.50
2007	32.60
2008	31.10
2009	30.20
2010	31.80
2011	28.00
2012	26.40
2013	22.90
2014	23.80
2015	18.50
2016	30.10
2006	25.50
2007	32.60
2008	31.10
2009	30.20
2010	31.80
2011	28.00
2012	26.40
2013	22.90
2014	23.80
2015	18.50
2016	30.10

Nota. Precipitación anual máximo en 24h. este valor se tomará para los cálculos.

Tabla 13*Prueba de bondad de ajuste*

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE					
	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.48%	0.08159
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.91%	0.07889
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.70%	0.08533
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.89%	0.08839
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	50.12%	0.15537
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	50.99%	0.15426
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.39%	0.08205
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.29%	0.09316
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.41%	0.08196
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.59%	0.1032

Nota. La distribución que mejor se ajusta al 5% aceptable es la distribución Normal, que obtuvo el mayor porcentaje 98.48, los de color todos los que están en color amarillo y verde son para precipitaciones máximas.

Tabla 14*Máxima precipitación en 15 años*

PRECIPITACIÓN PARA TIEMPOS DE RETORNO				
Tr	P	Distribución	Precipitación	PP. Corrección
(años)	F(Z)	Normal	Xt	PP (mm)
		z	(mm)	Xt(mm)
2	0.50	0.000	28.4886	32.1921
5	0.80	0.842	32.8562	37.1276
10	0.90	1.282	35.1393	39.7074
15	0.93333	1.501	36.2786	40.9948
20	0.950	1.645	37.0247	41.8379
25	0.960	1.751	37.5738	42.4584

Nota. Precipitación máxima corregido 40.9948mm para 15 años.

Tabla 15*Determinación del promedio de tiempo de concentración*

Tiempo de Concentración en las Cuencas
--

Tiempo de Concentración (Hr) - Autores		cuenca
Giandotti	$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 L}{0.8\sqrt{H}}$	2.28
Kirpich	$T_c = 0.0663 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$	0.85
California (U.S.B.R)	$T_c = \left(\frac{0.87075 L^3}{H} \right)^{0.385}$	0.48
Bransby - Williams	$T_c = 14.6 \frac{LA^{-0.1}S^{-0.2}}{60}$	1.63
Passini	$T_c = \frac{0.108 (A L)^{1/3}}{S^{0.5}}$	5.45
Témez	$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$	2.18
Desviación estándar		1.62
Varianza		2.61
Máximo		5.45
Mínimo		0.48
Tc Promedio (HORAS)		2.14

Nota. Promedio de tiempo de concentración 2.14h, pero se tomó el Tc de Témez=2.18h, esto varia para cada área.

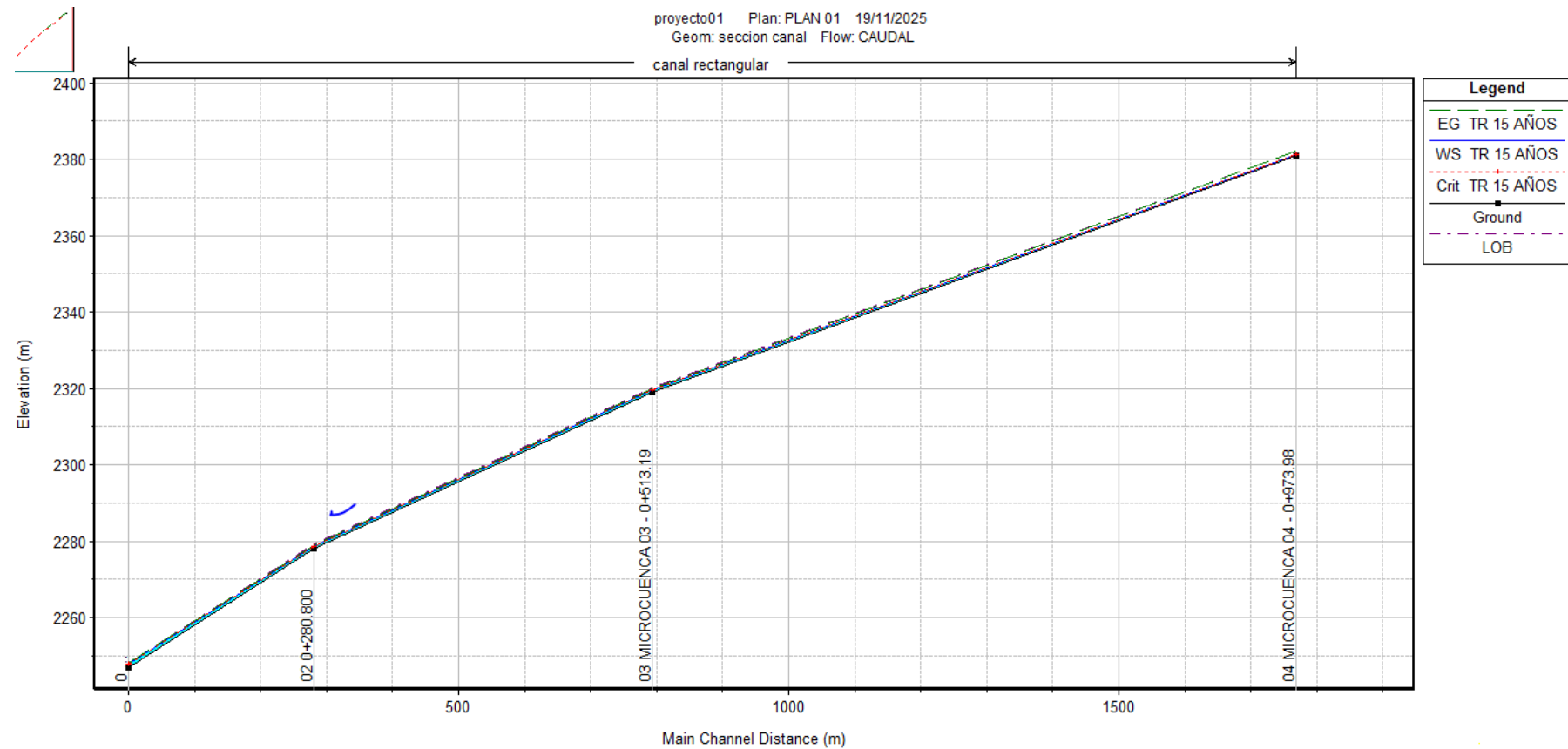
Tabla 16*Cálculo de caudales en función al área de cada sub cuenca*

ZONA	AREA (m ²)	AREA (km ²)	LONGITUD (m)	LONG (Km)	COTA INICIO (m s.n.m.)	COTA FINAL (m s.n.m.)	PENDIENTE	CAUDAL MÁXIMO DE DISEÑO (m ³ /s)
Microcuenca 01	223103.934	0.223	973.978	0.974	2381	2319	0.064	0.78
Microcuenca 02	164865.609	0.165	513.192	0.513	2319	2278	0.080	0.76
Microcuenca 03	35879.608	0.036	280.800	0.281	2278	2247	0.110	0.23
Microcuenca 04	95756.338	0.096	667.589	0.668	2314	2241	0.109	0.42
Microcuenca 05	99038.132	0.099	539.381	0.539	2241	2189	0.096	0.47
Microcuenca 06	45484.471	0.045	438.762	0.439	2313	2267	0.105	0.24
Microcuenca 07	45617.157	0.046	359.175	0.359	2267	2228	0.109	0.26
Microcuenca 08	24979.398	0.025	334.896	0.335	2228	2197	0.093	0.15
Microcuenca 09	42652.407	0.043	676.350	0.676	2309	2239	0.103	0.19
Microcuenca 10	24559.569	0.025	452.768	0.453	2231	2189	0.093	0.13

Nota. Se determina para cada área su respectivo caudal de diseño.

Figura 9

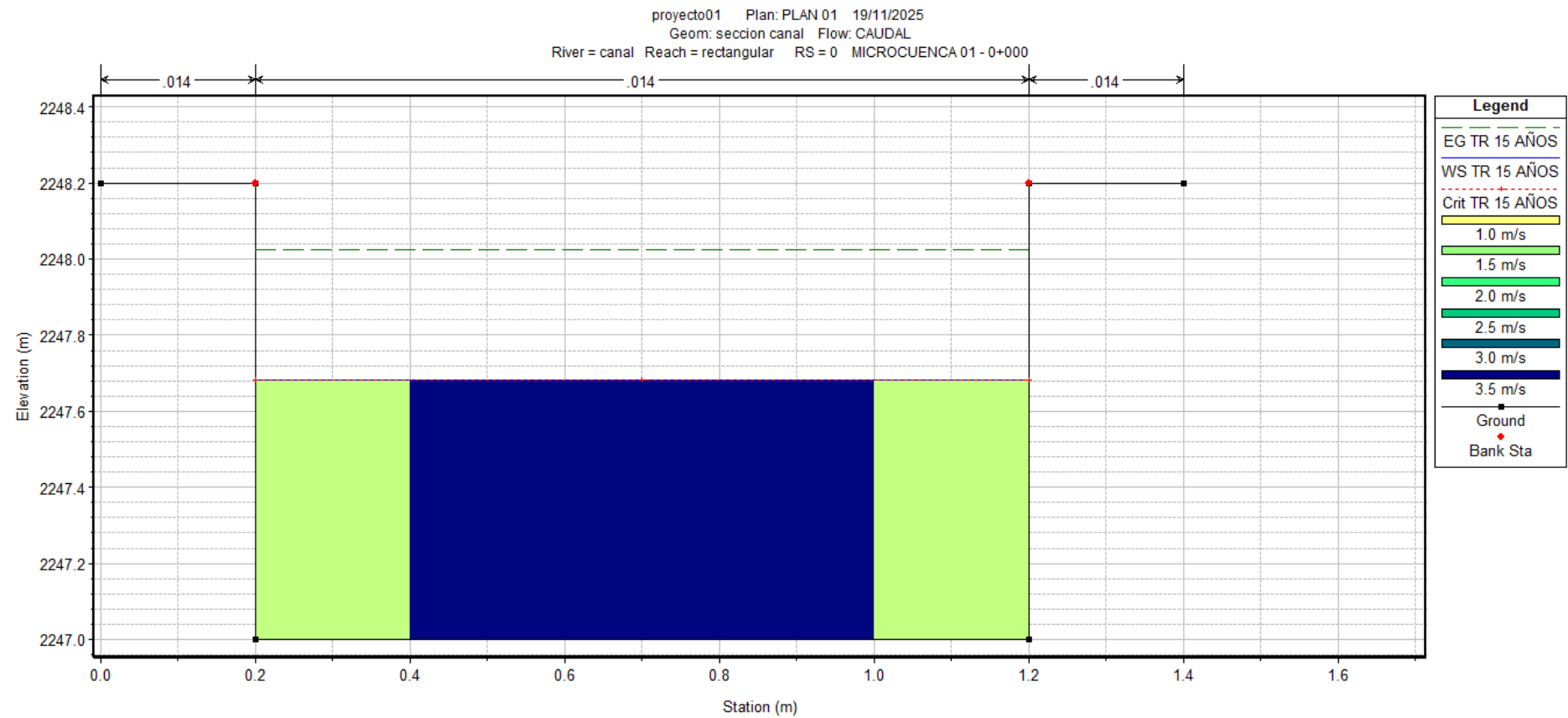
Perfil del canal rectangular 01 con Hec Ras.

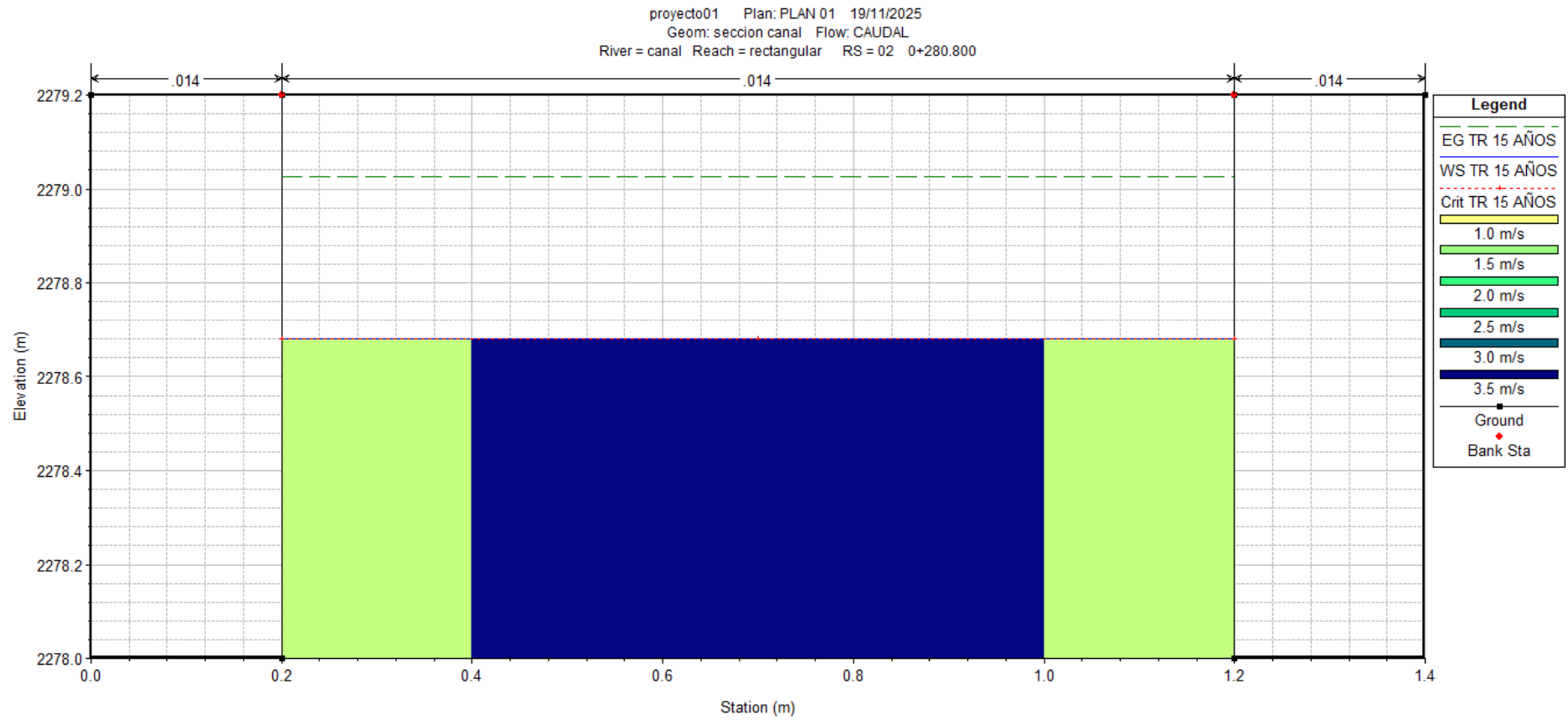


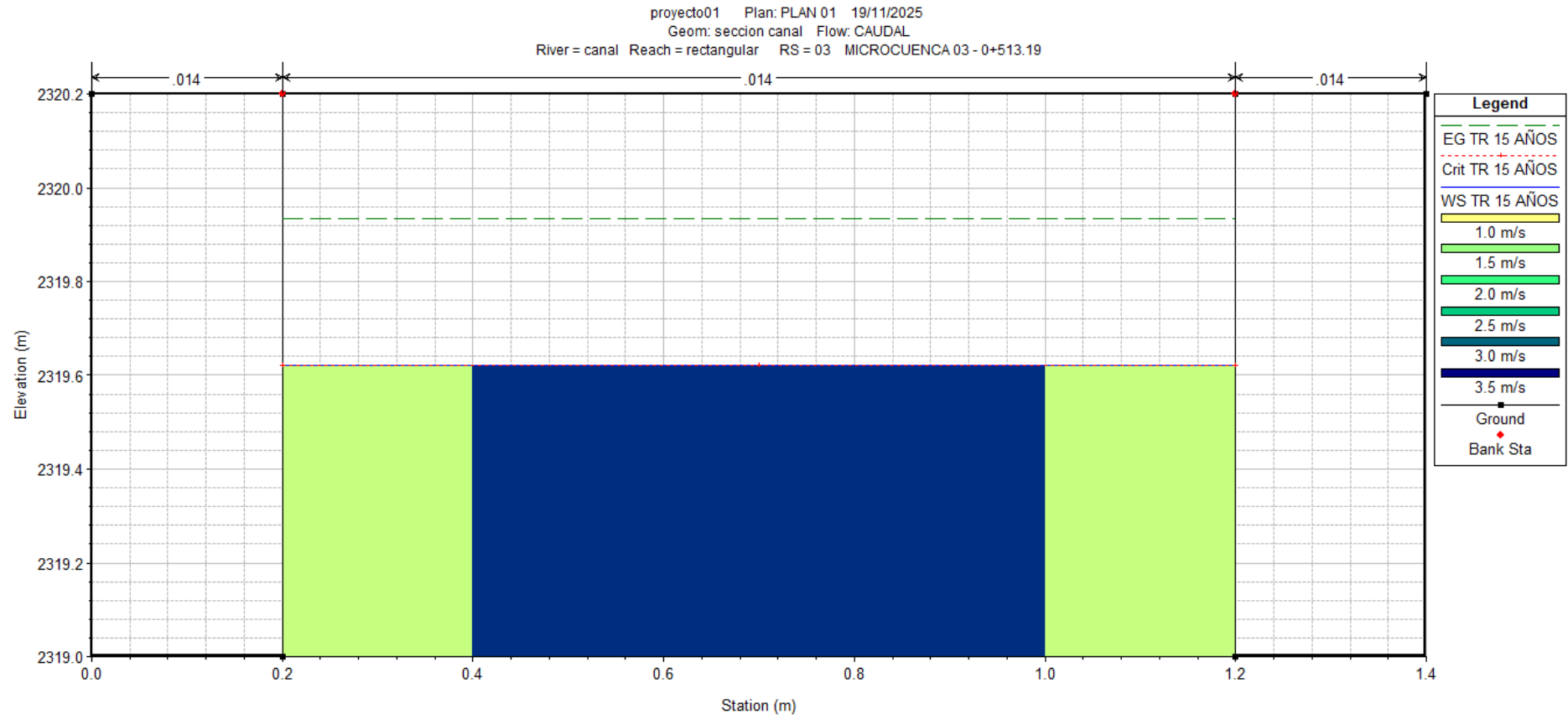
Nota. Correspondientes a las microcuencas cuencas 1, 2 y 3 el perfil para tiempo de retorno de 15 años, la microcuencia 1 es la que recolecta todos los caudales con el cual se diseñó toda la subcuencia 1.

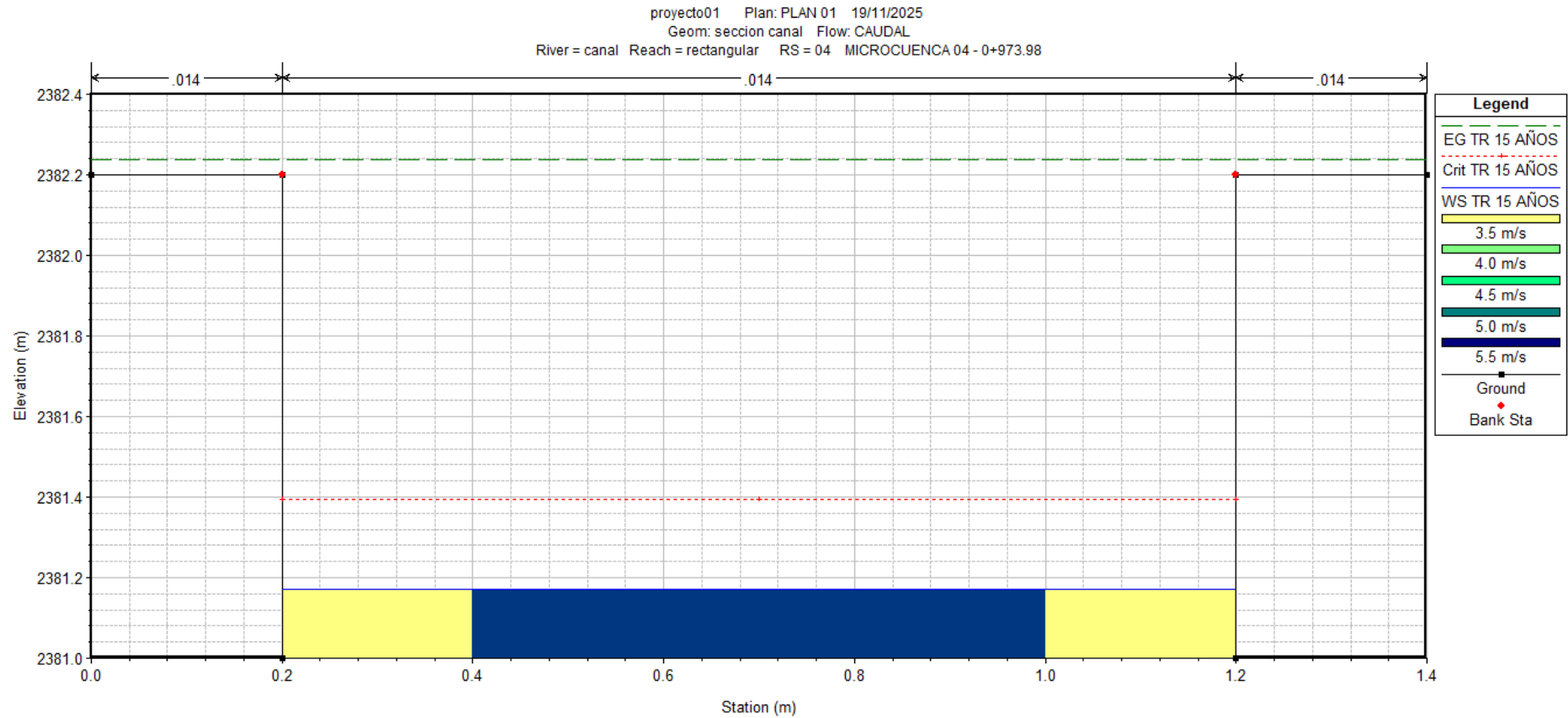
Figura 10

Características del canal de sub cuenca 01 con microcuencas 1, 2 y 3.









Nota. Para la transversal rectangular de la primera microcuenca, para un diseño de $1.77 \text{ m}^3/\text{s}$, los colores indican el comportamiento de las velocidades, son menores en los bordes y mayor en el centro, la línea roja confirma un régimen subcrítico, línea verde es la línea de energía del flujo.

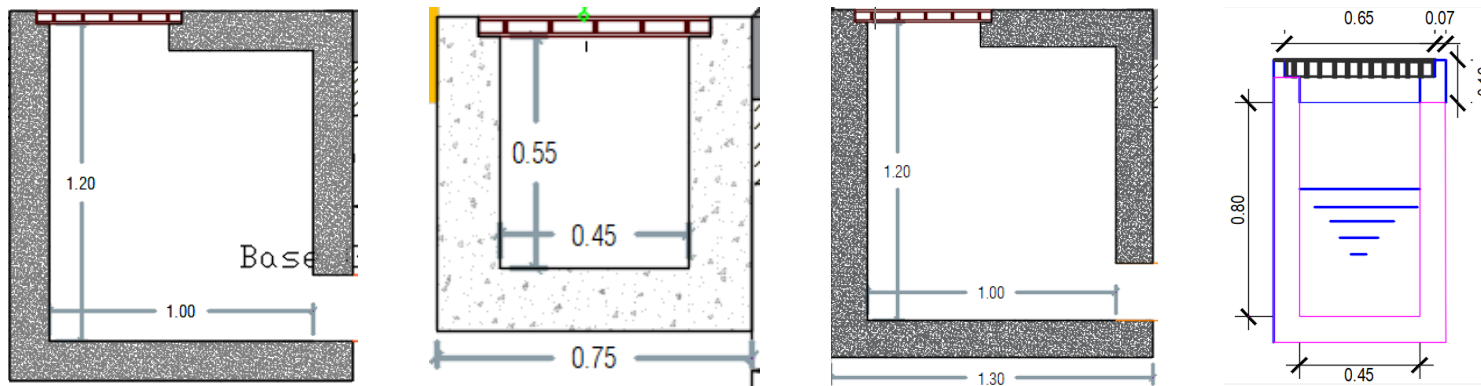
Tabla 17 Resumen del canal de la microcuenca 01

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Área (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
rectangular	1	TR 15 AÑOS	0.78	2381	2381.17	2381.4	2382.24	0.064089	4.57	0.17	1	3.54
rectangular	2	TR 15 AÑOS	1.54	2319	2319.62	2319.62	2319.94	0.006669	2.48	0.62	1	1
rectangular	3i	TR 15 AÑOS	1.77	2278	2278.68	2278.68	2279.03	0.006934	2.6	0.68	1	1
rectangular	3	TR 15 AÑOS	1.77	2247	2247.68	2247.68	2248.03	0.006954	2.6	0.68	1	1.01

Nota. Correspondientes a las microcuencas 1, 2 y 3.

Figura 11

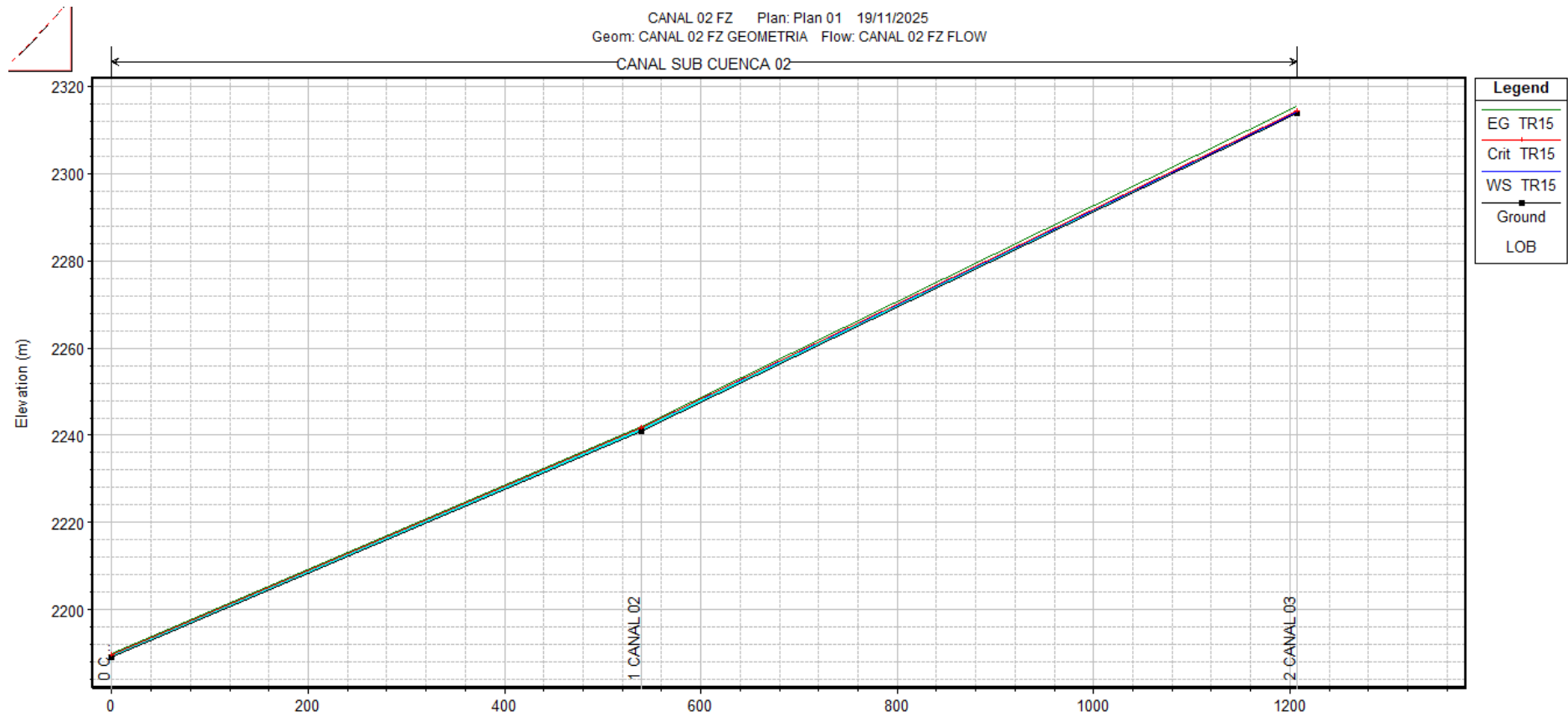
Diseño existente de canal microcuenca.



Nota. Correspondientes a las microcuencas 03, 03i, 02, 01 respectivamente para cada canal existente con sus medidas correspondientes base por altura 1mx1.2m, 0.45mx0.55m, 1.2mx1m y 0.45mx0.8m.

Figura 12

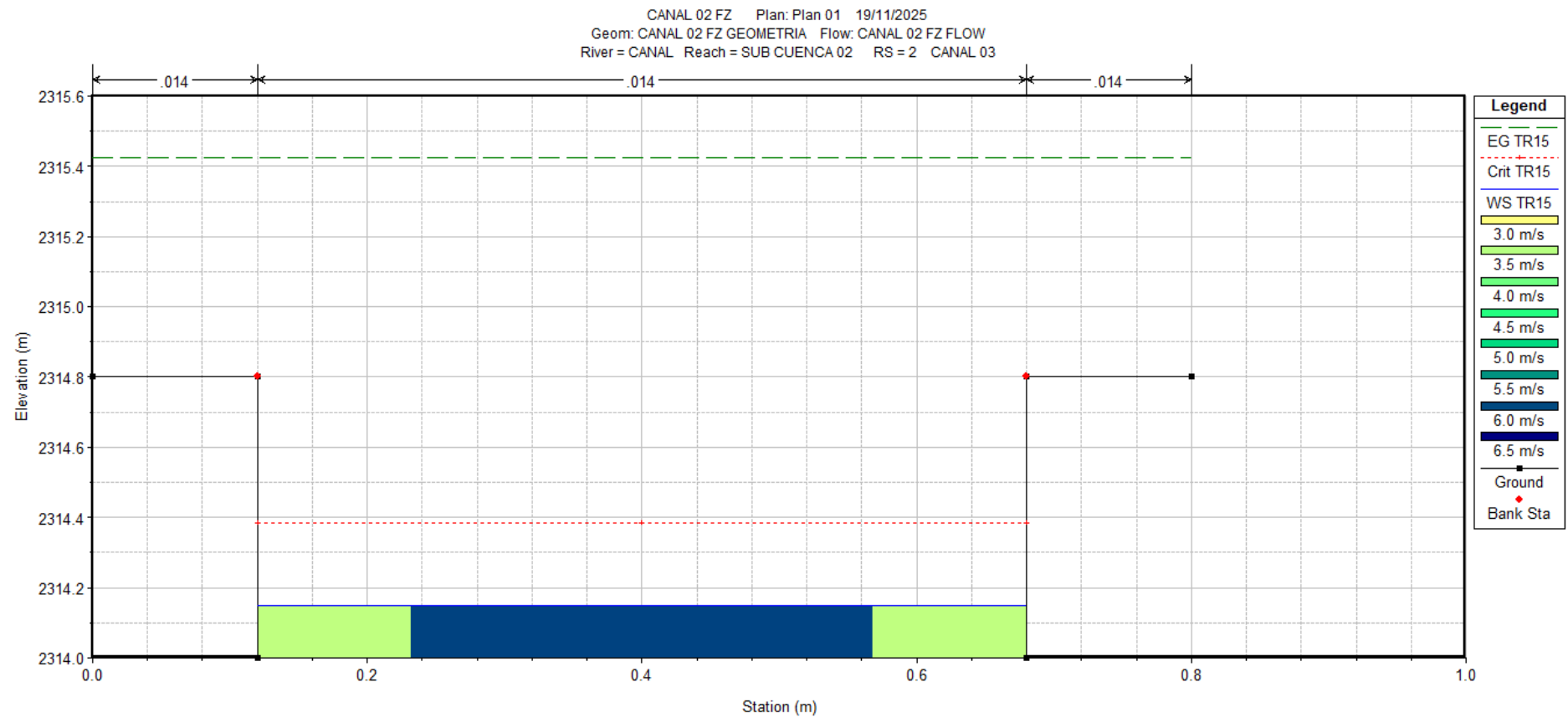
Subcuenca 02 conformado por microcuenca 4 y 5.

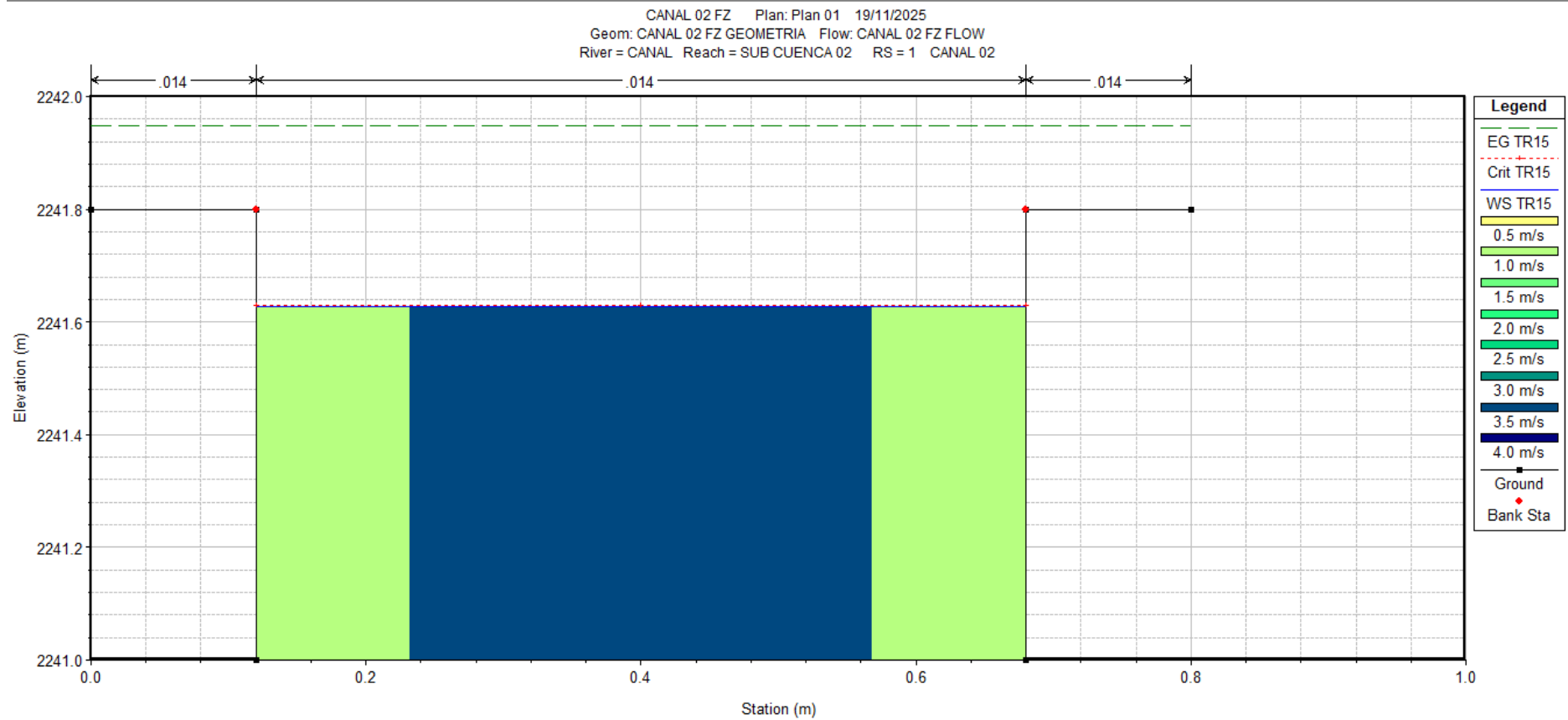


Nota. Correspondientes a las microcuencas 04 y 05 respectivamente para cada canal existente.

Figura 13

Características del canal de sub cuenca 02 con microcuencas 5 y 4.

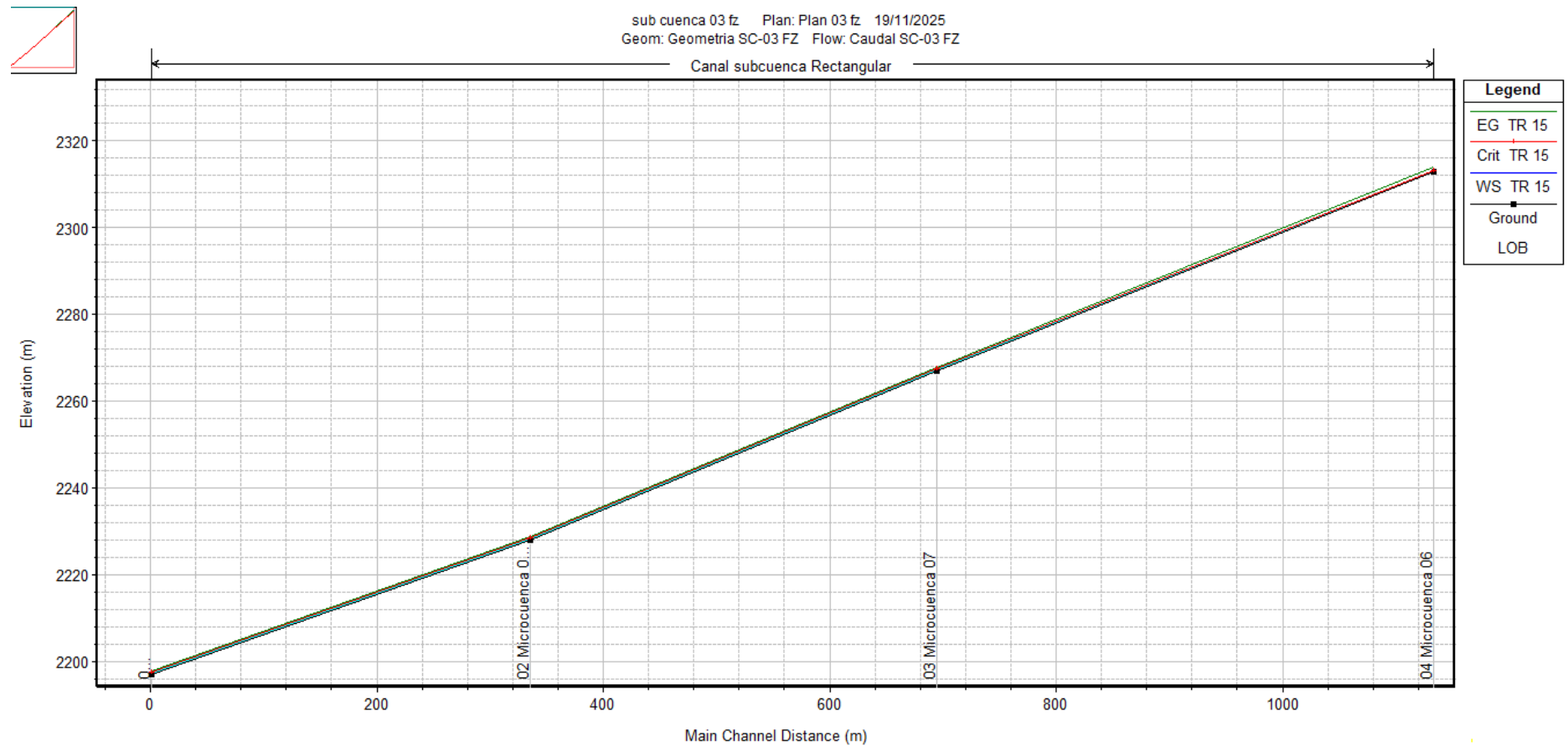




Nota. Para la transversal rectangular del canal de la primera microcuenca, para un diseño de $0.88 \text{ m}^3/\text{s}$, los colores indican el comportamiento de las velocidades, son menores en los bordes y mayor en el centro, la línea roja confirma un régimen subcrítico, línea verde es la línea de energía del flujo.

Figura 15

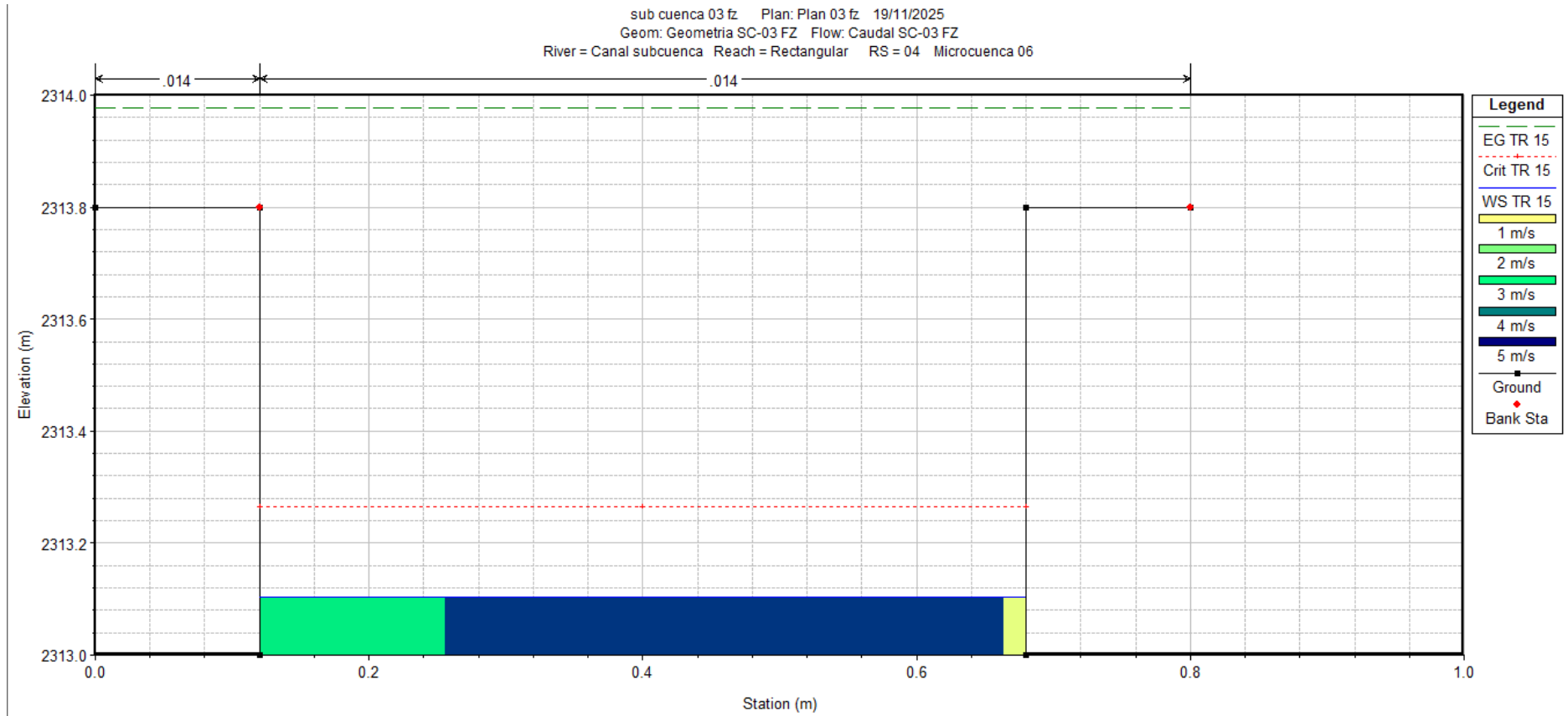
Subcuenca 3 conformado por las microcuencas de 8, 7 y 6.

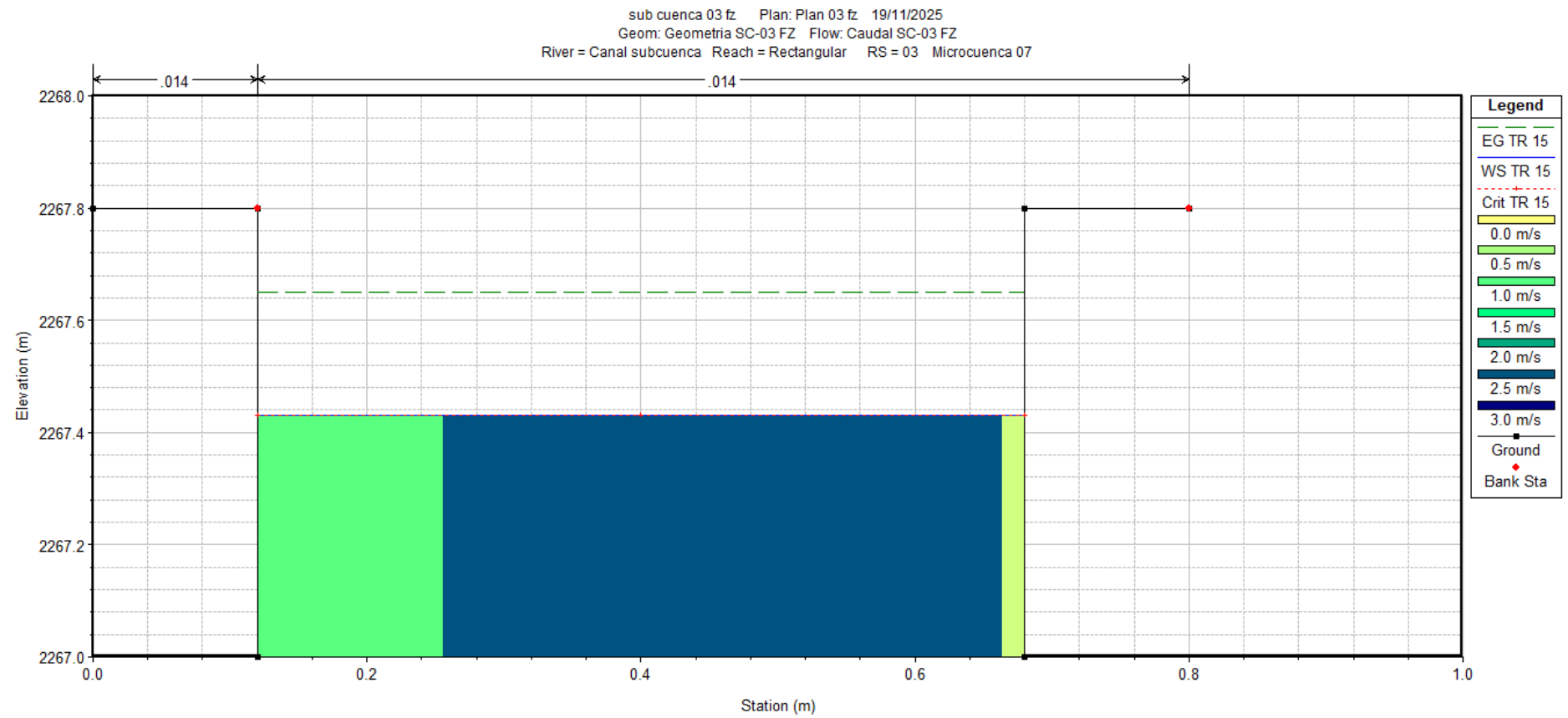


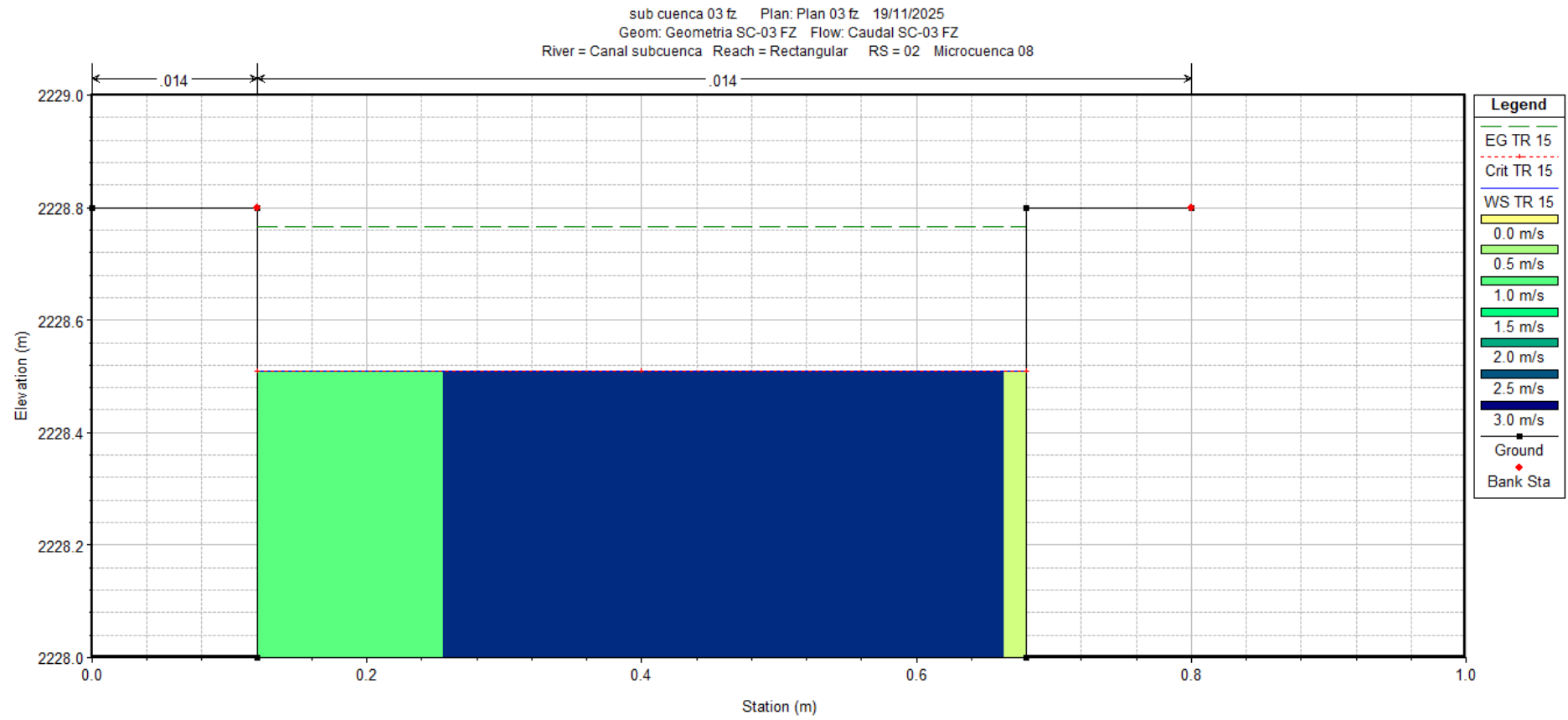
Nota. Correspondientes a las microcuencas 08, 07 y 06 respectivamente para cada canal existente.

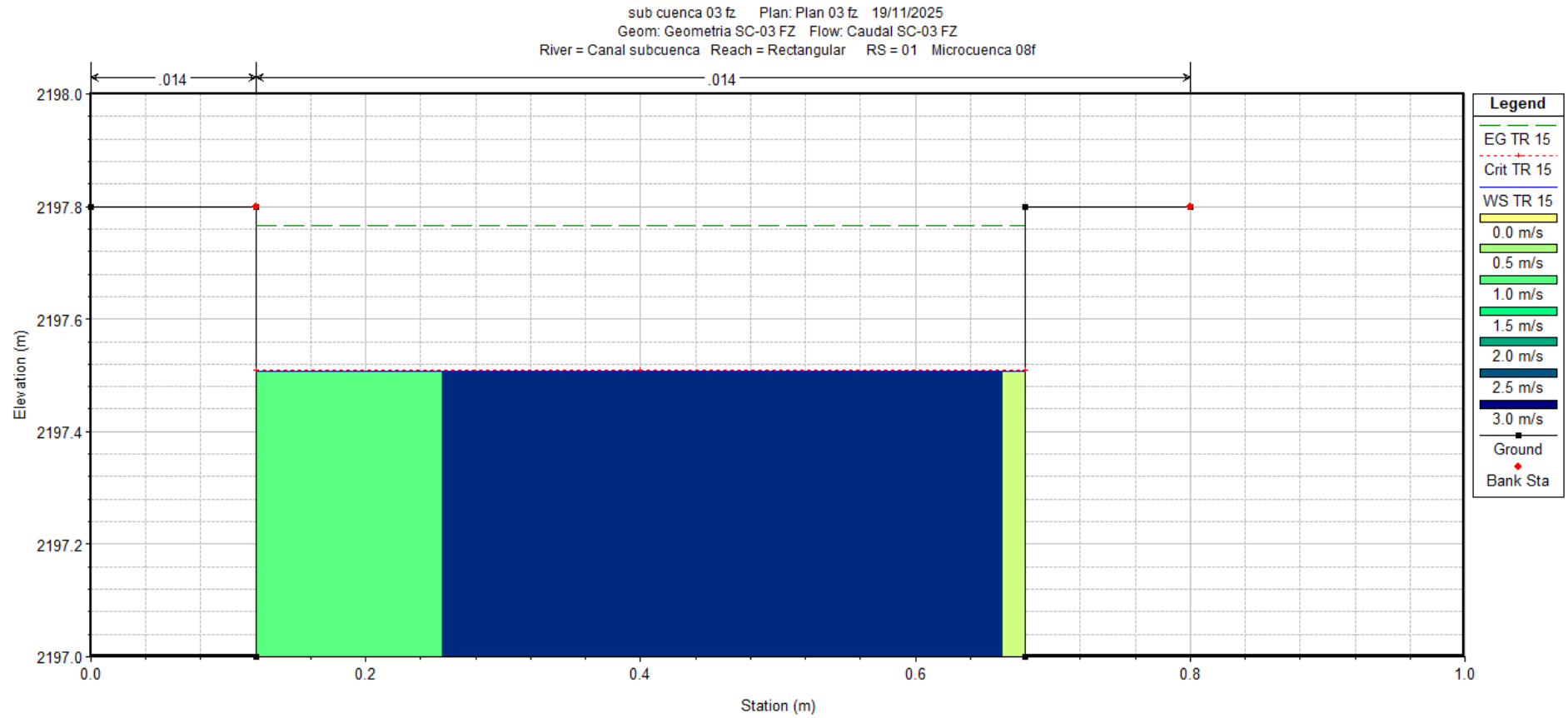
Figura 16

Características del canal de sub cuenca 03 con microcuencas 8, 7 y 6.









Nota. Para la transversal rectangular del canal de la primera microcuenca, para un diseño de $0.64 \text{ m}^3/\text{s}$, los colores indican el comportamiento de las velocidades, son menores en los bordes y mayor en el centro, la línea roja confirma un régimen subcrítico, línea verde es la línea de energía del flujo.

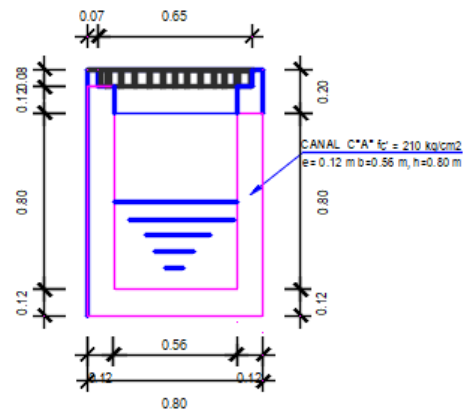
Tabla 19

Resumen del canal de la microcuenca 03

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Rectangular	4	TR 15	0.24	2313	2313.1	2313.27	2313.98	0.104973	4.14	0.06	0.56	4.11
Rectangular	3	TR 15	0.5	2267	2267.43	2267.43	2267.65	0.009009	2.08	0.24	0.56	1.01
Rectangular	2	TR 15	0.64	2228	2228.51	2228.51	2228.77	0.009681	2.25	0.28	0.56	1.01
Rectangular	1	TR 15	0.64	2197	2197.51	2197.51	2197.77	0.009731	2.25	0.28	0.56	1.01

Nota. Correspondientes a las microcuencas 8, 7 y 6.

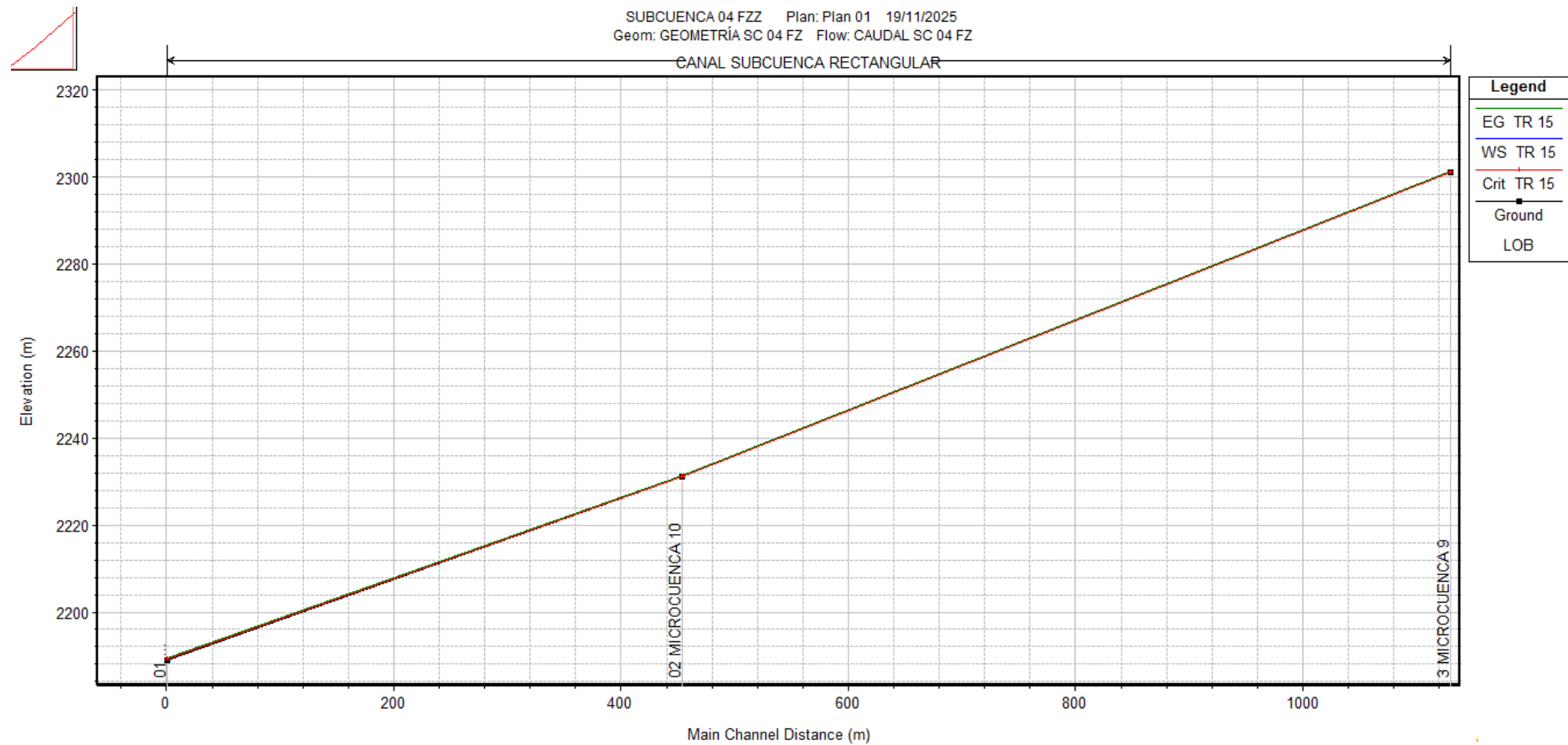
Figura 17 Secciones transversales del canal propuesto para su diseño hidráulico.



Nota. Esta subcuenca no cuenta con canal de drenaje, pero se propone un canal de base y altura= 0.56mx0.80m.

Tabla 20

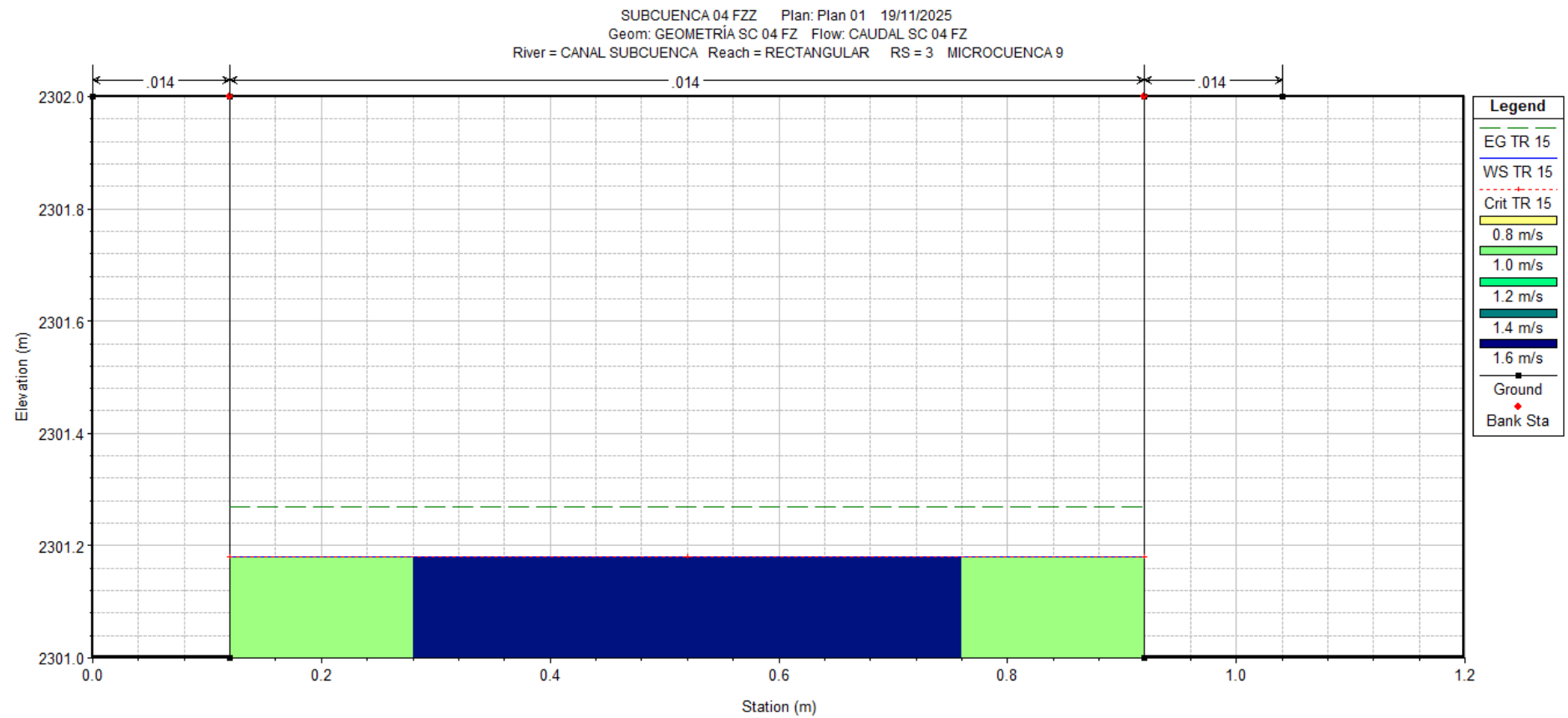
Subcuenca 4 conformado por las microcuencas de 9 y 10.

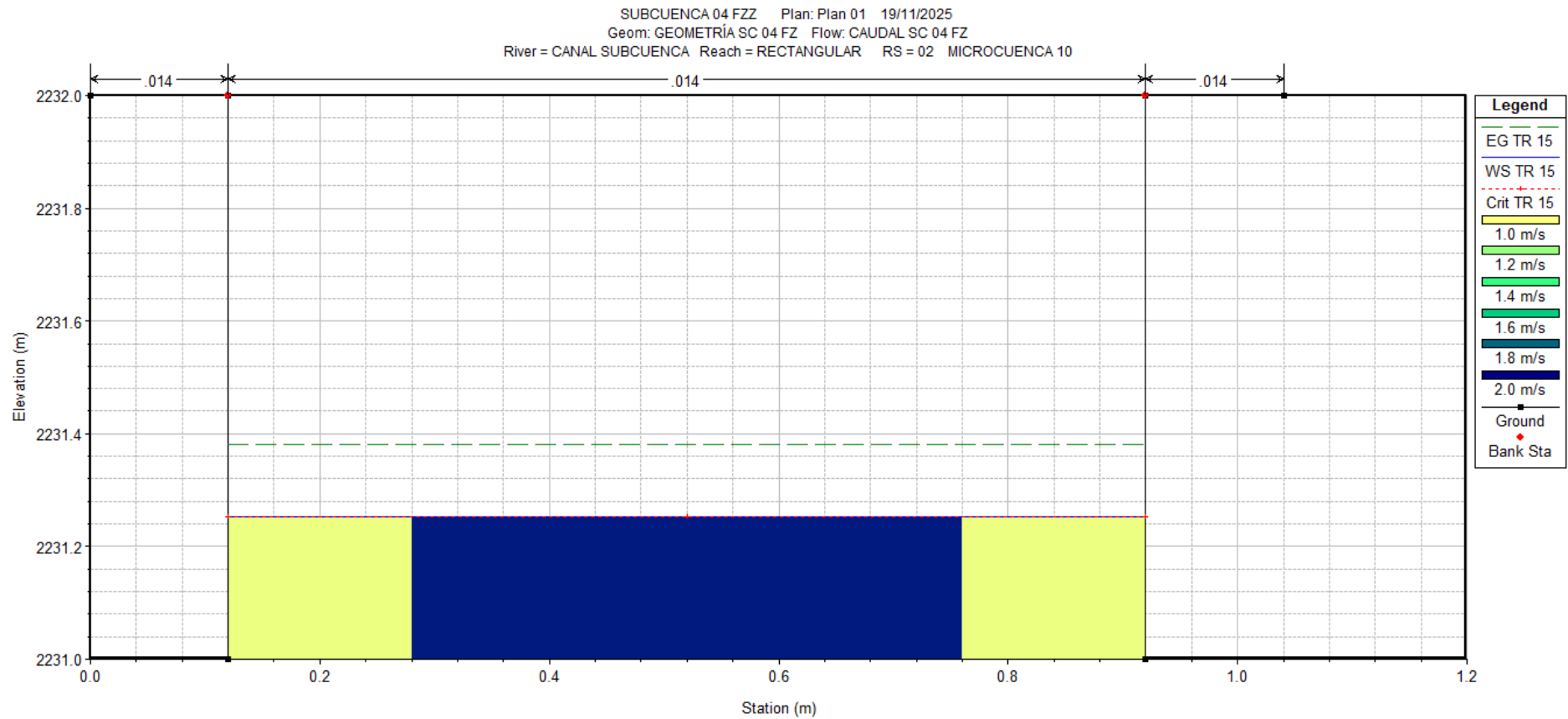


Nota. Correspondientes a las microcuencas 09 y 10 respectivamente para cada canal existente.

Figura 18

Características del canal de sub cuenca 04 con microcuencas 9 y 10.





Nota. Para la transversal rectangular del canal de la microcuenca 9 y 10, para un diseño de $0.32 \text{ m}^3/\text{s}$, los colores indican el comportamiento de las velocidades, son menores en los bordes y mayor en el centro, la línea roja confirma un régimen subcrítico, línea verde es la línea de energía del flujo.

Tabla 21

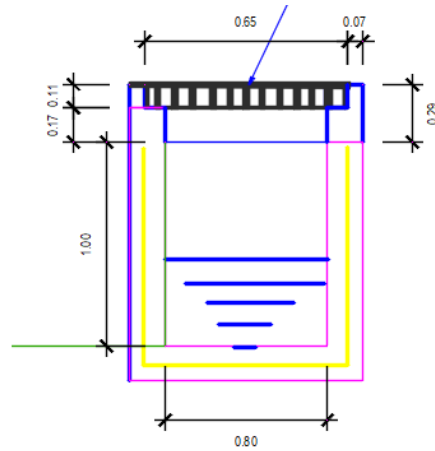
Resumen del canal de la microcuenca 04

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
RECTANGULAR	3	TR 15	0.19	2301	2301.18	2301.18	2301.27	0.00556	1.32	0.14	0.8	1
RECTANGULAR	2	TR 15	0.32	2231	2231.25	2231.25	2231.38	0.005918	1.58	0.2	0.8	1.01
RECTANGULAR	1	TR 15	0.32	2189	2189.25	2189.25	2189.38	0.005908	1.58	0.2	0.8	1.01

Nota. Correspondientes a las microcuencas 9 y 10.

Figura 19

Secciones transversales del canal propuesto para su diseño hidráulico.



Nota. Esta subcuenca cuenta con canal de drenaje existente, de base y altura de 0.8mx1.0m.

5.2 Discusión

1. Discusión del objetivo general. Se determinó el comportamiento de los sistemas de drenaje pluvial frente a las precipitaciones máximas usando la serie de precipitación máxima en 24 h de PISCOP (1992–2016), ajustada a distribución Normal, obteniéndose una lluvia de 40,99 mm y un tiempo de concentración de 2,18 h para el TR = 15 años. Con estos parámetros se calcularon los caudales de diseño por microcuenca y se verificó, mediante HEC-RAS, que los canales existentes de las subcuencas 1, 2 y 4 trabajan en régimen subcrítico y sin desborde, mientras que la ausencia de canal en la subcuenca 3 evidenció una zona vulnerable. En conjunto, los resultados mostraron un sistema parcialmente suficiente, similar a lo reportado en estudios donde la infraestructura funciona aceptablemente en algunos tramos, pero requiere cierres de red y mejoras puntuales en sectores deficitarios.

2. Del objetivo específico 1. Se evaluó el comportamiento de los sistemas de drenaje pluvial frente a la intensidad y la acumulación de caudales máximos por microcuenca, del orden de 0,13 a 0,78 m³/s, se integraron en subcuencas que alcanzaron hasta 1,77 m³/s en el canal principal. La simulación hidráulica mostró que, para el TR = 15 años, las secciones rectangulares existentes conducen estos caudales sin sobrepasar su capacidad, de modo que la acumulación de esorrentía no generó condiciones de desborde bajo el escenario adoptado. Esto indica que, en los tramos con canal construido, la magnitud de los caudales resultó compatible con el diseño actual.

3. Del objetivo específico 2. Se evaluó el comportamiento de los sistemas de drenaje pluvial frente a la duración de la precipitación que influyen en la acumulación de caudales pluviales mostrando que las pendientes relativamente altas (≈ 6 –11 %) y las longitudes de aporte favorecieron tiempos de concentración bajos y picos rápidos de caudal. Sin embargo, en las subcuencas 1, 2 y 4 la existencia de canales continuos permitió

encauzar esta energía hidráulica y evacuar el flujo sin desbordes, mientras que en la subcuenca 3 la inexistencia de canal convirtió a la topografía y al trazado vial en factores de riesgo al concentrar el escurrimiento sobre la superficie de la vía, justificando la propuesta de una sección nueva.

4. Discusión del objetivo específico 3. Se evaluó el comportamiento de los sistemas de drenaje pluvial frente a la frecuencia de la precipitación verificando que las secciones rectangulares de las subcuencas 1, 2 y 4 (como $1,00 \times 1,20$ m; $0,56 \times 0,80$ m y $0,80 \times 1,00$ m) presentaron tirantes inferiores a la altura total y velocidades del orden de 1,3–5,0 m/s, por lo que hidráulicamente resultaron suficientes para el caudal de verificación de 15 años. No obstante, la falta de un canal en la subcuenca 3 evidenció una condición incompleta del sistema, ya que ese sector depende de la escorrentía superficial y de la capacidad aguas abajo, lo que confirma la necesidad de ejecutar la sección propuesta para asegurar un funcionamiento integral del drenaje en Patibamba baja.

VI. Conclusiones

1. Del objetivo general 1. Se Determinó el comportamiento de los sistemas de drenaje pluvial frente a las precipitaciones máximas en el sector de Patibamba baja estableciendo que, con una lluvia de diseño de 40,99 mm para $TR = 15$ años y un tiempo de concentración de 2,18 h, los caudales generados por las microcuencas pueden ser evacuados adecuadamente por los canales existentes en las subcuencas 1, 2 y 4, que operan en régimen subcrítico y sin desborde, mientras que la subcuenca 3 requiere la construcción de un nuevo canal rectangular para completar la red y reducir la vulnerabilidad local.

2. Del objetivo específico 1. Evaluó el comportamiento de los sistemas de drenaje pluvial frente a la intensidad de la precipitación determinando que los caudales máximos por microcuenca (0,13–0,78 m³/s) y por subcuenca (hasta 1,77 m³/s) fueron conducidos dentro de las secciones existentes sin sobrepasar su capacidad hidráulica para el $TR = 15$ años, por lo que la acumulación de escurrimiento, en los tramos con canal construido, no generó condiciones de colapso bajo el escenario analizado.

3. Conclusión del objetivo específico 2. Evaluó el comportamiento de los sistemas de drenaje pluvial frente a la duración de precipitación que influyen en la acumulación de caudales pluviales concluyendo que la combinación de pendientes pronunciadas, áreas de aporte definidas y trazado vial canalizado favoreció la rápida concentración de caudales, pero al mismo tiempo permitió dirigirlos hacia los canales de las subcuencas 1, 2 y 4, donde pudieron evacuarse de forma controlada. En cambio, en la subcuenca 3 la ausencia de canal convirtió a estos mismos factores externos en elementos que incrementan el riesgo de acumulación superficial.

4. Conclusión del objetivo específico 3. Evaluó el comportamiento de los sistemas de drenaje pluvial frente a la frecuencia de la precipitación verificando que las secciones rectangulares existentes en las subcuencas 1, 2 y 4 presentan dimensiones adecuadas para los caudales de diseño adoptados, al trabajar con tirantes inferiores a la altura total y velocidades compatibles con el material de revestimiento. Sin embargo, la inexistencia de un canal en la subcuenca 3 evidenció que el sistema de evacuación es incompleto, y que su cierre mediante la sección propuesta es indispensable para consolidar el drenaje del sector.

VII. Recomendaciones

1. Del objetivo general. Determinar en futuros estudios el comportamiento de los sistemas de drenaje pluvial para periodos de retorno mayores y posibles escenarios de cambio climático, actualizando las series de precipitación y los caudales de verificación, a fin de confirmar si las secciones existentes continúan siendo suficientes o requieren redimensionamiento, y así orientar la planificación de inversiones y obras de drenaje en Patibamba baja.

2. Del objetivo específico 1. Evaluar periódicamente las intensidades de las precipitaciones, actualizando las áreas tributarias, el grado de impermeabilización y las condiciones de escorrentía, e incorporando registros de eventos intensos que permitan contrastar caudales medidos con los caudales teóricos utilizados en esta tesis, de modo que se ajusten los parámetros hidrológicos y se mantenga la coherencia entre la capacidad de los canales y la realidad hidrológica del sector.

3. Del objetivo específico 2. Evaluar de manera sistemática la duración de las precipitaciones los cuales influyen en la acumulación de caudales pluviales, estableciendo un programa de inspecciones y mantenimiento preventivo en sumideros, rejillas y canales para controlar obstrucciones, así como un monitoreo de cambios en el uso del suelo y en la infraestructura vial, de forma que estos elementos no reduzcan la capacidad efectiva del sistema ni incrementen innecesariamente el riesgo de anegamientos.

4. Del objetivo específico 3. Evaluar y ejecutar la construcción del canal proyectado para la subcuenca 3, integrándolo hidráulicamente con los tramos existentes, y complementar ello con un plan de mantenimiento rutinario y periódico para las secciones de las subcuencas 1, 2 y 4, orientado a limpieza, control de erosión y reparación de daños,

garantizando que la frecuencia de la precipitación no afecte a la estructura actual del sistema de evacuación y se mantenga compatible con los caudales de diseño.

VIII. Referencias

INDECI. (s. f.). *Mapas de peligros de la ciudad de Abancay* (BVPAD).

https://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_Apurimac/abancay/abancay_mp.pdf

Kilgore, R. (2024). *Urban drainage design (HEC-22), 4th edition* (FHWA-HIF-24). U.S. Department of Transportation.

https://rosap.nhtl.bts.gov/view/dot/74311/dot_74311_DS1.pdf

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). *Norma técnica CE.040 drenaje pluvial* (RM 126-2021-VIVIENDA). [https://cdn-](https://cdn-web.construccion.org/normas/files/vivienda/RM_126-2021-Vivienda.pdf)

[web.construccion.org/normas/files/vivienda/RM_126-2021-Vivienda.pdf](https://cdn-web.construccion.org/normas/files/vivienda/RM_126-2021-Vivienda.pdf)

Almiron G., (2023). “*Análisis de las precipitaciones y caudales para el diseño de sistema de drenaje pluvial en la micro cuenca Sahuanay de la ciudad de Abancay*”. [Tesis de grado, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. Repositorio UNAMBA.

<https://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1317>

Álvares M. (2018). *Hidráulica aplicada para ingenieros civiles*. (1.^a Ed). Área de innovación y desarrollo, S.L.

<http://dx.doi.org/10.17993/IngyTec.2018.37>

Andimuthu R., Kandasamy P., Mudgal B., et al. (2019). Rendimiento de la red de drenaje pluvial urbano en escenarios climáticos cambiantes: mitigación de inundaciones en una ciudad costera de la India. *Scientific reports*, 7783(9).

<https://doi.org/10.1038/s41598-019-43859-3>

Andrades, M., Muñoz, C., (2012). *Fundamentos de climatología*. (2.^a Ed). Universidad de la Rioja, servicio de publicaciones.

https://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_libro?codigo=267903

Avila, A., (2020). “*Comportamiento del sistema de drenaje pluvial ante precipitaciones extremas en la Avenida San Martín de Porres-Cajamarca*”. [tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN.

<https://hdl.handle.net/11537/30236>

Baeza, E. (2018). *Drenaje de aguas lluvia y residuales*. Biblioteca del congreso Nacional de Chile.

https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/26134/2/Informe_Drenaje_Pluvial_y_Residuales.pdf

Bateman, (2007). *Hidrología Básica y Aplicada*. P. 2.

<https://www.upct.es/~minaees/hidrologia.pdf>

Carrera D., (2022). “*Manual de diseño y construcción del drenaje pluvial basado en el mapa de la comisión nacional del agua (CONAGUA), México*” ResearchGate.

<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.23170.76488>

Cazau, P. (2006). *Introducción a la investigación en ciencias sociales*. (3.^a Ed). p. 7.

https://educacionparatodalavida.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/10/cazau_pablo_-_introduccion_a_la_investigacion.pdf

Chiarito E., et al. (2018). “Metodologías para la estimación del coeficiente de escorrentía en áreas urbanizadas mediante teledetección” *Cuadernos del Curiham*. 27(24):25-36.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7260049>

Chiroque C. (2020). *Evaluación de peligro por inundación pluvial en el predio La Despensa. Distrito de Leonardo Ortiz, provincia de Chiclayo, región Lambayeque*. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. A7116, 37p.

<https://hdl.handle.net/20.500.12544/3070>

Fathy I., et al., (2020). “El impacto negativo de los bloqueos en la red de drenaje de aguas pluviales” *Agua*. 12 (7): 1974.

<https://doi.org/10.3390/w12071974>

Flores M., Berrios R., (2023). “*Diseño de un sistema de alcantarillado pluvial para mitigar los riesgos por inundaciones generados en la junta vecinal Virgen del Carmen del Distrito de Tacna – 2023*”. [Tesis de grado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio UPT.

<http://hdl.handle.net/20.500.12969/3145>

Hernández, R. Fernández, C. Baptista M. (2014). *metodología de la investigación*. (6.^a Ed). McGraw-Hill Interamericana editores, S. A. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

Hoang L., et al., (2024). “Evaluación de los impactos de la urbanización y el cambio climático en el sistema de drenaje urbano” *River IWHR wiley*. Vol(3), 2:181-190. <https://doi.org/10.1002/rvr2.83>

Morán, G., Alvarado, D. G. (2010). *métodos de investigación (1.^a Ed)*. Pearson Educación. <https://mitrabajodegrado.files.wordpress.com/2014/11/moran-y-alvarado-metodos-de-investigacion-1ra.pdf>

Nadeesha, et al., (2017). Síndrome de desagües bloqueados: degradación física del sistema de drenaje pluvial en una ciudad compacta. *Revista de nanociencia computacional y teórica*. 23(02):1407-1411. <http://dx.doi.org/10.1166/asl.2017.8388>

Norma Técnica CE.040 (2021). Drenaje Pluvial del reglamento nacional de edificaciones. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366728/CE.040%20DRENAJE%20PLUVIAL_RM%20126-2021-VIVIENDA.pdf

- NT OS.060. (2006). *Norma Técnica Drenaje Pluvial Urbano*.
https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/O S.060.pdf
- Ñaupas, H. Valdivia, M. Palacios, J. y Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación*. (5.^a Ed). Ediciones de la u.
http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abus o/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf
- Ponce V., (1989). *Engineering Hydrology*. P.122.
<https://es.scribd.com/document/385293579/Engineering-Hydrology-V-M-Ponce>
- Purizaca F., Saucedo A., (2020). “*Diseño de drenaje pluvial urbano en la avenida Jesús de Nazareth, distrito Trujillo, provincia Trujillo, departamento La Libertad, 2020*”. [tesis de grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/62263>
- Robles N., (2020). “*Diseño del sistema de drenaje para la evacuación de aguas pluviales de la Av. Larco – Trujillo*”. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/52711>
- Rodríguez, W. (2011). *Guía de investigación científica*. (1.^a Ed). Universidad de ciencias y humanidades.
https://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12872/23/rodriguez_arainaga_walabonso_guia%20_investigacion_cientifica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Samouei S., Özger M., (2020). “Un modelo de lluvia escorrentía para zonas altamente urbanizadas Áreas: Un estudio de caso en la Universidad Técnica de Estambul Campus principal de la universidad” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 737. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/737/1/012163>
- Sánchez, H., Reyes, C., Mejía, K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. (1.^a Ed). Universidad Ricardo palma P. 79.

<https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf>

Sotomayor M., Ortiz K., (2022). “*Análisis Hidráulico y Estructural del Drenaje Pluvial para mitigar las Inundaciones en el centro de la ciudad de Abancay, Apurímac*”. [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio URP. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/7737>

Takele S., (2023). “Evaluación del desempeño de los sistemas de drenaje ante escenarios futuros y medidas de mitigación de inundaciones mediante un modelo de gestión de aguas pluviales” *City and Environment Interactions*. Vol(19):100111. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2023.100111>

Teshome, M., (2020). “Una revisión de estudios recientes sobre el sistema de drenaje de aguas pluviales urbanas para la gestión de inundaciones urbanas” *Preprints*. 2020. <http://dx.doi.org/10.20944/preprints202010.0295.v2>

Victoria P., (2021). “*Diseño de un sistema de drenaje pluvial urbano en la ciudad de Otuzco, la Libertad mediante el uso del modelo matemático SWMM*”. [Tesis de grado, Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/21652>

Villón M., (2004), Hidrologia. (1.^a Ed). Editorial tecnológica de Costa Rica. <https://www.perlego.com/es/book/1924994/hidrologia-pdf>

Wolf P., Ghilani C., (2015). *Topografía*. (14.^a Ed). Alfaomega. https://www.academia.edu/45601336/Topograf%C3%ADa_Topograf%C3%ADa_Decimocuarta_edici%C3%B3n

/RV DQH[RV SDQHO IRWRJUILLFR \ RWURV GRFXPHQW
UHSRVLWRULR GLJLWDO LQVWLWXFLRQDO HQ OD %LE
\$QGHV