

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**Modelación hidráulica mediante la utilización del Software SWMM
para una red pluvial ubicada en Fila Alta, provincia de Jaén 2021**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Catherine Lourdes Herrera Saavedra

ASESOR

Roberto Bruno Reyes Aspiros

<https://orcid.org/0000-0002-1433-7750>

Chiclayo, 2023

**Modelación hidráulica mediante la utilización del Software
SWMM para una red pluvial ubicada en Fila Alta, provincia
de Jaén 2021**

PRESENTADA POR:

Catherine Lourdes Herrera Saavedra

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR:

Wilmer Moisés Zelada Zamora

PRESIDENTE

Ángel Antonio Ruiz Pico

SECRETARIO

Roberto Bruno Reyes Aspiros

VOCAL

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mi madre Doris, a mi abuela Angelita por apoyarme siempre, por guiarme hacia el camino de la superación y forjarme en la persona que soy hoy. A mis tías Violeta y Zenaida por su compañía y por estar presentes durante el tiempo realizado de mi trabajo.

Agradecimiento

Agradecer, principalmente, a Dios por guiar mi camino a lo largo de mi carrera profesional y permitirme estar junto a las personas que amo.

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

5%

2

repositorio.unj.edu.pe

Fuente de Internet

3%

3

doku.pub

Fuente de Internet

3%

4

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

2%

5

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.unjbg.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%

9

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

Índice

Resumen	12
Abstract	13
Introducción	14
Revisión de literatura	17
Bases teórico-científicas	20
Materiales y métodos	46
Tipo de estudio	46
Población	46
Métodos de investigación	46
Técnicas de recolección de datos	47
Instrumentos de recolección de datos	49
Plan de procesamiento para Análisis de datos	50
Resultados	51
Recopilación de información	51
Descripción de cuenca urbana	53
Estudio hidrológico	59
Evaluación de la situación actual del alcantarillado pluvial	70
Modelamiento de la red pluvial en Software SWMM	88
Diseño del Sistema de Drenaje Pluvial	107
Plan de mantenimiento para periódico con el fin de conservar el sistema de alcantarillado analizado	114
Resultados de comparación con el Software WaterCad	117
Discusión	118
Conclusiones	119
Recomendaciones	120
Referencias	121
Anexos	122
Anexo n°01: Documentación de declaración jurada de no duplicidad.....	122
Anexo n°02: Vista Satelital Google Earth.....	123
Anexo n°03: Vista de planta plano catastral de Jaén.....	123
Anexo n°04: Topografía.....	124
Anexo n°05: Certificado de calibración de Estación Total.....	133
Anexo n°06: Factura electrónica de Drone DJI phantom 4 pro v2.....	134
Anexo n°07: Formato de encuesta.....	135

Lista de ilustraciones

Ilustración 1 Ciclo hidrológico. Fuente: hidrología.usal.es.....	21
Ilustración 2 Fórmula de Tiempo de retorno.....	22
Ilustración 3 Estimación de período de retorno.....	22
Ilustración 4 Fórmula de intensidad de precipitación.	22
Ilustración 5 Fórmula de curvas intensidad-duración-frecuencia.	23
Ilustración 6 Curva IDF.....	23
Ilustración 7 Fórmula racional para hallar el caudal de diseño.	24
Ilustración 8 Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el método racional. Fuente: NORMA CE.040 Drenaje pluvial.	24
Ilustración 9 Coeficientes de escorrentía promedio para áreas urbanas para 5 y 10 años de periodo de retorno. Fuente: NORMA CE.040 Drenaje pluvial.....	25
Ilustración 10 Tipos de sumideros, sumidero lateral de sardinel o solera. Fuente: NORMA CE.040 Drenaje pluvial.	27
Ilustración 11 Tipos de sumideros, Sumidero lateral de sardinel, Sumidero de fondo. Fuente: NORMA CE.040 Drenaje pluvial.	27
Ilustración 12 Tipos de sumideros, sumidero mixto o combinado. Fuente: NORMA CE.040 Drenaje pluvial.	27
Ilustración 13 Ubicación de los sumideros en intersección de las calles. Fuente: NORMA CE.040 Drenaje pluvial.	28
Ilustración 14 Sección transversal de cunetas. Fuente: NORMA CE.040 Drenaje pluvial.....	29
Ilustración 15 Fórmula de la velocidad crítica.	32
Ilustración 16 Imagen de la ventana de Software SWMM.....	34
Ilustración 17 Pendiente de conductos, resultados de la Tesis “Evaluación del riesgo de inundación mediante modelo de gestión de aguas pluviales del sector sur de la ciudad de Cajamarca” [2]	34
Ilustración 18 Capacidad de conductos, resultados de la Tesis “Evaluación del riesgo de inundación mediante modelo de gestión de aguas pluviales del sector sur de la ciudad de Cajamarca” [2]	35
Ilustración 19 Velocidad de conductos, resultados de la Tesis “Evaluación del riesgo de inundación mediante modelo de gestión de aguas pluviales del sector sur de la ciudad de Cajamarca” [2]	35
Ilustración 20 Inundación de los nodos, resultados de la Tesis “Evaluación del riesgo de inundación mediante modelo de gestión de aguas pluviales del sector sur de la ciudad de Cajamarca” [2]	36
Ilustración 21 Ventana de ajustes básicos para ID Labels, resultados de la Tesis “Análisis y diseño de la red de alcantarillado y drenaje pluvial en el distrito de alto selva alegre “El Mirador” provincia de Arequipa mediante el programa swmm 5.1” [17]	41
Ilustración 22 Esquema de la Cuenca “El Mirador” en EPA SWMM, resultados de la Tesis “Análisis y diseño de la red de alcantarillado y drenaje pluvial en el distrito de alto selva alegre “El Mirador” provincia de Arequipa mediante el programa swmm 5.1” [17]	42
Ilustración 23 Ventana de edición de SWMM, resultados de la Tesis “Análisis y diseño de la red de alcantarillado y drenaje pluvial en el distrito de alto selva alegre “El Mirador” provincia de Arequipa mediante el programa swmm 5.1” [17]	42
Ilustración 24 Esquema del modelo planteado de las Subcuencas, resultados de la Tesis “Análisis y diseño de la red de alcantarillado y drenaje pluvial en el distrito de alto selva alegre “El Mirador” provincia de Arequipa mediante el programa swmm 5.1” [17]	43
Ilustración 25 Levantamiento topográfico de la zona. Fuente: Elaboración propia.	51
Ilustración 26 Levantamiento fotogramétrico de la zona. Fuente: Elaboración propia.....	52
Ilustración 27 Mapa y Delimitación de la Cuenca etapa I de Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.....	53
Ilustración 28 Delimitación de la cuenca en subcuencas de la etapa I de Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.	54
Ilustración 29 Gráfico de línea de Prueba de Bondad para ajuste de precipitaciones en la Estación La Cascarilla. Fuente: Elaboración propia.	61

Ilustración 30 Gráfico de barras de Prueba de Bondad para ajuste de precipitaciones en la Estación La Cascarilla. Fuente: Elaboración propia.	62
Ilustración 31 Diagrama de dispersión de Prueba de Bondad para ajuste de precipitaciones en la Estación La Cascarilla. Fuente: Elaboración propia.	62
Ilustración 32 Gráfico de línea de Prueba de Bondad para ajuste de precipitaciones en la Estación El Pintor. Fuente: Elaboración propia	63
Ilustración 33 Gráfico de barras de Prueba de Bondad para ajuste de precipitaciones en la Estación El Pintor. Fuente: Elaboración propia.	64
Ilustración 34 Diagrama de dispersión de Prueba de Bondad para ajuste de precipitaciones en la Estación El pintor. Fuente: Elaboración propia.....	64
Ilustración 35 Formula de R. Temez para calcular el tiempo de concentración. Fuente: Elaboración propia	68
Ilustración 36 Formula de california Culverts Practice para calcular el tiempo de concentración. Fuente: Elaboración propia	68
Ilustración 37 Formula de Kirpich para calcular el tiempo de concentración. Fuente: Elaboración propia	68
Ilustración 38 Evaluación de resultados, promedio de fórmulas para para calcular el tiempo de concentración. Fuente: Elaboración propia	68
Ilustración 39 Hietograma para 50 años de Periodo de Retorno. Fuente: Elaboración propia....	70
Ilustración 40 Modelamiento en Software SWMM, contexto actual. Fuente: SWMM, Elaboración propia.	71
Ilustración 41 Perfil Longitudinal del río Zanja Honda. Fuente: SWMM, Elaboración propia..	71
Ilustración 42 Primera parte de la estructura de emboquillado de piedra para la evacuación de agua pluvial intersección de la calle Leoncio Prado y Jr. César Vallejo. Fuente: Elaboración propia.....	72
Ilustración 43 Primera parte de la estructura de emboquillado de piedra para la evacuación de agua pluvial intersección de la calle Leoncio Prado y Jr. César Vallejo. Fuente: Elaboración propia.....	73
Ilustración 44 Segunda parte de la estructura de emboquillado de piedra para la evacuación de agua pluvial intersección de la calle Diego Ferré y Jr. Víctor Andrés Belaunde. Fuente: Elaboración propia.	73
Ilustración 45 Segunda parte de la estructura de emboquillado de piedra para la evacuación de agua pluvial intersección de la calle Diego Ferré y Jr. Víctor Andrés Belaunde. Fuente: Elaboración propia.	74
Ilustración 46 Tercera parte de la estructura de emboquillado de piedra para la evacuación de agua pluvial intersección de la calle Francisco de Miranda y Jr. Víctor Andrés Belaunde. Fuente: Elaboración propia.	74
Ilustración 47 Tercera parte de la estructura de emboquillado de piedra para la evacuación de agua pluvial intersección de la calle Francisco de Miranda y Jr. Víctor Andrés Belaunde. Fuente: Elaboración propia.	75
Ilustración 48 Cara anterior de emboquillado de piedra y desembocadura de sumidero en intersección Elías Aguirre con Víctor Raúl Haya de la Torre, Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.....	75
Ilustración 49 Cara lateral de emboquillado de piedra y desembocadura de sumidero en intersección Elías Aguirre con Víctor Raúl Haya de la Torre, Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.....	76
Ilustración 50 Emboquillado de piedra y desembocadura de sumidero en intersección Elías Aguirre con Víctor Raúl Haya de la Torre, Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.....	76
Ilustración 51 Colapso de buzón, intersección Elías Aguirre con Rodríguez de Mendoza, Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.	77
Ilustración 52 Presencia de basura, intersección Miguel Grau con Juan Pablo Vizcardo y Guzmán, Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.....	77
Ilustración 53 Cara anterior del recorrido final de la Zanja Honda, intersección Francisco Bolognesi con Juan Pablo Vizcardo y Guzmán, Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.	78
Ilustración 54 Colapso de buzón, intersección Francisco Bolognesi con Juan Pablo Vizcardo y	

Guzmán, Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.....	78
Ilustración 55 Zona de vertido de la quebraba seca Zanja Honda intersección Francisco Bolognesi con Juan Pablo Vizcardo y Guzmán, Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.	79
Ilustración 56 Erosión de la capa de terreno y presencia de contaminación en la intersección de Elías Aguirre con Juan Pablo Vizcardo y Guzmán. Fuente: Elaboración propia.	79
Ilustración 57 Presencia de erosión y vegetación a lo largo de la calle Diego Ferré. Fuente: Elaboración propia.	80
Ilustración 58 Presencia de erosión y vegetación a lo largo de la calle Francisco de Miranda. Fuente: Elaboración propia.	80
Ilustración 59 Presencia de sardinel a lo largo de la calle Elías Aguirre. Fuente: Elaboración propia.....	81
Ilustración 60 Pregunta 1: ¿Durante los años que vives en el sector ha sido afectado por desbordamiento de desagüe y problema de basura? Fuente: Elaboración propia.	81
Ilustración 61 Pregunta 2: ¿Usted cree que su propiedad está en una zona afectada por desbordamiento de desagüe y problema de basura? Fuente: Elaboración propia.	82
Ilustración 62 Pregunta 3: ¿Existe algún proyecto de mitigación para evitar el desbordamiento de desagüe y problema de basura? Fuente: Elaboración propia.....	82
Ilustración 63 Pregunta 4: ¿Crees que se les da la debida importancia a los temas de prevención y mitigación ante desbordamiento de desagüe y problema de basura? Fuente: Elaboración propia.....	83
Ilustración 64 Pregunta 5: ¿Tienes conocimiento de las amenazas y riesgos a la que está expuesto el sector de Fila Alta? Fuente: Elaboración propia.	83
Ilustración 65 Pregunta 6: ¿Menciona cuáles son las amenazas y riesgos a la que está expuesto el sector de Fila Alta? Fuente: Elaboración propia.	84
Ilustración 66 Pregunta 7: ¿En qué meses del año sufre daños de desbordamiento de desagüe y problema de basura en tu comunidad con mayor frecuencia? Fuente: Elaboración propia.	84
Ilustración 67 Pregunta 8: ¿Estás consciente que las inundaciones en tiempos de lluvia son debido a que la gente tira basura en la calle y esto causa que se tapen los drenajes? Fuente: Elaboración propia.	85
Ilustración 68 Pregunta 9: ¿Sacas tu basura cuándo pasa el camión recolector? Fuente: Elaboración propia.	85
Ilustración 69 Pregunta 10: ¿Piensas que la población es culpable por falta de educación sanitaria sobre el problema de basura? Fuente: Elaboración propia.	86
Ilustración 70 Pregunta 11: ¿Te sientes cómodo/a viviendo frente a un problema ambiental que es el desbordamiento de desagüe y problema de basura? Fuente: Elaboración propia.	86
Ilustración 71 Modelamiento en Software SWMM, contexto futuro con período de retorno de 50 años. Fuente: SWMM, Elaboración propia.	87
Ilustración 72 Perfil Longitudinal del río Zanja Honda. Fuente: SWMM, Elaboración propia..	87
Ilustración 73 Project Defaults para iniciar el dibujo en SWMM. Fuente: Elaboración propia..	91
Ilustración 74 Añadir una cuenca. Fuente: SWMM.....	91
Ilustración 75 Añadir un nodo de unión. Fuente: SWMM.....	92
Ilustración 76 Añadir un conducto. Fuente: SWMM.	92
Ilustración 77 Añadir un vertido. Fuente: SWMM.	92
Ilustración 78 Esquema de las subcuencas del sector de Fila Alta, provincia de Jaén. Fuente: SWMM, Elaboración propia.	92
Ilustración 79 Vista del esquema de las subcuencas del área de estudio del sector de Fila Alta, provincia de Jaén. Fuente: SWMM, Elaboración propia.	93
Ilustración 80 Tiempo de series con la precipitación insertada cada 10 minutos. Fuente: SWMM, Elaboración propia.	93
Ilustración 81 Añadir pluviómetro. Fuente: SWMM, Elaboración propia.....	94
Ilustración 82 Datos del pluviómetro. Fuente: SWMM, Elaboración propia.....	94
Ilustración 83 Ventanas de edición de subcuenca (derecha) y nodo (izquierda). Fuente: SWMM, Elaboración propia.	94
Ilustración 84 Ventanas de edición de conducto (derecha) y vertido (izquierda). Fuente: SWMM, Elaboración propia.	95

Ilustración 122 Marcación de la E5.	Ilustración 123 Marcación de la E6.....	125
Ilustración 124 Marcación de la E7.	Ilustración 125 Marcación de la E8.....	126
Ilustración 126 Marcación de la E11.	Ilustración 127 Marcación de la E12.....	126
Ilustración 128 Marcación de la E13.	Ilustración 129 Marcación de la E14.....	127
Ilustración 130 Marcación de la E20.	Ilustración 131 Marcación de la E22.....	127
Ilustración 132 Marcación de la E24.	Ilustración 133 Marcación de la E26.....	128
Ilustración 134 Marcación de la E27.	Ilustración 135 Marcación de la E29.....	128
Ilustración 136 Dron. programado.	Ilustración 137 Fotografía de la tesista con el control de dron- programado.	129
Ilustración 138 Fotografía de la tesista con el control de dron-programado.		129
Ilustración 139 Trabajo de campo, tomando puntos, tesista y personal de apoyo.	Ilustración 140 Trabajo de campo, tomando puntos, tesista y personal de apoyo.....	130
Ilustración 141 Trabajo de campo, tomando puntos, tesista y personal de apoyo.	Ilustración 142 Trabajo de campo, tomando puntos, tesista y personal de apoyo.....	130
Ilustración 143 Trabajo de campo, tomando puntos, tesista y personal de apoyo.		131
Ilustración 144 Trabajo de campo, tomando puntos, tesista y personal de apoyo.		131
Ilustración 145 Autora de esta tesis, visitando Zanja Honda del sector Fila Alta.		132
Ilustración 146 Formato de aplicación de encuestas para la tesis Modelación Hidráulica mediante la utilización del Software SWMM para una red pluvial ubicada en Fila Alta, provincia de Jaén 2021. Fuente: Elaboración propia.		135

Lista de tablas

Tabla 1 Tubería Coeficiente de Rugosidad "n" de Manning. Fuente: NORMA CE.040 Drenaje pluvial.....	29
Tabla 2 Áreas de subcuenca, contemplando nombre, número, área y lote de la etapa I de Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.	56
Tabla 3 Descripción de los colectores pluviales. Fuente: Elaboración propia.	59
Tabla 4 Precipitaciones Máximas en 24 Horas de la Estaciones La Cascarilla y El Pintor. Fuente: SENAMHI.....	60
Tabla 5 Prueba de Bondad para ajuste de precipitaciones en la Estación La Cascarilla. Fuente: Elaboración propia.	61
Tabla 6 Prueba de Bondad para ajuste de precipitaciones en la Estación El Pintor. Fuente: Elaboración propia.	63
Tabla 7 Periodo de retorno, con distribución teórica Pearson III. Fuente: Elaboración propia. .	65
Tabla 8 Modelo de Dick Peschke para IDF. Fuente: Elaboración propia.	66
Tabla 9 Intensidad de precipitación para curvas IDF. Fuente: Elaboración propia.	67
Tabla 10 Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia. Fuente: Elaboración propia.	67
Tabla 11 Cálculo del tiempo de concentración en Microcuenca-Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.....	67
Tabla 12 Cálculo de intensidad máxima para un periodo de retorno de 50 años. Fuente: Elaboración propia	69
Tabla 13 Precipitaciones en distintos periodos de retorno. Fuente: Elaboración propia.....	69
Tabla 14 Determinación del caudal aportante por Método Racional. Fuente: Elaboración propia.	70
Tabla 15 Caudales para diferentes períodos de retorno. Fuente: Elaboración propia.	70
Tabla 16 Cuadro de subcuencas, área y descripción de parámetros SWMM. Fuente: Elaboración propia.....	89
Tabla 17 Descripción de los colectores pluviales con nodo inicio y final. Fuente: Elaboración propia.....	90
Tabla 18 Tabla de resumen de obras de drenaje para alcantarillas con tapa. Fuente: Elaboración propia.....	109
Tabla 19 Tabla de resumen de obras de drenaje para canales a lo largo del río Zanja Honda. Fuente: Elaboración propia.	110
Tabla 20 Comparación del programa SWMM con el programa WaterCAD. Fuente: Elaboración propia.....	117

Resumen

La siguiente investigación se titula “**Modelación hidráulica mediante la utilización del software swmm para una red pluvial ubicada en Fila Alta, provincia de Jaén 2021**”.

Esta investigación surgió a partir de observaciones de problemas de inundaciones y desbordes provocados por fuertes lluvias en el sector de Fila Alta en la provincia de Jaén. El objetivo principal fue realizar una modelación hidráulica mediante la utilización del Software SWMM-Stormwater Management Model (Modelo de Gestión de Aguas Pluviales); teniendo como finalidad el comportamiento hidrológico e hidráulico de un avenamiento urbano, entre los objetivos específicos se evaluó la situación actual del alcantarillado de Fila Alta, se definió los parámetros geomorfológicos y se delimitó la cuenca urbana. Además, se hizo una propuesta de plan de mantenimiento periódico con el fin de conservar el sistema de alcantarillado pluvial existente.

Palabras claves: Alcantarillado pluvial, Comportamiento hidrológico e hidráulico, Crecidas de aguas de lluvia, Cuenca urbana, Parámetros geomorfológicos.

Abstract

The following research is titled "**Hydraulic modeling using swmm software for a rainwater network located in Fila Alta, province of Jaen 2021**". This research arose as a result of observing the problems of flooding and overflows caused by torrential rains in the Fila Alta sector of the province of Jaen. The main objective was to carry out hydraulic modeling using the SWMM Stormwater Management Model Software; having as its purpose the hydrological and hydraulic behavior of an urban drainage, among the specific objectives, the current situation of the Fila Alta sewer was evaluated, the geomorphological parameters were defined and the urban basin was delimited. In addition, a proposal for a periodic maintenance plan was made in order to preserve the existing storm sewer system.

Keywords: Storm sewer system, Hydrological and hydraulic behavior, Rainwater floods, Urban basin, Geomorphological parameters.

Introducción

Las redes de drenaje de agua de lluvia son parte esencial de un sistema integrado de gestión del agua, la ausencia de estos sistemas, el mal diseño y la falta de mantenimiento afectan a muchas áreas urbanas del mundo en el mundo [1]. Se estima que, los deficientes sistemas de drenaje urbano han provocado y siguen provocando inundaciones en varias partes del mundo, provocando miles de millones de dólares en daños a muchas instalaciones y viviendas de las ciudades en los últimos años, perjudicando la salud y la seguridad. Incluso estas inundaciones pueden convertirse en criaderos de mosquitos, contribuyendo a la propagación de la malaria, la fiebre amarilla, el dengue y otras enfermedades. [2]

Muchos países están adoptando políticas o medidas de mitigación ante desastres relacionados con la lluvia, para desacelerar o reducir el cambio; adaptan o aumentan la resiliencia de estas infraestructuras ante eventos extremos, lo que es un gran desafío ahora y en el futuro [3], por lo que la lucha contra los efectos negativos de la misma requiere no solo soluciones estructurales sino también otras soluciones no estructurales como la creación de alertas y la construcción de sistemas hidrológicos, donde podemos simular, corregir y aplicar racionalmente las medidas de ordenación del territorio. [4]

Según el INEI en Perú, actualmente el 74,3% de la población es urbana y para el 2025 llegaremos al 81,48% [5]. El desarrollo urbano cambia significativamente la hidrología de las cuencas; el proceso de mejora de las redes de drenaje y cambio de los flujos de aguas pluviales. La urbanización ha tenido como resultado la transformación de los cauces naturales que conforman las redes hidrológicas originales y generalmente profundas, afectando directamente su capacidad de drenaje y generando inundaciones. Debido a los criterios tradicionales que se encuentran en muchas urbanizaciones, el escurrimiento de aguas pluviales se modifica para eliminar las aguas pluviales de la forma más eficiente y rápida. [2] Esto implica evitar retenciones superficiales temporales y filtraciones, así como acelerar la circulación del agua hacia las partes bajas de la cuenca.

Siendo Perú un país no es ajeno a estos problemas, puesto que en el año 2019 se decretó el artículo N°035-2019-PCM, donde se declaró la zona norteña en estado de emergencia ante inundaciones y movimientos en masa durante el periodo de lluvias 2018 – 2019 [6]; evacuando los sitios más indefensos para que no sufran daños o perjuicios. Sin embargo,

las regiones peruanas han crecido indistintamente sin contar con proyectos verdaderamente útiles, ya sea esto consecuencia de falta de un proceso de planificación urbana con visión futurista a pesar de mostrar una gran vulnerabilidad ante variaciones climáticas drásticas.

El Departamento de Cajamarca sufre una expansión urbana cada año, cada provincia carece de planificación urbana y esto genera un desorden infraestructural que se refleja cuando las corrientes superficiales intentan sortear las ciudades de manera discreta, descontrolada, provocando inundaciones y desbordamientos [6].

Actualmente, el área de estudio, sector de Fila Alta en la ciudad de Jaén, carece de un enfoque holístico del desarrollo urbano; donde la presencia de la quebrada seca Zanja Honda [7]; desbordante en períodos de lluvias intensas y que cruza calles y se extiende de oeste a este sobre cultivos familiares, provocando incomodidad, pérdida económica y propagación de enfermedades por haber generar contaminación en el agua estancada, distorsionando así el sistema de drenaje natural. Además, con lluvias frecuentes, se dificulta la libre circulación de peatones y vehículos. Como resultado, en los últimos años se ha reconocido la vulnerabilidad del sector de Fila Alta a posibles inundaciones, ya que la falta de mantenimiento de la red de alcantarillado pluvial puede ayudar a reducir el impacto de las precipitaciones diarias en la región.

En síntesis, el modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado pluvial aplicado con el Software SWMM [8], esto nos mostrará la necesidad de una red de aguas pluviales eficaz para controlar los problemas de inundaciones, que reducirá los daños a las tierras agrícolas, los cultivos y la producción de alimentos, evitando así un aumento de las enfermedades bucodentales.

¿Cuál será el modelamiento hidráulico adecuado para la red pluvial de Fila Alta utilizando el Software SWMM?

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad proponer un modelamiento hidráulico de evacuación de las aguas de lluvia del sector de Fila Alta en Jaén, que permitirá reducir los problemas antes mencionados con la finalidad de beneficiar al sector agrícola, construcción, ganadera y a la sociedad de nuestra provincia.

La adaptación de una red pluvial representa una mejora en construcción de la infraestructura vial y circulación del tráfico vehicular y peatonal. El diseño de un drenaje de aguas de lluvia debe ser eficaz y eficiente, presentando un estudio de viabilidad en un informe descriptivo, precisando, analizando y especificando cada parámetro del Software SWMM e identificando los objetos del sistema y agrupándolos, teniendo en cuenta sus atributos, características y comportamientos de la zona de estudio.

En definitiva, este trabajo de investigación ayudará a mejorar el drenaje de aguas pluviales en Fila Alta, solucionando los problemas existentes, beneficiará la calidad de vida de los residentes. De igual manera, se pretende que este trabajo sirva de apoyo para futuras propuestas de alcantarillado pluvial y desfogues de aguas, permitiendo la elección de entre diversas alternativas en decisiones provinciales para la realización de proyectos hidráulicos.

El objetivo principal del presente proyecto fue realizar una modelación hidráulica mediante la utilización del Software SWMM para una red pluvial ubicada en el sector de Fila Alta, Provincia de Jaén 2021; y en los objetivos específicos se evaluó la situación actual del alcantarillado de Fila Alta, se definió los parámetros geomorfológicos y se delimitó la cuenca urbana. Finalmente, se hacen recomendaciones para un mantenimiento planificado para proteger el sistema de alcantarillado pluvial actual.

Revisión de literatura

Antecedentes

Antecedente internacional

Guanipa, Karla; Lugo, América; Rincón, Jean, “*ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE PARÁMETROS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS DEL MODELO SWMM Y SU APLICACIÓN EN SISTEMAS DE DRENAJE URBANO*”, *REVISTA GACETA TÉCNICA, Barquisimeto, Venezuela, 2020* [9].

El análisis de cada parámetro estudiado en este trabajo nos permitió sacar las siguientes conclusiones; de los métodos analizados para la estimación de la precipitación, el método menos sensible fue el de bloques alternos, con resultados obtenidos con respecto al caudal y nivel máximo de agua con alta sensibilidad. No se recomiendan tamaños para 5 min. Por el contrario, el método más sensible que incluye todos los parámetros analíticos es la triangulación, y no se recomienda su uso en este tipo de estudios.

Antecedente internacional

Prieto, Adrián, “*PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO PLUVIAL APLICADO AL CASO DE ESTUDIO EN LA COLONIA CUMBRES III DEL MUNICIPIO DE AGUASCALIENTES AGUASCALIENTES, UTILIZANDO EL SOFTWARE DE MODELACIÓN NUMÉRICA STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM)*”, *TESIS MÁSTER, Aguascalientes Ags., México, 2018* [5].

Este trabajo se desarrolló considerando las acciones hidráulicas debido a los valores variables combinados de lluvia e infiltración. Por ello, recomiendan un estudio cuidadoso de los parámetros físicos para evaluar mejor el recorrido del agua. El método racional americano tiene en cuenta el área hidráulica real dentro de la tubería, haciendo que sus resultados de predimensionamiento sean más seguros y precisos; por lo tanto, es importante utilizar el mismo método racional para ajustar la velocidad antes de la simulación que cuando se ajusta el SWMM máximo o mínimo posible, los ajustes necesarios se realizarán cuando se aumente la velocidad.

Antecedente nacional

Cateriano, Fiorela & Menacho, Luis, “*DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CUENCA IGNACIO MERINO DE PIURA USANDO EL PROGRAMA SWMM*”, TESIS PREGRADO, Piura, Perú, 2019 [6].

Para distribuir mejor la lluvia total, la cuenca se dividió en dos sistemas, cada uno de los cuales operó de manera independiente y con estructuras separadas para drenar el agua de lluvia al río Piura. Los valores obtenidos en el programa SWMM se acercan más a la situación real y toman en cuenta los parámetros de la cuenca, como durante todo el proceso de precipitación. Beneficiará un área de 2.100 hectáreas basándose en un período de recuperación de 25 años y proyecciones de población de la cuenca de aproximadamente 20 años. Además, se destacó la ineficiencia de la cámara de bombeo existente ya que no contaba con la potencia de bombeo requerida para los resultados de flujo obtenidos con el procedimiento y enfoque racional SWMM.

Antecedente nacional

Rojas, Paolo & Humpiri, Vladimir, “*EVALUACIÓN, DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD DE JULIACA CON LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE SWMM*”, TESIS PREGRADO, Puno, Perú, 2016 [7].

El modelado incluyó un componente de modelado de canales utilizando material ya disponible en el perfil de ingeniería y un estudio fundamental utilizando material de estudiantes de ingeniería. Adquiera un proyecto que asegure el funcionamiento del sistema de drenaje de aguas pluviales sin el uso de bombas, ya que las pequeñas inundaciones tienen un impacto mínimo en el medio ambiente del sistema de aguas pluviales. Finalmente, se debe mejorar la funcionalidad de las alcantarillas utilizando la norma GH-010, la norma RNE OS-060 y las condiciones de operación reguladas por el Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Juliaca.

Antecedente local

Abanto, Cristian, “*EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN MEDIANTE MODELO DE GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES DEL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA*”, *TESIS PREGRADO, Cajamarca, Perú, 2017* [8].

Los resultados por el Software SWMM han permitido establecer mapas donde uno de estos, el caudal es transportado sólo por las cunetas y el otro conduce el agua por las cunetas juntamente con las calzadas, siendo este último muy desfavorable para el recorrido peatonal, asimismo, se aportó un sistema de colectores para la escorrentía superficial debido a que presentaban una pendiente por encima del 3.5% muy distinto al de las calles transversales que sus declives eran mínimos, creando pequeños anegamientos.

Antecedente local

Zárate, Omar, “*MODELADO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL DRENAJE PLUVIAL MEDIANTE EL SOFTWARE SWMM PARA LA URBANIZACIÓN MONTEERRICO DE LA CIUDAD JAÉN - CAJAMARCA*”, *TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL, Jaén, Perú, 2020* [6].

Este modelo proporciona una interfaz más completa porque el análisis hidráulico es el más rápido y eficiente, y el período de recuperación del sistema de drenaje más grande es de 30 años y el nuevo riesgo es del 30%. Basado en el terreno accidentado del área, principalmente con pendientes altas y el 85% de impermeabilidad de la cuenca de la ciudad, se asumió un período de recuperación de 10 años en los cálculos de drenaje y cisterna, y el riesgo parece ser del 30%. Finalmente, se puede simular la cantidad y calidad de las aguas residuales que ingresan a las redes de aguas pluviales urbanas.

Bases teórico-científicas

Bases legales

Se tuvo en cuenta la normativa nacional del Perú a la hora de desarrollar el diseño del sistema de drenaje pluvia y alcantarillado. Se tuvieron en cuenta las siguientes normas:

- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), Norma OS.100
Abarca consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria, incluye información operación y mantenimiento de infraestructuras sanitarias para poblaciones urbanas. [10]
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)
Busca lograr un racional ordenamiento territorial mediante su función de diseñar, normar y ejecutar la política de promoción y desarrollo, formulando los planes nacionales sectoriales de desarrollo mediante la planificación, promoción y administración de la provisión y prestación de servicios públicos, de acuerdo con las leyes de la materia. [11]
- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), norma CE.040
Establece los lineamientos y requisitos mínimo para un diseño y construcción de obras de drenaje pluvial, permitiendo la construcción de una infraestructura que previene la acumulación del agua de lluvia, impidiendo el deterioro de edificaciones e inmuebles existentes, evitando la propagación de plagas y enfermedades. [12]

Análisis Hidrológico

Para establecer caudales punta en periodos de retorno, fue importante conocer la información pluviométrica, así como las características topográficas, longitud y pendiente, con el fin de determinar el coeficiente de caudal y el tiempo de concentración [13].

Ciclo Hidrológico

Es el movimiento general del agua; de forma ascendente es evaporación y de forma descendente empieza por las precipitaciones y luego en el terreno terrestre las escorrentías [14].

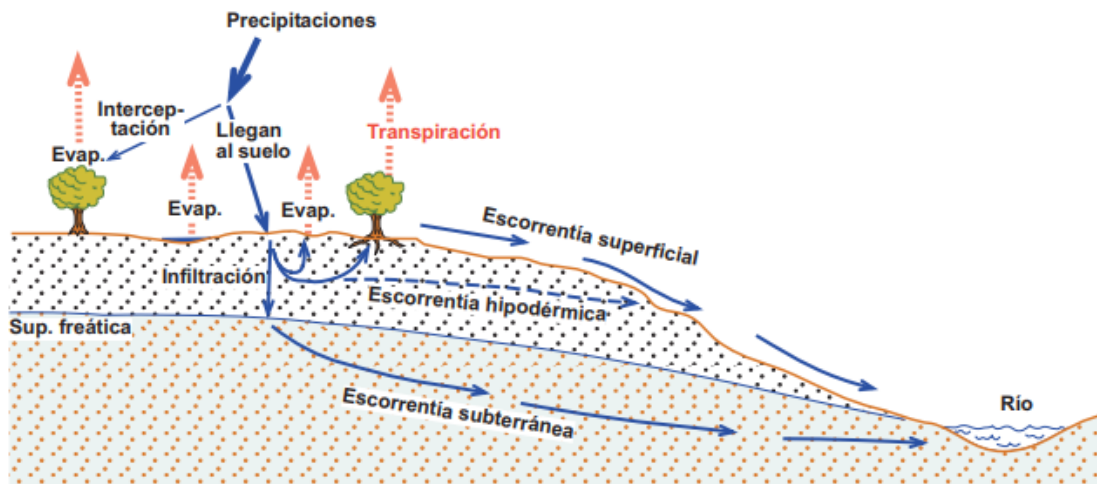


Ilustración 1 Ciclo hidrológico. Fuente: hidrología.usal.es.

Las siguientes fases son producidas por el ciclo hidrológico:

- a. Escorrentía: Es el agua proveniente de las precipitaciones que no es absorbida por el suelo ni evaporada por el sol; fluye sobre o por debajo de la capa terrestre. El recorrido del agua en esta fase es circular hasta llegar al hilo de una cuenca o quedarse retenida cuando las temperaturas son bajas, convirtiéndose en hielo o nieve [14].
- b. Evaporación: Es la conversión del agua líquida a estado gaseoso; Ocurre cuando la humedad atmosférica es inferior a la evaporación y requiere mucha energía.
- c. Infiltración: Es el agua de lluvia penetrada en el suelo no saturado [14].
- d. Precipitación: Es el agua que cae en forma de lluvia, granizo o nieve. Este fenómeno permite estimar los caudales de diseño de una cuenca, llevándose a cabo mediante los pluviómetros o pluviógrafos [15].
- e. Transpiración: Es el agua aprovechada por las plantas, el recorrido es desde la hoja hasta la raíz, donde mayormente es tomada para su crecimiento [14].

Cuenca Hidrológica

Es la zona de superficie terrestre donde las gotas de lluvia caen y son dirigidas por la corriente hacia una cuenca adyacente. Se divide en dos tipos: endorreicas y exorreicas; la primera tiene como punto de salida en la misma cuenca generalmente un lago y, la segunda, en el mar o alguna corriente cercana [14].

Características de la cuenca

- Fisiográficas: La propiedad más importante es el área de la cuenca, siendo una proyección horizontal en un área del sistema de escorrentía.

- Morfométricas: Son los rasgos propios de las cuencas, dados en valores numéricos, los cuales permiten delimitar exactamente una superficie de otra.

Periodo de retorno

Es la probabilidad de ocurrencia entre eventos en un determinado tiempo. Se determina considerando los daños o perjuicios que pueda tener una población en tiempo de inundaciones, además tomando en cuenta el área y la selección del valor que debe estar justificado [12].

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Ilustración 2 Fórmula de Tiempo de retorno.

Donde:

- R : riesgo de falla admisible
- T : periodo de retorno
- n : número de años de vida útil

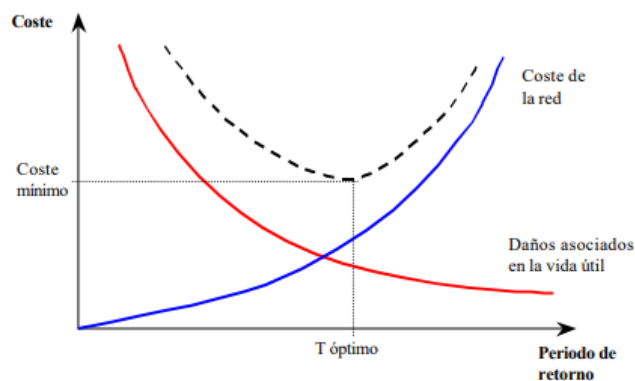


Ilustración 3 Estimación de período de retorno.

Intensidad, duración, frecuencia de precipitación (IDF)

Estos conceptos son los más utilizados para realizar un diseño hidráulico, estiman la posibilidad de ocurrencia de lluvia y la escorrentía de cuencas pequeñas impermeables [12].

La intensidad de las precipitaciones se define como:

$$i_{(t,T)} = \frac{P_{(t,T)}}{t}$$

Ilustración 4 Fórmula de intensidad de precipitación.

Donde:

- $i_{(t,T)}$: intensidad de la precipitación, de la duración t y periodo de retorno T
- $P_{(t,T)}$: profundidad de precipitación

Los datos obtenidos son plasmados en unas curvas exponenciales, las curvas IDF relacionan la intensidad de precipitaciones con la duración y frecuencia debido a que cuando disminuye la intensidad aumenta la duración de la precipitación [6].

$$i_{t,T} = \frac{P_{24,T}}{t_g} \cdot \left(\frac{t+b}{t_g+b} \right)^{n-1}, \text{ para: } t \leq t_g$$

Ilustración 5 Fórmula de curvas intensidad-duración-frecuencia.

Donde:

- $i_{(t,T)}$: intensidad de la precipitación, de la duración t y periodo de retorno T
- $P_{(24,T)}$: precipitación máxima en 24 horas para T años de periodo de retorno
- t : duración en horas
- t_g : duración con la cual se iguala la precipitación de 24 horas, en promedio de 15,2 horas para el Perú
- b y n : parámetros de tiempo y duración, respectivamente

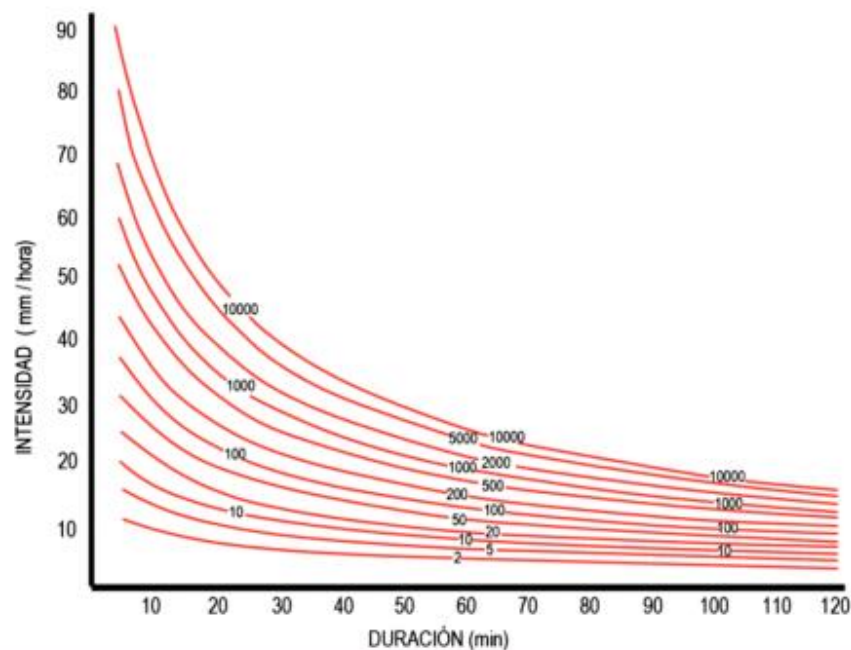


Ilustración 6 Curva IDF.

Caudal de diseño

Para la descarga de diseño se obtuvo por el método racional, utilizado para pequeñas áreas de drenaje.

- a) Método racional: En las zonas urbanas, una cuenca puede contener una subcuenca con diferentes características superficiales, y el caudal máximo se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Q = 0,278 \cdot i \cdot \sum_{j=1}^m C_j \cdot A_j$$

Ilustración 7 Fórmula racional para hallar el caudal de diseño.

Donde:

- Q : caudal pico en m³/s
- i : intensidad de lluvia en mm/hora
- A_j : área de drenaje de la j-enésima subcuenca en km²
- C_j : coeficiente de escorrentía para la j-enésima subcuenca
- m : número de subcuencas drenadas por alcantarillas o canales

- b) Coeficiente de escorrentía: Al elegir, se tuvo en cuenta el grado de impermeabilización y la pendiente de la superficie, las características y condiciones del terreno; también se tiene en consideración la intensidad de la precipitación.

CARACTERÍSTICA DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
ÁREAS DESARROLLADAS							
Asfáltico	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Concreto/Techo	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0 - 2%	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Promedio, 2 - 7%	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Pendiente superior a 7%	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50 al 75% del área)							
Plano, 0 - 2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Promedio, 2 - 7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente superior a 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60

Ilustración 8 Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el método racional. Fuente: NORMA CE.040 Drenaje pluvial.

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA
Calles	
Pavimento asfáltico	0,70 a 0,95
Pavimento de concreto	0,80 a 0,95
Pavimento de adoquines	0,70 a 0,85
Veredas	0,70 a 0,85
Techos y azoteas	0,75 a 0,95
Césped, suelo arenoso	
Pendiente plana (0 - 2%)	0,05 a 0,10
Pendiente promedio (2 - 7%)	0,10 a 0,15
Pendiente pronunciada (>7%)	0,15 a 0,20
Césped, suelo arcilloso	
Pendiente plana (0 - 2%)	0,13 a 0,17
Pendiente promedio (2 - 7%)	0,18 a 0,22
Pendiente pronunciada (>7%)	0,25 a 0,35

*Ilustración 9 Coeficientes de escorrentía promedio para áreas urbanas para 5 y 10 años de periodo de retorno.
Fuente: NORMA CE.040 Drenaje pluvial.*

Sistema de Drenaje Pluvial

Definición de Drenaje Pluvial

Es el conjunto de acciones materiales o no, las cuales deben evitar el desbordamiento e inundación de ciudades urbanas por aguas de lluvia, entorpeciendo el sistema vehicular y peatonal [15].

La construcción humana ha alterado las características naturales de la cuenca y dañado el proceso del ciclo hidrológico, el equilibrio normal del agua, la calidad del agua y las propiedades de compactación del suelo en las cuencas urbanizadas, lo que ha resultado en un aumento de la escorrentía superficial directa.

Cuando no se tiene un desfogue natural del flujo de agua pluvial, es necesario un sistema de drenaje, conduciendo el fluido por gravedad o bombeo hacia un punto de escape. Para diseñar y estudiar un buen drenaje urbano es necesario caracterizar las precipitaciones, obtener los hidrogramas de colectores y propagarlos.

Es importante contar con sistema de drenaje en zonas que llueve frecuentemente, debido a que siempre se ven afectadas por inundaciones, alterando el sistema vehicular, difundiendo enfermedades fecales/orales y daños económicos a los pobladores.

La red de Drenaje Pluvial

Es un conjunto de canales de drenaje e interceptación de aguas pluviales, colectores, canaletas, elegidos para cubrir los campos de tratamiento para garantizar que no se produzcan inundaciones y desbordamientos en la zona.. [15] Todo ingeniero hidráulico debe tener toda la información básica y necesaria para construir un buen sistema de drenaje que resulta costoso considerando la viabilidad del proyecto y el terreno en el que se debe realizar.

Problemática del Drenaje Pluvial en zonas urbanas

Según INEI, Perú actualmente cuenta con el 74.3% de población urbana y obtendremos el 81.48% para el año 2025 [5].

Ahora, presentamos los problemas generados por el drenaje urbano:

1. Problema hidrológico, evacuación de la cantidad de agua que cae en la superficie.
2. Introducción de agua a la red, agua de lluvia que genera escorrentía debe ser recogida.
3. Problema hidráulico, diseño de red de conductores con capacidad suficiente para circular el agua hacia un punto de desfogue.
4. Medio receptor, verter los flujos de agua, disposición final para conducirlo a un cauce.

Una adecuada infraestructura requiere de notables inversiones, no solo por el ver arquitectónico sino también por el hidráulico; al utilizarse las zonas verdes, hospitales, centros comerciales, etc.; permitimos un desarrollo de urbanización moderno conectamos las vías de comunicación de manera eficaz y eficiente.

Componentes de un sistema de drenaje pluvial

Salas de conexión, salas de inspección, canalones, desagües; forman parte del diseño hidráulico del sistema de drenaje de aguas pluviales; por ello, consta de dichas estructuras para lograr un drenaje óptimo del agua de lluvia.

Estructuras de captación

Son aquellas que fluyen hacia terrenos bajos, capturan agua y la dirigen a puntos de drenaje pluvial.

Las estructuras de captación constan de:

- Sumideros: Instalados para drenar agua a tuberías subterráneas. Existen diferentes tipos como: desagüe lateral de sardina o solera, desagüe de fondo, desagüe mixto o combinado, etc. [12]

SUMIDERO LATERAL DE SARDINEL O SOLERA

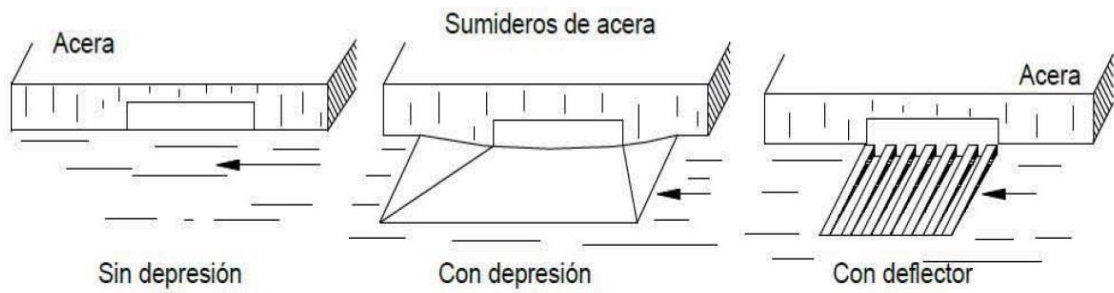


Ilustración 10 Tipos de sumideros, sumidero lateral de sardinel o solera. Fuente: NORMA CE.040 Drenaje pluvial.

SUMIDERO DE FONDO

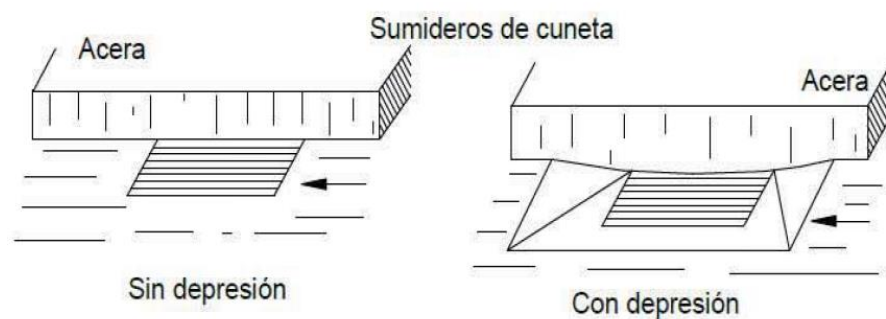


Ilustración 11 Tipos de sumideros, Sumidero lateral de sardinel, Sumidero de fondo. Fuente: NORMA CE.040 Drenaje pluvial.

SUMIDERO MIXTO O COMBINADO

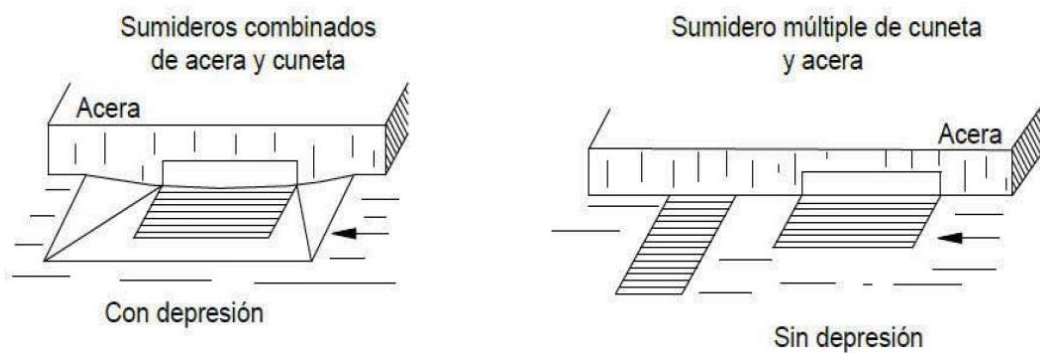


Ilustración 12 Tipos de sumideros, sumidero mixto o combinado. Fuente: NORMA CE.040 Drenaje pluvial.

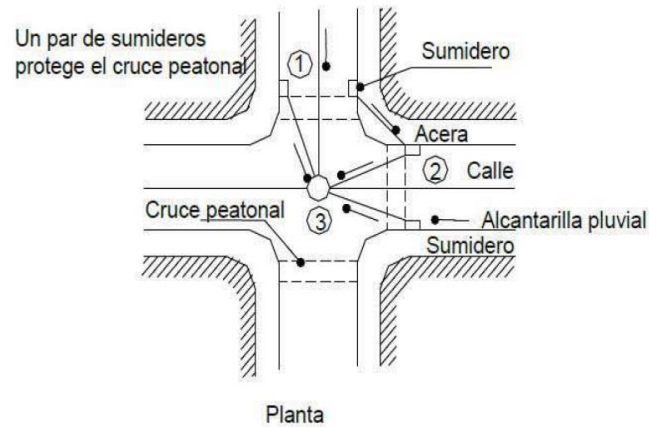
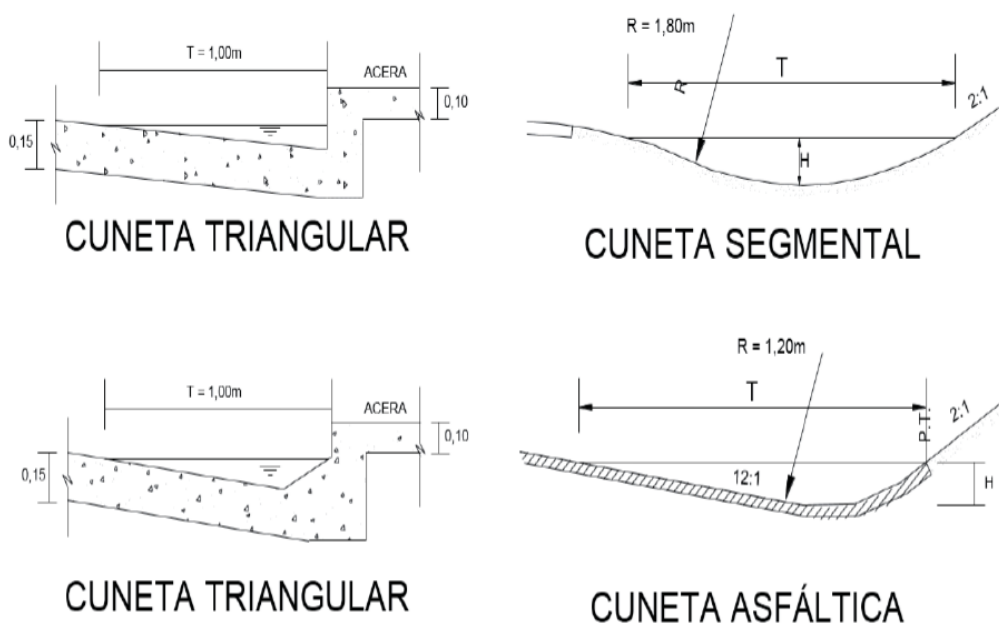
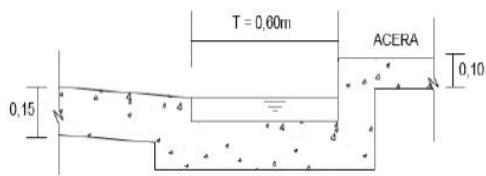


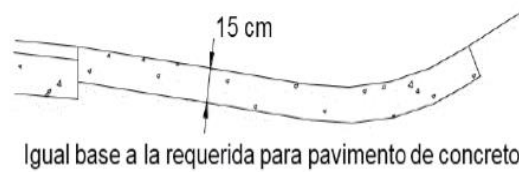
Ilustración 13 Ubicación de los sumideros en intersección de las calles. Fuente: NORMA CE.040 Drenaje pluvial.

- **Cuneta:** Instalada en vertical y sin techo. Las cunetas se pueden clasificar en redondos, triangulares, trapezoidales y compuestos. Además, pueden ser de diferentes materiales, como hormigón liso, hormigón rugoso, ladrillo, adoquín, entre otros. [12]

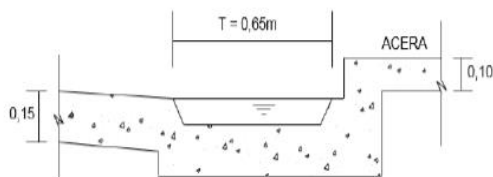




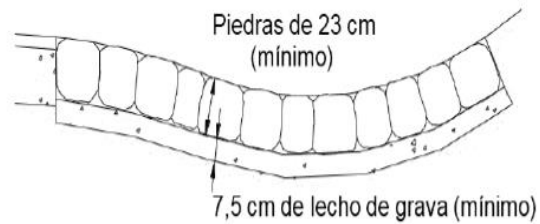
CUNETA RECTANGULAR



CUNETA DE CONCRETO

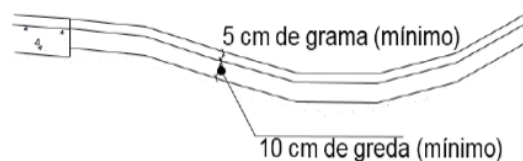


CUNETA TRAPEZOIDAL



CUNETA DE CANTOS RODADOS

CUNETA	Pendiente del talud	H (cm)	T (m)
SEGMENTAL	2:1	16,5	1,50
ASFÁLTICA	12:1 & 2:1	12,5	2,10



CUNETA DE GRAMA

Ilustración 14 Sección transversal de cunetas. Fuente: NORMA CE.040 Drenaje pluvial.

Estructuras de conducción

El agua captada por canaletas y desagües se dirige a una zona guía hacia el lugar de descarga. Las tuberías de alcantarillado pueden ser estructuras cerradas o estructuras con tapas transparentes [12].

Los siguientes materiales se utilizan en estructuras conductoras:

Asbesto Cemento	0.010
Hierro Fundido Dúctil	0.010
Cloruro de Polivinilo	0.010
Poliéster Reforzado con fibra de vidrio	0.010
Concreto Armado liso	0.013
Concreto Armado con revestimiento de PVC	0.010
Arcilla Vitrificada	0.010

Tabla 1 Tubería Coeficiente de Rugosidad "n" de Manning. Fuente: NORMA CE.040 Drenaje pluvial.

Estructuras de conexión y mantenimiento

Se trata de construcciones que facilitan la conexión de tuberías de diferentes diámetros y materiales; también hay un espacio de mantenimiento donde los operadores pueden ingresar al alcantarillado para inspeccionar y limpiar las tuberías; estos espacios se denominan “pozos de visita” [6].

Estructuras de descarga

Son estructuras terminales que evitan posibles daños de una fuerte corriente o flujo en el último tramo de la descarga final, mantienen y protegen el sistema libre de obstáculos [6].

Disposición final

Las aguas recogidas y conducidas por bombeo o gravedad son evacuadas hacia puntos de acopio artificial o natural con desembocaduras a ríos, lagos, mares con la finalidad de no contaminar el medio ambiente y zonas alejadas donde exista población [6].

Comportamiento hidráulico de una red de drenaje pluvial

Todas las redes están conformadas por tuberías interconectadas, denominadas “nodos”, que operan en una capa libre donde se creó el cauce del proyecto, permitiendo la fusión del colector con la superficie del sector, facilitando la integración de corrientes, estos fenómenos, y el movimiento del agua que cambia con el tiempo [16].

El desplazamiento en el acuífero libre puede, según el número de Froude, ser menor, mayor o igual a la unidad, siendo lento, crítico y supercrítico, respectivamente. Cuando el movimiento cambia, por ejemplo, el paso del modo supercrítico al modo lento, se produce un salto, donde es necesaria la presencia de un salto móvil que permita la transmisión de un modo a otro, reduciendo la pendiente de las zonas superiores. partes de la pelvis hacia la depresión.

Cuando se considera el caudal, se utilizan dos ecuaciones: ecuación dinámica y ecuación de la continuidad, se toman dependiendo de la aplicación al movimiento en un colector, establecido por Saint-Venant.

Sin embargo, para reconocer más posible a la realidad y escoger el modelo, se exigió:

- Se conoció las características de la red.
- Se incorporó las peculiaridades geométricas de la red.
- Se simuló las distintas manifestaciones hidráulicas que no son permanentes en el

agua y donde también se puede presentar en los colectores y nudos.

Para el cumplimiento de las exigencias mencionadas anteriormente [16], se presentaron las siguientes dificultades:

- Obtener toda la información sobre el tipo de área.
- Complejidad del estudio, donde pueden producirse fenómenos hidráulicos inestables en segmentos libres del conducto.
- Los softwares no abastecen a la entrada de datos y análisis de resultados de la gran variedad de propiedades, medidas y situaciones de condiciones hidráulicas.

Consideraciones para el diseño de elementos de drenaje pluvial

Algunas consideraciones para este diseño funcional de drenaje pluvial están detalladas en el manual de carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, se mencionan a continuación [11]:

- Las obras de drenaje deben diseñarse para que el agua de lluvia no se concentre, de modo que los vehículos no pierdan tracción con sus neumáticos y así evitar accidentes.
- La ubicación de una obra de drenaje no debe ser dentro de las curvas horizontales de radios mínimo y de esta forma no obstaculice la visibilidad del próximo tramo.
- La sección transversal de las cunetas no debe presentar ni un riesgo para el despiste de los vehículos.
- El cruce peatonal debe estar limpio, que tal manera que no exista escorrentía en la pista.
- Las descargas de agua de lluvia no deben perjudicar las zonas aledañas de una obra de drenaje.

Sin embargo, citando a la norma CE.040 [12], también detalla consideraciones para el drenaje pluvial:

- Velocidad mínima: El requisito mínimo de velocidad del agua en tuberías llenas es de 0,90 m/s para evitar la precipitación de partículas como arena y grava.
- Velocidad máxima: La velocidad máxima del colector con una cantidad insignificante de sólidos suspendidos depende del material de la tubería y no debe exceder el valor especificado para evitar la erosión de estas paredes.

- Velocidad crítica: La velocidad no debe exceder el caudal de agua para evitar el efecto abrasivo del agua transportada por la tubería sobre las partículas sólidas. Este parámetro solo se puede exceder si se observa, es decir, la altura máxima permitida de la capa de agua debe ser 50 veces mayor que el diámetro de la tubería (colector), y el diámetro nominal de la tubería no debe ser inferior a 100 mm. Esto aplica únicamente para tuberías de doble pared de la marca Nicoll, esta información se puede encontrar en el aviso técnico "Sistemas de tubería de PVC de doble pared con conexiones flexibles" de la mencionada marca.

$$V_c = 6 * \sqrt{g \times R h}$$

Ilustración 15 Fórmula de la velocidad crítica.

Donde:

- V_c : velocidad crítica (m/s)
 - g : aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)
 - Rh : Radio hidráulico (m)
- Pendiente mínima: Las pendientes mínimas de diseño, en función del diámetro, serán aquellas que satisfagan el caudal mínimo de 0,90 m/s con tubería llena. Por esta razón, la pendiente de la tubería a veces excede la pendiente de la superficie del terreno.
 - Sistema de evacuación por gravedad: Al descargar al arroyo, el nivel del agua en el desagüe (tubería, canal) debe estar al menos 1,00 m por encima del nivel máximo de agua en el plan de 50 años.
En el caso de un lago, el nivel de descarga del aliviadero o esclusa principal será 1,00 m más alto que el nivel del agua alcanzado por el lago durante un período de 50 años. En general, el sistema de drenaje debe descargar libremente (>1,00 m por encima del máximo esperado), para evitar la obstrucción y destrucción del sistema de drenaje de aguas pluviales
 - Altura de relleno: La profundidad mínima de la compuerta de la tubería desde la superficie de la carretera debe ser de 1 m. Se aplicarán las recomendaciones delineadas en la especificación NTP peruana o las recomendaciones delineadas en las normas ASTM o DIN.

Soluciones para mejorar el drenaje pluvial urbano

Ante los problemas de inundación que existen en esta zona se dividió en dos condiciones: la primera en aumentar la capacidad del desagüe de las redes y la segunda de minimizar la escorrentía mediante infiltraciones o retenciones superficiales. No obstante, estas deben ir acompañadas de una gestión eficiente de infraestructura y un servicio eficaz que le permita a la urbanización a desarrollarse más progresivamente.

Debido a la alta densidad urbana, las dimensiones del colector hacen que se requiera un cambio sucesivo de este, y lo que corresponde a la velocidad depende de la topografía del terreno lo que se propone recurrir al bombeo para controlar los máximos caudales [16]. Además, para lograr una buena retención natural de escorrentía es sustituirla por depósitos o balsas, teniendo un buen espacio de ubicación o utilizar algunos colectores, siempre y cuando tengan compuertas y sus los caudales deben ser mínimos.

Sin embargo, es importante poseer el conocimiento necesario para evaluar estos sistemas de drenaje pluvial urbano mediante un comportamiento hidráulico, donde nos favorezca tomar las mejores decisiones.

Modelo de simulación SWMM

El modelo de gestión de aguas pluviales (SWMM) es un modelo dinámico de simulación de lluvia que se puede utilizar para eventos únicos o simulaciones continuas durante largos períodos de tiempo. Este programa ayuda a simular la cantidad y calidad de los vertidos de aguas residuales, especialmente en sistemas de aguas residuales urbanas. [9]

Es un programa de modelamiento hidráulico que permite visualizar el funcionamiento de los cuerpos de agua urbanos y redes de alcantarillado durante la temporada de lluvias, manteniendo una representación realista de los eventos a través de los componentes del sistema de drenaje y los correspondientes equipos de almacenamiento y control. uso de bombas o regulaciones de número y caudal. El software SWMM le permite ingresar datos sobre los parámetros de relieve del área estudiada, evaluar la calidad del agua y ver diferentes condiciones en la cuenca utilizando los módulos más utilizados de Runoff y Extran. [6]

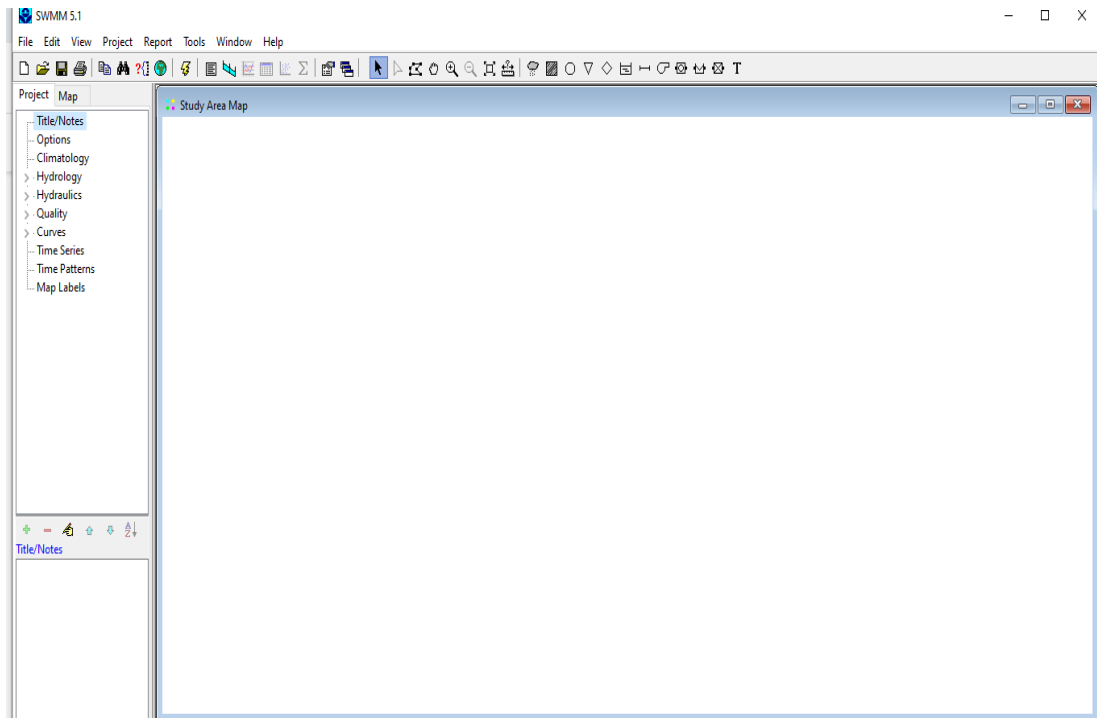


Ilustración 16 Imagen de la ventana de Software SWMM.

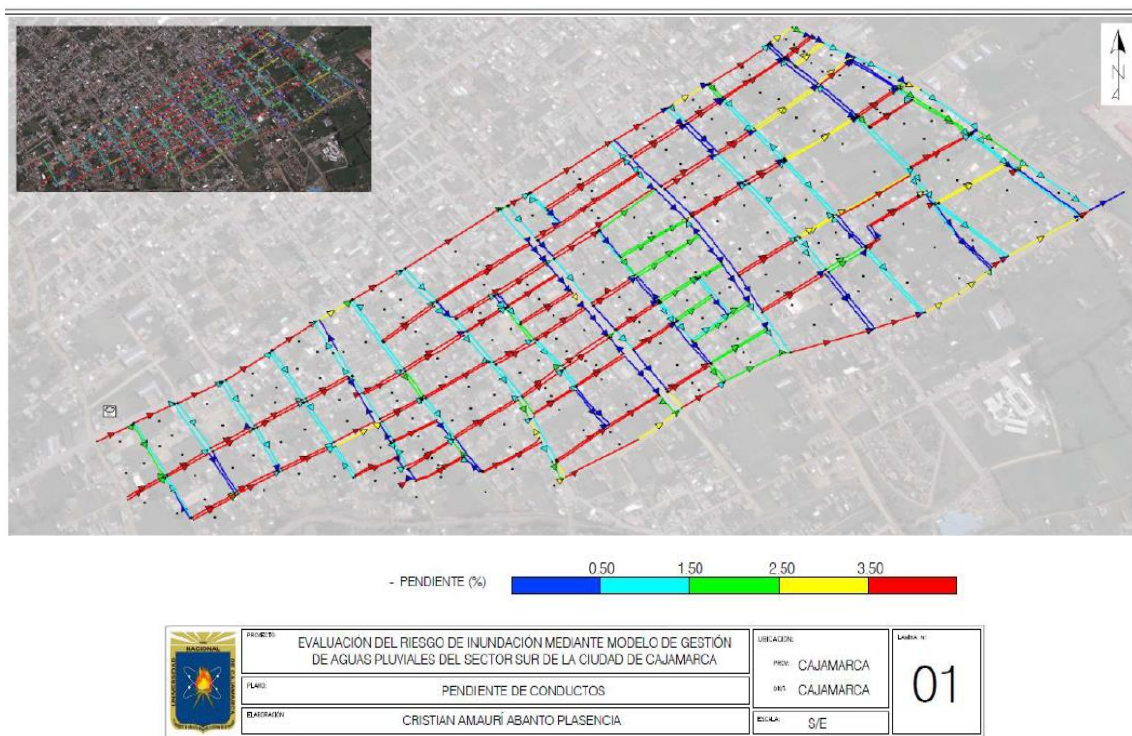
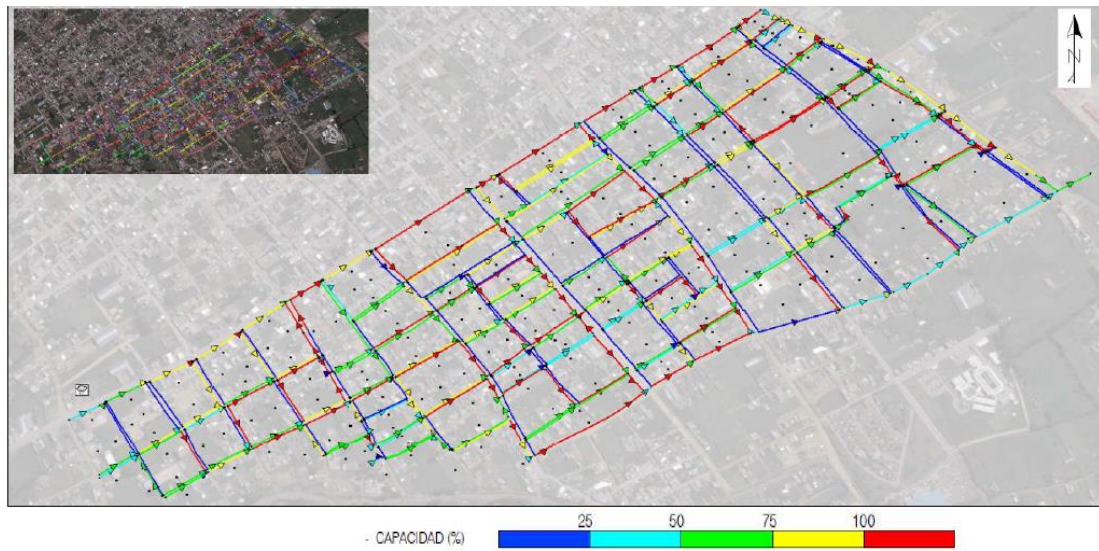
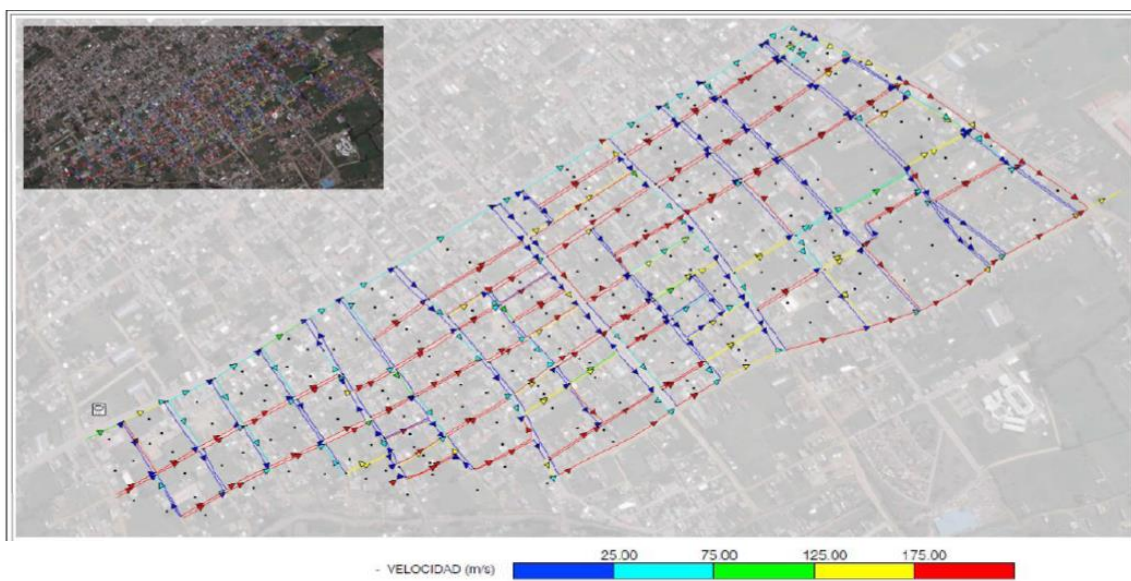


Ilustración 17 Pendiente de conductos, resultados de la Tesis “Evaluación del riesgo de inundación mediante modelo de gestión de aguas pluviales del sector sur de la ciudad de Cajamarca” [2]



	PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN MEDIANTE MODELO DE GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES DEL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA	LUGAR/DIR:	PREV. CAJAMARCA	LÁMINA N° 02
	PLANO:	CAPACIDAD DE CONDUCTOS - CUNETAS		DIST. CAJAMARCA	
	ELABORADO POR:	CRISTIAN AMAURÍ ABANTO PLASENCIA		ESCALA: S/E	

Ilustración 18 Capacidad de conductos, resultados de la Tesis “Evaluación del riesgo de inundación mediante modelo de gestión de aguas pluviales del sector sur de la ciudad de Cajamarca” [2]



	PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN MEDIANTE MODELO DE GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES DEL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA	LUGAR/DIR:	PREV. CAJAMARCA	LÁMINA N° 06
	PLANO:	VELOCIDAD EN LOS CONDUCTOS		DIST. CAJAMARCA	
	ELABORADO POR:	CRISTIAN AMAURÍ ABANTO PLASENCIA		ESCALA: S/E	

Ilustración 19 Velocidad de conductos, resultados de la Tesis “Evaluación del riesgo de inundación mediante modelo de gestión de aguas pluviales del sector sur de la ciudad de Cajamarca” [2]

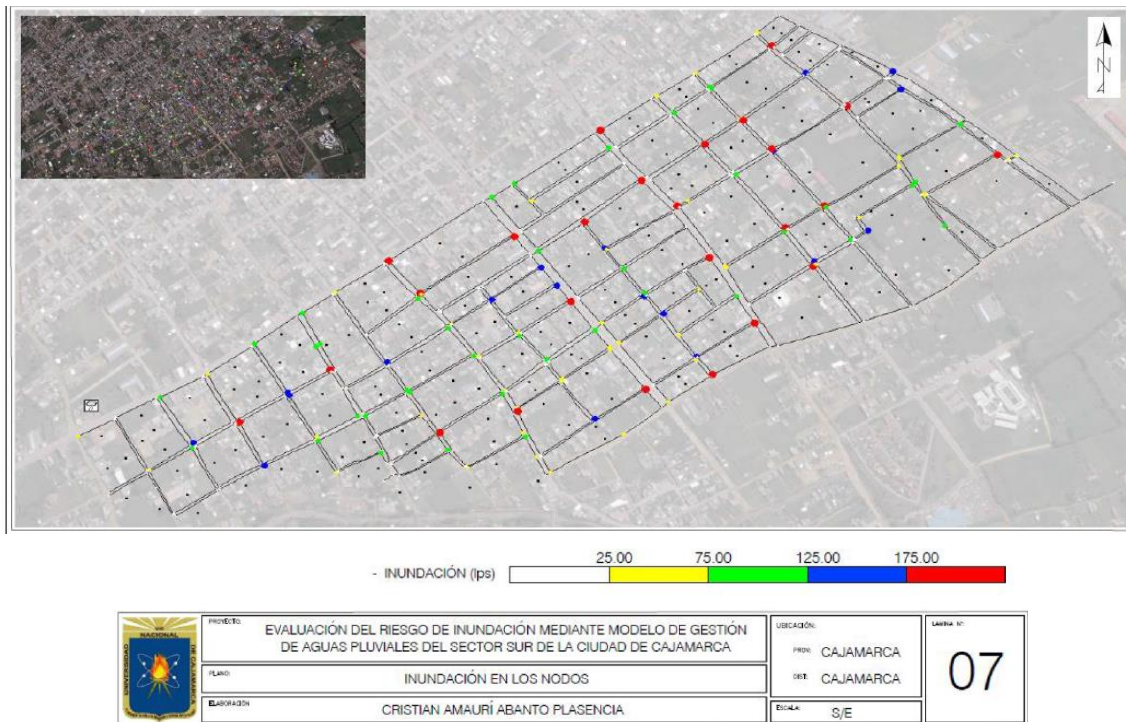


Ilustración 20 Inundación de los nodos, resultados de la Tesis “Evaluación del riesgo de inundación mediante modelo de gestión de aguas pluviales del sector sur de la ciudad de Cajamarca” [2]

Modelado hidráulico de programa SWMM

SWMM es una herramienta que permite visualizar cómo se comportan las cuencas y drenajes urbanos durante la lluvia, permitiéndole simular grandes drenajes, mientras que los métodos tradicionales no brindan una comprensión real de lo que sucede durante la lluvia. No tiene limitaciones de nodos o secciones. También puede simular la cantidad y calidad del agua de los sistemas de drenaje urbano [6]. SWMM proporciona un entorno integrado que permite ingresar datos de áreas de drenaje para modelar el comportamiento hidráulico. Estos pueden incluir contornos de áreas de drenaje o segmentos de línea aislados, sistemas de drenaje, diagramas y tablas.

Características del modelo hidrológico

SWMM incluye un conjunto de herramientas flexibles de modelado de propiedades hidráulicas para analizar el flujo de corrientes superficiales y externas a través de redes de tuberías, canales, instalaciones de procesamiento y almacenamiento, y otros sistemas estructurales [6]. Estas herramientas incluyen en la capacidad de:

- Administrar redes de tamaño ilimitado.
- Disponibles en varias formas de tubería, abiertas y cerradas, así como en canales naturales.

- Modelado de características especiales como unidades de almacenamiento y procesamiento, desviadores, bombas, presas y drenajes.
- Utilizar descargas y concentraciones externas para determinar la calidad del agua superficial, el intercambio de flujo con los acuíferos, la infiltración relacionada con las lluvias en las alcantarillas, los flujos de inodoros en climas secos y las entradas externas.
- Análisis hidráulico utilizando diferentes métodos como flujo estacionario, onda dinámica o modelado dinámico de onda completa.
- Simule diversas condiciones de flujo, como reflujos, aguas arriba, contraflujo y agregación de área de superficie.
- Utilice controles dinámicos personalizados para simular el funcionamiento de la bomba, la descarga o la posición superior de la presa.

Además de modelar la generación y transporte de escorrentía superficial, SWMM también puede evaluar la formación y evolución de cargas contaminantes asociadas a dicha escorrentía. Los siguientes procesos se pueden modelar para cualquier número definido por el usuario de sustancias de calidad del agua:

- Acumulación de contaminantes en tiempo seco en diferentes usos del suelo.
- Migración de contaminantes de ciertos usos del suelo durante los huracanes.
- Aporte directo de lluvia.
- Reducir la acumulación debido a la limpieza de las calles durante el clima seco.
- Carga de deslizamiento reducida gracias al BMP.
- Entradas de higiene seca y otras entradas externas especificadas por el usuario en cualquier punto de la red de higiene.
- Monitorear las sustancias relacionadas con la calidad del agua en todo el sistema.

Aplicaciones de programa SWMM

- Utilizar infraestructura verde para controlar la escorrentía.
- Combatir las inundaciones designando centros de detención e instalaciones asociadas de manera que no afecten la calidad del agua.

- Evite el desbordamiento mediante el desarrollo de estrategias de control.
- Evaluar el tratamiento de aguas residuales utilizando efectos de flujo.
- Diseño y dimensionamiento de componentes de la red de drenaje para evitar inundaciones.
- Determinar las dimensiones de las estructuras de retención de agua y los accesorios relacionados utilizados para el control de inundaciones y la protección de la calidad del agua.
- Especificar llanuras aluviales para cañones y ríos naturales.
- Desarrollar estrategias de gestión de red para reducir el número de descargas por sistema.
- Evaluar el impacto de la inversión y la infiltración sobre las emisiones de los sistemas de drenaje de aguas residuales.

Elementos de programa SWMM

El modelo EPA (SWMM) es un modelo dinámico de simulación de precipitación y escorrentía que se utiliza para simular un evento a largo plazo en términos de cantidad y calidad de escorrentía principalmente de áreas urbanas.

- a) Precipitaciones: Los pluviómetros proporcionan datos de lluvia para una o más subcuencas dentro del área de estudio. Los datos de precipitación pueden ser series temporales definidas por el usuario o provenir de archivos externos [6].
- b) Subcuenca: Superficie de tierra desde la cual la escorrentía superficial fluye hacia un único punto de descarga, que puede ser un buzón o una unión en un sistema de drenaje u otra subcuenca. Las subcuencas se dividen en zonas permeables e impermeables, el escurrimiento superficial puede acumularse en la zona impermeable y fluir hacia la salida, mientras que el escurrimiento en la zona permeable penetra la superficie del suelo [6].
- c) Nodos: Los nodos son uniones que conectan las tuberías y también son necesarias para cambiar la dirección del flujo de agua en las tuberías. El exceso de agua en las juntas puede cargarse parcialmente, sobrecargarlas y puede filtrarse o acumularse sobre y dentro de las juntas. Los principales parámetros de entrada para los cruces de peatones son la altura del lecho (canal o cabeza de pozo), la altura

sobre el suelo, la inundación de la superficie durante las inundaciones (opcional) y los datos de entrada externos (opcional) [6].

- d) Descarga: El elemento de rebose es el nodo final del sistema de drenaje y define el límite final aguas abajo. Los parámetros clave de entrada de la salida incluyen la elevación del fondo, el tipo de condición límite y la descripción del paso, y la presencia de una válvula de mariposa para evitar el refluo a través de la salida [6].
- e) Desvíos: Son nodos del sistema de drenaje que dirigen el flujo de agua a tuberías específicas de una determinada manera. No debe haber más de dos conexiones de tubería en el lado de salida del conducto. Dependiendo de cómo se dirija el haz, existen cuatro tipos de separadores:
- Recorte, desvía todas las corrientes de entrada por encima de un determinado valor umbral.
 - Rebosadero que desvía todo el caudal de entrada a un caudal superior al de la tubería no dirigida.
 - Tabular que muestra la desviación del caudal en función del caudal total entrante.
 - Vertedero, utiliza la ecuación del vertedero para calcular la corriente de derivación.
- f) Almacenamiento: Las unidades de almacenamiento son nodos del sistema de drenaje que proporcionan capacidad de almacenamiento. Las características volumétricas del mueble se describen mediante funciones o tablas de área y altura.
- g) Tuberías: Las tuberías o canales que transportan agua de un nodo a otro en un sistema de transporte. Su forma de sección se puede elegir entre una variedad de geometrías abiertas y cerradas estándar.
- h) Bomba: Una bomba es un eslabón que eleva el agua a mayor altura. Una curva de bomba describe la relación entre el caudal de una bomba y su relación de entrada a salida.
- i) Orificios: Los orificios de drenaje se utilizan para modelar la estructura de salida o desvío de un sistema de drenaje. Por lo general, son orificios circulares o rectangulares ubicados en la parte inferior o a lo largo del costado del conjunto superior y tienen válvulas para

evitar el reflujo. Este puerto se puede utilizar como salida de almacenamiento en todo tipo de rutas de flujo.

- j) Vertederos: Los vertederos se utilizan para modelar estructuras de derivación y desvío en sistemas de drenaje. Los desbordamientos suelen producirse en trampillas, a lo largo de conductos o en instalaciones de almacenamiento, también se pueden utilizar como salidas para unidades de almacenamiento en todo tipo de rutas de flujo. Si no están conectados a un almacenamiento, sólo se podrán utilizar en la red de alcantarillado.
- k) Descarga: Una descarga es un dispositivo de control de flujo comúnmente utilizado para controlar la salida de una unidad de almacenamiento. Las descargas aparecen internamente en SWMM como un enlace entre dos botones. Una presa también puede tener una trampilla que restringe el flujo en una sola dirección. Los principales parámetros de entrada de salida incluyen los nombres de sus nodos de entrada y salida, la elevación o altura sobre el nodo de entrada invertido y una función o matriz que contiene la tasa de descarga (o profundidad) del cabezal.

Limitaciones del programa SWMM

No se puede utilizar en estanques grandes o menos desarrollados. Esto no se aplica a áreas forestales o tierras agrícolas. Por lo tanto, no modela la distribución de contaminantes o sedimentos en medio del río receptor o en medio del flujo de agua subterránea. [6].

Ingreso de datos al programa SWMM 5.1

Pasos por seguir en la modelación, se deben seguir los siguientes pasos:

Propiedades por defecto: Cuando se abre el programa SWMM 5.1, lo primero que se debe hacer es definir valores por defecto para las propiedades del objeto y para ciertas opciones de simulación. Para ello, acceda al menú principal con la opción *Proyect >> Defaults* [17]. En la ilustración 21, resultados de la Tesis “Análisis y diseño de la red de alcantarillado y drenaje pluvial en el distrito de alto selva alegre “El Mirador” provincia de Arequipa mediante el programa swmm 5.1” [17]; se despliega la ventana de parámetros básicos del ID, desde la cual se puede ajustar el valor inicial, el cual tendrá diversos

parámetros, como valores de superficie, pendiente, ancho de subcuenca, etc. En la pestaña "Subcuencas", puede ajustar los valores iniciales de varios parámetros, como el área de la cuenca en hectáreas, el ancho de la cuenca, la pendiente, el modo de intrusión, etc. En la etiqueta del botón/enlace, puede personalizar los valores iniciales con varios parámetros como la forma del canal, la rugosidad de la tubería, etc.

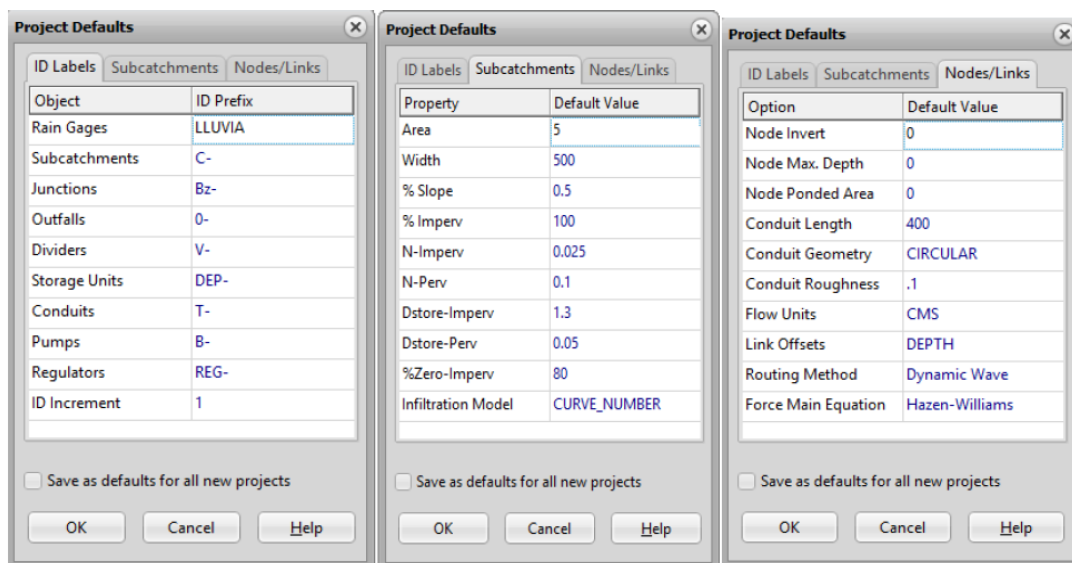


Ilustración 21 Ventana de ajustes básicos para ID Labels, resultados de la Tesis “Análisis y diseño de la red de alcantarillado y drenaje pluvial en el distrito de alto selva alegre “El Mirador” provincia de Arequipa mediante el programa swmm 5.1” [17]

Esquemmatización del área de estudio: Utilice los botones de la barra de herramientas del objeto para dibujar subcuencas, uniones, tuberías y otros elementos que participan en el proyecto en la ventana del mapa del área de estudio.

En la ilustración 22, resultados de la Tesis “Análisis y diseño de la red de alcantarillado y drenaje pluvial en el distrito de alto selva alegre “El Mirador” provincia de Arequipa mediante el programa swmm 5.1” [17]; primero se dibuja el objeto de la subcuenca, luego se agregan los nodos que reciben flujo de la subcuenca y forman parte de la red de drenaje. Una vez que todos los nodos estén en su lugar, agregue los nodos de salida principal de drenaje de agua y alcantarillado y finalmente dibuje solo las tuberías que conectan los nodos principales. Para colocar un elemento de lluvia, simplemente haga clic en el pluviómetro.

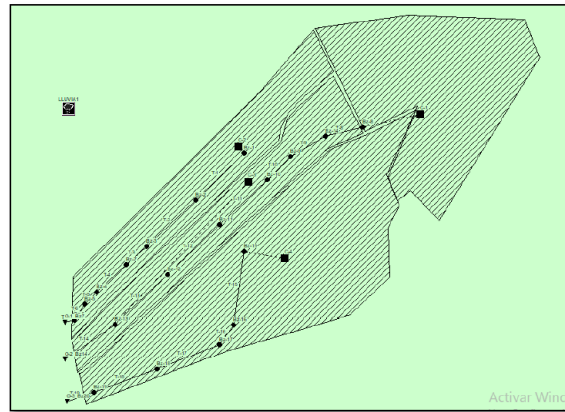


Ilustración 22 Esquema de la Cuenca “El Mirador” en EPA SWMM, resultados de la Tesis “Análisis y diseño de la red de alcantarillado y drenaje pluvial en el distrito de alto selva alegre “El Mirador” provincia de Arequipa mediante el programa swmm 5.1” [17]

Edición de propiedades del objeto: Después de crear el esquema en SWMM, como se muestra en la Ilustración 23, ingrese la información disponible para cada objeto que conforma el proyecto. Independientemente del tipo de objeto para el que desee ingresar los parámetros coincidentes, el proceso es el mismo; simplemente haga doble clic en el objeto deseado y se abrirá la ventana del Editor de propiedades [17].

Subcatchment C-3		Junction Bz-3		Conduit T-3	
Property	Value	Property	Value	Property	Value
Name	C-3	Name	Bz-3	Name	T-3
X-Coordinate	231722.622	X-Coordinate	231571.447	Inlet Node	Bz-3
Y-Coordinate	8189594.357	Y-Coordinate	8189499.476	Outlet Node	Bz-7
Description		Description		Description	
Tag		Tag		Tag	
Rain Gage	LLUVIA1	Inflows	NO	Shape	CIRCULAR
Outlet	Bz-13	Treatment	NO	Max. Depth	0.3842
Area	2.9011854	Invert El.	2609.08	Length	40.67
Width	52.8738	Max. Depth	1.599999999999994	Roughness	0.01
% Slope	9.84	Initial Depth	0	Inlet Offset	0
% Imperv	91.99	Surcharge Depth	0	Outlet Offset	0
N-Imperv	.02	Ponded Area	0	Initial Flow	0
N-Perv	0.1			Maximum Flow	0
Dstore-Imperv	.05			Entry Loss Coeff.	0
Dstore-Perv	0.05			Exit Loss Coeff.	0
%Zero-Imperv	25			Avg. Loss Coeff.	0
Subarea Routing	OUTLET			Seepage Loss Rate	0
Percent Routed	100			Flap Gate	NO
Infiltration	CURVE_NUMBER			Culvert Code	
User-assigned name of subcatchment		User-assigned name of junction		User-assigned name of junction	

Ilustración 23 Ventana de edición de SWMM, resultados de la Tesis “Análisis y diseño de la red de alcantarillado y drenaje pluvial en el distrito de alto selva alegre “El Mirador” provincia de Arequipa mediante el programa swmm 5.1” [17]

Opción de análisis: Antes de comenzar la simulación, es necesario ajustar los parámetros de simulación, como el marco de tiempo de cálculo y la elección del método de distribución del flujo de la red. Defina estas opciones. Para configurar estas opciones, seleccione Configuración en el panel de navegación de la pestaña Mapas.

En la pestaña "General", puede ajustar los valores de los parámetros de simulación como modelo de proceso, modelo de análisis, modelo de penetración, etc. En la pestaña "Fecha" se pueden ajustar los valores de los parámetros de simulación, por ejemplo: análisis inicial, revisión inicial, análisis final, etc. En la pestaña "Paso de tiempo", puede ajustar los valores de los parámetros de simulación, por ejemplo: frecuencia de presentación de informes, tiempo de flujo en tiempo seco, tiempo de flujo en tiempo de lluvia, etc.

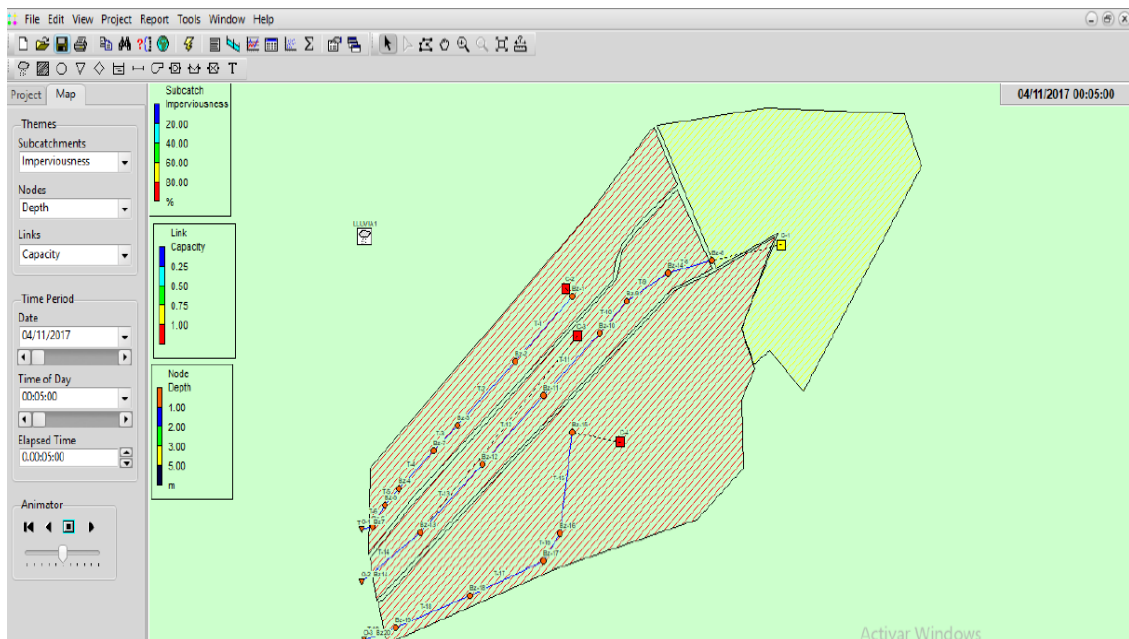


Ilustración 24 Esquema del modelo planteado de las Subcuencas, resultados de la Tesis “Análisis y diseño de la red de alcantarillado y drenaje pluvial en el distrito de alto selva alegre “El Mirador” provincia de Arequipa mediante el programa swmm 5.1” [17]

Si la relación y_{max}/y_{full} es igual a 1, el programa SWMM considera que los tubos están bajo presión o tensión, y en esta tabla ningún tubo está bajo presión o tensión, por lo que todos los tubos están formados en placas libres.

- a) Delimitación de Áreas Tributarias: Mediante reconocimiento visual, verificación y anotación, utilizando Google Earth y marcado en el mapa, se delinea el área y se divide en unidades más pequeñas

(caracterizadas por SWMM para el análisis de drenajes pluviales), AutoCAD y Civil 3D.

- b) Predeterminado: Esta opción debe especificar el prefijo requerido para identificar cada objeto del programa. Luego, SWMM etiqueta automáticamente todos los objetos nuevos con un número secuencial después del prefijo especificado apropiado.
- c) Dibujar objetos: Luego de colocar el mapa, se procede a dibujar objetos como cuencas hidrológicas, nodos, arroyos, pluviómetros, etc.
- d) Infiltración: La infiltración se refiere a la absorción de agua de lluvia en la superficie del suelo no saturado en la zona permeable de una cuenca. SWMM le permite elegir entre tres modelos de penetración diferentes: la ecuación de Horton, el método de Green-Ampt y el método del número de curva.
- e) Modelo de simulación: Las simulaciones se realizarán utilizando el modelo hidráulico SWMM, una herramienta computacional que simula flujo variable en redes de tuberías con condiciones alternativas de flujo en superficies naturales debido a la presión. En este caso se utilizarán condiciones de superficie libre como drenaje.
- f) Factor n de personal: El factor n se determina con base en el flujo superficial sobre suelos impermeables o permeables dentro de la cuenca.
- g) Altura de almacenamiento de agua empotrada: La altura de almacenamiento de agua en el hueco sobre la zona impermeable o permeable del estanque.
- h) Flujo interzonal: Selección de la dirección del flujo interno entre la zona impermeable y la zona permeable de la cuenca.
- i) Opciones de simulación: Antes de analizar el comportamiento del modelo se deben crear varias opciones que definan las condiciones del análisis.
- j) Visualización de resultados de simulación: De esta manera tenemos informes, tablas, diagramas, cortes longitudinales, capas de agua, análisis estadísticos.

Definición de términos básicos

- Aguas pluviales [15]: Agua de lluvia que no es absorbida por el suelo y fluye sobre la superficie del terreno.
- Alcantarilla [15]: También conocido como “cloaca”, se ubica debajo de la vía y recolecta y transporta aguas negras y contaminadas de lluvia; Se permite el paso de vehículos.
- Canal [7]: Conducto abierto o cerrado que transporta fluidos; su diseño controla fugas e inundaciones.
- Caudal [7]: Llamada también “gasto”, es una unidad de volumen que circula durante un período de tiempo.
- Cuenca [15]: Depresión en la superficie terrestre donde el agua se une a los arroyos.
- Cuneta [7]: Estructura hidráulica longitudinal reducida de forma trapezoidal o triangular situada a ambos lados de la vía de circulación de vehículos.
- Drenaje Urbano [15]: Reducen la acumulación de exceso de agua en los núcleos urbanos.
- Drenaje [7]: Evacuación del exceso de líquidos pluviales.
- Duración de Lluvia [7]: Intervalo de tiempo entre las primeras y últimas gotas de lluvia.
- Expansión Urbana [15]: Desarrollo de la urbanización y migración de población de las zonas rurales a las ciudades.
- Inundación [7]: El nivel del agua sube excesivamente y cubre algunas zonas de la ciudad y zonas aledañas.
- Modelamiento [7]: Visualiza un sistema utilizando descomposiciones para mejorar tu conocimiento y comprensión de las causas de los fenómenos.
- Pluvial [7]: Agua que cae, agua que fluye.
- Precipitación [15]: Fenómeno atmosférico cuando cae agua de la atmósfera a la superficie terrestre
- Sumidero [15]: También conocido como “abertura”, se utiliza para recoger el agua de lluvia y está diseñado para no obstruir el tránsito peatonal.

Materiales y métodos

Tipo de estudio

De acuerdo con los objetivos planteados, la Tesis en mención “Modelación hidráulica mediante la utilización del Software SWMM para una red pluvial ubicada en Fila Alta, provincia de Jaén 2021”, se desarrolló mediante el siguiente tipo de investigación:

- Por su relación: Esta es una investigación aplicada ya que utilizó la aplicación de los conocimientos adquiridos en el proceso de modelación del drenaje pluvial.
- Por su alcance: Se realizó a través de una encuesta cualitativa descriptiva, donde se identificó las propiedades, características y descripción de las condiciones actuales de la población a través de la recopilación de datos e información.
- Por su diseño: Tuvo un diseño transaccional no empírico, es decir, los estudios realizados no fueron manipulados intencionalmente mediante variables y los fenómenos se observaron únicamente en un entorno natural. Es transaccional porque los datos se recopilaron todos a la vez.
- Por su enfoque: Se trata de una investigación con un marco cuantitativo que utiliza la recopilación de datos y el análisis estadístico para identificar patrones de comportamiento y probar la teoría.

Población

La tesis se desarrolló en la etapa I, en el sector Fila Alta, de la provincia de Jaén, región Cajamarca, donde la actual población es de 2115 personas, de las cuales están habitando en 442 viviendas registradas según la DISA JAÉN [7].

Ocupa las siguientes coordenadas:

- Latitud sur: 78°33''
- Longitud oeste: 79°38''
- Altitud: 816 msnm.

Métodos de investigación

Selección del Caso de Estudio

Se identificaron algunos aspectos importantes para la selección de casos de investigación, por ejemplo: disponibilidad de información topográfica, datos geométricos del área de estudio, aplicación del modelo matemático SWMM

y factibilidad en recuperación urbana.

Se encontró esta zona de estudio, debido a que existen problemas de anegamientos de agua de lluvia con aguas residuales en todo el entorno urbano, estas aguas se canalizan superficialmente a través de varias calles, sin que existan planes para construir obras de drenaje.

Observación directa

Se recopilaron antecedentes y referencias de fuentes internacionales, nacionales y locales, además por medio de encuestas se logró obtener información acerca de la situación actual que viven los pobladores.

Reconocimiento de campo

La evaluación in situ incluyó la preparación y ejecución de las actividades de trabajo de campo. Se describió paso a paso el estado actual del área de estudio con técnicas de recolección de datos.

Recolección de datos de campo

El trabajo de campo incluyó mediciones detalladas de calles, senderos y áreas circundantes clave donde podrían ocurrir desbordamientos e inundaciones; luego, utilizando puntos GPS como punto de referencia para el perímetro del área de estudio, se estacionó el área total mediante métodos radiométricos. El área de estudio del proyecto se conformó en el sector de Fila Alta, la cual se ubica dentro del Distrito de Jaén - Provincia de Jaén - Departamento de Cajamarca.

Trabajo de gabinete

Los datos obtenidos fueron procesados, analizados y ordenados en Excel, para ser introducidos en el Software Civil 3D, permitiendo conseguir plano altimétrico, planimetría, perfiles transversales y longitudinales.

Uso de Software

Concluida el diseño en Civil 3D, se modeló la zona en el Software SWMM, dando como resultado un comportamiento hidráulico del sector y soluciones a los problemas pluviales del sistema de drenaje en Fila Alta.

Técnicas de recolección de datos

Levantamiento topográfico con Estación total

- 1) Definición: La medición topográfica se realizó mediante una medición topográfica por estación total. Dando como resultado el soporte del área de estudio y las regiones de cada subcuenca. Asimismo, los datos ayudaron a

indicar a cada nodo la cota en la que se encuentran para producir la pendiente de la zona, y se analizaron los perfiles en cada segmento de la ruta en el software SWMM.

- 2) Trabajo de Campo: Se utilizaron levantamientos topográficos radiométricos para determinar la superficie del terreno del área de estudio, observando la forma de las líneas, altura, ángulo, medidas horizontales y verticales, etc.
- 3) Topografía de la Zona de estudio: La información catastral fue proporcionada por el municipio de Jaén. y se utilizó para calcular coordenadas. El trabajo de levantamiento topográfico fue realizado por tres personas, un operador del equipo y dos asistentes en la parada de los prismas. Los trabajos implicaron un estudio detallado del tramo de calle y su entorno. Cuando se inicia, el GPS toma el punto como referencia de área y transmite y adquiere cambios de punto para continuar con la medición.
- 4) Imágenes satelitales: Se utilizó imágenes satelitales en el levantamiento para encontrar el área de las subcuencas y para estudiar la descarga de imágenes satelitales georreferenciadas del software Google Earth, luego de ser cargadas en el programa SWMM, podemos comenzar a calcular toda el área.

Estudio Hidrológico

Para el estudio hidrológico se obtuvieron primero datos de precipitación e hidrometeorológicos del SENAMHI, cuenca en colaboración con las estaciones La Cascarilla y El Pintor.

Información Meteorológica

La información meteorológica (precipitación máxima diaria) e hidrometeorológica se obtiene del sitio web del SENAMHI, las estaciones La Cascarilla y El Pintor.

Trabajos de Gabinete

Se realizaron estudios detallados de variables climáticas como precipitación, temperatura, dirección de la velocidad del viento, elaboración de curvas IDF para determinar la intensidad de lluvia prevista con base en información obtenida de las estaciones operativas más cercanas: La Cascarilla y El Pintor.

Excel

Para fines de investigación, los datos se guardaron y organizaron en formato CSV (separados por comas) utilizando el software Excel; Luego se cargaron en Civil 3D, donde se crearon mapas topográficos, elevaciones y secciones

transversales. El Excel también fue utilizado para la delimitación de cuenca, cálculo de área de cada subcuenca; cálculo de las obras de drenaje y otros detalles que se mostrarán en el capítulo de Resultados.

AutoCAD y Civil 3D

Nos permitió recrear imágenes en 3D y podemos exportar e importar la información almacenada en ellas. El plano catastral fue proporcionado en formato digital por el Ayuntamiento de la provincia de Jaén en un programa civil 3D, donde se pre diseñó las tuberías de aguas pluviales para luego exportarlas a SWMM, y finalmente se modeló el proyecto de drenaje de aguas pluviales, permitiendo la simulación del sistema hidráulico. y comportamiento hidrológico.

SWMM

Al inspeccionar y documentar el plan mediante reconocimiento visual, el área fue demarcada y dividida en unidades más pequeñas; teniendo también en cuenta las propiedades correspondientes de cada componente del modelo (como pluviómetros, cuencas, nodos y tuberías) utilizando Civil 3D, y todos estos componentes se anotan automáticamente con la selección de parámetros físicos, utilice la simulación de objetos del modelo hidráulico SWMM y visión general, tabla, obtención de diagramas, perfiles longitudinales, capas de agua y análisis estadísticos; Todo está detallado en el apartado de resultados.

WaterCad

Para la culminación del proyecto, uno de los objetivos fue el de comparar resultados del Software SWMM con Software WaterCad; sin embargo, este procedimiento no se pudo concretar debido a que, el software WaterCad es un programa que permite realizar simulaciones de redes o modelamiento hidráulico, pero en el caso de presión y flujo estacionario, esta deficiencia se registra en la sección de resultados realizando un análisis teórico crítico.

Instrumentos de recolección de datos

Ficha de observación

Se procedió a obtener información detallada para el análisis y diagnóstico de la zona de estudio.

Instrumentos para el levantamiento topográfico con Estación total

Se usaron instrumentos para el levantamiento topográfico como estación total, un trípode, dos prismas, brújula, GPS, estacas, entre otros.

Programas de computación e informática

- Civil 3D
- Microsoft office: Excel y Word
- EPA SWMM Projects

Plan de procesamiento para Análisis de datos

- 1) Reconocimiento de Campo 1a través de visitas a la zona de estudio, referenciando puntos y reconociendo calles, veredas y zonas aledañas.
- 2) Recopilación de Información Básica a través de la aplicación de encuestas y solicitando el plano catastral de Jaén, también recolectando información sobre la climatología y vegetación.
- 3) Levantamiento Topográfico con Estación total aplicando método radial de topografía.
- 4) Estudio Hidrológico mediante la obtención de la cartografía disponible del sector, imágenes satelitales; además se determinó los caudales mediante método racional.
- 5) Elaboración del Diseño del Drenaje pluvial con SWMM.
- 6) Elaboración de la Memoria Descriptiva.
- 7) Elaboración de la Memoria de Cálculo.
- 8) Conclusiones y Recomendaciones.
- 9) Presentación y Sustentación final de Tesis.

Levantamiento Fotogramétrico con Dron

La Ortofoto sirvió para conocer las áreas de las subcuencas estudiadas, georreferenciadas donde comenzamos a calcular todas las áreas en estudio de cada subcuenca.



Ilustración 26 Levantamiento fotogramétrico de la zona. Fuente: Elaboración propia.

Información Pluviográfica

La información pluviométrica ha sido tomada de la Estaciones La Cascarilla y El Pintor por ser las más cercanas a la zona de estudio, registrando precipitaciones máximas de 24 horas.

Descripción de cuenca urbana

Las propiedades físicas de una cuenca son esenciales para el estudio y comportamiento de varios componentes del ciclo hidrológico (por ejemplo, evaporación, infiltración, escorrentía, etc.). Las principales características físicas consideradas en los estudios de hidrología urbana son: captación y red de drenaje.

La cuenca estudiada está ubicada en el sector de Fila Alta, provincia de Jaén, tal cual se muestra en la ilustración 27.



Ilustración 27 Mapa y Delimitación de la Cuenca etapa I de Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.

Dentro sus parámetros geomorfológicos tenemos:

- Área: El área de la cuenca es de **9.64 km²**.
- Perímetro: El perímetro de la cuenca es de **17.6 km**.
- Ancho de cuenca: El ancho aproximado de la cuenca es de **3.81 km**.
- Largo de cuenca: El largo aproximado de la cuenca es de **4.13 km**.

- Cota mínima: La cota mínima de la cuenca es de 798 msnm.
- Cota máxima: La cota máxima de la cuenca es de 1519 msnm.
- Pendiente de la cuenca: 1 La pendiente de la cuenca es de 15% aproximadamente.
- Relieve de la cuenca: Del área, el 80% está construido, el 40% está pavimentado y el 10% son parques y jardines. Esta diferencia fundamental determina la respuesta hidrológica de la cuenca.

Desde un punto de vista hidrológico, tenemos la hidrografía del río Zanja Honda:

- Longitud del Río principal: 4.33km
- Orden de la red Hídrica: 1.00, adimensional.

Delimitación de la cuenca

Esta cuenca fue subdividida en 36 subcuencas, de esta manera, se divide las subcuencas exteriores que contemplan la ruta del río y las subcuencas que forman parte del área de estudio; donde se pudo aplicar las escorrentías con la finalidad de diferenciar la zona pavimentada y la zona verde.

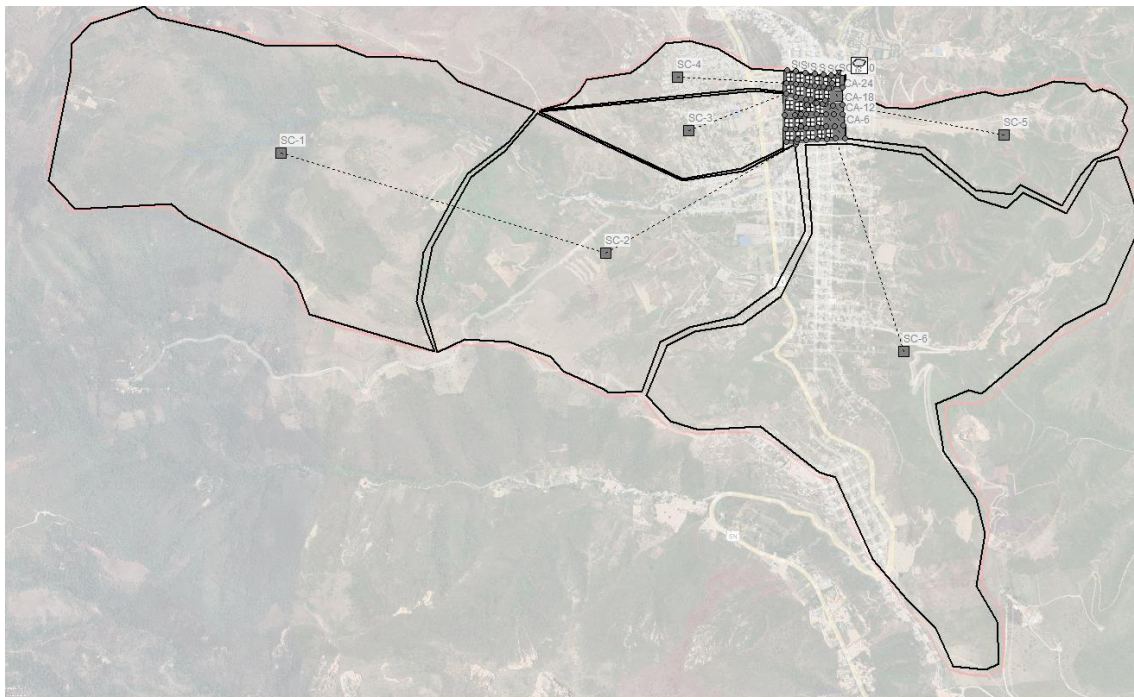


Ilustración 28 Delimitación de la cuenca en subcuencas de la etapa I de Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.

Parámetros de forma

En el caso de grandes inundaciones, la forma de la cuenca juega un papel importante en los parámetros hidrológicos. En general, cuencas hidrográficas en la misma zona, pero con diferente drenaje crearán diferentes cursos de agua.

Área de las Sub-Cuencas

- Áreas de subcuencas: Las áreas de las subcuencas se presentan en la tabla 2.

ÍTEM	ÁREA m2	ÁREA ha	PERIMETRO	LONGITUD	ANCHO PROMEDIO	LONGITUD DE LINEA	Δ ELEVACIÓN	PENDIENTE
SC-1	2,408,689.000	240.8689	4,263.000	1,944.000	1,239.038	1,944.000	433.000	22.27%
SC-2	2,097,890.000	209.7890	4,495.000	2,321.000	903.873	2,321.000	384.000	16.54%
SC-3	466,197.900	46.6198	4,877.000	1,385.000	336.605	1,385.000	181.000	13.07%
SC-4	306,737.000	30.6737	2,721.000	1,422.000	215.708	1,422.000	229.000	16.10%
SC-5	647,497.000	64.7497	2,754.000	1,513.000	427.956	1,513.000	257.000	16.99%
SC-6	3,781,383.000	378.1383	1,969.000	3,027.000	1,249.218	3,027.000	254.000	8.39%
SCA-1	3,322.656	0.3323	231.509	64.522	51.496	64.522	1.931	2.99%
SCA-2	2,817.666	0.2818	216.849	64.382	43.765	64.382	1.849	2.87%
SCA-3	2,575.227	0.2575	210.182	39.445	65.287	39.445	1.287	3.26%
SCA-4	3,373.609	0.3374	233.947	53.825	62.677	53.825	2.753	5.11%
SCA-5	2,529.378	0.2529	206.675	63.814	39.637	63.814	2.095	3.28%
SCA-6	2,025.412	0.2025	190.751	35.370	57.264	35.370	1.386	3.92%
SCA-7	3,497.847	0.3498	237.789	66.617	52.507	66.617	0.827	1.24%
SCA-8	3,079.734	0.3080	223.683	63.108	48.801	63.108	3.714	7.19%
SCA-9	2,475.808	0.2476	205.248	39.257	63.067	39.257	2.126	5.42%
SCA-10	2,947.361	0.2947	220.205	47.024	62.678	47.024	1.819	3.87%
SCA-11	2,526.730	0.2527	207.700	64.873	38.949	64.873	2.349	3.62%
SCA-12	2,765.728	0.2766	217.458	41.279	67.001	41.279	1.536	3.72%
SCA-13	5,569.314	0.5569	325.991	113.283	49.163	113.283	4.539	4.01%
SCA-14	4,784.483	0.4784	288.944	91.985	52.014	91.985	1.951	2.12%
SCA-15	2,675.447	0.2675	216.518	71.946	37.187	71.946	1.790	2.49%
SCA-16	2,218.018	0.2218	191.321	54.924	40.383	54.924	1.708	3.11%
SCA-17	1,581.510	0.1582	160.066	40.883	38.684	40.883	1.339	3.28%
SCA-18	1,511.323	0.1511	157.999	33.707	44.837	33.707	2.488	7.38%
SCA-19	2,593.348	0.2593	209.750	46.234	56.092	46.234	0.507	1.10%
SCA-20	3,619.896	0.3620	246.451	54.207	66.779	54.207	1.060	1.96%
SCA-21	3,253.744	0.3254	244.951	41.971	77.524	41.971	1.255	2.99%

SCA-22	3,551.629	0.3552	259.666	40.337	88.049	40.337	2.983	7.40%
SCA-23	3,687.545	0.3688	266.943	40.864	90.239	40.864	2.568	6.28%
SCA-24	4,977.138	0.4977	296.184	54.771	90.872	54.771	3.029	5.53%
SCA-25	2,725.317	0.2725	209.836	42.807	63.665	42.807	1.007	2.35%
SCA-26	3,105.114	0.3105	222.747	48.659	63.814	48.659	2.879	5.92%
SCA-27	2,607.012	0.2607	206.424	42.837	60.859	42.837	2.048	4.78%
SCA-28	2,582.811	0.2583	205.460	40.206	64.239	40.206	1.455	3.62%
SCA-29	2,521.692	0.2522	205.437	61.131	41.251	61.131	3.539	5.79%
SCA-30	4,943.804	0.494	280.148	69.507	71.127	69.507	0.618	0.89%

Tabla 2 Áreas de subcuenca, contemplando nombre, número, área y lote de la etapa I de Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.

Parámetros de la red de drenaje

Los sistemas de drenaje de aguas pluviales incluyen estructuras de recolección de aguas pluviales, que se recomienda ubicar convenientemente al nivel de la calle, así como diseños de superficie y subsuelo para transportar agua a las tuberías y áreas de drenaje en el sistema.

Parámetros para el diseño

Zona de drenaje y la red pluvial propuesta

Está localizada dentro en Fila Alta, ciudad de Jaén, con un área 0.134 km^2 .

Superficie de aportación de tramos concurrentes

El proceso de diseño de cada nodo se resume según su superficie de contribución.

En la Tabla 3 se describe la longitud, punto de partida y final de los tramos de colectores pluviales, su ubicación respecto a metros sobre el nivel del mar (msnm) y los nodos identificados por una codificación.

TUBERÍAS	Cota inicio	Cota final	Longitud	Pendiente
Alc-1	809.573	809.226	10.244	3.39%
Alc-2	803.491	802.009	10.819	13.70%
Alc-3	801.585	800.787	12.408	6.43%
Alc-4	800.924	799.503	16.276	8.73%
Alc-5	799.913	798.095	15.120	12.02%
Alc-6	796.545	796.118	14.286	2.99%

Alc-7	796.092	797.200	38.950	-2.84%
Rio-1	809.796	809.573	11.141	2.00%
Rio-2	809.226	806.846	81.088	2.94%
Rio-3	806.846	803.491	64.258	5.22%
Rio-4	802.009	801.585	53.931	0.79%
Rio-5	800.787	800.924	41.391	-0.33%
Rio-6	799.503	799.913	35.926	-1.14%
Rio-7	798.095	796.545	89.539	1.73%
Rio-8	796.118	796.092	59.457	0.04%
Tub-01	815.014	810.400	57.880	7.97%
Tub-02	810.400	810.061	31.892	1.06%
Tub-03	810.061	808.174	53.512	3.53%
Tub-04	808.174	805.624	69.772	3.65%
Tub-05	805.624	804.740	50.061	1.77%
Tub-06	805.322	804.740	32.780	1.78%
Tub-07	811.963	809.667	65.552	3.50%
Tub-08	809.667	807.093	59.077	4.36%
Tub-09	807.093	805.142	51.599	3.78%
Tub-10	805.142	803.577	63.117	2.48%
Tub-11	803.422	803.577	50.171	-0.31%
Tub-12	804.414	803.422	40.837	2.43%
Tub-13	809.313	806.706	64.583	4.04%
Tub-14	806.706	805.179	60.915	2.51%
Tub-15	805.179	802.881	53.791	4.27%
Tub-16	802.881	800.563	53.281	4.35%
Tub-17	801.797	800.563	50.034	2.47%
Tub-18	804.100	801.797	55.225	4.17%

Tub-19	804.938	803.620	58.747	2.24%
Tub-20	803.620	802.237	67.620	2.05%
Tub-21	802.237	800.897	55.234	2.43%
Tub-22	800.897	799.913	52.896	1.86%
Tub-23	798.767	800.783	53.127	-3.79%
Tub-24	803.389	800.783	58.602	4.45%
Tub-25	810.340	809.707	53.673	1.18%
Tub-26	809.707	807.686	59.587	3.39%
Tub-27	807.686	805.585	50.123	4.19%
Tub-28	805.585	801.764	50.073	7.63%
Tub-29	801.764	796.617	48.976	10.51%
Tub-30	798.382	796.617	67.485	2.62%
Tub-31	815.014	811.963	75.088	4.06%
Tub-32	811.963	809.313	73.432	3.61%
Tub-33	809.313	804.938	133.506	3.28%
Tub-34	810.340	804.938	64.431	8.38%
Tub-35	815.727	810.340	65.007	8.29%
Tub-36	810.400	809.667	77.056	0.95%
Tub-37	809.667	806.706	73.141	4.05%
Tub-38	806.706	803.620	111.554	2.77%
Tub-39	809.707	803.620	78.291	7.77%
Tub-40	813.786	809.707	67.467	6.05%
Tub-41	810.061	807.093	75.383	3.94%
Tub-42	807.093	805.179	75.539	2.53%
Tub-43	805.179	802.237	77.929	3.78%
Tub-44	807.686	802.237	88.062	6.19%
Tub-45	810.856	807.686	65.709	4.82%

Tub-46	808.174	805.142	76.330	3.97%
Tub-47	805.142	802.881	73.449	3.08%
Tub-48	802.881	800.897	66.571	2.98%
Tub-49	805.585	800.897	97.286	4.82%
Tub-50	808.228	805.585	63.309	4.17%
Tub-51	805.624	803.577	74.213	2.76%
Tub-52	803.577	800.563	73.647	4.09%
Tub-53	800.563	798.767	60.271	2.98%
Tub-54	801.764	798.767	101.840	2.94%
Tub-55	804.910	801.764	68.175	4.61%
Tub-56	804.740	803.422	73.923	1.78%
Tub-57	803.422	801.797	73.878	2.20%
Tub-58	801.797	800.783	46.293	2.19%
Tub-59	800.783	796.617	108.186	3.85%
Tub-60	799.672	796.617	64.783	4.72%
Tub-61	796.617	796.118	25.304	1.97%

Tabla 3 Descripción de los colectores pluviales. Fuente: Elaboración propia.

Periodo de retorno de diseño

Para el diseño se escogió un periodo de retorno de 50 años, de acuerdo con lo indicado en la normativa vigente “CE 040”; periodo de retorno igual o mayor a 25 años.

Estudio hidrológico

Datos de lluvia

Las estaciones La Cascarilla y El Pintor se utilizaron como referencia para el análisis de lluvia máxima por ser las más cercanas al área de estudio. La información utilizada se obtuvo de los documentos del organismo correspondiente SENAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú).

Precipitaciones máximas

En el análisis de precipitaciones máximas se utilizaron como referencia las estaciones La Cascarilla y El Pintor por ser las estaciones más cercanas al área de estudio y registran precipitaciones máximas en 24 horas.

ESTACIÓN LA CASCARILLA			ESTACIÓN EL PINTOR		
Nº	AÑO	PPMax-24hr (mm)	Nº	AÑO	PPMax-24hr (mm)
1	1990	115	1	1990	52.5
2	1991	25.3	2	1991	20
3	1992	127	3	1992	42.6
4	1993	80	4	1993	47.9
5	1994	70	5	1994	27.2
6	1995	77.4	6	1995	41.2
7	1996	57.2	7	1996	37.9
8	1997	61.1	8	1997	40.6
9	1998	82.6	9	1998	40.7
10	1999	66.8	10	1999	58.5
11	2000	83.2	11	2000	56.4
12	2001	110.5	12	2001	44.5
13	2002	67	13	2002	51.3
14	2003	55.2	14	2003	48.3
15	2004	72.7	15	2004	40
16	2005	73.9	16	2005	69.4
17	2006	67.6	17	2006	28.8
18	2007	80.5	18	2007	48.5
19	2008	67.9	19	2008	77.5
20	2009	87.9	20	2009	35.1
21	2010	66.7	21	2010	44.6
22	2011	83	22	2011	56.5
23	2012	70.3	23	2012	61
24	2013	80.5	24	2013	64.6
25	2014	90.2	25	2014	42.7

Tabla 4 Precipitaciones Máximas en 24 Horas de la Estaciones La Cascarilla y El Pintor. Fuente: SENAMHI.

Análisis de frecuencia

El análisis de frecuencia se utiliza para determinar los parámetros de una distribución de probabilidad y los índices de frecuencia se utilizan para determinar la magnitud de un evento durante un período de retorno determinado. Se utilizaron registros de precipitaciones máximas de 24 h de dos estaciones para probar la bondad del ajuste utilizando la distribución normal, distribución lognormal de 2 parámetros, distribución lognormal de 3 parámetros, distribución gamma de 2 parámetros, distribución gamma de 3 parámetros, Pearson III logaritmos, y logaritmos de Gumbel y Gumbel, etc.

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE		ESTACIÓN LA CASCARILLA			
Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	58.40%	0.14516
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	64.67%	0.13769
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	55.97%	0.1481
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	69.69%	0.13172
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	20.54%	0.2033
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	14.01%	0.22058
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	61.86%	0.14102
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	69.02%	0.13251
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	4.38%	0.26646
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	51.38%	0.15377
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	55.59%	0.14856
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	22.01%	0.20002
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	47.14%	0.1592
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	64.88%	0.13743
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	61.28%	0.14171
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.00%	0.45862
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	66.59%	0.13541
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	58.97%	0.14448
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	54.79%	0.14953
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	33.84%	0.17825
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	23.27%	0.19735
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	51.03%	0.15421
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	%	0.59508
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	52.78%	0.15202
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	36.34%	0.17435
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	37.94%	0.17194
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	41.43%	0.16692

Tabla 5 Prueba de Bondad para ajuste de precipitaciones en la Estación La Cascarilla. Fuente: Elaboración propia.

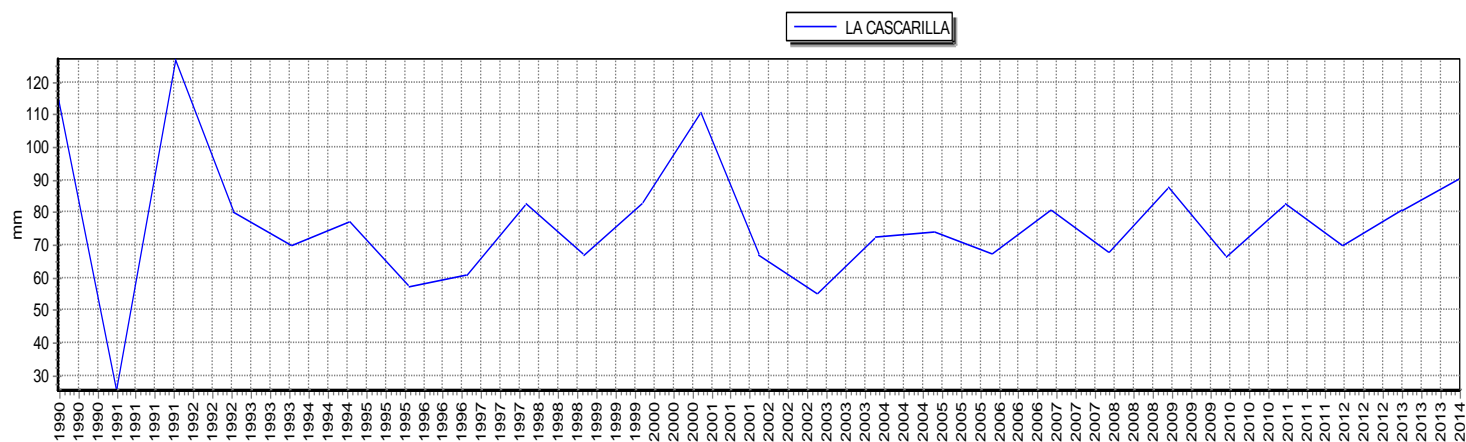


Ilustración 29 Gráfico de línea de Prueba de Bondad para ajuste de precipitaciones en la Estación La Cascarilla. Fuente: Elaboración propia.

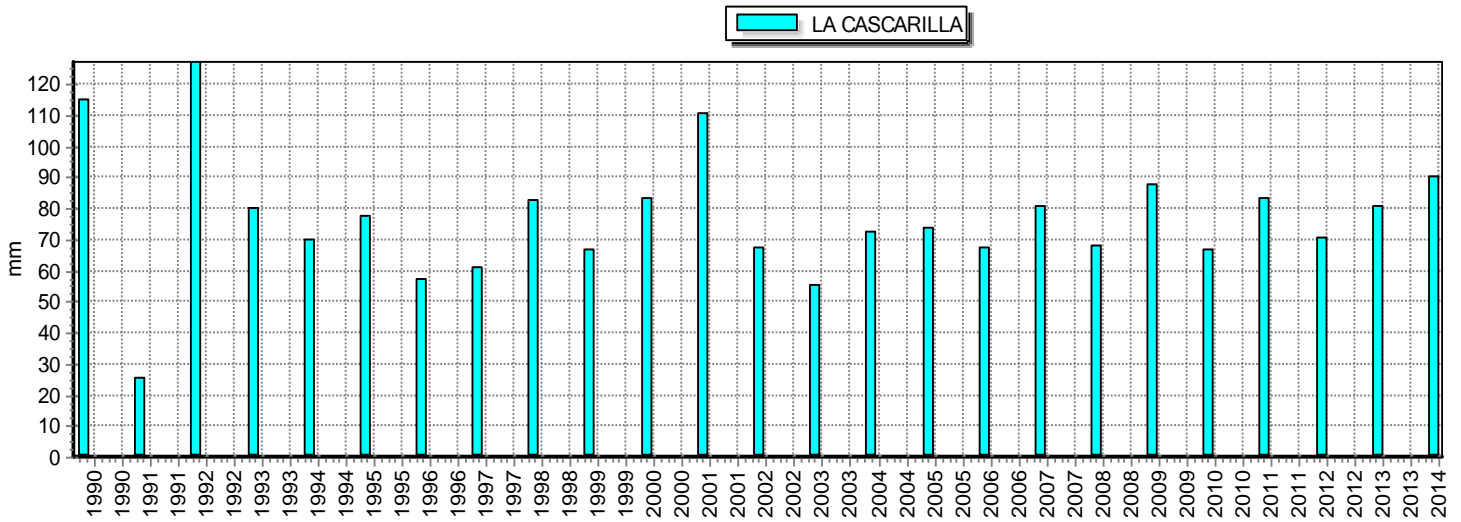


Ilustración 30 Gráfico de barras de Prueba de Bondad para ajuste de precipitaciones en la Estación La Cascarilla. Fuente: Elaboración propia.

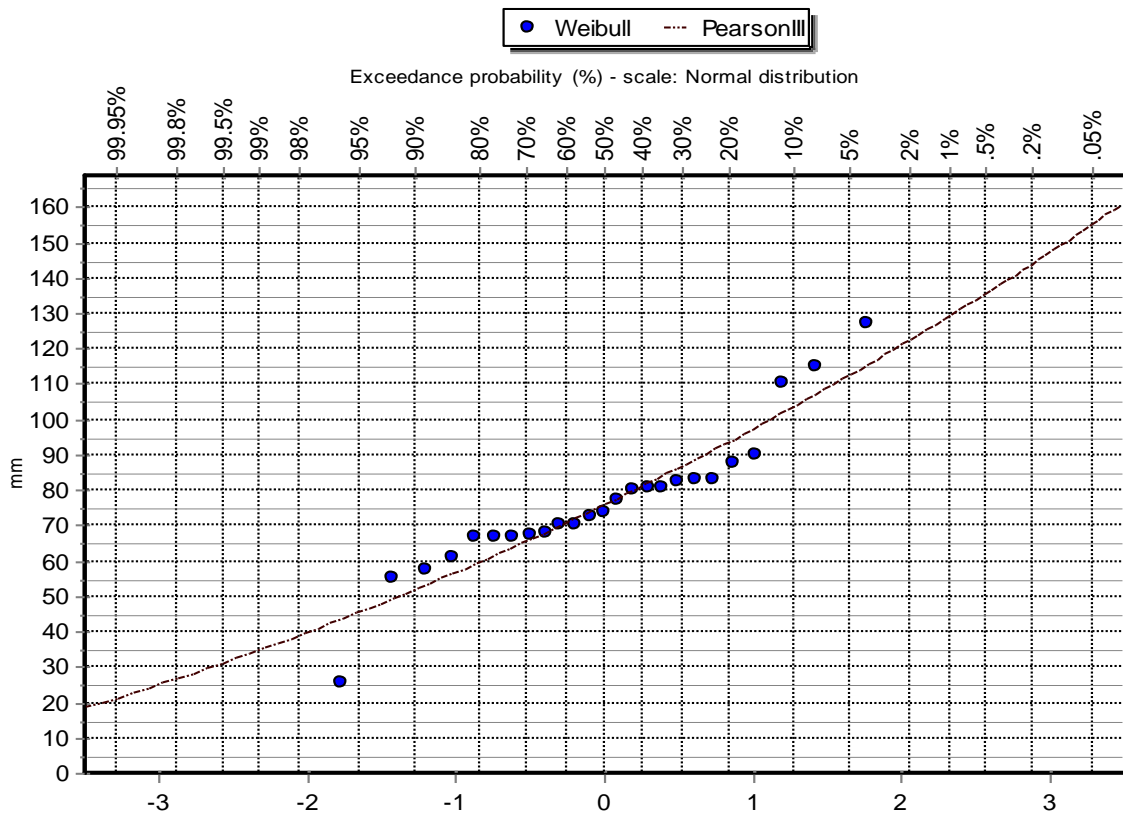


Ilustración 31 Diagrama de dispersión de Prueba de Bondad para ajuste de precipitaciones en la Estación La Cascarilla. Fuente: Elaboración propia.

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE		ESTACIÓN EL PINTOR			
Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.27%	0.07597
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.32%	0.07546
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.57%	0.0924
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.49%	0.07348
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	64.27%	0.13815
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	34.21%	0.17766
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.35%	0.08672
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.46%	0.07389
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	55.36%	0.14884
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.56%	0.09501
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	83.31%	0.11451
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	58.89%	0.14456
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.86%	0.08462
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.79%	0.07968
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.31%	0.08249
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	16.65%	0.21296
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.98%	0.0841
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.68%	0.08908
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	88.21%	0.10723
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	63.77%	0.13875
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	59.17%	0.14423
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.88%	0.08452
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	16.16%	0.21429
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	85.19%	0.11183
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	88.48%	0.10679
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	71.99%	0.12895
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	88.19%	0.10726

Tabla 6 Prueba de Bondad para ajuste de precipitaciones en la Estación El Pintor. Fuente: Elaboración propia.

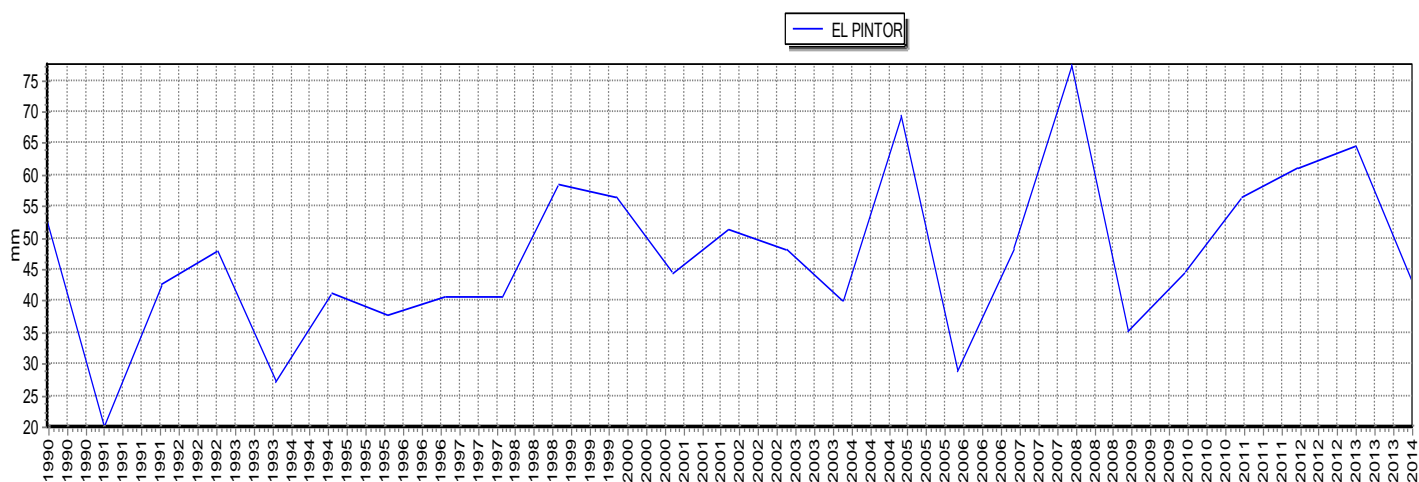


Ilustración 32 Gráfico de línea de Prueba de Bondad para ajuste de precipitaciones en la Estación El Pintor. Fuente: Elaboración propia

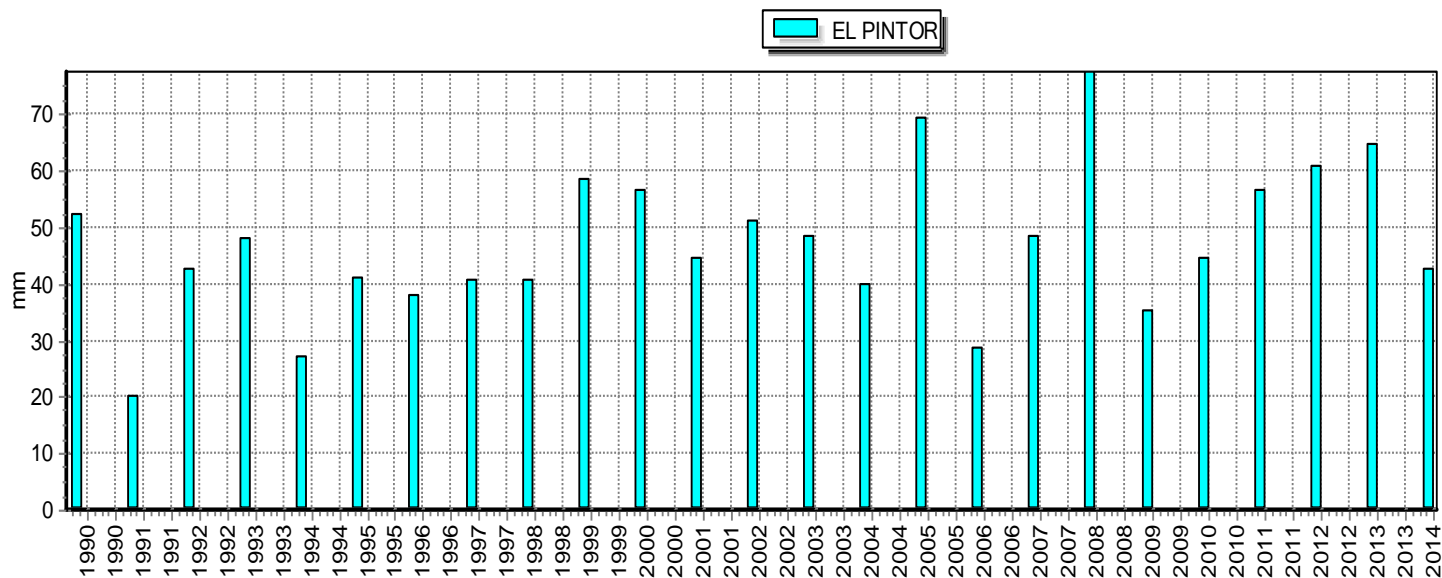


Ilustración 33 Gráfico de barras de Prueba de Bondad para ajuste de precipitaciones en la Estación El Pintor.
Fuente: Elaboración propia.

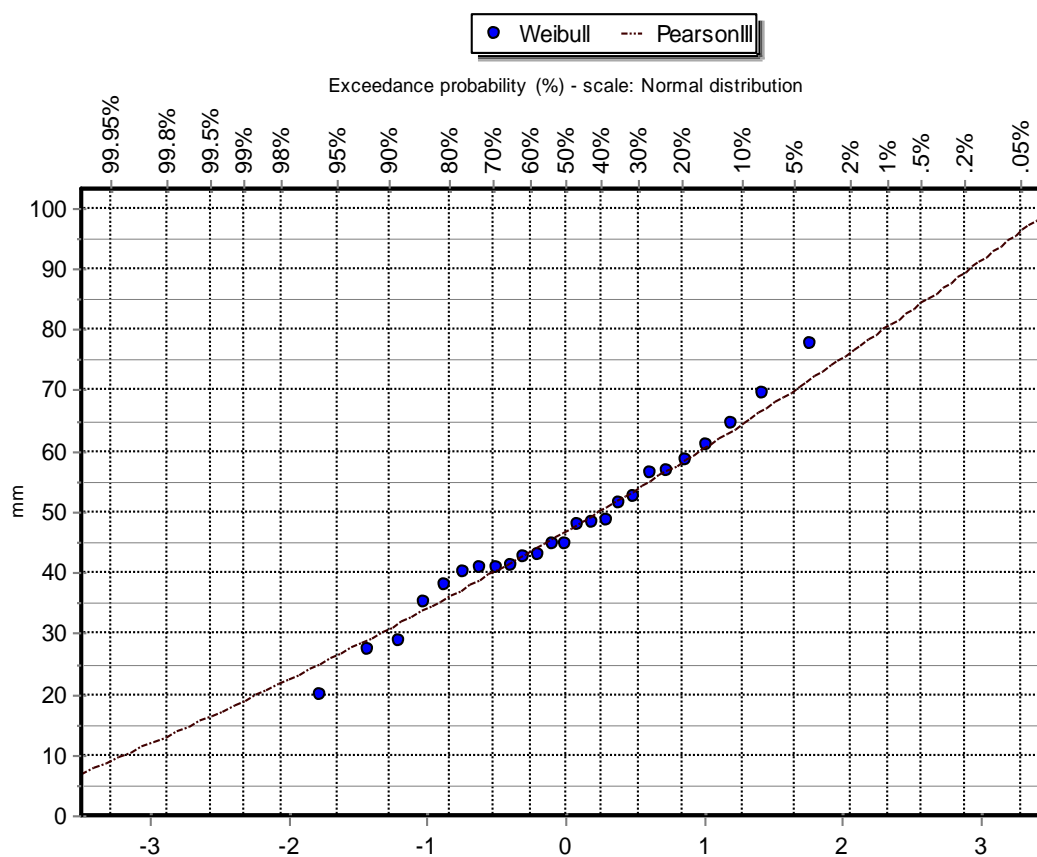


Ilustración 34 Diagrama de dispersión de Prueba de Bondad para ajuste de precipitaciones en la Estación El pintor.
Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO T (AÑOS)								
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
LA CASCARILLA	75.64	93.45	103.42	114.57	122.06	128.99	135.50	143.59	149.40
EL PINTOR	46.59	58.07	64.38	71.34	75.97	80.23	84.20	89.10	94.23
Precipitación Max. (mm)	61.12	75.76	83.90	92.96	99.02	104.61	109.85	116.34	121.82
Pmáx. corregido (mm)	69.061	85.608	94.807	105.04	111.89	118.21	124.13	131.47	137.65
Distribución teórica	Pearson III								

Tabla 7 Período de retorno, con distribución teórica Pearson III. Fuente: Elaboración propia.

Entonces, como resultado tenemos que el método de Pearson III, es el más adecuado para el estudio hidrológico de esta cuenca, para finalizar la precipitación máxima es multiplicada por un factor 1.13 de corrección para medidas de precipitación realizadas con intervalos temporales fijos, según régimen pluviométrico de la localidad.

Curvas intensidad, duración y frecuencia

La cantidad de lluvia a utilizar se determina realizando una curva IDF, donde la intensidad de lluvia calculada, la duración y el período de tiempo seleccionado se obtuvieron al encontrar la profundidad de lluvia para el intervalo de duración (en minutos).

La curva IDF se calcula según el modelo de Dick Peschke:

Modelo de Dick Peschke

Duración (Minutos)	Precipitación en 24 horas (mm)								
	69.06	85.61	94.81	105.04	111.89	118.21	124.13	131.47	137.65
	Período de Retorno (Años)								
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
Precipitación (mm)									
5	16.76	20.78	23.01	25.50	27.16	28.69	30.13	31.91	33.41
10	19.94	24.71	27.37	30.32	32.30	34.12	35.83	37.95	39.74
15	22.06	27.35	30.29	33.56	35.75	37.76	39.65	42.00	43.98
20	23.71	29.39	32.55	36.06	38.41	40.58	42.61	45.13	47.26
25	25.07	31.07	34.41	38.13	40.61	42.91	45.06	47.72	49.97
30	26.24	32.52	36.02	39.91	42.51	44.91	47.16	49.95	52.30
35	27.27	33.80	37.43	41.48	44.18	46.67	49.01	51.91	54.35
40	28.19	34.95	38.70	42.88	45.68	48.26	50.67	53.67	56.20
45	29.04	35.99	39.86	44.16	47.04	49.70	52.19	55.28	57.88
50	29.81	36.95	40.93	45.34	48.30	51.03	53.58	56.75	59.42
55	30.53	37.85	41.91	46.44	49.46	52.26	54.87	58.12	60.85
60	31.20	38.68	42.83	47.46	50.55	53.41	56.08	59.40	62.19
120	37.11	46.00	50.94	56.44	60.12	63.51	66.69	70.64	73.96
180	41.06	50.90	56.37	62.46	66.53	70.29	73.81	78.17	81.85
240	44.13	54.70	60.58	67.12	71.49	75.53	79.31	84.00	87.95
300	46.66	57.84	64.05	70.97	75.59	79.86	83.86	88.82	93.00

360	48.83	60.53	67.04	74.28	79.12	83.59	87.77	92.96	97.34
420	50.75	62.91	69.67	77.19	82.23	86.87	91.22	96.62	101.16
480	52.47	65.05	72.04	79.81	85.02	89.82	94.32	99.89	104.59
540	54.04	66.99	74.19	82.20	87.56	92.50	97.13	102.88	107.72
600	55.49	68.78	76.17	84.39	89.89	94.97	99.73	105.63	110.59
660	56.82	70.44	78.01	86.43	92.06	97.26	102.13	108.17	113.26
720	58.07	71.99	79.72	88.33	94.09	99.40	104.38	110.55	115.75
780	59.25	73.44	81.33	90.11	95.99	101.41	106.49	112.79	118.09
840	60.35	74.82	82.86	91.80	97.78	103.31	108.48	114.90	120.30
900	61.40	76.12	84.30	93.40	99.48	105.10	110.37	116.89	122.39
960	62.40	77.36	85.67	94.92	101.10	106.81	112.16	118.80	124.38
1020	63.36	78.54	86.98	96.37	102.65	108.44	113.87	120.61	126.28
1080	64.27	79.67	88.23	97.75	104.12	110.01	115.51	122.35	128.10
1140	65.14	80.75	89.43	99.08	105.54	111.50	117.08	124.01	129.84
1200	65.98	81.79	90.58	100.36	106.90	112.94	118.60	125.61	131.52
1260	66.79	82.80	91.69	101.59	108.22	114.33	120.05	127.15	133.13
1320	67.57	83.77	92.77	102.78	109.48	115.66	121.45	128.64	134.69
1380	68.33	84.70	93.80	103.93	110.70	116.96	122.81	130.08	136.20
1440	69.06	85.61	94.81	105.04	111.89	118.21	124.13	131.47	137.65

Tabla 8 Modelo de Dick Peschke para IDF. Fuente: Elaboración propia.

Intensidad de Precipitación										
Duracion (Horas)	Duracion (min)	Periodo de Retorno (Años)								
		2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	200.00	500.00	1000.00
		Intensidad (mm/hr)								
0.083	5	201.17	249.37	276.17	305.98	325.93	344.34	361.57	382.96	400.98
0.167	10	119.62	148.28	164.21	181.94	193.80	204.74	214.99	227.71	238.42
0.250	15	88.25	109.40	121.15	134.23	142.98	151.06	158.62	168.00	175.91
0.333	20	71.12	88.17	97.64	108.18	115.23	121.74	127.84	135.40	141.77
0.417	25	60.16	74.58	82.59	91.51	97.47	102.98	108.14	114.53	119.92
0.500	30	52.47	65.05	72.04	79.81	85.02	89.82	94.32	99.89	104.59
0.583	35	46.75	57.95	64.17	71.10	75.74	80.01	84.02	88.99	93.17
0.667	40	42.29	52.42	58.06	64.32	68.52	72.39	76.01	80.51	84.30
0.750	45	38.72	47.99	53.15	58.89	62.72	66.27	69.58	73.70	77.17
0.833	50	35.77	44.35	49.11	54.41	57.96	61.23	64.30	68.10	71.31
0.917	55	33.31	41.29	45.72	50.66	53.96	57.01	59.86	63.40	66.39
1.000	60	31.20	38.68	42.83	47.46	50.55	53.41	56.08	59.40	62.19
2.000	120	18.55	23.00	25.47	28.22	30.06	31.76	33.35	35.32	36.98
3.000	180	13.69	16.97	18.79	20.82	22.18	23.43	24.60	26.06	27.28
4.000	240	11.03	13.67	15.14	16.78	17.87	18.88	19.83	21.00	21.99
5.000	300	9.33	11.57	12.81	14.19	15.12	15.97	16.77	17.76	18.60
6.000	360	8.14	10.09	11.17	12.38	13.19	13.93	14.63	15.49	16.22
7.000	420	7.25	8.99	9.95	11.03	11.75	12.41	13.03	13.80	14.45
8.000	480	6.56	8.13	9.00	9.98	10.63	11.23	11.79	12.49	13.07
9.000	540	6.00	7.44	8.24	9.13	9.73	10.28	10.79	11.43	11.97
10.000	600	5.55	6.88	7.62	8.44	8.99	9.50	9.97	10.56	11.06

11.000	660	5.17	6.40	7.09	7.86	8.37	8.84	9.28	9.83	10.30
12.000	720	4.84	6.00	6.64	7.36	7.84	8.28	8.70	9.21	9.65
13.000	780	4.56	5.65	6.26	6.93	7.38	7.80	8.19	8.68	9.08
14.000	840	4.31	5.34	5.92	6.56	6.98	7.38	7.75	8.21	8.59
15.000	900	4.09	5.07	5.62	6.23	6.63	7.01	7.36	7.79	8.16
16.000	960	3.90	4.83	5.35	5.93	6.32	6.68	7.01	7.42	7.77
17.000	1020	3.73	4.62	5.12	5.67	6.04	6.38	6.70	7.09	7.43
18.000	1080	3.57	4.43	4.90	5.43	5.78	6.11	6.42	6.80	7.12
19.000	1140	3.43	4.25	4.71	5.21	5.55	5.87	6.16	6.53	6.83
20.000	1200	3.30	4.09	4.53	5.02	5.35	5.65	5.93	6.28	6.58
21.000	1260	3.18	3.94	4.37	4.84	5.15	5.44	5.72	6.05	6.34
22.000	1320	3.07	3.81	4.22	4.67	4.98	5.26	5.52	5.85	6.12
23.000	1380	2.97	3.68	4.08	4.52	4.81	5.09	5.34	5.66	5.92
24.000	1440	2.88	3.57	3.95	4.38	4.66	4.93	5.17	5.48	5.74

Tabla 9 Intensidad de precipitación para curvas IDF. Fuente: Elaboración propia.

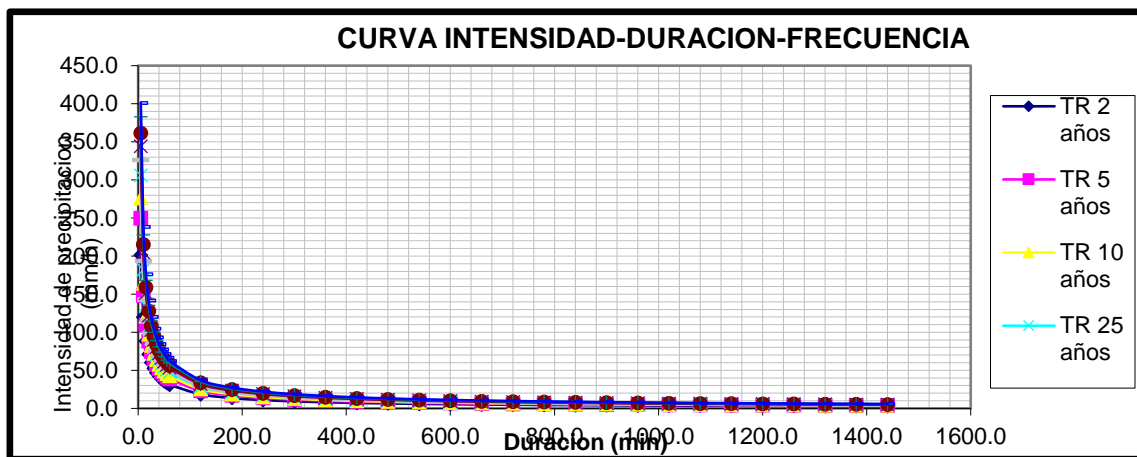


Tabla 10 Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia. Fuente: Elaboración propia.

Tiempo de concentración

Se define como el tiempo necesario para que una gota de agua que cae desde el punto alejado extremo de la cuenca llegue al primer tanque y de allí a través de la tubería hasta ese punto.

CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACION (Tc)		
INFORMACIÓN DE LA MICROCUENCA-FILA ALTA		
L=	4.33	Longitud de cauce principal (km)
S=	0.15	Pendiente de la cuenca (m/m)
H=	50	Diferencia de cotas (m)
A=	9.64	Área (km ²)

Tabla 11 Cálculo del tiempo de concentración en Microcuenca-Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.

Formula de R. Temez		
$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$		
Tc=	Tiempo de concentracion (horas)	
L=	4.33	Longitud de cauce principal (km)
S=	0.15	Pendiente promedio del cauce mayor (m/m)
Tc=	1.31	Horas

Ilustración 35 Formula de R. Temez para calcular el tiempo de concentración. Fuente: Elaboración propia

Formula de california Culverts Practice		
$T_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$		
Tc=	Tiempo de concentracion (horas)	
H=	50	Diferencia de cotas(m)
L=	4330	Longitud de cauce principal (m)
Tc=	68.56 min	= 1.14 Horas

Ilustración 36 Formula de california Culverts Practice para calcular el tiempo de concentración. Fuente: Elaboración propia

Formula de Kirpich		
$T_c = 0.01947 \left(\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right)$		
Tc=	Tiempo de concentracion (horas)	
L=	4330	Longitud de cauce principal (m)
S=	0.15	Pendiente media del cauce principal (m/m)
Tc=	25.51 min	= 0.43 Horas

Ilustración 37 Formula de Kirpich para calcular el tiempo de concentración. Fuente: Elaboración propia

EVALUACION DE RESULTADOS	
MÉTODO	Tc (horas)
Formula de R. Temez	1.31
Formula de california Culverts Practice	1.14
Formula de Kirpich	0.43
Tc	0.96

Ilustración 38 Evaluación de resultados, promedio de fórmulas para para calcular el tiempo de concentración. Fuente: Elaboración propia

Resumiendo, de todas las fórmulas utilizadas, se trabajó con el promedio de estas para calcular el tiempo de concentración con un periodo de retorno de 50 años en un tiempo de concentración de 60 min; obteniendo como I máx. de 50.551(mm/hr).

Modelo de Dick Peschke

Duración (Minutos)	Precipitación en 24 horas (mm)								
	69.06	85.61	94.81	105.04	111.89	118.21	124.13	131.47	137.65
	Periodo de Retorno (Años)								
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
Precipitación (mm)									
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	19.94	24.71	27.37	30.32	32.30	34.12	35.83	37.95	39.74
20	23.71	29.39	32.55	36.06	38.41	40.58	42.61	45.13	47.26
30	26.24	32.52	36.02	39.91	42.51	44.91	47.16	49.95	52.30
40	28.19	34.95	38.70	42.88	45.68	48.26	50.67	53.67	56.20
50	29.81	36.95	40.93	45.34	48.30	51.03	53.58	56.75	59.42
60	31.20	38.68	42.83	47.46	50.55	53.41	56.08	59.40	62.19

Tabla 12 Cálculo de intensidad máxima para un periodo de retorno de 50 años. Fuente: Elaboración propia

Hietograma de diseño

Dado que no hay datos de tormentas para el área, se debe generar un mapa de precipitación proyectada. Con base en las curvas IDF, el diagrama de precipitación diseñado se desarrolló utilizando el método de bloques variables, que determina la profundidad de la precipitación que ocurre en intervalos de tiempo sucesivos de duración Δt a lo largo de la duración de $T_d = n\Delta t$. Se consideró un período de recuperación de 50 años.

Duración (Minutos)	Periodo de Retorno (Años)								
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
	Precipitación (mm)								
10	1.62	2.01	2.22	2.46	2.62	2.77	2.91	3.08	3.22
20	2.53	3.14	3.47	3.85	4.10	4.33	4.55	4.81	5.04
30	19.94	24.71	27.37	30.32	32.30	34.12	35.83	37.95	39.74
40	3.77	4.68	5.18	5.74	6.11	6.46	6.78	7.18	7.52
50	1.96	2.43	2.69	2.98	3.17	3.35	3.52	3.72	3.90
60	1.39	1.72	1.91	2.11	2.25	2.38	2.50	2.65	2.77

Tabla 13 Precipitaciones en distintos periodos de retorno. Fuente: Elaboración propia

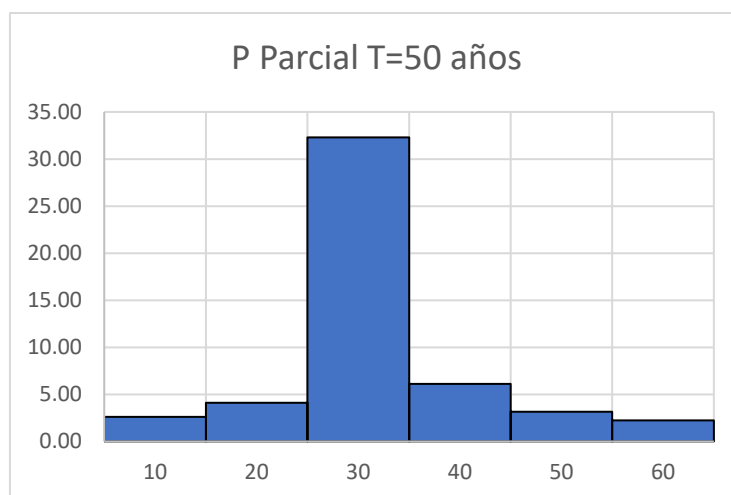


Ilustración 39 Hietograma para 50 años de Periodo de Retorno. Fuente: Elaboración propia.

Caudal de diseño por Método racional

El método racional es uno de los más comúnmente utilizados para estimar el caudal máximo asociado a un caso de diseño particular. Luego se calcula el caudal del río que desemboca en el área de estudio en función del área de la microcuenca, la intensidad máxima y el coeficiente de escorrentía promedio:

$$\begin{aligned}
 C &= 0.793 \\
 I &= 50.552 \text{ mm/h} \\
 A &= 964 \text{ Ha} \\
 \mathbf{Q} &= \mathbf{107.39028} \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Tabla 14 Determinación del caudal aportante por Método Racional. Fuente: Elaboración propia.

Q (m ³ /s)	Periodo de Retorno (Años)								
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
	66.2841	82.1659	90.9952	100.8183	107.3903	113.4557	119.1349	126.1829	132.1191

Tabla 15 Caudales para diferentes períodos de retorno. Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de la situación actual del alcantarillado pluvial

Los elementos fundamentales procesados u obtenidos como información básica para el estudio de las inundaciones en la cuenca urbana fueron: la topografía de la zona de estudio, delimitación de la cuenca, el análisis puntual y regional de las lluvias máximas, la obtención de los parámetros geomorfológicos, las características de los embalses (de existir) y la información que aportarán las estaciones de medición.

La situación actual del alcantarillado pluvial se realizó a través de observación directa con la aplicación de una encuesta, y se procedió de la siguiente manera:

1. Se identificó los aspectos positivos y negativos de las calles y avenidas.
2. Se registró y capturó las imágenes del río Zanja Honda.
3. Se evaluó el sentido del flujo del alcantarillado pluvial; validado por SWMM.

4. Se observó residuos sólidos y presencia de aves.
5. Se registró y capturó las imágenes de nodos inundados.
6. Se aplicó una encuesta al público acerca del problema actual que acontecen.

Todos los aspectos señalados anteriormente, fueron ingresados en el programa SWMM para modelar hidráulicamente en un contexto actual.



Ilustración 40 Modelamiento en Software SWMM, contexto actual. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

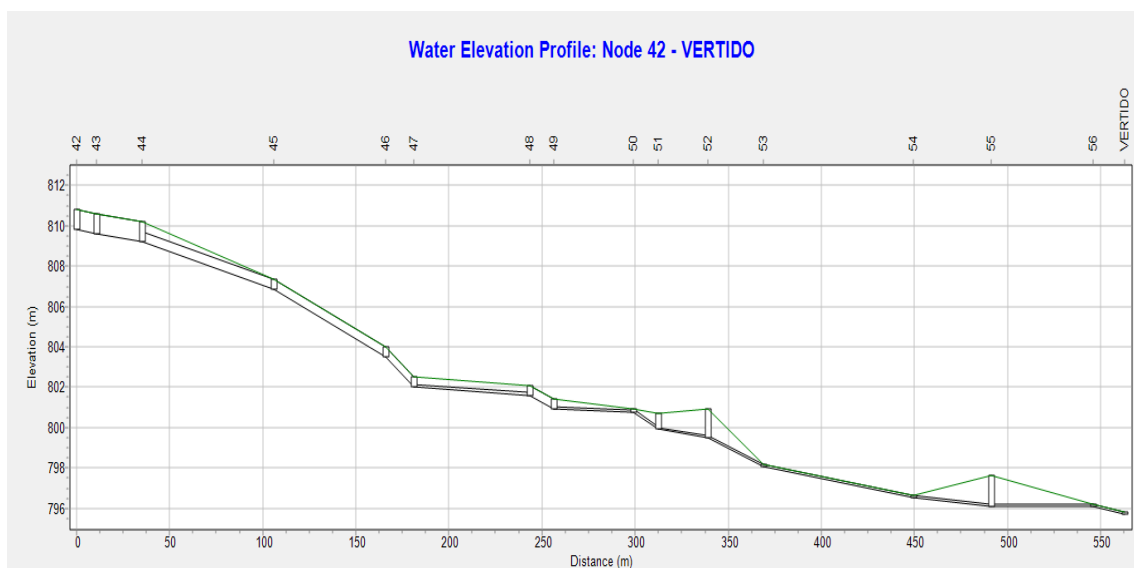


Ilustración 41 Perfil Longitudinal del río Zanja Honda. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

Actualmente, la situación que acontece el sector de Fila Alta, es el recorrido de aguas del río Zanja Honda en la parte más baja, está siendo obstaculizado por erosión, acumulación de basura, árboles y plantas; por lo cual, al ingresar los datos actuales al Software SWMM; nos dio un resultado donde claramente se pudo ver que, la capacidad máxima de esos conductos de agua sobrepasa el 75% según norma (color amarillo y rojo), también hay que se aclaró que, por ser una zona baja se captan aguas de lluvia que caen directamente al área de estudio y por lo cual, se tiene como consecuencia, desbordamientos e inundaciones en los nodos: 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56 y la zona de VERTIDO. A continuación, se muestran imágenes de estos nodos a lo largo del río:

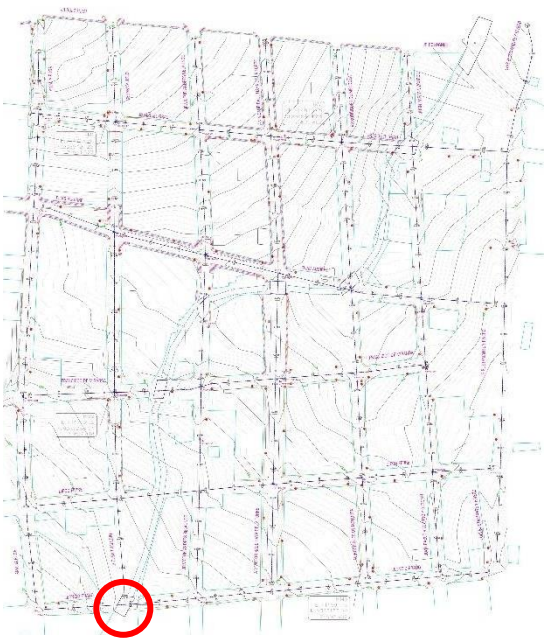


Ilustración 42 Primera parte de la estructura de emboquillado de piedra para la evacuación de agua pluvial intersección de la calle Leoncio Prado y Jr. César Vallejo. Fuente: Elaboración propia.

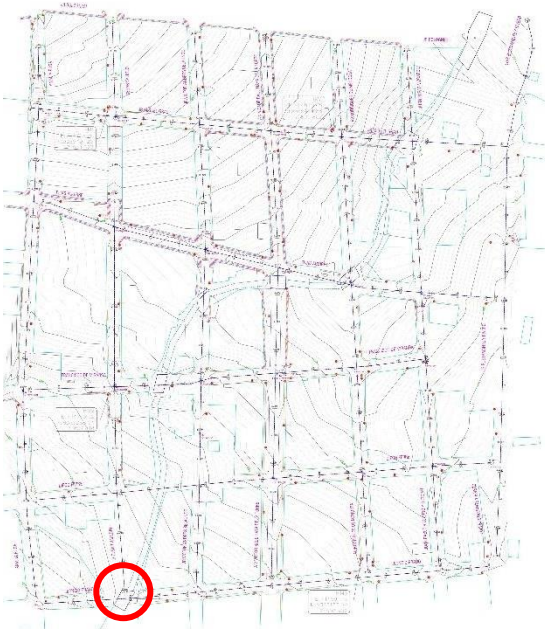


Ilustración 43 Primera parte de la estructura de emboquillado de piedra para la evacuación de agua pluvial intersección de la calle Leoncio Prado y Jr. César Vallejo. Fuente: Elaboración propia.

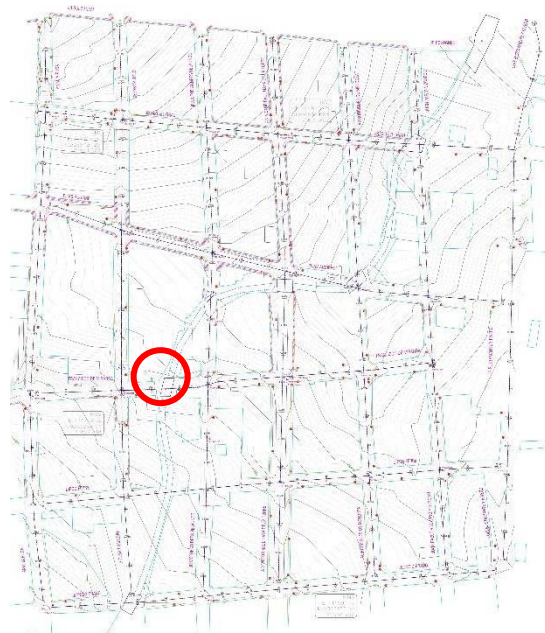


Ilustración 44 Segunda parte de la estructura de emboquillado de piedra para la evacuación de agua pluvial intersección de la calle Diego Ferré y Jr. Víctor Andrés Belaunde. Fuente: Elaboración propia.

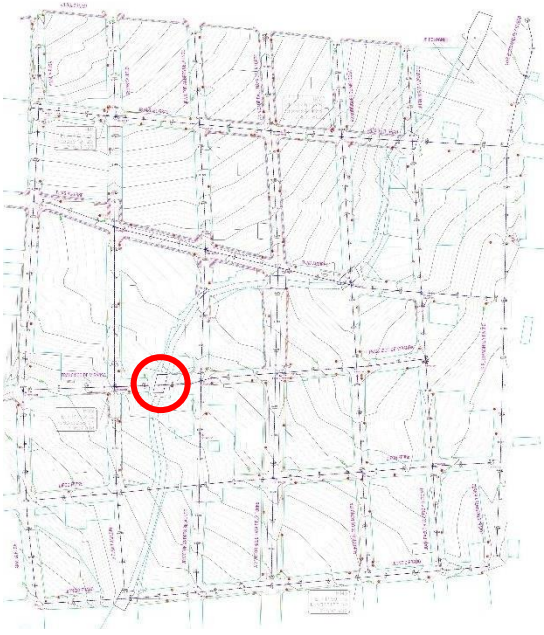


Ilustración 45 Segunda parte de la estructura de emboquillado de piedra para la evacuación de agua pluvial intersección de la calle Diego Ferré y Jr. Víctor Andrés Belaunde. Fuente: Elaboración propia.

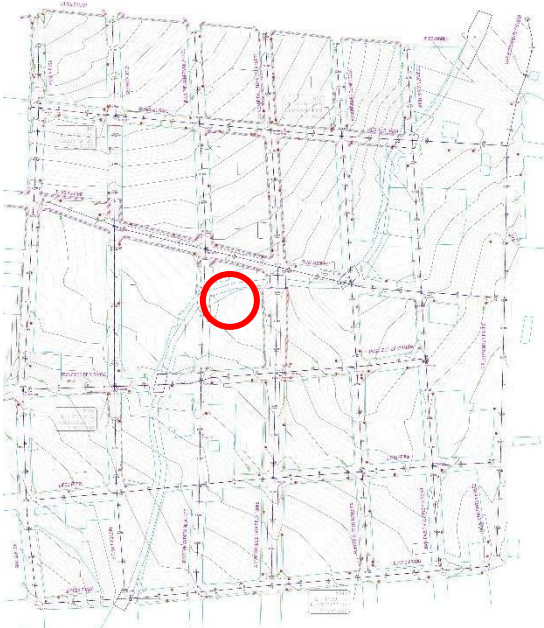


Ilustración 46 Tercera parte de la estructura de emboquillado de piedra para la evacuación de agua pluvial intersección de la calle Francisco de Miranda y Jr. Víctor Andrés Belaunde. Fuente: Elaboración propia.

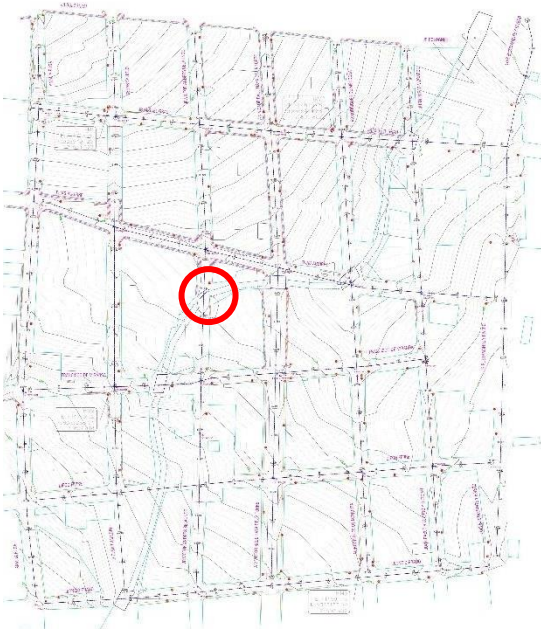


Ilustración 47 Tercera parte de la estructura de emboquillado de piedra para la evacuación de agua pluvial intersección de la calle Francisco de Miranda y Jr. Víctor Andrés Belaunde. Fuente: Elaboración propia.

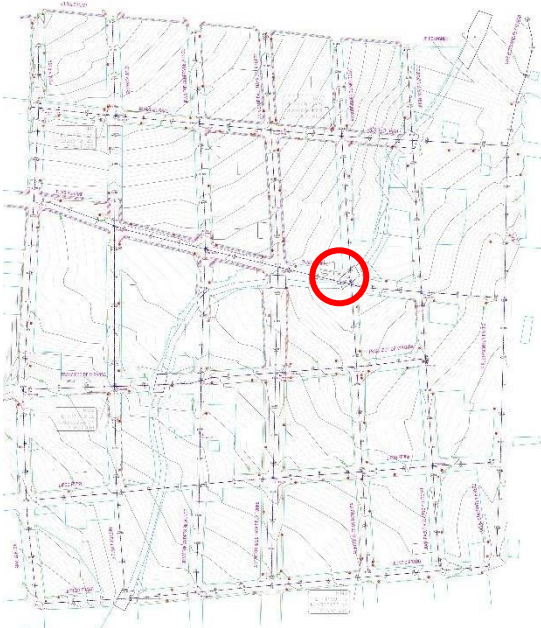


Ilustración 48 Cara anterior de emboquillado de piedra y desembocadura de sumidero en intersección Elías Aguirre con Víctor Raúl Haya de la Torre, Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.

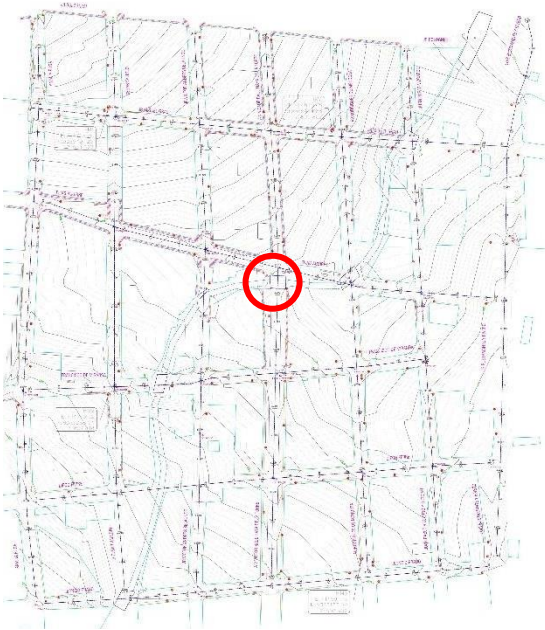


Ilustración 49 Cara lateral de emboquillado de piedra y desembocadura de sumidero en intersección Elías Aguirre con Víctor Raúl Haya de la Torre, Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.

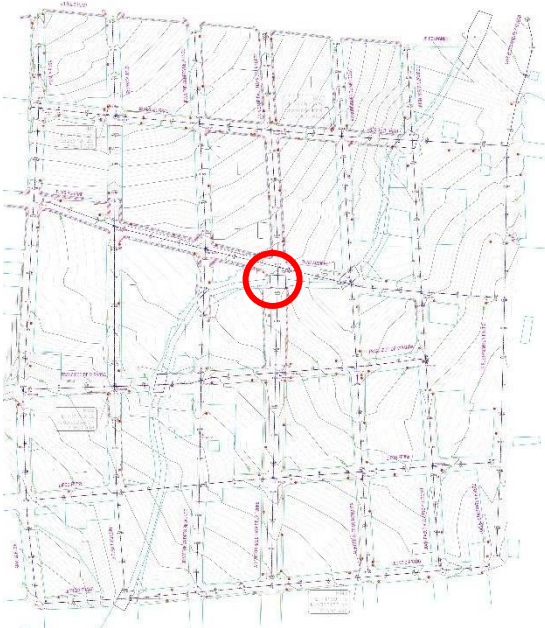


Ilustración 50 Emboquillado de piedra y desembocadura de sumidero en intersección Elías Aguirre con Víctor Raúl Haya de la Torre, Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.

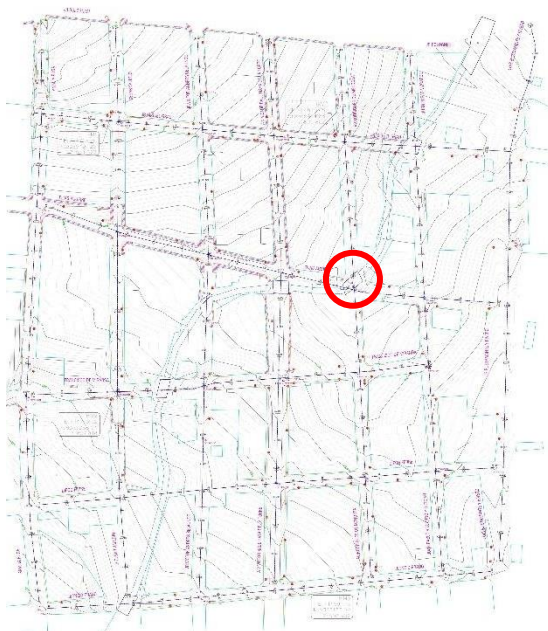


Ilustración 51 Colapso de buzón, intersección Elías Aguirre con Rodríguez de Mendoza, Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.

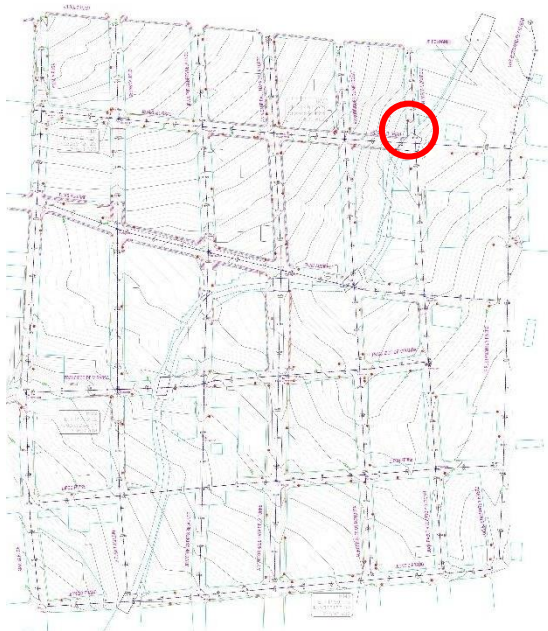


Ilustración 52 Presencia de basura, intersección Miguel Grau con Juan Pablo Vizcardo y Guzmán, Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 53 Cara anterior del recorrido final de la Zanja Honda, intersección Francisco Bolognesi con Juan Pablo Vizcardo y Guzmán, Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 54 Colapso de buzón, intersección Francisco Bolognesi con Juan Pablo Vizcardo y Guzmán, Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.

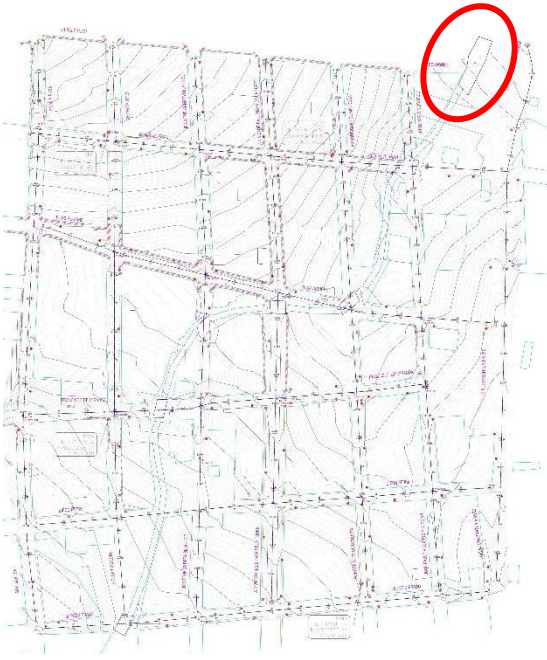


Ilustración 55 Zona de vertido de la quebraba seca Zanja Honda intersección Francisco Bolognesi con Juan Pablo Vizcardo y Guzmán, Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.

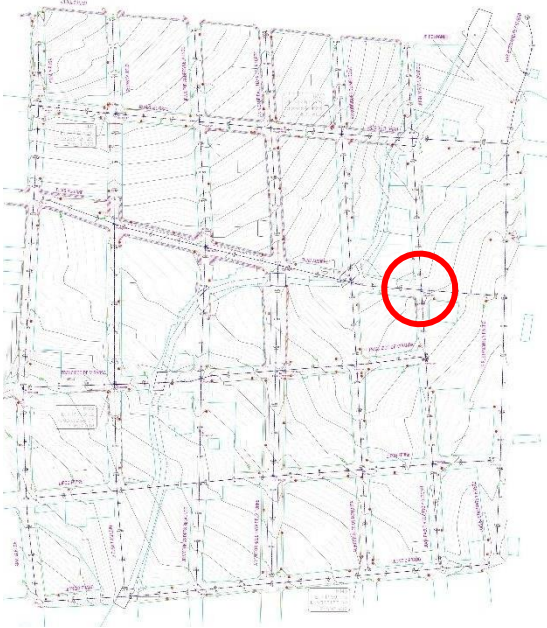


Ilustración 56 Erosión de la capa de terreno y presencia de contaminación en la intersección de Elías Aguirre con Juan Pablo Vizcardo y Guzmán. Fuente: Elaboración propia.

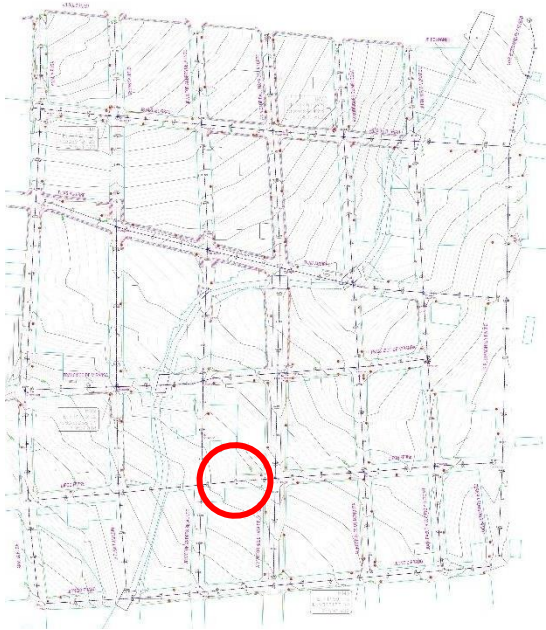


Ilustración 57 Presencia de erosión y vegetación a lo largo de la calle Diego Ferré. Fuente: Elaboración propia.

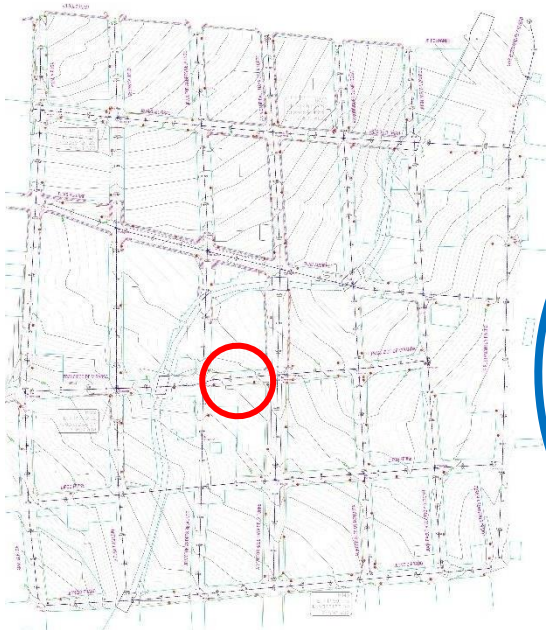


Ilustración 58 Presencia de erosión y vegetación a lo largo de la calle Francisco de Miranda. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 59 Presencia de sardinel a lo largo de la calle Elías Aguirre. Fuente: Elaboración propia.

El río Zanja Honda, es una zona amenazada por inundaciones a lluvias intensas, que bajan por pendiente pronunciadas a rápida velocidad con gran fuerza y poder erosivo que no pueden seguir un caudal establecido, por quedar atrapados, cortes repentinos o falta de continuidad en el sistema, siendo una de las causas más frecuentes de inundación y formación de crecidas de agua. Con la aplicación de una encuesta, fue posible conocer la situación actual y compartir comentarios con las personas que viven en la etapa I del sector de Fila Alta acerca de los problemas que acontecen diariamente en su entorno.

- De las 40 encuestas aplicadas, en la primera pregunta, el 85% de los pobladores desde que residen en el sector son afectados por el problema de desborde de desagüe y de basura.

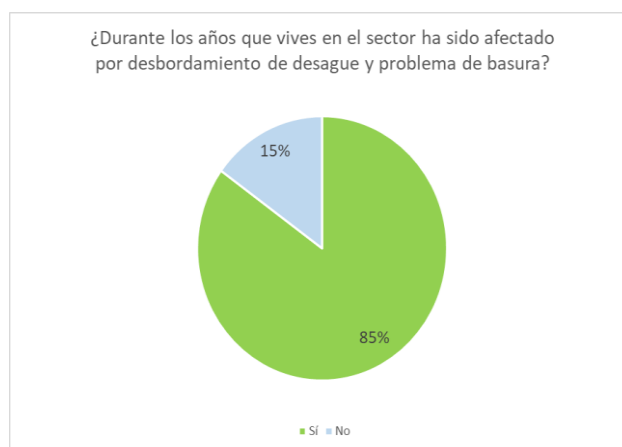


Ilustración 60 Pregunta 1: ¿Durante los años que vives en el sector ha sido afectado por desbordamiento de desagüe y problema de basura? Fuente: Elaboración propia.

- Los resultados de la segunda pregunta referida a la zona y sus alrededores, las 2/3 partes de los encuestados afirmaron vivir en una zona afectada por desbordamiento de desagüe y problema de basura.

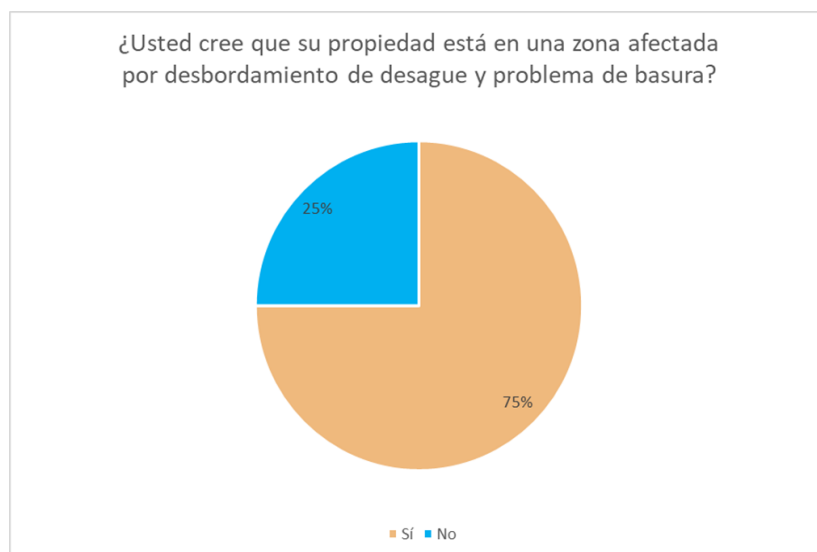


Ilustración 61 Pregunta 2: ¿Usted cree que su propiedad está en una zona afectada por desbordamiento de desagüe y problema de basura? Fuente: Elaboración propia.

- Para mejorar y abarcar el problema que acontece el sector debería estar en marcha algún proyecto para mitigar y evitar que estos problemas sanitarios sigan ocurriendo, sin embargo; a través de la encuesta se corroboró que los pobladores no conocen o no tienen conocimiento sobre este tema generando así una falta de instrucción sanitaria y organización para que pueda existir un proyecto.

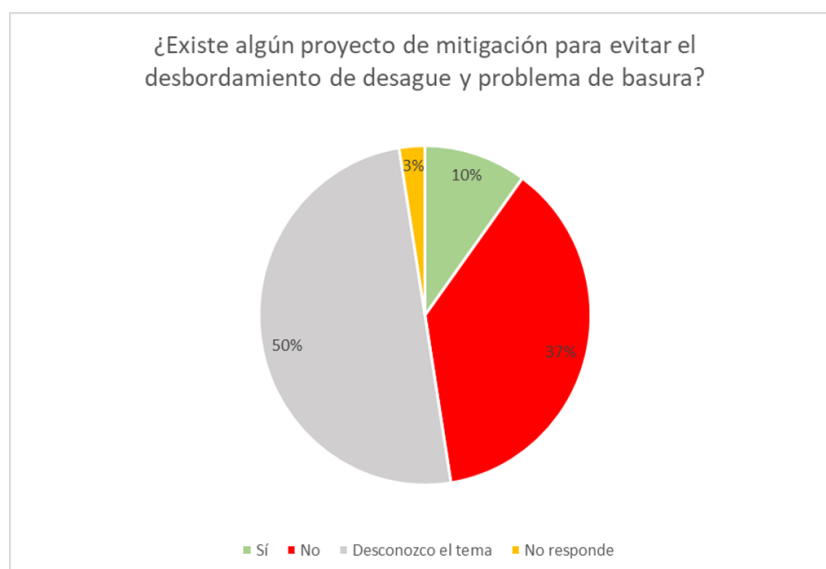


Ilustración 62 Pregunta 3: ¿Existe algún proyecto de mitigación para evitar el desbordamiento de desagüe y problema de basura? Fuente: Elaboración propia.

- La importancia sobre el tema de prevención y mitigación de problemas ambientales, según nuestros encuestados, el 85% afirmó que no tiene relevancia y no genera controversia por mantener un ambiente limpio y sano.

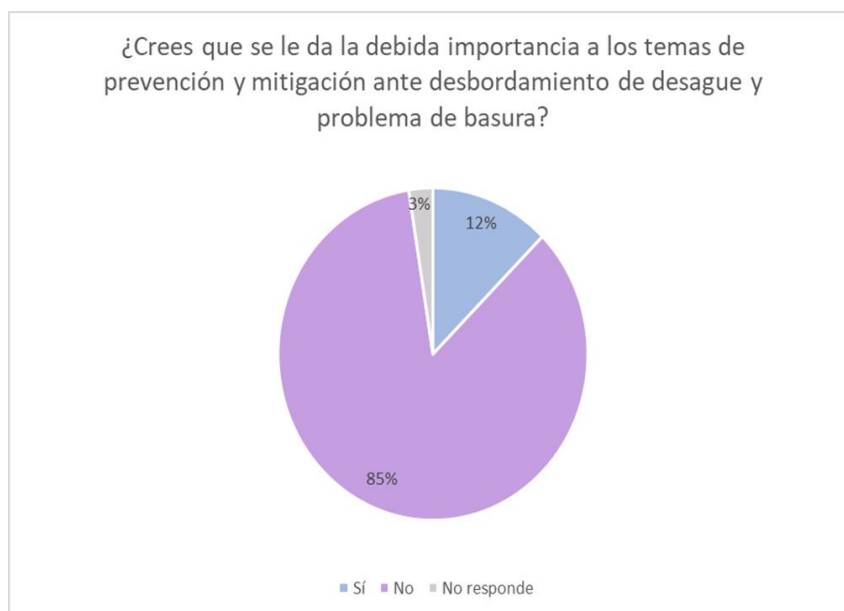


Ilustración 63 Pregunta 4: ¿Crees que se les da la debida importancia a los temas de prevención y mitigación ante desbordamiento de desagüe y problema de basura? Fuente: Elaboración propia.

- El 80% de los encuestados, si tienen conocimiento sobre las amenazas y riesgos que afectan la calidad de vida que poseen en el sector de Fila Alta.

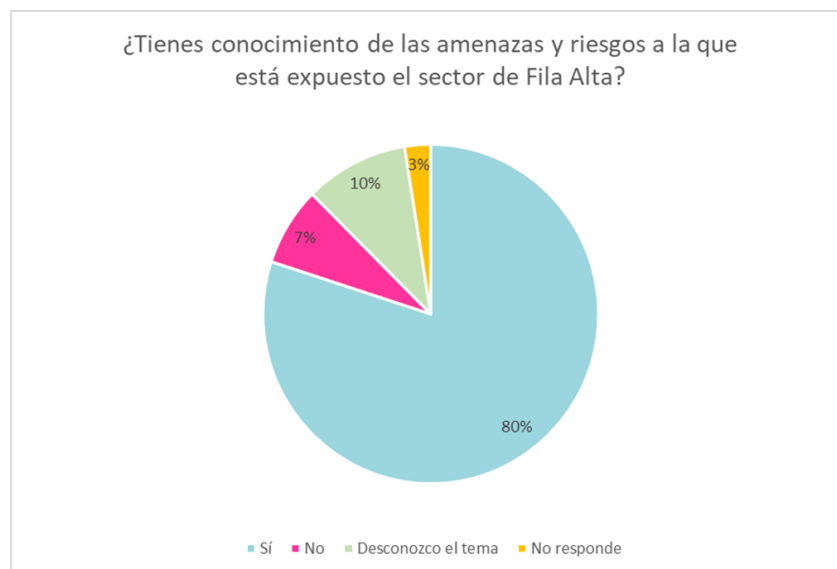
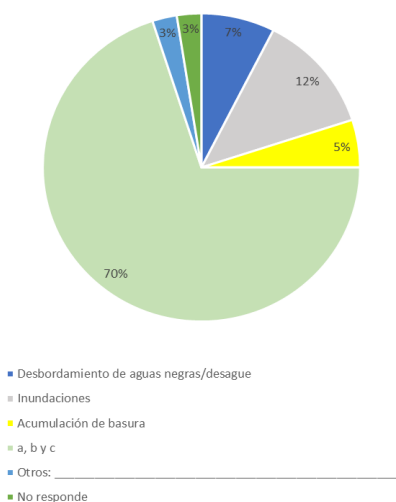


Ilustración 64 Pregunta 5: ¿Tienes conocimiento de las amenazas y riesgos a la que está expuesto el sector de Fila Alta? Fuente: Elaboración propia.

- Como consecuencia de la pregunta 5, los encuestados respondieron que efectivamente conocen las amenazas y riesgos y son los siguientes: el 70%: desbordamiento de aguas negras/desagüe, inundaciones y acumulación de basura.

¿Menciona cuáles son las amenazas y riesgos a la que está expuesto el sector de Fila Alta?



*Otros: mal olor

Ilustración 65 Pregunta 6: ¿Menciona cuáles son las amenazas y riesgos a la que está expuesto el sector de Fila Alta? Fuente: Elaboración propia.

- Los meses con mayor intensidad de lluvia, según los pobladores son los meses de enero, febrero y marzo, donde se genera más problemas con las inundaciones y desbordamiento de los desagües.

¿En qué meses del año sufre daños de desbordamiento de desagüe y problema de basura en tu comunidad con mayor frecuencia?

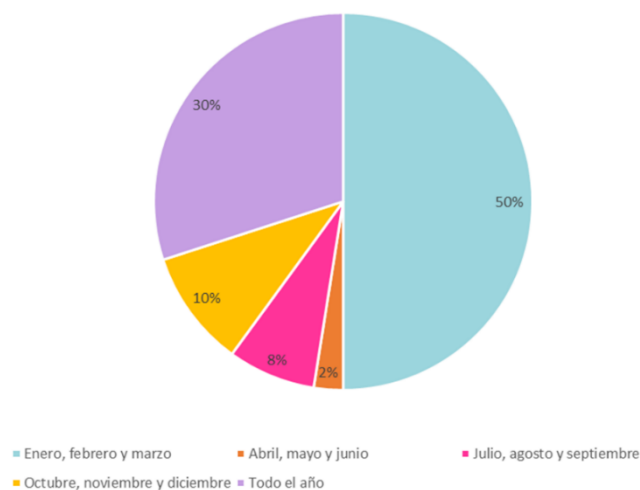


Ilustración 66 Pregunta 7: ¿En qué meses del año sufre daños de desbordamiento de desagüe y problema de basura en tu comunidad con mayor frecuencia? Fuente: Elaboración propia.

- Se abarcó una pregunta acerca de una opinión de los taponamientos de los drenajes en tiempos de lluvia, y el 95% de los encuestados, respondió que efectivamente es la acumulación de basura y los residuos sólidos que se tiran a la calle.



Ilustración 67 Pregunta 8: ¿Estás consciente que las inundaciones en tiempos de lluvia son debido a que la gente tira basura en la calle y esto causa que se tapen los drenajes? Fuente: Elaboración propia.

- Sin embargo, a pesar de que, casi la totalidad de pobladores encuestados saca su basura cuando pasa el camión recolector, la acumulación de basura y desorden de las bolsas plásticas abiertas y esparcidas por las calles, no tienen control.



Ilustración 68 Pregunta 9: ¿Sacas tu basura cuándo pasa el camión recolector? Fuente: Elaboración propia.

- Ahora bien, esta pregunta se trató sobre la concientización de los pobladores sobre una educación sanitaria en estos temas de suma importancia ambiental, el 87% de los encuestados, afirmó que la población es la culpable en dejar las basuras fuera de casa cuando se sabe que el camión recolector pasa los días hábiles.

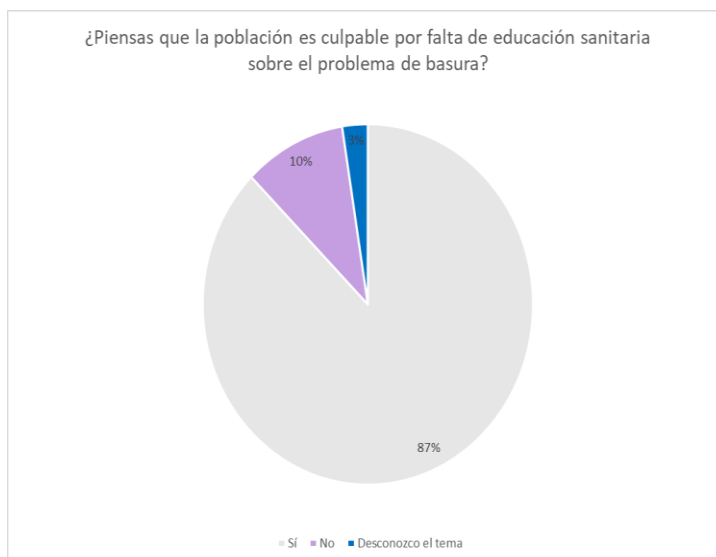


Ilustración 69 Pregunta 10: ¿Piensas que la población es culpable por falta de educación sanitaria sobre el problema de basura? Fuente: Elaboración propia.

- La totalidad de encuestados respondió que, no se siente cómodo enfrentando estos problemas sanitarios en su sector, por lo que, la última pregunta abarca sobre soluciones y quiénes serían las personas encargadas de concientizar y mitigar lo que acontece la etapa I del sector de Fila Alta, Jaén.

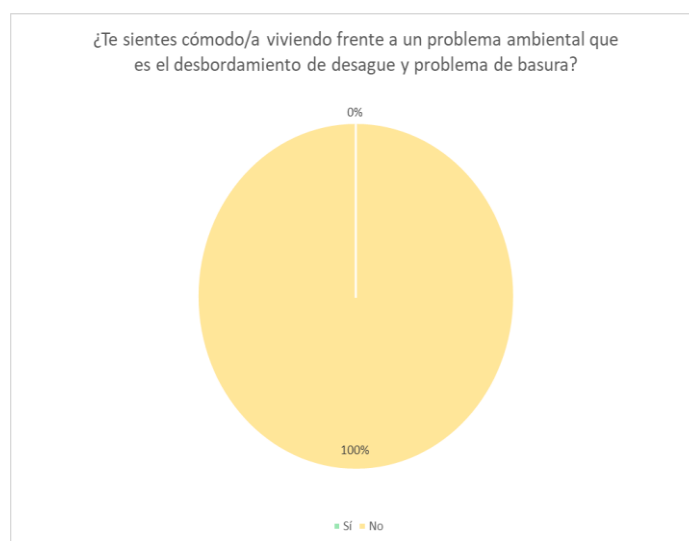


Ilustración 70 Pregunta 11: ¿Te sientes cómodo/a viviendo frente a un problema ambiental que es el desbordamiento de desagüe y problema de basura? Fuente: Elaboración propia.

Para finalizar la encuesta, la última pregunta, los encuestados escribieron su opinión sobre el tema abarcado en la encuesta y la mayoría comentó que, en primer lugar, debe existir un comité que, junto con las autoridades, mencionando al gobierno regional de Cajamarca y a la alcaldía, se autorice un plan de limpieza y mejore las condiciones mediante la creación de redes de drenaje. Asimismo, se generen proyectos de infraestructura vial para manejar las escorrentías de las lluvias que afectan directamente el paso vehicular y

peatonal; y sobretodo que el colector de basura tenga un cronograma más apropiado para que recoja los desperdicios en puntos de acumulación de basura; colocando en prioridad el tema de salud porque existen niños y adultos mayores que residen en el sector.

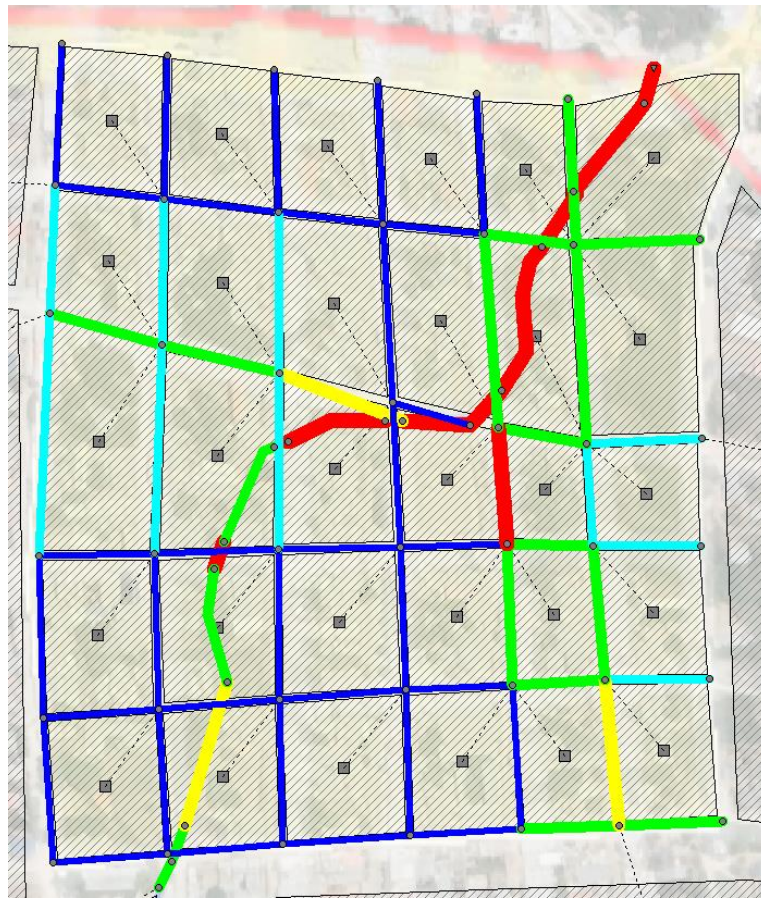


Ilustración 71 Modelamiento en Software SWMM, contexto futuro con período de retorno de 50 años. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

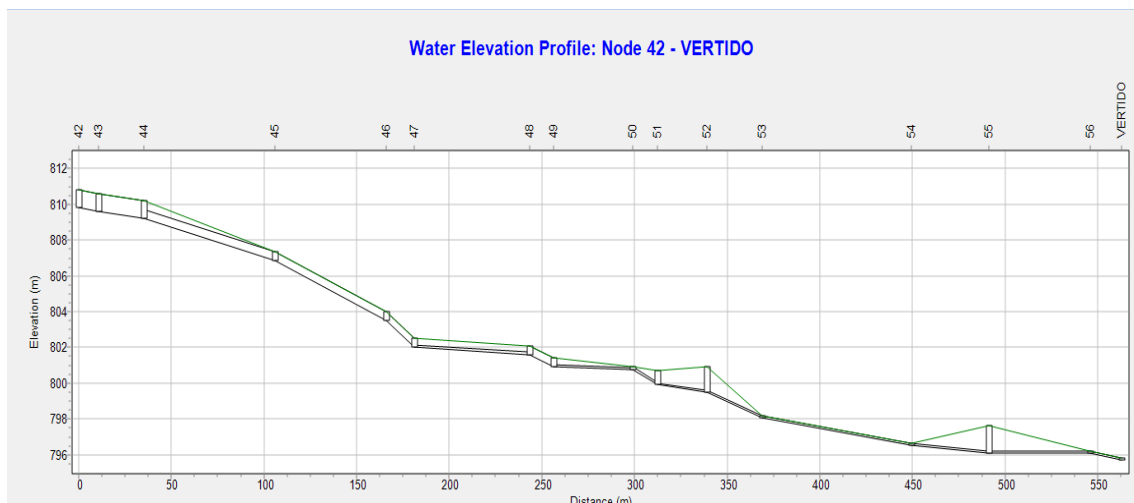


Ilustración 72 Perfil Longitudinal del río Zanja Honda. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

Por último, el modelamiento en el Software SWMM con una proyección en un futuro de 50 años, se puede visualizar claramente que, si no existe un mejoramiento de conducción de aguas de lluvia eficaz y eficiente; definitivamente, el recorrido del río Zanja Honda

seguiría obstaculizado por distintas causas que no fueron enfocadas en mejorar en su momento y se generaría más puntos inundados a lo largo del área afectada sin poder controlar la escorrentía que pasa por calles y avenidas. Por lo cual, seguidamente, se diseñó un modelamiento de una red en el Software SWMM.

Modelamiento de la red pluvial en Software SWMM

Ubicación

El sistema de drenaje urbano de aguas de lluvia diseñado está ubicado en la Provincia de Jaén, sector Fila Alta.

Discretización de la cuenca

Para realizar el modelamiento en SWMM fue necesario discretizar cada sección de subcuencas para el análisis individual del área de estudio.

ÍTEM	ÁREA ha	% IMPERV	N-Imperv	N-Perv	Dstore-Imperv	Dstore-Perv	Infiltration Data
SC-1	240.8689	10	0.035	0.035	1.61	1.61	71
SC-2	209.7890	15	0.03	0.05	1.86	1.86	92
SC-3	46.6198	5	0.03	0.035	2.09	2.09	92
SC-4	30.6737	5	0.03	0.035	1.88	1.88	92
SC-5	64.7497	5	0.035	0.035	1.83	1.83	71
SC-6	378.1383	10	0.03	0.03	2.59	2.59	92
SCA-1	0.3323	70	0.03	0.033	4.30	4.30	92
SCA-2	0.2818	70	0.03	0.033	4.38	4.38	92
SCA-3	0.2575	70	0.03	0.033	4.12	4.12	98
SCA-4	0.3374	70	0.03	0.033	3.30	3.30	92
SCA-5	0.2529	70	0.03	0.033	4.10	4.10	92
SCA-6	0.2025	50	0.03	0.033	3.76	3.76	98
SCA-7	0.3498	70	0.03	0.033	6.61	6.61	92
SCA-8	0.3080	70	0.03	0.033	2.80	2.80	92
SCA-9	0.2476	70	0.03	0.033	3.21	3.21	98
SCA-10	0.2947	70	0.03	0.033	3.79	3.79	92
SCA-11	0.2527	70	0.03	0.033	3.91	3.91	92
SCA-12	0.2766	50	0.03	0.033	3.86	3.86	92
SCA-13	0.5569	70	0.03	0.033	3.72	3.72	92
SCA-14	0.4784	70	0.03	0.033	5.08	5.08	92
SCA-15	0.2675	70	0.03	0.033	4.70	4.70	92
SCA-16	0.2218	5	0.033	0.035	4.22	4.22	71
SCA-17	0.1582	70	0.03	0.033	4.11	4.11	92
SCA-18	0.1511	10	0.033	0.035	2.76	2.76	71
SCA-19	0.2593	80	0.03	0.033	7.02	7.02	92
SCA-20	0.3620	80	0.03	0.033	5.29	5.29	92
SCA-21	0.3254	80	0.03	0.033	4.30	4.30	92
SCA-22	0.3552	80	0.03	0.033	2.76	2.76	92
SCA-23	0.3688	80	0.03	0.033	2.99	2.99	92
SCA-24	0.4977	10	0.033	0.035	3.18	3.18	71

SCA-25	0.2725	85	0.03	0.033	4.83	4.83	92
SCA-26	0.3105	85	0.03	0.033	3.08	3.08	92
SCA-27	0.2607	85	0.03	0.033	3.41	3.41	92
SCA-28	0.2583	85	0.03	0.033	3.91	3.91	92
SCA-29	0.2522	85	0.03	0.033	3.11	3.11	92
SCA-30	0.494	5	0.033	0.035	7.50	7.79	71

Tabla 16 Cuadro de subcuencas, área y descripción de parámetros SWMM. Fuente: Elaboración propia.

Datos de los tramos con los nodos

La tabla 17, se muestra la codificación de cada tramo con sus respectivos nodos y longitudes, coordenadas y cota de terreno.

TUBERÍAS	Nodo inicial	Nodo final	Cota inicio	Cota final	Longitud	Pendiente
Alc-1	43	44	809.573	809.226	10.244	3.39%
Alc-2	46	47	803.491	802.009	10.819	13.70%
Alc-3	48	49	801.585	800.787	12.408	6.43%
Alc-4	50	51	800.924	799.503	16.276	8.73%
Alc-5	52	53	799.913	798.095	15.120	12.02%
Alc-6	54	55	796.545	796.118	14.286	2.99%
Alc-7	56	VERTIDO	796.092	797.200	38.950	-2.84%
Rio-1	42	43	809.796	809.573	11.141	2.00%
Rio-2	44	45	809.226	806.846	81.088	2.94%
Rio-3	45	46	806.846	803.491	64.258	5.22%
Rio-4	47	48	802.009	801.585	53.931	0.79%
Rio-5	49	50	800.787	800.924	41.391	-0.33%
Rio-6	51	52	799.503	799.913	35.926	-1.14%
Rio-7	53	54	798.095	796.545	89.539	1.73%
Rio-8	55	56	796.118	796.092	59.457	0.04%
Tub-01	1	7	815.014	810.400	57.880	7.97%
Tub-02	7	13	810.400	810.061	31.892	1.06%
Tub-03	13	19	810.061	808.174	53.512	3.53%
Tub-04	19	25	808.174	805.624	69.772	3.65%
Tub-05	25	31	805.624	804.740	50.061	1.77%
Tub-06	37	31	805.322	804.740	32.780	1.78%
Tub-07	2	8	811.963	809.667	65.552	3.50%
Tub-08	8	14	809.667	807.093	59.077	4.36%
Tub-09	14	20	807.093	805.142	51.599	3.78%
Tub-10	20	26	805.142	803.577	63.117	2.48%
Tub-11	32	26	803.422	803.577	50.171	-0.31%
Tub-12	38	32	804.414	803.422	40.837	2.43%
Tub-13	3	9	809.313	806.706	64.583	4.04%
Tub-14	9	15	806.706	805.179	60.915	2.51%
Tub-15	15	21	805.179	802.881	53.791	4.27%
Tub-16	21	27	802.881	800.563	53.281	4.35%
Tub-17	33	27	801.797	800.563	50.034	2.47%
Tub-18	39	33	804.100	801.797	55.225	4.17%
Tub-19	4	10	804.938	803.620	58.747	2.24%

Tub-20	10	16	803.620	802.237	67.620	2.05%
Tub-21	16	22	802.237	800.897	55.234	2.43%
Tub-22	22	52	800.897	799.913	52.896	1.86%
Tub-23	28	34	798.767	800.783	53.127	-3.79%
Tub-24	40	34	803.389	800.783	58.602	4.45%
Tub-25	5	11	810.340	809.707	53.673	1.18%
Tub-26	11	17	809.707	807.686	59.587	3.39%
Tub-27	17	23	807.686	805.585	50.123	4.19%
Tub-28	23	29	805.585	801.764	50.073	7.63%
Tub-29	29	35	801.764	796.617	48.976	10.51%
Tub-30	41	35	798.382	796.617	67.485	2.62%
Tub-31	1	2	815.014	811.963	75.088	4.06%
Tub-32	2	3	811.963	809.313	73.432	3.61%
Tub-33	3	4	809.313	804.938	133.506	3.28%
Tub-34	5	4	810.340	804.938	64.431	8.38%
Tub-35	6	5	815.727	810.340	65.007	8.29%
Tub-36	7	8	810.400	809.667	77.056	0.95%
Tub-37	8	9	809.667	806.706	73.141	4.05%
Tub-38	9	10	806.706	803.620	111.554	2.77%
Tub-39	11	10	809.707	803.620	78.291	7.77%
Tub-40	12	11	813.786	809.707	67.467	6.05%
Tub-41	13	14	810.061	807.093	75.383	3.94%
Tub-42	14	15	807.093	805.179	75.539	2.53%
Tub-43	15	16	805.179	802.237	77.929	3.78%
Tub-44	17	16	807.686	802.237	88.062	6.19%
Tub-45	18	17	810.856	807.686	65.709	4.82%
Tub-46	19	20	808.174	805.142	76.330	3.97%
Tub-47	20	21	805.142	802.881	73.449	3.08%
Tub-48	21	22	802.881	800.897	66.571	2.98%
Tub-49	23	22	805.585	800.897	97.286	4.82%
Tub-50	24	23	808.228	805.585	63.309	4.17%
Tub-51	25	26	805.624	803.577	74.213	2.76%
Tub-52	26	27	803.577	800.563	73.647	4.09%
Tub-53	27	28	800.563	798.767	60.271	2.98%
Tub-54	29	28	801.764	798.767	101.840	2.94%
Tub-55	30	29	804.910	801.764	68.175	4.61%
Tub-56	31	32	804.740	803.422	73.923	1.78%
Tub-57	32	33	803.422	801.797	73.878	2.20%
Tub-58	33	34	801.797	800.783	46.293	2.19%
Tub-59	34	35	800.783	796.617	108.186	3.85%
Tub-60	36	35	799.672	796.617	64.783	4.72%
Tub-61	35	55	796.617	796.118	25.304	1.97%

Tabla 17 Descripción de los colectores pluviales con nodo inicio y final. Fuente: Elaboración propia.

Ingreso de datos al programa SWMM 5.1

Propiedades por defecto

Cuando se abre el programa SWMM, los valores predeterminados de las propiedades del objeto se ajustan inicialmente antes de dibujar. Por lo tanto, hacemos clic en la opción "Proyecto>>Estándares" del menú principal.

La Ilustración 73 nos muestra lo siguiente: en la primera ventana las etiquetas de cada objeto que dibujaremos, la segunda ventana es sobre las cuencas, área, coeficiente de escorrentía, pendiente, número de curva (permeable e impermeable), pérdida por almacenamiento de depresiones, porcentaje de impermeabilidad y modelo de infiltración, en este caso NÚMERO DE CURVA. Por último, la tercera ventana nos muestra las propiedades de los nodos.

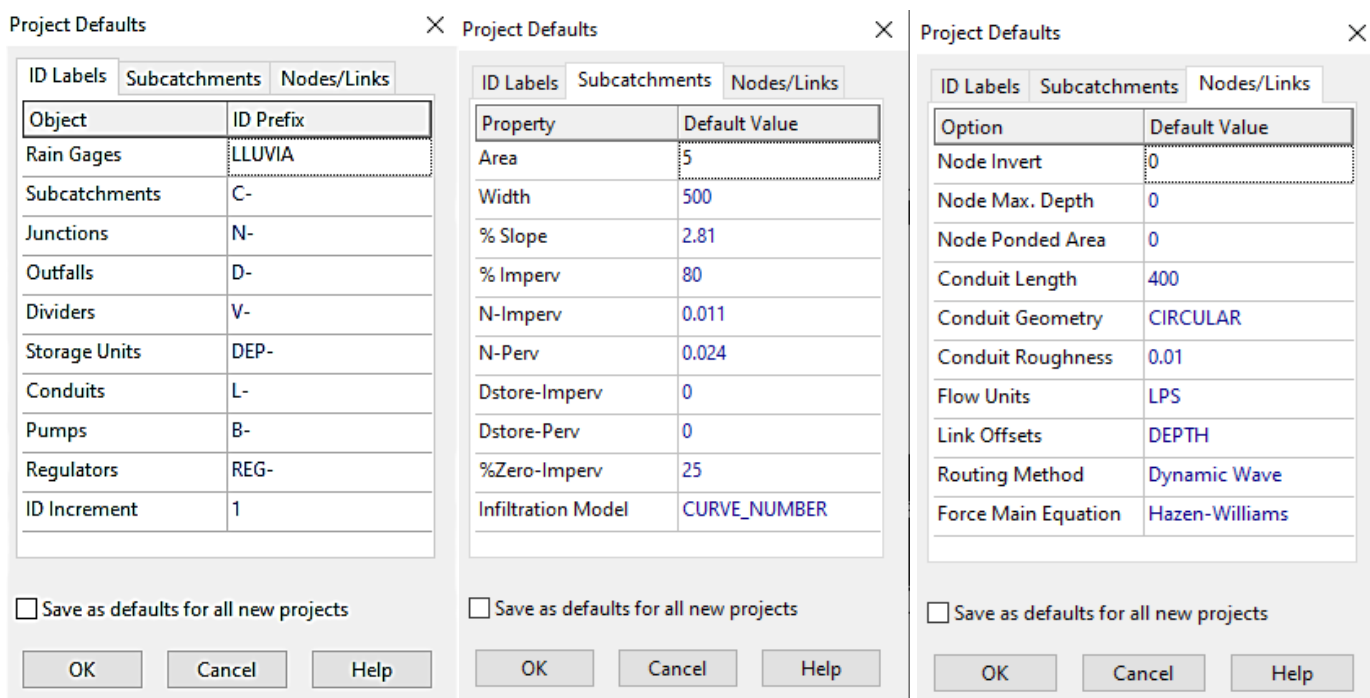


Ilustración 73 Project Defaults para iniciar el dibujo en SWMM. Fuente: Elaboración propia.

Esquemmatización del área de estudio

Se dibujó las subcuencas, nodos, conductos, vertido e información pluviométrica. Se usaron los botones de Objects Toolbar que se presentan en la barra en las siguientes ilustraciones:

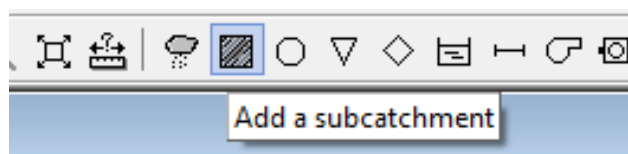


Ilustración 74 Añadir una cuenca. Fuente: SWMM.

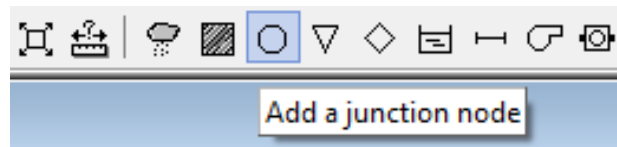


Ilustración 75 Añadir un nodo de unión. Fuente: SWMM.

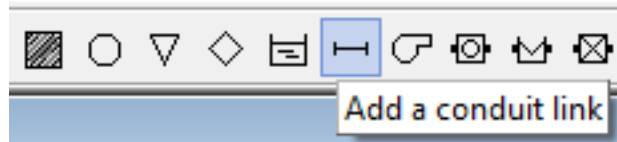


Ilustración 76 Añadir un conducto. Fuente: SWMM.

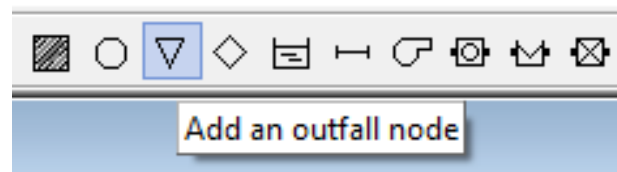


Ilustración 77 Añadir un vertido. Fuente: SWMM.

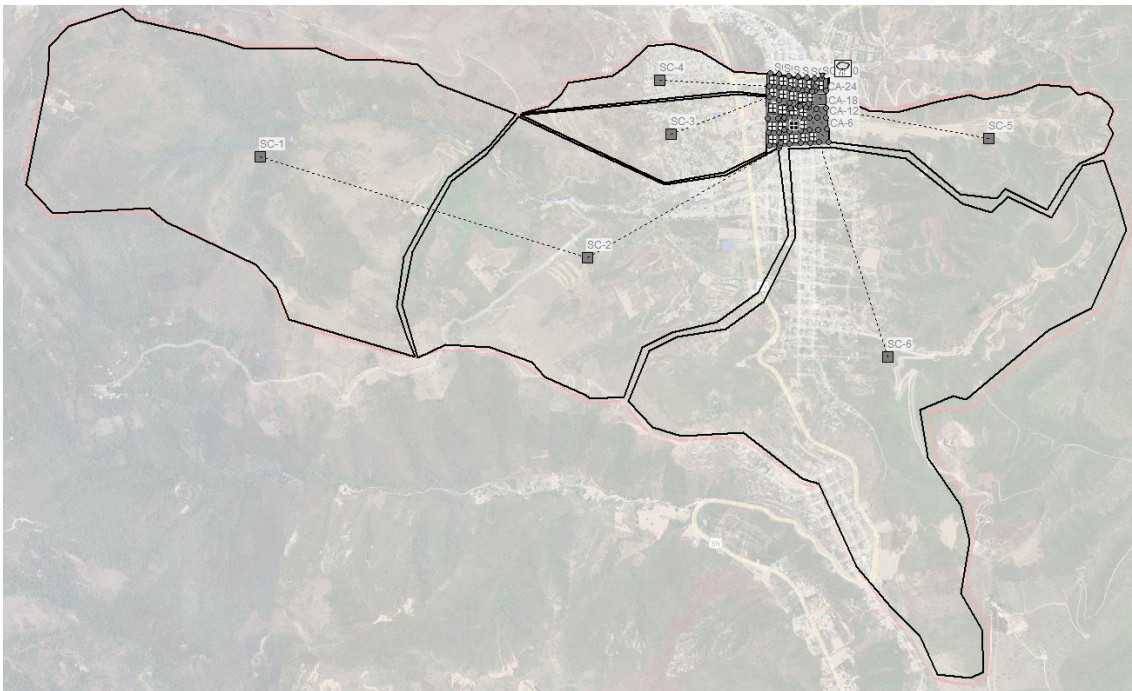


Ilustración 78 Esquema de las subcuencas del sector de Fila Alta, provincia de Jaén. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

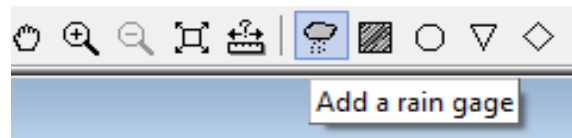


Ilustración 81 Añadir pluviómetro. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

Al culminar el proceso de time series, fue añadido el pluviómetro y colocamos lo siguiente:

Property	Value
Name	EST-01
X-Coordinate	8645.306
Y-Coordinate	8771.040
Description	
Tag	
Rain Format	VOLUME
Time Interval	0:10
Snow Catch Factor	1.0
Data Source	TIMESERIES
TIME SERIES:	
- Series Name	HIETOGRAMA-01
DATA FILE:	
- File Name	
- Station ID	*
- Rain Units	IN

Ilustración 82 Datos del pluviómetro. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

Edición de las propiedades de los objetos

Luego de configurar cada subcuenca, nodo, conducto, caudal y pluviómetro, para acceder a la información de cada objeto, haga doble clic en el objeto deseado y automáticamente se abrirá la ventana del editor de atributos.

Property	Value
Name	SCA-1
X-Coordinate	7679.522
Y-Coordinate	7822.388
Description	
Tag	
Rain Gage	EST-01
Outlet	08
Area	0.3322656
Width	64.522
% Slope	2.99
% Imperv	70
N-Imperv	0.03
N-Perv	0.033
Dstore-Imperv	4.3
Dstore-Perv	4.3
%Zero-Imperv	98
Subarea Routing	OUTLET
Percent Routed	100
Infiltration Data	CURVE_NUMBER
Groundwater	NO
Snow Pack	
LID Controls	0
Land Uses	0
Percent of impervious area (%)	

Property	Value
Name	01
X-Coordinate	7615.582
Y-Coordinate	7729.854
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	815.014
Max. Depth	0
Initial Depth	0
Surcharge Depth	0
Ponded Area	0
Elevation of junction's invert (m)	

Ilustración 83 Ventanas de edición de subcuenca (derecha) y nodo (izquierda). Fuente: SWMM, Elaboración propia.

Conduit Tub-01		Outfall VERTIDO	
Property	Value	Property	Value
Name	Tub-01	Name	VERTIDO
Inlet Node	01	X-Coordinate	8341.272
Outlet Node	07	Y-Coordinate	8690.538
Description		Description	
Tag		Tag	
Shape	STREET	Inflows	NO
Max. Depth	1.000	Treatment	NO
Length	57.880	Invert El.	794.700
Roughness	0.016	Tide Gate	NO
Inlet Offset	815.014	Route To	
Outlet Offset	810.400	Type	FREE
Initial Flow	0	Fixed Outfall	
Maximum Flow	0	Fixed Stage	0
Entry Loss Coeff.	0	Tidal Outfall	
Exit Loss Coeff.	0	Curve Name	*
Avg. Loss Coeff.	0	Time Series Outfall	
Seepage Loss Rate	0	Series Name	*
Flap Gate	NO		
Culvert Code			
Inlets	NO		
Conduit length (m)		Elevation of outfall's invert (m)	

Ilustración 84 Ventanas de edición de conducto (derecha) y vertido (izquierda). Fuente: SWMM, Elaboración propia.

Conduit Rio-1		Conduit Alc-1	
Property	Value	Property	Value
Name	Rio-1	Name	Alc-1
Inlet Node	42	Inlet Node	43
Outlet Node	43	Outlet Node	44
Description		Description	
Tag		Tag	
Shape	RECT_CLOSED	Shape	RECT_CLOSED
Max. Depth	2	Max. Depth	2
Length	10.9	Length	24.2
Roughness	0.027	Roughness	0.016
Inlet Offset	*	Inlet Offset	*
Outlet Offset	*	Outlet Offset	*
Initial Flow	0	Initial Flow	0
Maximum Flow	0	Maximum Flow	0
Entry Loss Coeff.	0	Entry Loss Coeff.	0
Exit Loss Coeff.	0	Exit Loss Coeff.	0
Avg. Loss Coeff.	0	Avg. Loss Coeff.	0
Seepage Loss Rate	0	Seepage Loss Rate	0
Flap Gate	NO	Flap Gate	NO
Culvert Code		Culvert Code	
Inlets	NO	Inlets	NO
Conduit length (m)		Conduit length (m)	

Ilustración 85 Ventanas de edición de río (derecha) y alcantarilla (izquierda). Fuente: SWMM, Elaboración propia.

Opción de análisis

Ajuste los parámetros de simulación antes de comenzar la simulación: no calcule el tiempo de cálculo y elija el método de distribución del flujo de la red. En la pestaña "Fecha" se pueden ajustar los valores de los parámetros de simulación, por ejemplo: análisis inicial, informe inicial, análisis final, etc. En la pestaña "Paso de tiempo", puede ajustar los valores de los parámetros de simulación, como la frecuencia de presentación

del informe, el tiempo de flujo en clima seco, el tiempo de flujo en clima lluvioso, etc. En la pestaña Ondas dinámicas, puede ajustar los valores de los parámetros de simulación, como el factor de inercia, la definición de flujo supercrítico, las ecuaciones de presión de la tubería, etc. Para insertar estos valores, haga clic en "Proyecto-General" y esta ventana aparecerá como se muestra a continuación:

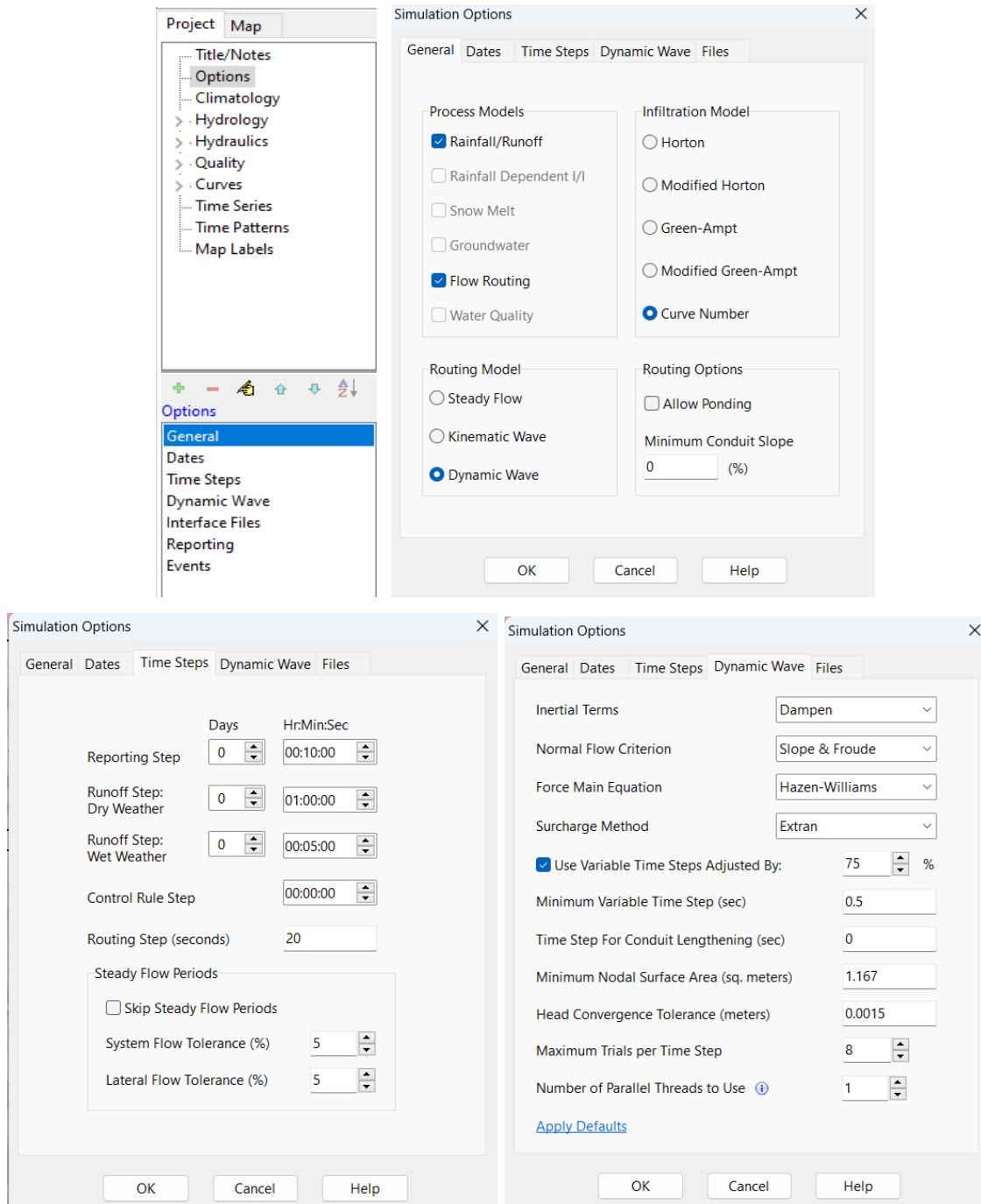


Ilustración 86 Opciones generales de simulación. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

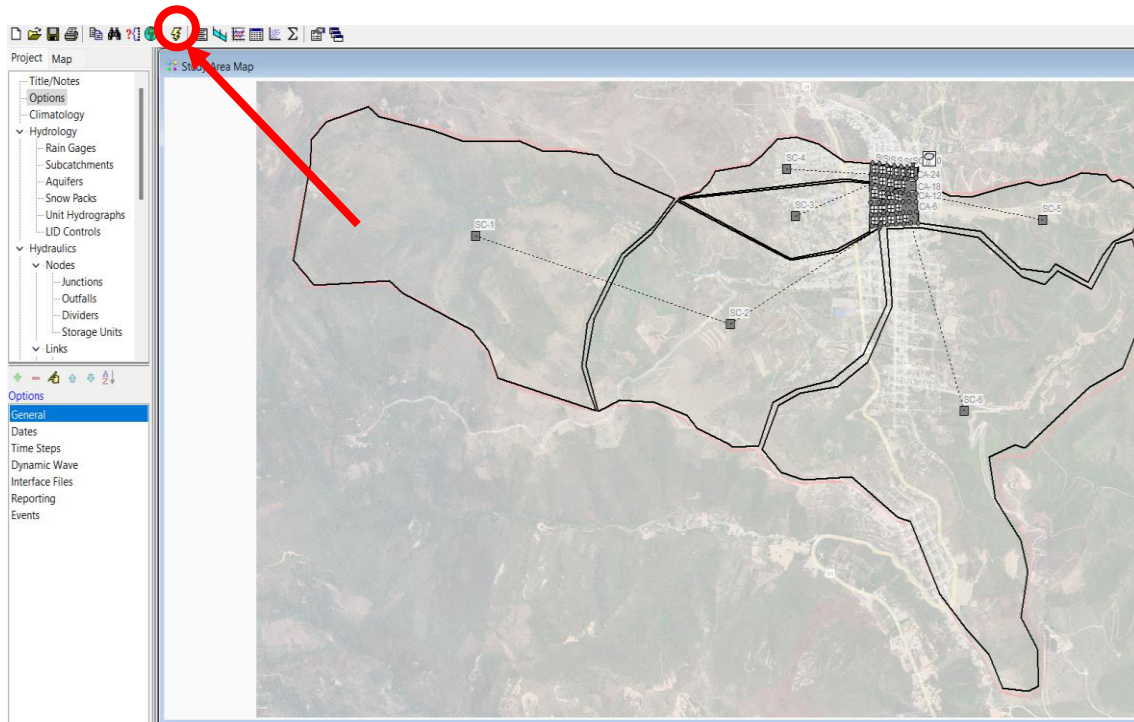


Ilustración 87 Clic en run a simulación. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

Al momento de realizar la opción de simulación, el programa arrojó un cuadro de Run Status, donde aparecen dos subtítulos los cuales significan:

- Escorrentía superficial: La topografía nos arrojó resultados de pendientes negativas donde se presentan anegamientos en algunas calles de nuestro proyecto por lo cual el SWMM lo toma como un valor negativo, siendo -0.79%.
- Enrutamiento de flujo: El valor final fue de 0.01% lo que significa que la ruta trazada para la evacuación de aguas es la correcta, siendo la carga de tráfico entre nodos relativamente estable y predecible.

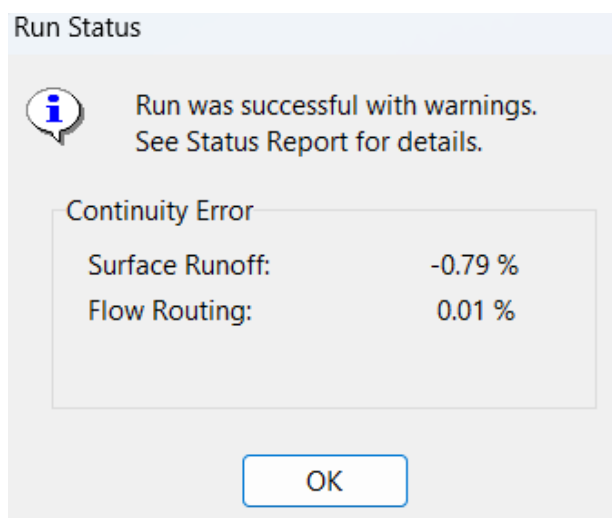


Ilustración 88 Run Status. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

Resultados del sistema de SWMM

La cuenca principal fue discretizada en 6 subcuencas externas y 30 subcuencas internas que forman parte del área de estudio; conectadas a 56 nodos y estos a 60 conductos; en cuanto a la conformación del río Zanja Honda, al tener el recorrido en intersecciones de calles, se le ha colocado alcantarillas subterráneas para el tráfico vehicular y peatonal, conectadas a canal con superficie descubierta y desembocando a un vertido final.

La Ilustración 89 muestra un resumen de los resultados en la canalización utilizando el Software SWMM, se muestra el caudal, hora máxima del caudal, velocidad, máxima capacidad del caudal y máxima altura.

Link	Type	Maximum Flow CMS	Day of Maximum Flow	Hour of Maximum Flow	Maximum Velocity m/sec	Max / Full Flow	Max / Full Depth
Alc-1	CONDUIT	50.038	0	00:40	8.62	0.67	0.48
Alc-2	CONDUIT	49.993	0	00:40	10.57	0.26	0.41
Alc-3	CONDUIT	50.589	0	00:40	6.13	0.59	0.69
Alc-4	CONDUIT	50.522	0	00:40	9.27	0.45	0.45
Alc-5	CONDUIT	66.768	0	00:40	9.47	0.39	0.46
Alc-6	CONDUIT	84.715	0	00:41	6.15	0.48	0.60
Alc-7	CONDUIT	141.108	0	00:41	8.73	0.80	0.67
Rio-1	CONDUIT	50.079	0	00:40	6.02	0.95	0.69
Rio-2	CONDUIT	49.958	0	00:40	7.63	0.21	0.41
Rio-3	CONDUIT	49.802	0	00:40	7.89	0.32	0.40
Rio-4	CONDUIT	50.497	0	00:40	5.54	0.28	0.58
Rio-5	CONDUIT	50.540	0	00:40	5.38	0.60	0.59
Rio-6	CONDUIT	65.652	0	00:40	9.46	0.29	0.44
Rio-7	CONDUIT	83.251	0	00:41	8.38	0.31	0.52
Rio-8	CONDUIT	140.660	0	00:41	9.09	0.47	0.66
Tub-01	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.00
Tub-02	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.00
Tub-03	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.00
Tub-04	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.00
Tub-05	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.29
Tub-06	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.37
Tub-07	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.02
Tub-08	CONDUIT	0.084	0	00:40	0.72	0.00	0.04
Tub-09	CONDUIT	0.123	0	00:40	0.83	0.00	0.04
Tub-10	CONDUIT	0.120	0	00:40	0.59	0.00	0.10
Tub-11	CONDUIT	2.393	0	00:40	0.79	0.07	0.29
Tub-12	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.22
Tub-13	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.02

Tub-14	CONDUIT	0.120	0	00:40	0.70	0.00	0.04
Tub-15	CONDUIT	0.189	0	00:40	0.93	0.00	0.05
Tub-16	CONDUIT	0.236	0	00:40	0.58	0.00	0.32
Tub-17	CONDUIT	13.726	0	00:40	2.69	0.16	0.46
Tub-18	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.17
Tub-19	CONDUIT	19.968	0	00:41	9.57	0.70	0.73
Tub-20	CONDUIT	20.050	0	00:43	10.40	0.74	0.65
Tub-21	CONDUIT	20.503	0	00:44	12.38	0.51	0.55
Tub-22	CONDUIT	0.761	0	00:41	1.19	0.01	0.09
Tub-23	CONDUIT	0.908	0	00:42	0.38	0.04	0.50
Tub-24	CONDUIT	6.751	0	00:40	2.70	0.05	0.59
Tub-25	CONDUIT	2.882	0	00:40	2.34	0.04	0.14
Tub-26	CONDUIT	1.105	0	00:40	1.97	0.01	0.08
Tub-27	CONDUIT	0.518	0	00:40	1.62	0.00	0.06
Tub-28	CONDUIT	0.331	0	00:41	1.50	0.00	0.05
Tub-29	CONDUIT	0.344	0	00:41	0.33	0.00	0.30
Tub-30	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.30
Tub-31	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.00
Tub-32	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.00
Tub-33	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.50
Tub-34	CONDUIT	8.651	0	00:40	1.30	0.05	0.59
Tub-35	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.09
Tub-36	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.02
Tub-37	CONDUIT	0.081	0	00:40	0.69	0.00	0.04
Tub-38	CONDUIT	0.126	0	00:40	0.15	0.00	0.52
Tub-39	CONDUIT	1.879	0	00:40	0.36	0.01	0.55
Tub-40	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.05
Tub-41	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.02
Tub-42	CONDUIT	0.100	0	00:40	0.63	0.00	0.04
Tub-43	CONDUIT	0.178	0	00:40	0.18	0.00	0.52
Tub-44	CONDUIT	0.717	0	00:40	0.24	0.00	0.54
Tub-45	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.04
Tub-46	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.02
Tub-47	CONDUIT	0.134	0	00:40	0.70	0.00	0.05
Tub-48	CONDUIT	0.209	0	00:40	0.52	0.00	0.07
Tub-49	CONDUIT	0.297	0	00:41	0.69	0.00	0.07
Tub-50	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.03
Tub-51	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.08
Tub-52	CONDUIT	2.067	0	00:41	1.92	0.09	0.38
Tub-53	CONDUIT	15.453	0	00:41	8.86	0.63	0.59
Tub-54	CONDUIT	0.097	0	00:41	0.17	0.00	0.53
Tub-55	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.02
Tub-56	CONDUIT	62.697	0	00:40	12.49	0.75	0.73
Tub-57	CONDUIT	60.842	0	00:40	14.12	0.89	0.72
Tub-58	CONDUIT	47.473	0	00:40	11.51	0.71	0.70
Tub-59	CONDUIT	54.704	0	00:41	12.82	0.82	0.72
Tub-60	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.30

Ilustración 89 Resultados de los conductos. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

Continuando con la simulación realizada, en la Ilustración 90, observamos el caudal medio por sección con una frecuencia de flujo al 99.47%, promedio de caudal $42.626\text{m}^3/\text{s}$, caudal máximo de $141.108\text{ m}^3/\text{s}$ y volumen total de $261.413 \times 10^6\text{Its}$.

Outfall Node	Flow Frequency %	Average Flow CMS	Maximum Flow CMS	Total Volume 10 ⁶ ltr
VERTIDO	99.47	42.626	141.108	261.413

Ilustración 90 Resultados del Vertido. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

En la Ilustración 91, se muestra las características de los nodos del sistema de drenaje.

Node	Type	Maximum Lateral Inflow CMS	Maximum Total Inflow CMS	Day of Maximum Inflow	Hour of Maximum Inflow	Lateral Inflow Volume 10 ⁶ ltr	Total Inflow Volume 10 ⁶ ltr	Flow Balance Error %
01	JUNCTION	0.000	0.000	0	00:00	0	0	0.000
02	JUNCTION	0.000	0.000	0	00:00	0	0	0.000
03	JUNCTION	0.000	0.000	0	00:00	0	0	0.000
04	JUNCTION	14.591	23.203	0	00:40	15.5	23.4	0.013
05	JUNCTION	11.626	11.626	0	00:40	10.5	10.5	-0.021
06	JUNCTION	0.000	0.000	0	00:00	0	0	0.000
07	JUNCTION	0.000	0.000	0	00:00	0	0	0.000
08	JUNCTION	0.169	0.169	0	00:40	0.153	0.153	0.384
09	JUNCTION	0.176	0.257	0	00:40	0.158	0.232	0.233
10	JUNCTION	0.415	22.141	0	00:41	0.378	25.6	0.017
11	JUNCTION	0.141	3.020	0	00:40	0.133	2.68	0.005
12	JUNCTION	0.000	0.000	0	00:00	0	0	0.000
13	JUNCTION	0.000	0.000	0	00:00	0	0	0.000
14	JUNCTION	0.143	0.227	0	00:40	0.129	0.207	0.429
15	JUNCTION	0.157	0.375	0	00:40	0.141	0.347	-0.159
16	JUNCTION	0.428	20.995	0	00:42	0.391	26.8	0.015
17	JUNCTION	0.162	1.256	0	00:40	0.151	1.14	-0.056
18	JUNCTION	0.000	0.000	0	00:00	0	0	0.000
19	JUNCTION	0.000	0.000	0	00:00	0	0	0.000
20	JUNCTION	0.137	0.259	0	00:40	0.126	0.239	0.318
21	JUNCTION	0.132	0.453	0	00:40	0.121	0.428	0.077
22	JUNCTION	0.303	0.789	0	00:40	0.278	0.765	0.431
23	JUNCTION	0.136	0.640	0	00:40	0.127	0.606	0.188
24	JUNCTION	0.000	0.000	0	00:00	0	0	0.000
25	JUNCTION	0.000	0.000	0	00:00	0	0	0.000
26	JUNCTION	0.300	2.785	0	00:40	0.271	0.753	0.308
27	JUNCTION	0.278	16.034	0	00:40	0.252	6.63	0.494

28	JUNCTION	0.221	0.964	0	00:39	0.201	0.262	3.270
29	JUNCTION	0.134	0.448	0	00:40	0.126	0.446	-1.110
30	JUNCTION	0.000	0.000	0	00:00	0	0	0.000
31	JUNCTION	62.067	62.067	0	00:40	119	119	0.012
32	JUNCTION	0.108	62.797	0	00:40	0.0957	119	0.014
33	JUNCTION	0.134	60.964	0	00:40	0.116	119	0.009
34	JUNCTION	0.305	54.308	0	00:40	0.275	123	0.015
35	JUNCTION	0.244	0.571	0	00:40	0.25	0.599	0.000
36	JUNCTION	0.000	0.000	0	00:00	0	0	0.000
37	JUNCTION	0.000	0.000	0	00:00	0	0	0.000
38	JUNCTION	0.000	0.000	0	00:00	0	0	0.000
39	JUNCTION	0.000	0.000	0	00:00	0	0	0.000
40	JUNCTION	6.784	6.784	0	00:40	9.2	9.2	-0.012
41	JUNCTION	0.000	0.000	0	00:00	0	0	0.000
42	JUNCTION	50.069	50.069	0	00:40	105	105	0.002
43	JUNCTION	0.000	50.079	0	00:40	0	105	0.006
44	JUNCTION	0.000	50.038	0	00:40	0	105	0.012
45	JUNCTION	0.000	49.958	0	00:40	0	105	0.023
46	JUNCTION	0.000	49.802	0	00:40	0	105	0.008
47	JUNCTION	0.000	49.993	0	00:40	0	105	0.011
48	JUNCTION	0.000	50.497	0	00:40	0	104	0.012
49	JUNCTION	0.000	50.589	0	00:40	0	104	0.015
50	JUNCTION	0.000	50.540	0	00:40	0	104	0.009
51	JUNCTION	0.000	65.467	0	00:40	0	131	0.008
52	JUNCTION	0.000	66.411	0	00:40	0	132	0.006
53	JUNCTION	0.000	81.884	0	00:40	0	139	-0.000
54	JUNCTION	0.000	83.251	0	00:41	0	139	0.010
55	JUNCTION	0.000	139.394	0	00:41	0	261	0.015
56	JUNCTION	0.000	140.660	0	00:41	0	261	0.014
VERTIDO	OUTFALL	0.000	141.108	0	00:41	0	261	0.000

Ilustración 91 Resultados de nodos del sistema de drenaje SWMM. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

Perfiles de lámina de los nodos en el sistema de drenaje analizado

Las Ilustraciones 92, 93, 94 y 95; muestran los perfiles que desde un comienzo de modelado actual existían tramos de capacidad máxima (representados de color amarillo y rojo); entonces se mejoraron esos conductos, nodos y secciones para un recorrido adecuado de aguas de lluvias desde un punto específico en el tiempo, en este caso de 40min.

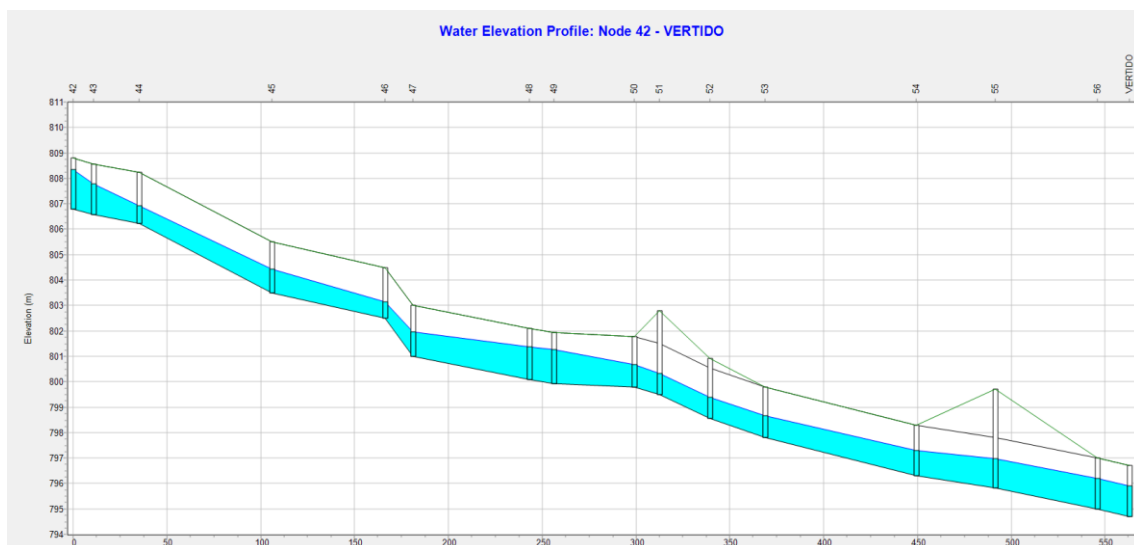


Ilustración 92 Perfil de elevación del agua en río Zanja Honda. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

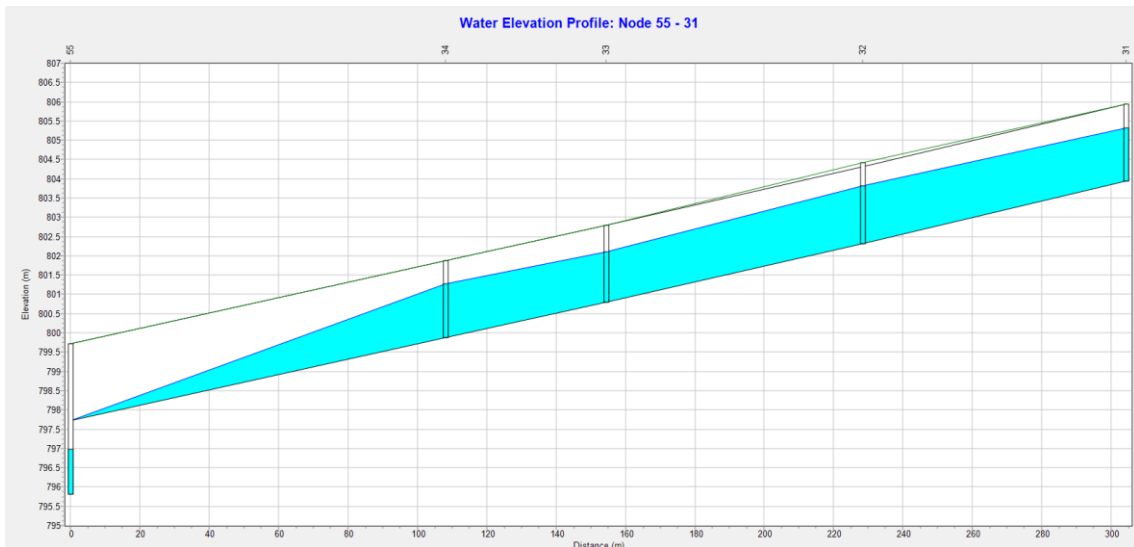


Ilustración 93 Perfil de elevación del agua en la Calle Juan Pablo Vizcardo. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

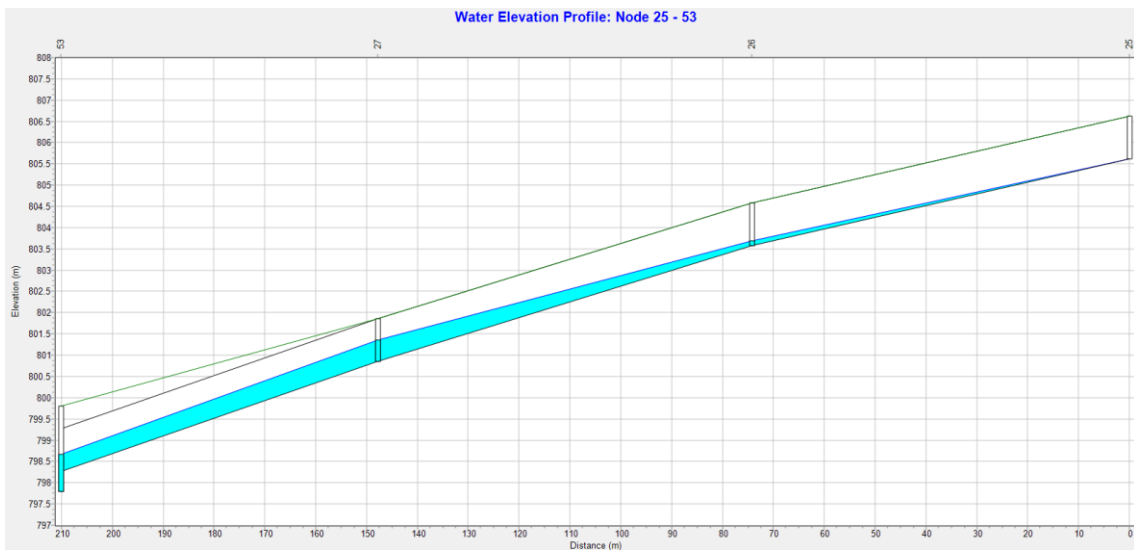


Ilustración 94 Perfil de elevación del agua en la Av. Rodríguez de Mendoza. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

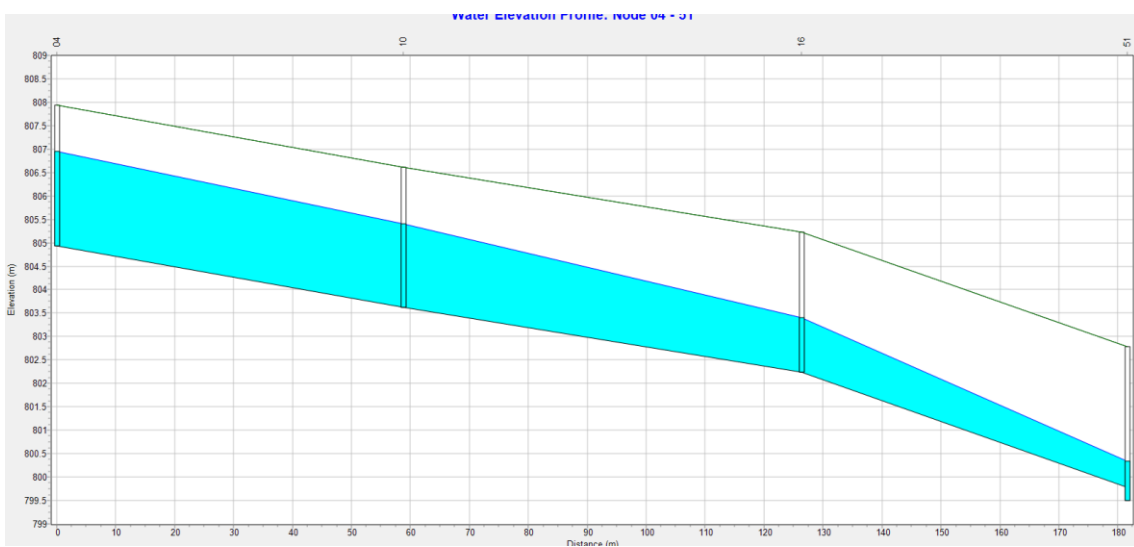


Ilustración 95 Perfil de elevación del agua en la Calle Elías Aguirre. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

Ilustraciones de los resultados del sistema de drenaje en SWMM

Los resultados del sistema son presentados mediante el software SWMM, ya que permite una evaluación muy interactiva y rápida de cualquier variable u objeto, y permite clasificarlos proporcionalmente e incluso hacerlos interactuar entre variables, lo que da lugar a muchas aplicaciones que el usuario puede llevar a cabo. su análisis.

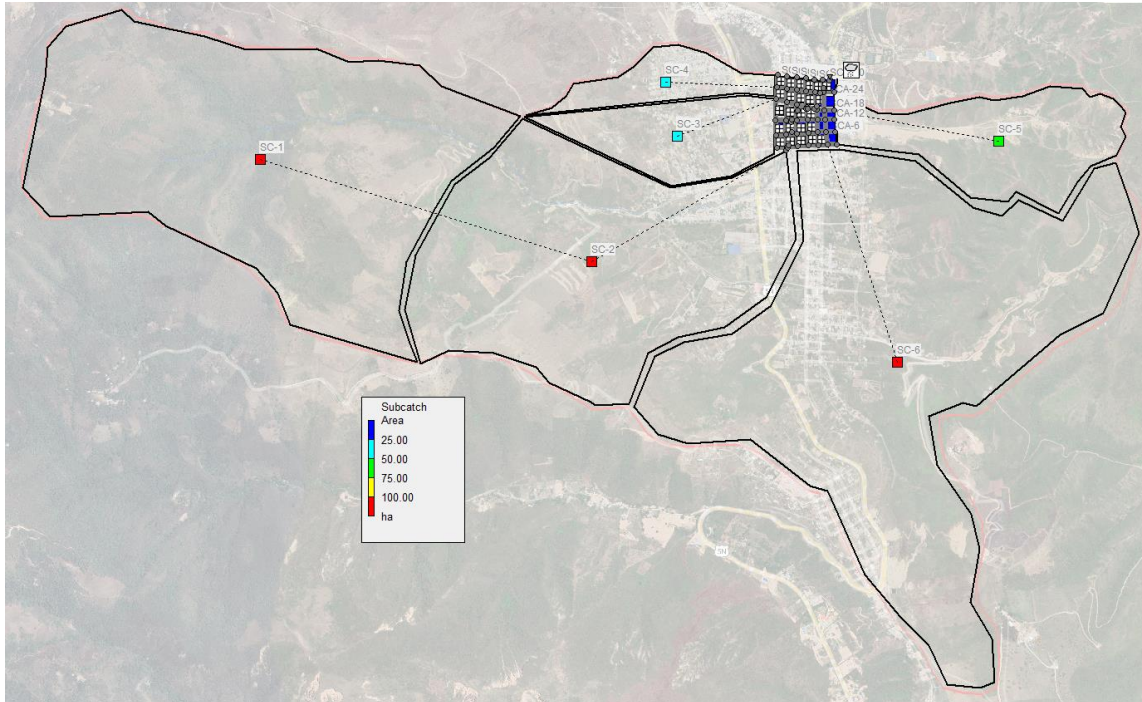


Ilustración 96 Resultados de área de las subcuencas. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

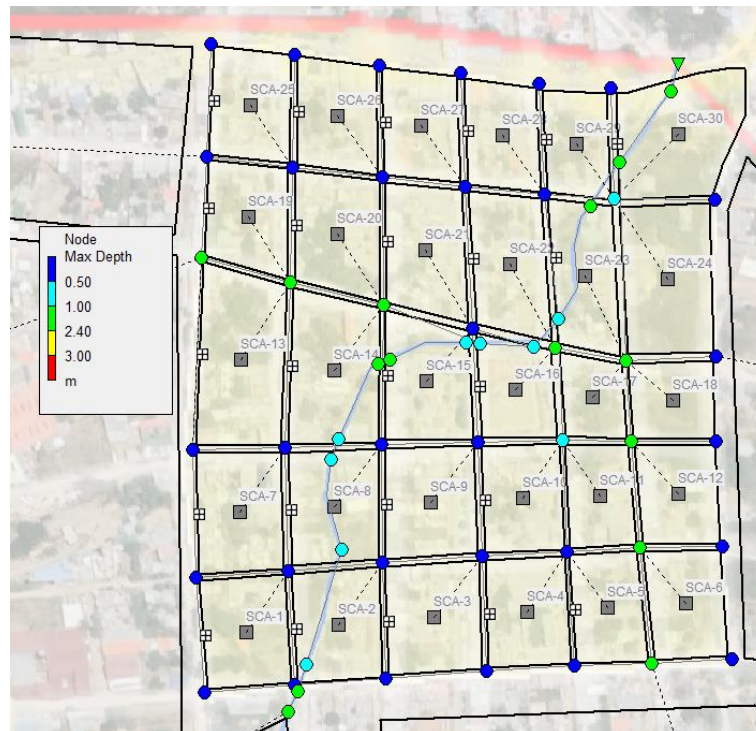


Ilustración 97 Profundidad máxima de cada nodo. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

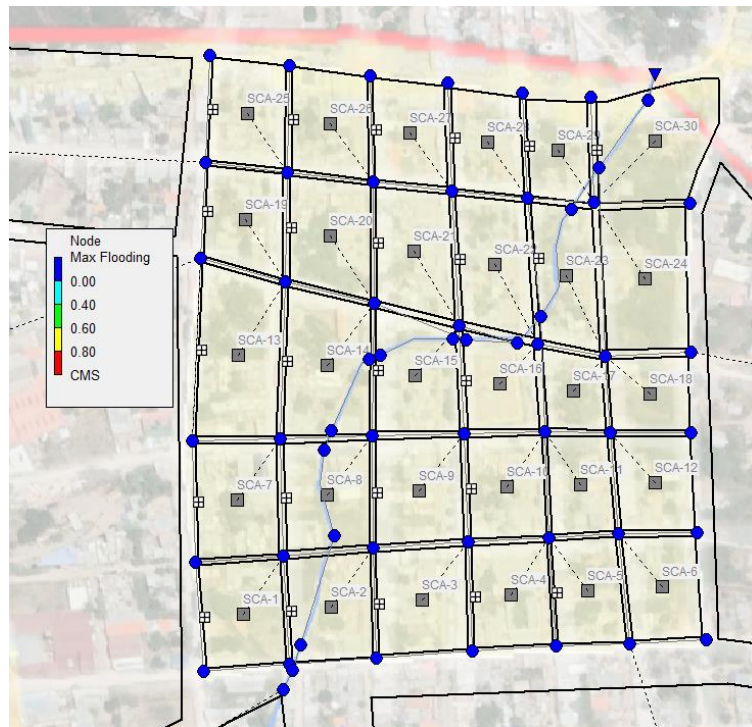


Ilustración 98 Resultados de los nodos inundados. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

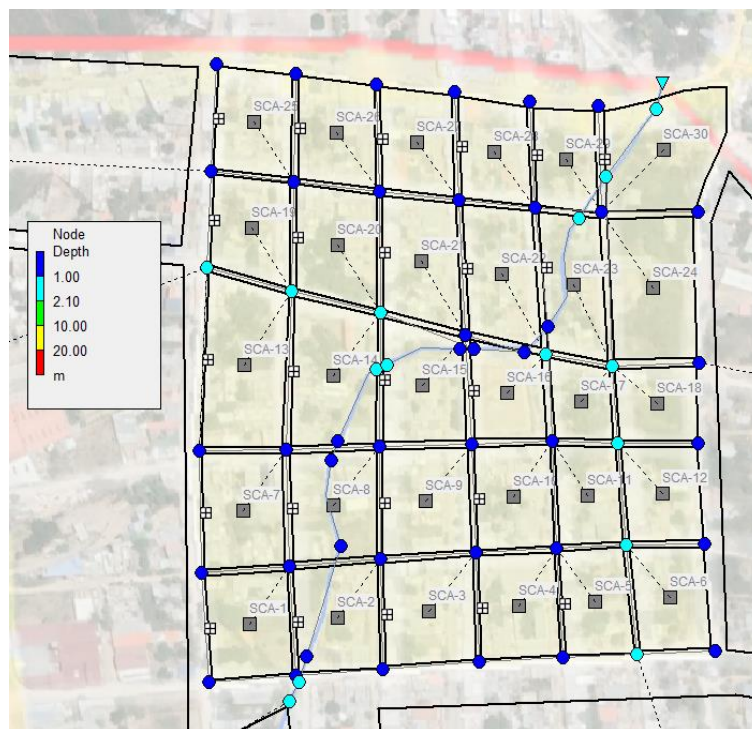


Ilustración 99 Profundidad de altura de agua de cada nodo. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

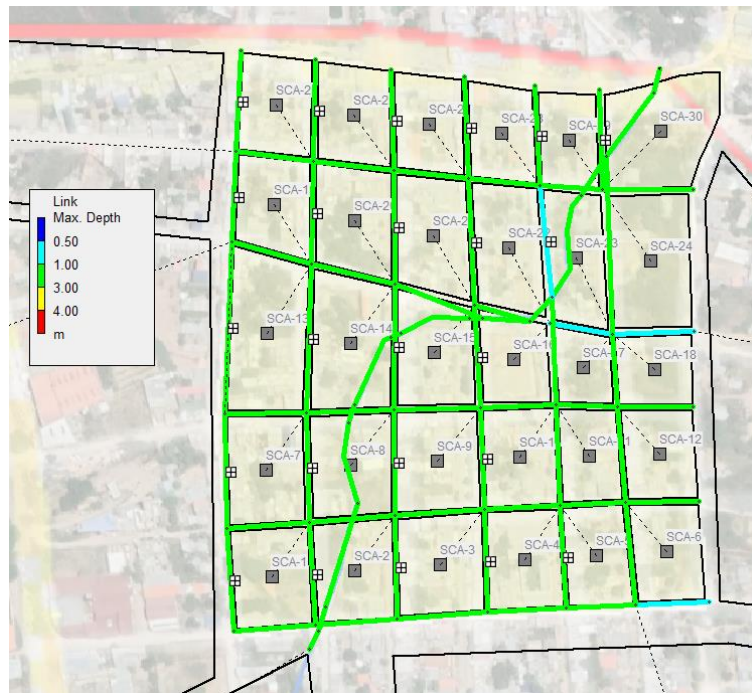


Ilustración 100 Profundidad máxima de cada conducto. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

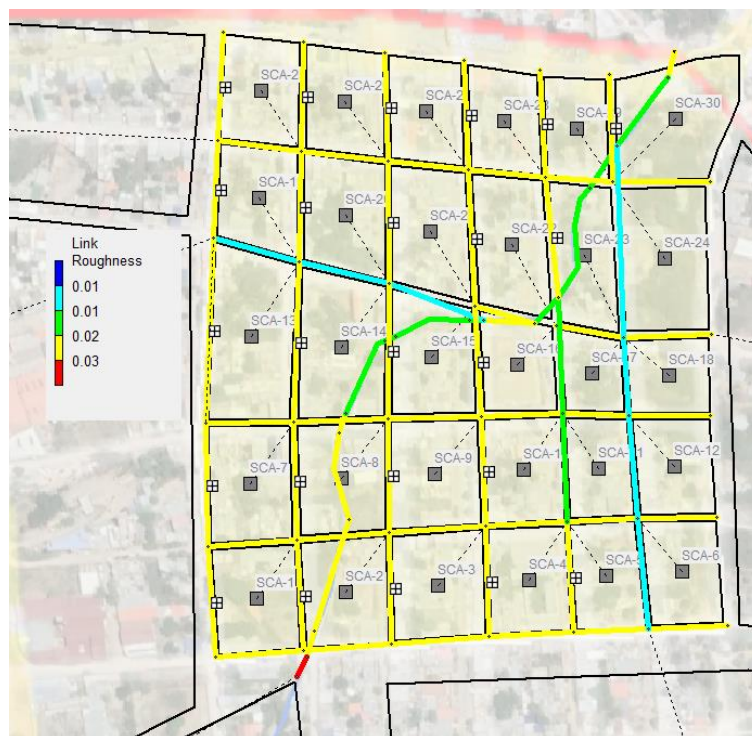


Ilustración 101 Rugosidad de cada conducto a 0.009, 0.013, 0.016 y 0.027. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

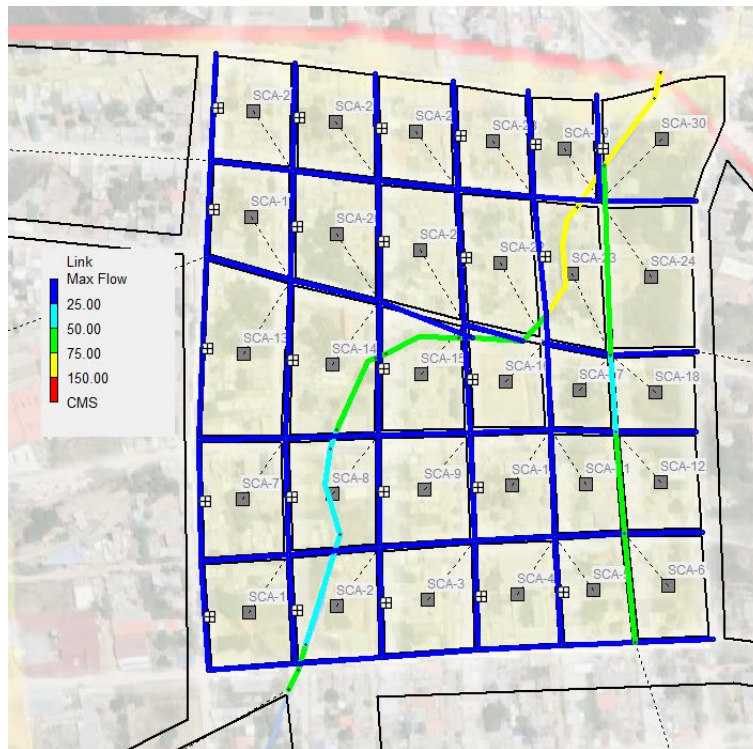


Ilustración 102 Flujo máximo de cada conducto en cms. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

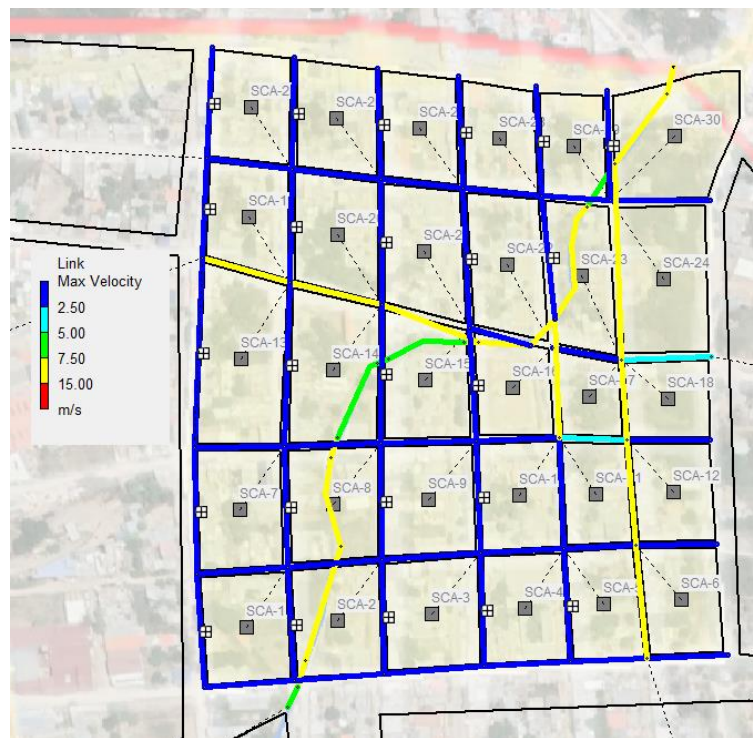


Ilustración 103 Máxima velocidad de cada conducto. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

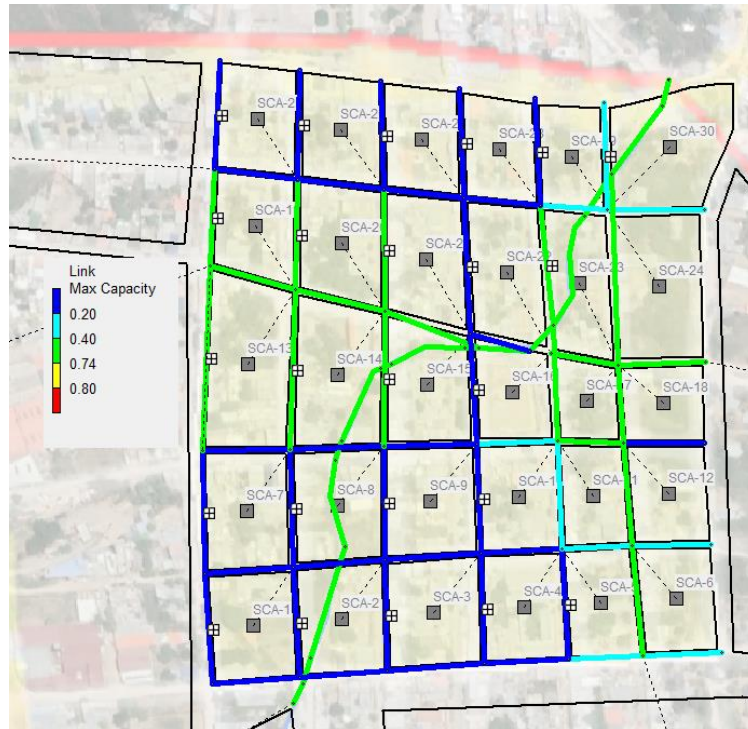


Ilustración 104 Máxima capacidad de caudal de cada conducto. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

Diseño del Sistema de Drenaje Pluvial

En capítulos anteriores analizamos conductos y áreas con alta capacidad de captación de agua de lluvia; por lo que considerando estos tramos se proponen proyectos de drenaje a lo largo del río Zanja Honda, calle Juan Pablo Vizcardo y avenida Rodríguez de Mendoza; no se proponen nuevas obras en la calle Elías Aguirre ya que la capacidad de los drenajes existentes está incluida en el modelo. A continuación, se presenta los dos tipos de obra de drenaje para la captación pluvial:

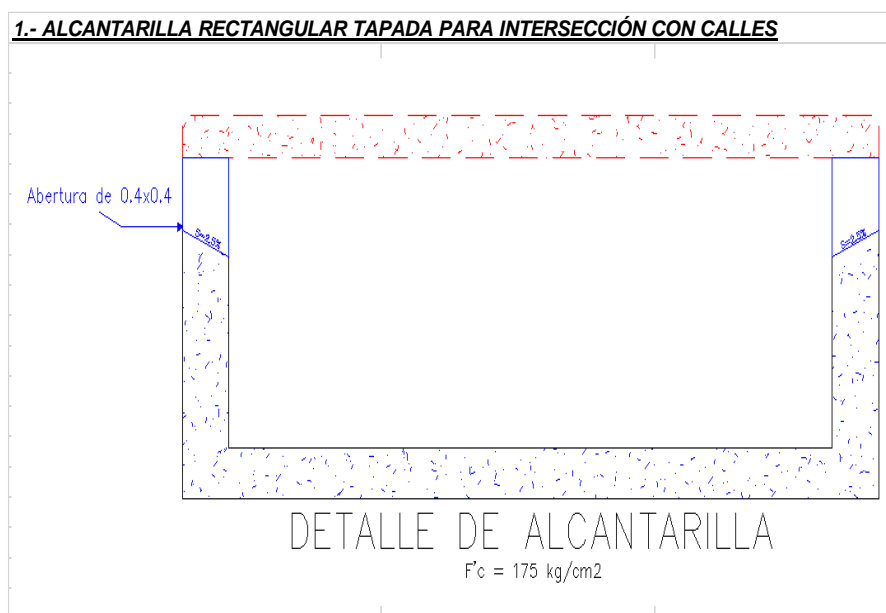


Ilustración 105 Detalle de alcantarilla con tapa para intersección de calles. Fuente: Elaboración propia.

Este tipo de obra de drenaje estará ubicada en los siguientes tramos del área de estudio:

Distancia ALC-1	Und
24.20	m

Distancia ALC-2	Und
15.00	m

Distancia ALC-3	Und
12.90	m

Distancia ALC-4	Und
13.50	m

Distancia ALC-5	Und
29.70	m

Distancia ALC-6	Und
42.00	m

Distancia ALC-7	Und
17.00	m

Distancia Río-1	Und
10.90	m

Calle Juan Pablo Vizcardo TR-1 (0+287.81-0+363.73)	Und
75.92	m

Calle Juan Pablo Vizcardo TR-2 (0+064.77-0+287.81)	Und
223.04	m

Av. Rodríguez de Mendoza (0+164.27-0+298.673)	Und
134.403	m

Las alcantarillas rectangulares con tapa serán revestidas con concreto $F'c=175\text{kg/cm}^2$; teniendo una losa inferior de 30cm de alto, muros de 20cm de ancho y la tapa con un ancho de 25cm; se añade una abertura de 40cm de alto, tanto a la derecha e izquierda para que pueda ingresar el agua pluvial, todos estos datos se redactan en la siguiente tabla 18:

Obra de drenaje	Losa inferior	Losa inferior	Muros	Und
ALC-1	6mx0.30m	6mx0.25m	1.30mx0.20m	m
ALC-2	6mx0.30m	6mx0.25m	1.30mx0.20m	m
ALC-3	6mx0.30m	6mx0.25m	1.30mx0.20m	m
ALC-4	6mx0.30m	6mx0.25m	1.30mx0.20m	m
ALC-5	8mx0.30m	8mx0.25m	1.30mx0.20m	m
ALC-6	12mx0.30m	12mx0.25m	1.30mx0.20m	m
ALC-7	12mx0.30m	12mx0.25m	1.30mx0.20m	m
Río-1	6mx0.30m	6mx0.25m	1.30mx0.20m	m
Calle Juan Pablo Vizcardo TR-1	3.5mx0.30m	3.5mx0.25m	1.30mx0.20m	m
Calle Juan Pablo Vizcardo TR-2	3mx0.30m	3mx0.25m	1.30mx0.20m	m
Av. Rodríguez de Mendoza	3mx0.30m	3mx0.25m	0.30mx0.20m	m

Tabla 18 Tabla de resumen de obras de drenaje para alcantarillas con tapa. Fuente: Elaboración propia.

Ahora, para el curso del agua del río Zanja Honda, no es necesario realizar una tapa encima puesto que se quiere conservar el recorrido natural, por eso mismo, se propuso este tipo de obra de drenaje:

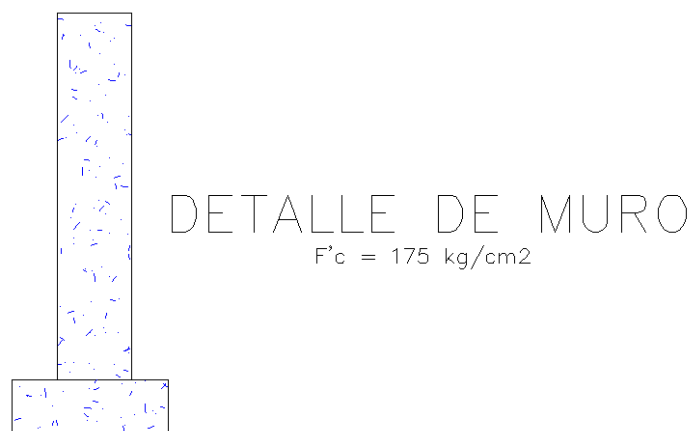


Ilustración 106 Detalle de contención de concreto simple para recorrido de agua del río Zanja Honda. Fuente: Elaboración propia.

Este tipo de obra de drenaje estará ubicada en los siguientes tramos del área de estudio:

Distancia Río-2	Und
71.00	m
Distancia Río-3	Und
60.00	m
Distancia Río-4	Und
62.20	m
Distancia Río-5	Und
42.70	m
Distancia Río-6	Und
26.80	m
Distancia Río-7	Und
80.40	m
Distancia Río-8	Und
54.60	m

Los canales rectangulares sin tapa serán revestidos con concreto $F'c=175\text{kg/cm}^2$; se tiene como finalidad no modificar el curso natural del río Zanja Honda ya constituido por lo cual, sólo se propone construir muros de protección de concreto hacia ambos lados de 20cm de ancho, sin abertura, de modo que el agua pluvial y fluvial transcurra sin ser interrumpida, todos estos datos se redactan en la siguiente tabla 19:

Obra de drenaje	Losa inferior	Muros	Und
Río-2	0.85mx0.30m	1.70mx0.20m	m
Río-3	0.85mx0.30m	1.70mx0.20m	m
Río-4	0.85mx0.30m	1.70mx0.20m	m
Río-5	0.85mx0.30m	1.70mx0.20m	m
Río-6	0.85mx0.30m	1.70mx0.20m	m
Río-7	0.85mx0.30m	1.70mx0.20m	m
Río-8	0.85mx0.30m	1.70mx0.20m	m

Tabla 19 Tabla de resumen de obras de drenaje para canales a lo largo del río Zanja Honda. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 107 Detalle de colocación de obras de drenaje en el área de estudio. Fuente: SWMM, Elaboración propia.

Calendarización de actividades del Sistema de Drenaje Pluvial

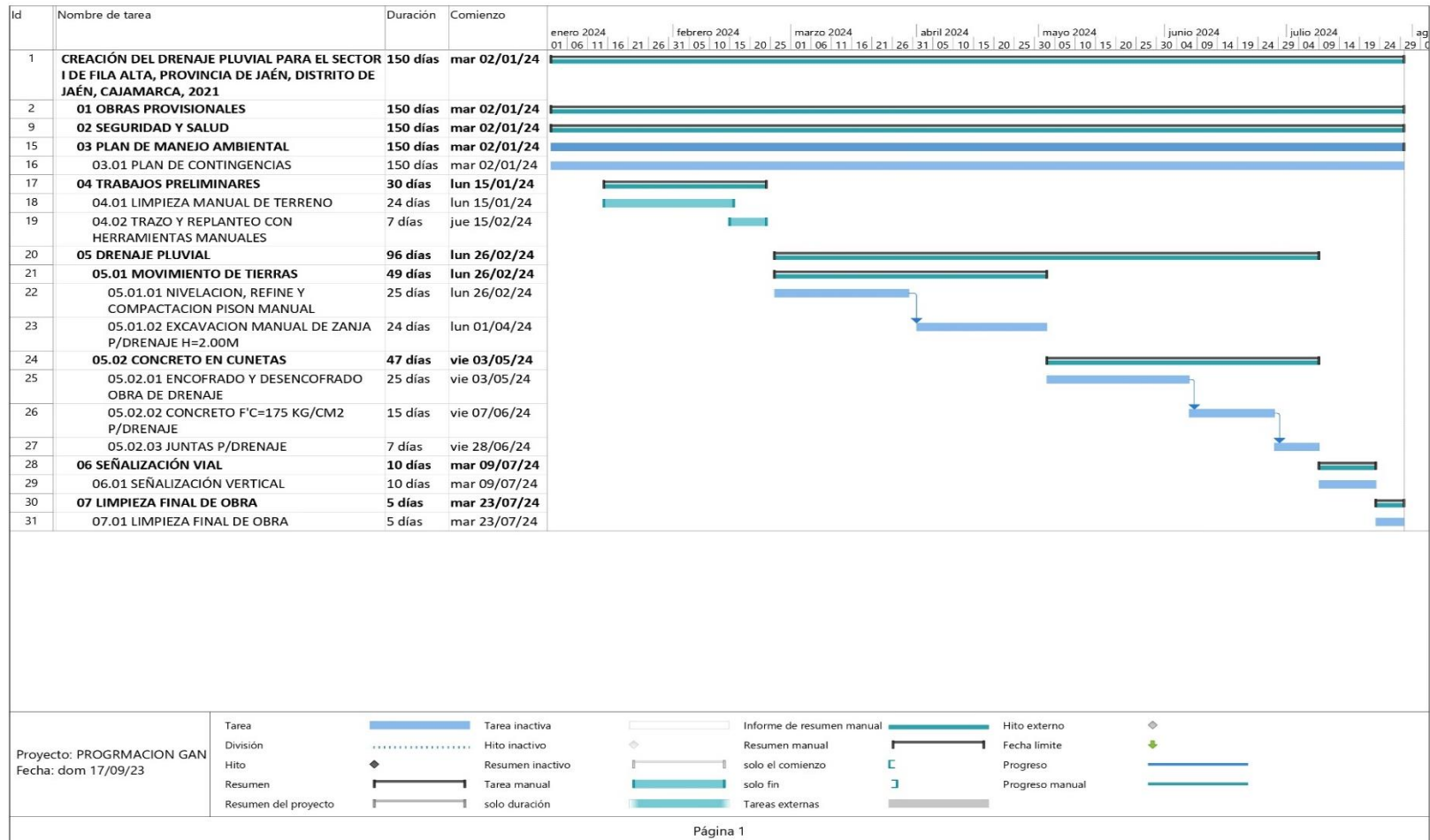


Ilustración 108 Calendarización de actividades de creación de drenaje pluvial para el sector I de Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.

Presupuesto del Sistema de Drenaje Pluvial

Presupuesto

DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL PARA EL SECTOR I DE FILA ALTA, PROVINCIA DE JAÉN, DISTRITO DE JAÉN, CAJAMARCA, 2021
CREACIÓN DEL DRENAJE PLUVIAL PARA EL SECTOR I DE FILA ALTA, PROVINCIA DE JAÉN, DISTRITO DE JAÉN, CAJAMARCA, 2021

Subpresupuesto

Lugar

FILA ALTA - JAÉN - CAJAMARCA

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PROVISIONALES				49,657.11
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA 4.80 x 3.60 m (GIGANTOGRAFIA)	und	17.28	145.12	2507.67
01.02	CAMPAMENTO PROVISIONAL DE OBRA	m ²	50.00	232.84	11642.20
01.03	CONSTRUCCIÓN PROVISIONAL PARA ALMACEN Y GUARDIANIA	und	1.00	33227.72	33227.72
01.04	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE CAMPAMENTO, EQUIPO Y MAQUINARIA	glb	1.00	856.32	856.32
01.05	SERVICIO DE AGUA Y DESAGUE PARA LA CONSTRUCCION	glb	1.00	1016.55	1016.55
01.06	SERVICIO DE ENERGIA ELECTRICA PARA LA CONSTRUCCION	glb	1.00	406.65	406.65
02	SEGURIDAD Y SALUD				27,707.50
02.01	ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	glb	1.00	5677.92	5677.92
02.02	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	und	20.00	213.68	4273.60
02.03	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	glb	2.00	1811.22	3622.44
02.04	CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD	glb	5.00	1000.00	5000.00
02.05	RECURSOS PARA RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS	glb	2.00	4566.77	9133.54
03	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL				20,330.25
03.01	PLAN DE CONTINGENCIAS	mes	5.00	4066.05	20330.25
04	TRABAJOS PRELIMINARES				8,539.95
04.01	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	m	1153.01	4.43	5105.26
04.02	TRAZO Y REPLANTEO CON HERRAMIENTAS MANUALES	m ²	1004.36	3.42	3434.69
05	DRENAJE PLUVIAL				1,871,621.73
05.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
05.01.01	NIVELACION, REFINE Y COMPACTACION PISON MANUAL	m ²	4388.36	11.13	48842.45
05.01.02	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA P/DRENAJE H=2.00M	m ³	2891.77	17.72	51230.54
06.02	CONCRETO EN OBRAS DE DRENAJE				
06.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE OBRAS DE DRENAJE	m ²	7253.23	89.73	650820.72
06.02.02	CONCRETO F'C=175 KG/CM2 P/OBRA DE DRENAJE	m ³	1876.20	593.80	1114087.56
06.02.03	JUNTAS P/CUNETAS	m	532.80	12.46	6640.46
07	SEÑALIZACIÓN VIAL				12,774.91
07.01	SEÑALIZACIÓN VERTICAL	pza	10.00	1277.49	12774.9075
08	LIMPIEZA FINAL DE OBRA				1,751.14
08.01	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	m	1668.11	1.05	1751.141843
COSTO DIRECTO					1,992,382.59
GASTOS GENERALES (10.00%)					199,238.26
UTILIDAD (5.00%)					99,619.13

SUB-TOTAL					2,291,239.97
IMPUESTO IGV (18.00%)					412,423.20

VALOR REFERENCIAL					2,703,663.17
GASTOS DE SUPERVISION (4.5%)					121,664.84

PRESUPUESTO TOTAL					2,825,328.01

SON : 2 millones ochocientos veinticinco mil trescientos veintiocho soles c/un céntimo.

Ilustración 109 Presupuesto, creación del drenaje pluvial para el sector I de Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.

Plan de mantenimiento para periódico con el fin de conservar el sistema de alcantarillado analizado

Para llevar a cabo los trabajos de mantenimiento previstos en vías asfaltadas con proyecto de drenaje de aguas pluviales se deberán realizar las siguientes actuaciones:

- Limpieza de obras de drenaje

El período de mantenimiento regular suele ser superior a un año y su objetivo es evitar la aparición o el deterioro de defectos importantes, mantener las propiedades del pavimento, mantener la integridad estructural de la carretera y reparar algunos defectos específicos importantes. Los trabajos de mantenimiento general suelen implicar herramientas manuales, que deben estar siempre en buen estado. La Figura 110 muestra cada herramienta:



Ilustración 110 Herramientas para mantenimiento periódico.

En la Ilustración 111, se detallan las actividades de mantenimiento a realizar para cada elemento vial, tales como su descripción, propósito, frecuencia, procedimientos a realizar, procesos y sitios de construcción.



TESIS:	Modelación Hidráulica mediante la utilización del Software SWMM para una red pluvial ubicada en Fila Alta, provincia de Jaén 2021	
AUTOR:	Catherine Lourdes Herrera Saavedra	
MANTENIMIENTO Y RECONFORMACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE		
DESCRIPCIÓN	Esto incluye la modificación y eliminación de suciedad, sedimentos o depósitos con herramientas manuales o manuales, el mantenimiento de una parte típica del diseño de drenaje, su capacidad hidráulica y el libre flujo de agua.	
OBJETO	Mantener los cursos de agua libres de materias extrañas y dentro de sus dimensiones y especificaciones originales, evitar represas que puedan causar deterioro de la vía y asegurar el libre flujo de agua.	
FRECUENCIA	Generalmente esto debe hacerse antes de la temporada de lluvias, cuando los drenajes están en malas condiciones y bloqueados por vegetación, escombros, sedimentos o pequeños deslizamientos de tierra; su funcionamiento debe revisarse periódicamente durante la temporada de lluvias.	
PROCEDIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que todo el personal esté equipado con todos los equipos de seguridad personal como cascos, uniformes, etc. y asegurarse de que el personal tenga conocimientos adecuados sobre residuos y gestión de residuos. • Instalar temporalmente señales preventivas y de seguridad para asegurar el tránsito temporal. • Retirar escombros, rocas, sedimentos, vegetación y pequeños deslizamientos de tierra y colocarlos al costado de la zanja Honda donde luego se almacenan o se cargan en camiones volquete y se almacenan en lugares predeterminados. • Conformado manual de alcantarillas, ya sea perfilando para alcanzar el estado original o añadiendo material para restaurarlo de depresiones o cortes. • Revisar las obras de drenaje por defectos y pendientes existentes, por depresiones que puedan provocar estancamiento de agua y por el libre flujo de agua en alcantarillas y desagües. • Eliminar las señales de prevención y seguridad. 	
MANO DE OBRA	Se requiere de un inspector y obreros.	
EQUIPO	Buggy	
HERRAMIENTAS	Machetes, palas, picas, carretillas, pisón, rastrillo.	
MATERIALES	Ninguno	
UNIDAD DE MEDIDA	Metro lineal	
VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN	Los inspectores revisan el drenaje en busca de escombros u otros materiales que puedan acumular agua y erosión en esta etapa.	

Ilustración 111 Mantenimiento y reconformación de obras de drenaje. Fuente: Elaboración propia

Calendarización de actividades del Mantenimiento Periódico

Todo tipo de plan de mantenimiento debe ser parte del contrato de mantenimiento, sin embargo, los programas de mantenimiento programados anuales se consideran los meses de mayor lluvia, de noviembre a abril, cuando los drenajes y la zanja Honda son más afectados por el agua de lluvia y pueden causar daños.

TESIS:	Modelación Hidráulica mediante la utilización del Software SWMM para una red pluvial ubicada en Fila Alta, provincia de Jaén 2021	
AUTOR:	Catherine Lourdes Herrera Saavedra	
CALENDARIZACIÓN ANUAL DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO		

Actividades	Frecuencia	Duración (días)	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	Semanal	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
RECONFORMACIÓN DE ALCANTARILLAS Y/O MUROS	Trimestral	2							X						X					X							X
CONSERVACIÓN DE SEÑALES	Trimestral	2							X					X					X								X

Ilustración 112 Calendarización anual de actividades de mantenimiento periódico para el sector I de Fila Alta.
Fuente: Elaboración propia.

Presupuesto del Mantenimiento Periódico

Presupuesto	PRESUPUESTO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO ANUAL PARA EL DRENAJE PLUVIAL PARA EL SECTOR I DE FILA ALTA, PROVINCIA DE JAÉN, DISTRITO DE JAÉN, CAJAMARCA, 2021				
Subpresupuesto	MANTENIMIENTO PERIÓDICO PREVENTIVO ANUAL PARA EL DRENAJE PLUVIAL PARA EL SECTOR I DE FILA ALTA, PROVINCIA DE JAÉN, DISTRITO DE JAÉN, CAJAMARCA, 2021				
Lugar	FILA ALTA - JAÉN - CAJAMARCA				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	MANTENIMIENTO PERIÓDICO PREVENTIVO ANUAL				
02	LIMPIEZA DE OBRAS DE DRENAJE				6,776.80
02.01	LIMPIEZA DE OBRAS DE DRENAJE	m ²	4388.36	1.54	6,776.80
	COSTO DIRECTO				6,776.80
	GASTOS GENERALES (10.00%)				677.68
	UTILIDAD (5.00%)				338.84
	SUB-TOTAL				7,793.32
	IMPUESTO IGTV (18.00%)				1,402.80
	VALOR REFERENCIAL				9,196.12
	GASTOS DE SUPERVISION (4.5%)				413.83
	PRESUPUESTO TOTAL				9,609.94

SON : Nueve mil seiscientos nueve soles c/noventa y cuatro céntimos.

Ilustración 113 Presupuesto, Plan de mantenimiento periódico para el sector I de Fila Alta. Fuente: Elaboración propia.

Resultados de comparación con el Software WaterCad

El objetivo específico es comparar los resultados del software SWMM con el software WaterCad; no se concluyó porque los dos proyectos son de distinta naturaleza y el proyecto previsto en esta tesis es el de evacuación de aguas pluviales, escorrentías y precipitaciones; por el contrario, el programa propuesto hace referencia al diseño a presión, no existe la posibilidad de insertar datos de precipitaciones. A continuación, encontrará guías de expertos y funciones sobre ambos programas para detallar las diferencias sin encontrar ningún punto de comparación. Con base en los conceptos, descripciones y aplicaciones de ambos programas, se creó una tabla resumen para apreciar mejor las diferencias entre los dos programas, como se muestra en la Tabla 20:

Software Características	SWMM (El modelo de gestión de aguas pluviales)	WaterCad
Concepto	Programa de simulación de precipitación y escorrentía, utilizado principalmente para la simulación única o a largo plazo (continua) de la cantidad y calidad de la escorrentía en áreas urbanas.	Este programa permite realizar simulaciones hidráulicas de redes, que pueden ser tuberías de agua local, tuberías, sifones, estaciones de bombeo, etc.
Funciones	<ul style="list-style-type: none"> - La cantidad de lluvia cambia con el tiempo. - Recogida de agua de lluvia en aljibes. - El agua de lluvia penetra en las capas no saturadas del suelo. - Infiltración y afluencia inducida por lluvia (RDII) en balsas de aguas residuales sanitarias. - Captar y conservar la lluvia/escorrentía a través de una variedad de prácticas de Desarrollo de Bajo Impacto (LID). 	<ul style="list-style-type: none"> - Propiedades del sistema, demandas y reglas de operación, por lo cual la respuesta que calcula es caudal, presión, gradiente hidráulico, calidad del agua, etc.
Aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño y dimensionamiento de componentes del sistema de drenaje y control de inundaciones. - Dimensionamiento de los centros de detención e instalaciones asociadas para el control de inundaciones y protección de la calidad del agua. - Desarrollar estrategias de control para reducir los desbordes del alcantarillado combinado. - Evaluar el impacto de la escorrentía y afluencia relacionada con las precipitaciones sobre los desbordamientos del alcantarillado sanitario. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensionar bombas. - Simular sistemas de distribución eléctrica durante horas u horas pico o días. - Determinar el tamaño del tanque hidráulico-neumático. - Calibrar y detectar fugas. - Drenaje unidireccional. - Requisitos relacionados con la presión.
Modelamientos	La parte del canal del SWMM transporta la escorrentía a través de un sistema de tuberías, canales, instalaciones de almacenamiento/tratamiento, bombas y reguladores.	<ul style="list-style-type: none"> - Distribución de agua potable - Riego a presión - Ignífugo - Tubo de presión de agua negra
Herramientas	<ul style="list-style-type: none"> - Forma de sección transversal para conductos. - Opción de colocar pluviógrafo para realizar la simulación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demandas para el funcionamiento del sistema. - Debe tener un reservorio o tanque de almacenamiento.

Tabla 20 Comparación del programa SWMM con el programa WaterCAD. Fuente: Elaboración propia.

Discusión

- Para el estudio topográfico se consideró la zona urbana que presenta más problemas pluviales y zonas de pequeños anegamientos; además, esta área al contar con más infraestructura, permitió la obtención de áreas de cada subcuenca, coeficientes de escorrentía, pendientes, etc.; a través del dibujo, se obtuvo los planos altimétricos, perfiles transversales y longitudinales, que permitieron ver el relieve de la cuenca urbana estudiada, y donde la topografía y la observación directa jugaron un papel importante en el desarrollo de esta tesis.
- Con respecto a la modelación hidráulica e hidrológica en el programa SWMM, se ha realizado una descripción completa del flujo, área, longitud de conductos, coeficiente de escorrentía, cotas de cada nodo y un vertido para la evacuación de las aguas pluviales; también se ingresó los datos pluviométricos; con intervalos cada 10 minutos en un rango de 1hr para precisar la máxima capacidad del flujo del caudal.
- El diseño del drenaje pluvial se llevó a cabo teniendo en cuenta la hidrología, la modelación hidráulica y los planos topográficos, añadiendo un cronograma alrededor de unos 5 meses de programación de obra; teniendo como actividades: obras provisionales, trabajos preliminares, creación del drenaje pluvial, señalización y limpieza de obra; también se contó con un plan de mantenimiento periódico anual preventivo con la finalidad de evitar obstrucción de vías, alcantarillas y curso natural del río Zanja Honda.

Conclusiones

- La cuenca estudiada se ubicó en la etapa I del sector de Fila Alta, Jaén, se obtuvieron los datos geomorfológicos de la cuenca hidrográfica, incluyendo la de la cuenca urbana que tuvo un área de **13.4 Ha** y un perímetro de **1 519 km**, una altitud máxima de **815.214msnm** y altitud mínima de **798.967msnm**; además, el **80%** está construida, el **40%** pavimentado en calles principales y el **10%** consta de parques y jardines.
- A través de la aplicación de una encuesta, se conoció las necesidades principales de Fila Alta, de la cual, como resultado se obtuvo que, hace falta un comité que organice capacitaciones sobre educación sanitaria y en conjunto con el gobierno regional de Cajamarca y a la alcaldía de Jaén, se autorice un plan de limpieza en todo el sector; además de proponer un cronograma más apropiado para el colector de basura.
- Los resultados del SWMM permitieron extraer los caudales máximos y zonas críticas de anegación a lo largo del río Zanja Honda, en los siguientes puntos: Elías Aguirre con Rodríguez de Mendoza con un caudal de **65.652 m³/s**, Miguel Grau con Rodríguez de Mendoza con un caudal de **83.251 m³/s** y por último, la captación total de aguas pluviales hacia el vertido con un caudal de **141.108 m³/s**.
- El presupuesto de la creación de drenaje pluvial que cuenta con 10 alcantarillas y muros de contención de concreto simple a lo largo del río Zanja Honda es de **s/.2,825,328.01**. Además, con la intención de mantener la construcción del drenaje pluvial propuesto y conservación del cauca natural del río Zanja Honda, se propuso un plan de mantenimiento periódico con un presupuesto de **s/.9,609.94**.
- El objetivo específico de un análisis comparativo de resultados del Software SWMM con el Software WaterCad; no fue posible concluir, debido a que, ambos softwares poseen una naturaleza distinta, el software que contempla esta tesis es sobre precipitaciones, escorrentías y evacuación de aguas pluviales; en cambio, el software propuesto trata sobre diseño de redes bajo presión con flujo uniforme, sin opción de colocar datos de lluvia o precipitaciones máximas

Recomendaciones

- Se recomienda llevar a cabo la limpieza del río Zanja Honda, seca reactiva, realizar trabajos de descolmatación; así también redefinir el largo de los tramos tratando de evitar que estas hagan curvas en su paso y, por último, remover vegetación de gran tamaño (árboles y matorrales) que se encuentran al paso.
- Se recomienda plantear y desarrollar un plan de operación y mantenimiento anual después del proyecto para asegurar que el flujo de agua pluvial no se contamine, para educar a los pobladores de Fila Alta - Jaén a cuidar las instalaciones de drenaje para que no tengan problemas de congestión o deterioro de su infraestructura y al mismo tiempo evitar arrojar residuos domésticos directamente al alcantarillado.
- La etapa I del sector de Fila Alta experimenta lluvias cada vez más frecuentes, por lo que se recomienda diseñar un sistema de drenaje con un período de recuperación de 50 años a más, asegurando así que las obras hidráulicas soporten lluvias intensas. Además, para un correcto diseño se deben obtener valores de datos actualizados de estaciones meteorológicas.
- Se recomienda que, en cualquier proyecto de drenaje de aguas pluviales, los parques se utilicen como alternativa en las áreas afectadas por inundaciones.
- Se recomienda al municipio de Jaén incluir este estudio en el plan de reconstrucción de calles e implementar progresivamente el sistema de drenaje lo antes posible para evitar problemas provocados por las precipitaciones.
- Este proyecto recomienda el uso y gestión del programa SWMM de la EPA, una herramienta que ha atraído la atención internacional por proporcionar una interfaz simple, rápida y eficiente para analizar redes de aguas pluviales para un máximo rendimiento hidrológico e hidráulico. Para reducir el mal diseño de las instalaciones de evacuación en la ciudad de Jaén proponiendo posibles mejoras basadas en conceptos de ingeniería.

Referencias

- [1] P. De Horta y L. Córdova, «SIMULACIÓN NUMÉRICA DEL DRENAJE PLUVIAL DE LA CUJAE. SOLUCIONES PROPUESTAS.,» *INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL*, vol. VOL. XLII, n° nro 4, pp. 3-17, 2021.
- [2] C. Abanto, «EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN MEDIANTE MODELO DE GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES DEL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA,» Cajamarca, 2017.
- [3] N. Garay, F. Royo y I. De la Hera, «VULNERABILIDAD DE LAS INFRAESTRUCTURAS,» *DYNA, Tecnología de la construcción*, vol. 95, n° nro 6, pp. 661-667, 2020.
- [4] C. Luna, M. Almanza y R. Nina, «PELIGRO DE INUNDACIÓN DEL RÍO VILCANOTA EN EL CENTRO POBLADO DE PÍSAC, CUSCO 2018,» *INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL*, vol. VOL. XLI, n° nro 2, pp. 18-32, 2020.
- [5] P. d. l. República, «Decreto Supremo que declara el Estado de Emergencia en varios distritos de algunas provincias de los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, Ancash y Lima, por peligro inminente ante inundaciones,» *El Peruano*, 2019.
- [6] O. Zárate, «MODELADO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL DRENAJE PLUVIAL MEDIANTE EL SOFTWARE SWMM PARA LA URBANIZACIÓN MONTERRICO DE LA CIUDAD JAÉN - CAJAMARCA,» Jaén, Perú, 2020.
- [7] J. Vásquez, «EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL SECTOR FILA ALTA, PERTENECIENTE A LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA,» Jaén, Perú, 2019.
- [8] F. Cateriano y L. Menacho, «DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CUENCA IGNACIO MERINO DE PIURA USANDO EL PROGRAMA SWMM,» Piura, 2019.
- [9] K. Guanipa, A. Lugo y J. Rincón, «ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE PARÁMETROS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS DEL MODELO SWMM Y SU APLICACIÓN EN SISTEMAS DE DRENAJE URBANO,» *Gaceta Técnica*, vol. 21, n° nro 1, pp. 44-64, 2020.
- [10] R. N. d. Edificaciones, *NORMA OS.100*, Perú.
- [11] MTC, *Ministerio de Transportes y Comunicaciones: Manual de carreteras, Diseño geométrico*, Perú.
- [12] R. N. d. Edificaciones, *CE.040*, Perú.
- [13] C. Escudero y G. Pérez, «ANÁLISIS HIDROLÓGICO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO EN EL SECTOR PARCO CHICO, CIUDAD DE POMABAMBA, ÁNCASH - PERÚ,» Áncash, 2019.
- [14] F. San Román, «Hidrología Hidrogeología,» Createspace Independent Pub., 2017. [En línea]. Available: <https://hidrologia.usal.es/>.
- [15] P. Rojas, Humpiri y Vladimir, «EVALUACIÓN, DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD DE JULIACA CON LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE SWMM,» Puno, Perú, 2016.
- [16] O. López, «DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA ZONA CENTRO - ESTE DE LA CIUDAD DE TRINIDAD.,» Santa Clara, 2016.
- [17] C. Luisa, *ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO Y DRENAJE PLUVIAL EN EL DISTRITO DE ALTO SELVA ALEGRE "EL MIRADOR" PROVINCIA DE AREQUIPA MEDIANTE EL PROGRAMA SWMM 5.1*, Arequipa, Perú, 2018.
- [18] P. Adrián, *PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO PLUVIAL APLICADO AL CASO DE ESTUDIO EN LA COLONIA CUMBRES III DEL MUNICIPIO DE AGUASCALIENTES AGUASCALIENTES, UTILIZANDO EL SOFTWARE DE MODELACIÓN NUMÉRICA STORM WATER MANAGEMENT MODEL (S*, Aguascalientes, 2018.

Anexos

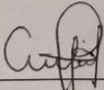
Anexo n°01: Documentación de declaración jurada de no duplicidad.

DECLARACIÓN JURADA

Yo, CATHERINE LOURDES HERRERA SAAVEDRA, identificada con DNI N° 72113817, de nacionalidad peruana con domicilio en la Avenida Mariscal Castilla 559 de la provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, estudiante de la escuela de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo de Chiclayo. Teniendo como requisito indispensable el curso de Proyecto de Tesis – Ciclo académico 2021-I. DECLARO BAJO JURAMENTO que:

Verifiqué la no duplicidad del proyecto de tesis denominado: **MODELACIÓN HIDRÁULICA MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL SOFTWARE SWMM PARA UNA RED PLUVIAL UBICADA EN EL SECTOR FILA ALTA, PROVINCIA DE JAÉN, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA 2021**, en caso contrario, de verificarse que si existe el tema antes mencionado me pongo a disposición para la sanción emitida por la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo según corresponda.

Chiclayo, 09 de junio de 2021.



(firma)



(huella dactilar)

Ilustración 114 Declaración jurada por la autora de esta tesis.

Anexo n°02: Vista Satelital Google Earth.

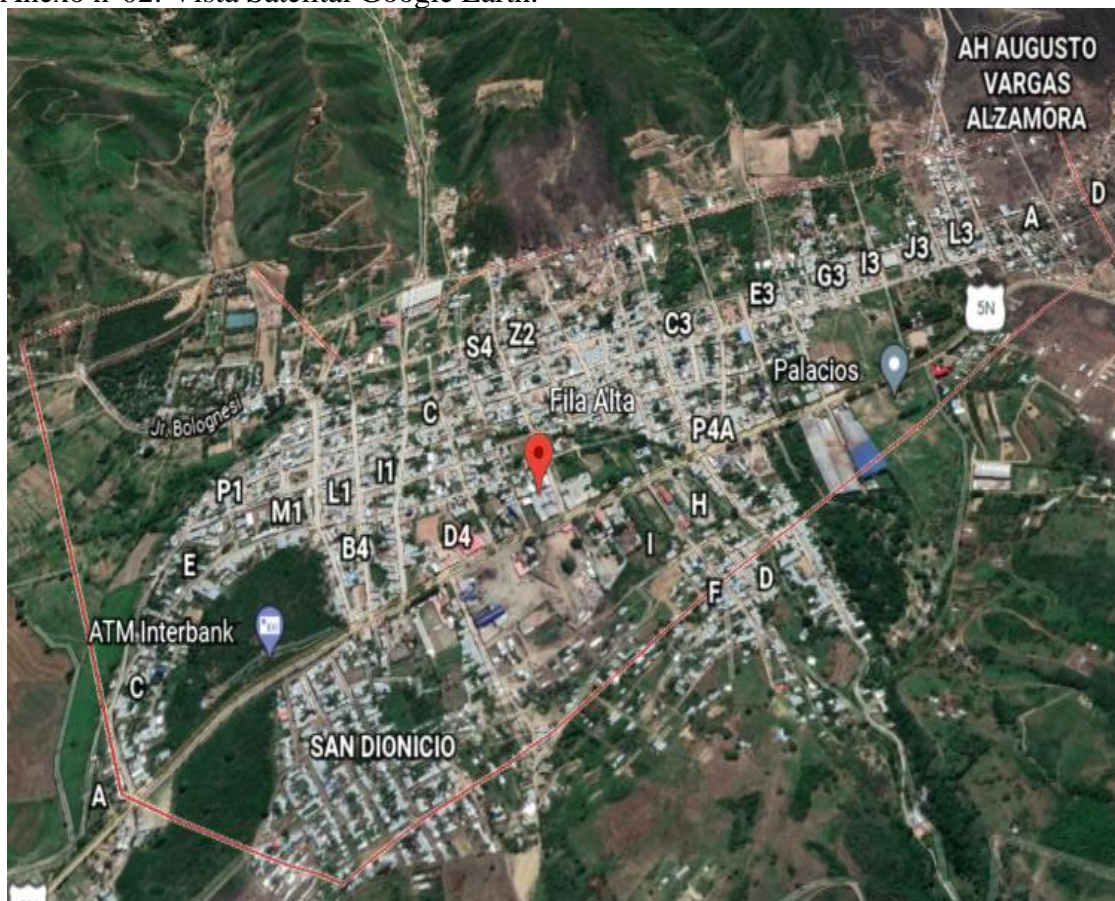


Ilustración 115 Imagen por Google Earth, sector Fila Alta, Jaén.

Anexo n°03: Vista de planta plano catastral de Jaén.



Ilustración 116 Plano catastral de Jaén, sector Fila Alta, proporcionado por la Municipalidad Provincial de Jaén.

Anexo n°04: Topografía.



Ilustración 117 Toma de puntos para Topografía en la etapa I del sector Fila Alta.



Ilustración 118 Marcación del BM1.



Ilustración 119 Marcación del BM2.



Ilustración 120 Marcación de la E2.



Ilustración 121 Marcación de la E4.



Ilustración 122 Marcación de la E5.



Ilustración 123 Marcación de la E6.



Ilustración 124 Marcación de la E7.



Ilustración 125 Marcación de la E8.



Ilustración 126 Marcación de la E11.



Ilustración 127 Marcación de la E12.



Ilustración 128 Marcación de la E13.



Ilustración 129 Marcación de la E14.



Ilustración 130 Marcación de la E20.



Ilustración 131 Marcación de la E22.



Ilustración 132 Marcación de la E24.



Ilustración 133 Marcación de la E26.



Ilustración 134 Marcación de la E27.



Ilustración 135 Marcación de la E29.



Ilustración 136 Dron.



Ilustración 137 Fotografía de la tesista con el control de dron-programado.



Ilustración 138 Fotografía de la tesista con el control de dron-programado.



Ilustración 139 Trabajo de campo, tomando tesista y personal de apoyo.



Ilustración 140 Trabajo de campo, tomando puntos, puntos, tesista y personal de apoyo.

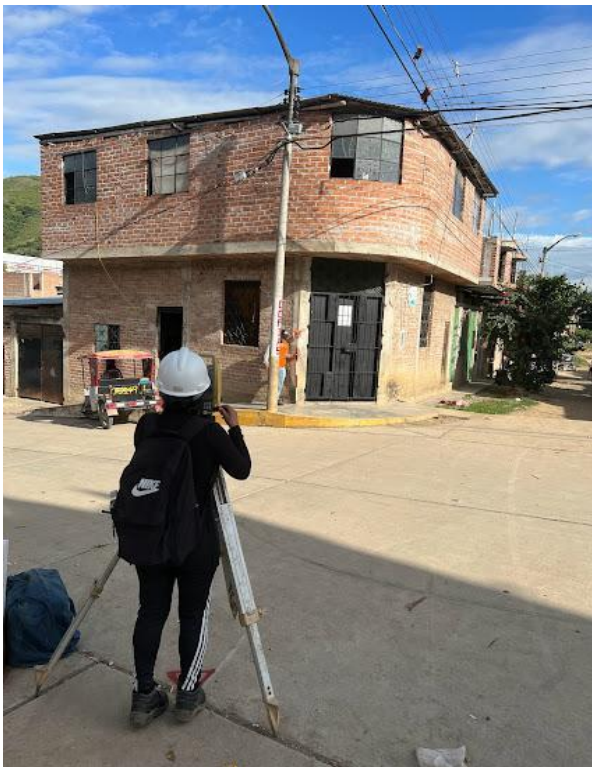


Ilustración 141 Trabajo de campo, tomando puntos, tesista y personal de apoyo.



Ilustración 142 Trabajo de campo, tomando puntos, tesista y personal de apoyo.



Ilustración 143 Trabajo de campo, tomando puntos, tesista y personal de apoyo.



Ilustración 144 Trabajo de campo, tomando puntos, tesista y personal de apoyo.



Ilustración 145 Autora de esta tesis, visitando Zanja Honda del sector Fila Alta.

Anexo n°05: Certificado de calibración de Estación Total.

GEOTEK "Amamos la precisión"

CERTIFICADO DE CALIBRACION

INACAL

DATOS DEL EQUIPO

Nombre :	ESTACION TOTAL	Precisión Angular :	07"
Marca :	LEICA	Lectura mínima :	01"/03"
Modelo :	TC 407	Precisión de distancia :	Preciso+1.5 mm+2 ppm Preciso Rápido:2.0 mm+2 ppm
Serie :	846783	Alcance :	3,500 mts.c/01 prisma

LABORATORIOS GEOTEK E.I.R.L., a través de su servicio técnico CERTIFICA que el equipo en mención se encuentra totalmente revisados, controlados, calibrados y 100% operativos, cumpliendo con las especificaciones Técnicas de fábrica y los Estándares internacionales establecidos (DIN18723).

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Nro. : C1634
Fecha : 10/07/2021

EQUIPO DE CALIBRACION UTILIZADO

LABORATORIOS GEOTEK E.I.R.L. para controlar y calibrar este instrumento se contrasta con un colimador original marca SANWEI, modelo F550TD4 con número de serie 18675120022 con una distancia focal en 500 mm, de doble retículo y uno de ellos está enfocado al infinito, el grosor de sus trazos esta dentro de 01", que es patronado periódicamente por un teodolito KERN modelo DKM2A precisión al D1" con el método de lectura Directa-Inversa y referenciado con un nivel LEICA modelo NA730 de precisión +/- 2.5 mm nivelación doble en 1 km
Desviación estándar basada en la norma ISO 9001 /ISO 14001 del nivel automático NA730 LEICA de precisión +/- 2.5 mm en nivelación doble de 1 km. La condiciones ambientales son, en temperatura: 23.7° C con variaciones que no excedieron +/-0.5°C con una presión atmosférica de 760 mm Hg y con humedad relativa de 52%.

LABORATORIOS GEOTEK E.I.R.L., no se responsabiliza por desajustes y/o descalibraciones en los equipos causados por un inadecuado transporte del mismo o mala manipulación del usuario, la periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del equipo

TRAZABILIDAD DE LOS PATRONES

Certificado de calibración LGD-004-2021 emitido por INACAL – Instituto Nacional de Calidad – Laboratorio de Longitud y Ángulo.

Patrón	Marca	Modelo	Serie
Nivel automático	LEICA	NA730	5732310
Distanciómetro	LEICA	D1	1271050421

RESULTADOS ANGULARES


ANGULOS	VALOR DEL PATRON	VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO	ERROR MEDIDO	PRECISION	RESULTADO
HORIZONTAL	180°00'00"	0°00'00"	180°00'03"	3"	± 7" OPERATIVO
VERTICAL	360°00'00"	90°00'00"	270°00'03"	3"	± 7" OPERATIVO

RESULTADOS DISTANCIAS INCLINADAS

OBJETIVO	VALOR DEL PATRON	VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO	ERROR MEDIDO	PRECISION	RESULTADO
PRISMA P01	9.078m	9.076m	-2mm	± (2mm + 2ppm)	OPERATIVO
PRISMA P02	12.132m	12.131m	-1 mm	± (2mm + 2ppm)	OPERATIVO
TARJETA DR1	16.297m	16.296m	-1 mm	± (3mm + 2ppm)	OPERATIVO
TARJETA DR2	19.740m	19.742m	+2 mm	± (3mm + 2ppm)	OPERATIVO

CALIBRACION Y MANTENIMIENTO

Fecha	Mantenimiento	Calibración	Próxima Calibración	Observación
10/07/2021		X	06 meses	% 100 OPERATIVO

Responsable de Verificación	Propietario	Obra
LABORATORIOS GEOTEK E.I.R.L. RUC: 20605988980	W.INGENIERIA & TOPOGRAFIA S.A.C. RUC: 20608190181	
LABORATORIOS GEOTEK E.I.R.L. RUC: 20605988980 Av. Circunvalación 1017 - Santiago de Surco Seño y firma	 Seño y firma	

Escaneado con CamScanner

Anexo n°06: Factura electrónica de Drone DJI phantom 4 pro v2.



JOBULANI MEDIA MARKETING EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA SERUR FILOQUE CHICO MZA. A LOTE. 30 CERCA AL COLEGIO PRIMARIO FILOQUE CHICO OLMOS - LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE		FACTURA ELECTRONICA RUC: 20600706480 E001-474																								
Fecha de Emisión	: 11/01/2022	Forma de pago	: Contado																							
Señor(es)	: W. INGENIERIA & TOPOGRAFIA S.A.C.	RUC	: 20608190181																							
Dirección del Cliente	: CAL. LOS ARENALES - P.J. NUEVA JERUSALEN MZA. E LOTE. 02 LAMBAYEQUE-CHICLAYO-CHICLAYO	Tipo de Moneda	: SOLES																							
Observación	:																									
Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario	ICBPER																						
1.00	UNIDAD	DRONE DJI PHANTOM 4 PRO V2 SN 11UDJC3R720032. GARANTIA 1 AÑO.	7542.373	0.00																						
Valor de Venta de Operaciones Gratuitas : S/ 0.00		<table border="1"> <tr><td>Sub Total Ventas</td><td>: S/ 7,542.37</td></tr> <tr><td>Anticipos</td><td>: S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Descuentos</td><td>: S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Valor Venta</td><td>: S/ 7,542.37</td></tr> <tr><td>ISC</td><td>: S/ 0.00</td></tr> <tr><td>IGV</td><td>: S/ 1,357.63</td></tr> <tr><td>ICBPER</td><td>: S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Otros Cargos</td><td>: S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Otros Tributos</td><td>: S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Monto de redondeo</td><td>: S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Importe Total</td><td>: S/ 8,900.00</td></tr> </table>			Sub Total Ventas	: S/ 7,542.37	Anticipos	: S/ 0.00	Descuentos	: S/ 0.00	Valor Venta	: S/ 7,542.37	ISC	: S/ 0.00	IGV	: S/ 1,357.63	ICBPER	: S/ 0.00	Otros Cargos	: S/ 0.00	Otros Tributos	: S/ 0.00	Monto de redondeo	: S/ 0.00	Importe Total	: S/ 8,900.00
Sub Total Ventas	: S/ 7,542.37																									
Anticipos	: S/ 0.00																									
Descuentos	: S/ 0.00																									
Valor Venta	: S/ 7,542.37																									
ISC	: S/ 0.00																									
IGV	: S/ 1,357.63																									
ICBPER	: S/ 0.00																									
Otros Cargos	: S/ 0.00																									
Otros Tributos	: S/ 0.00																									
Monto de redondeo	: S/ 0.00																									
Importe Total	: S/ 8,900.00																									
SON: OCHO MIL NOVECIENTOS Y 00/100 SOLES																										
<i>Esta es una representación impresa de la factura electrónica, generada en el Sistema de SUNAT. Puede verificarla utilizando su clave SOL.</i>																										

Anexo n°07: Formato de encuesta.

ENCUESTA SOBRE LA SITUACIÓN ACTUAL QUE ACONTECE LA ETAPA I DEL SECTOR DE FILA ALTA, PROVINCIA DE JAÉN, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

Tesis: Modelación Hidráulica mediante la utilización del Software SWMM para una red pluvial ubicada en Fila Alta, provincia de Jaén 2021



Con el propósito de conocer la situación y condiciones actuales en este sector Fila Alta, solicitamos su apoyo en responder las siguientes preguntas:

- 1 ¿Durante los años que vives en el sector ha sido afectado por desbordamiento de desague y problema de basura?
 - a) Sí
 - b) No
- 2 ¿Usted cree que su propiedad está en una zona afectada por desbordamiento de desague y problema de basura?
 - a) Sí
 - b) No
- 3 ¿Existe algún proyecto de mitigación para evitar el desbordamiento de desague y problema de basura?
 - a) Sí
 - b) No
 - c) Desconozco el tema
- 4 ¿Crees que se le da la debida importancia a los temas de prevención y mitigación ante desbordamiento de desague y problema de basura?
 - a) Sí
 - b) No
- 5 ¿Tienes conocimiento de las amenazas y riesgos a la que está expuesto el sector de Fila Alta?
 - a) Sí
 - b) No
 - c) Desconozco el tema
- 6 Menciona cuáles son las amenazas y riesgos a la que está expuesto el sector de Fila Alta?
 - a) Desbordamiento de aguas negras/desague
 - b) Inundaciones
 - c) Acumulación de basura
 - d) a, b y c
 - e) Otros: _____
- 7 ¿En qué meses del año sufre daños de desbordamiento de desague y problema de basura en tu comunidad con mayor frecuencia?
 - a) Enero, febrero y marzo
 - b) Abril, mayo y junio
 - c) Julio, agosto y septiembre
 - d) Octubre, noviembre y diciembre
 - e) Todo el año
- 8 ¿Estás consciente que las inundaciones en tiempos de lluvia son debido a que la gente tira basura en la calle y esto causa que se tapen los drenajes?
 - a) Sí
 - b) No
 - c) Desconozco el tema
- 9 ¿Sacas tu basura cuándo pasa el camión recolector?
 - a) Sí
 - b) No
- 10 ¿Piensas que la población es culpable por falta de educación sanitaria sobre el problema de basura?
 - a) Sí
 - b) No
 - c) Desconozco el tema
- 11 ¿Te sientes cómodo/a viviendo frente a un problema ambiental que es el desbordamiento de desague y problema de basura?
 - a) Sí
 - b) No
- 12 ¿Qué solución planteas frente a este problema de desbordamiento de desague y de basura? ¿Y quiénes estarían involucrados a dar solución?

Ilustración 146 Formato de aplicación de encuestas para la tesis Modelación Hidráulica mediante la utilización del Software SWMM para una red pluvial ubicada en Fila Alta, provincia de Jaén 2021. Fuente: Elaboración propia.