

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

## “EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL POR GRAVEDAD DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, SECTOR 13 - BARRIO SAN MARTÍN DE PORRES”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

**Autores:**

Daniela Fernanda Rodriguez Sanchez

Reitzer Omar Castrejon Cotrina

**Asesor:**

Mg. Ing. Luis Vásquez Ramírez

<https://orcid.org/0000-0001-8861-7889>

Cajamarca - Perú

2023

## JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Kely Elizabeth Núñez Vásquez	42679441
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 2	Erlyn Giordany Salazar Huamán	71106769
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 3	Katia Nataly Carrión Rabanal	46269439
	Nombre y Apellidos	N° DNI

**INFORME DE SIMILITUD**

**Document Information**

<b>Analyzed document</b>	INFORME-FINAL-DE-TESIS_RODRIGUEZ-Y-CASTREJÓN (1).pdf (D160749528)
<b>Submitted</b>	2023-03-11 18:27:00
<b>Submitted by</b>	LUIS VASQUEZ RAMIREZ
<b>Submitter email</b>	luis.vasquez@upn.pe
<b>Similarity</b>	0%
<b>Analysis address</b>	luis.vasquez.delnor@analysis.arkund.com

**Sources included in the report**

**Entire Document**

FACULTAD DE INGENIERÍA Carrera de Ingeniería Civil "EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL POR GRAVEDAD DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, SECTOR 13 - BARRIO SAN MARTIN DE PORRES" Tesis para optar el título profesional de: Ingeniero Civil

Autores:

Daniela Fernanda Rodríguez Sánchez Reitzer Omar Castrejón Cotrina Asesor: Ing. Mg. Luis Vásquez Ramírez Cajamarca - Perú 2023

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

POR GRAVEDAD DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, SECTOR 13 - BARRIO SAN MARTIN DE PORRES"

Castrejón Cotrina Reitzer Omar Pág. 2 Rodríguez Sánchez Daniela Fernanda DEDICATORIA A mis padres y hermano porque creyeron en mí y me forjaron a ser un profesional de éxito. Este trabajo es para ustedes que me ayudaron e impulsaron en todo momento a lo largo de mi carrera y me sostuvieron de la mano todo el tiempo, para salir adelante y convertirme en la persona que deseo ser. Daniela Fernanda Rodríguez Sánchez. Esta presente investigación la dedico principalmente a Dios por haberme permitido dar tan importante paso en mi desarrollo profesional al culminar esta carrera. A mis padres, por todo su amor y motivación para seguir adelante pues estuvieron apoyándome día y noche para no darme por vencido, este logro también es suyo. Reitzer Omar Castrejón Cotrina.

"EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL POR GRAVEDAD DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, SECTOR 13 -

BARRIO SAN MARTIN DE PORRES" Castrejón Cotrina Reitzer Omar Pág. 3 Rodríguez Sánchez Daniela Fernanda AGRADECIMIENTO En primer lugar, gracias a Dios que siempre guió nuestros pasos para ser personas de bien, de igual manera a nuestra acreditada casa de aprendizaje la Universidad Privada del Norte por abrirnos la puerta a una carrera tan prestigiosa, que conjuntamente con su excelente plana docente a lo largo de los años nos han enseñado y capacitado, brindándonos su amistad y todos sus conocimientos en lo que duró nuestra vida universitaria, ofreciéndonos herramientas para ser profesionales exitosos este mundo de alta competitividad académica, en especial a nuestro asesor Ing. Luis Vásquez Ramírez por orientarnos a realizar el presente informe de tesis en el transcurso de estos meses, así como a nuestros padres por apoyarnos durante todo este tiempo.

"EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL POR GRAVEDAD DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, SECTOR 13 -

BARRIO SAN MARTIN DE PORRES" Castrejón Cotrina Reitzer Omar Pág. 4 Rodríguez Sánchez Daniela Fernanda

Tabla de Contenidos

DEDICATORIA .....	2 AGRADECIMIENTO
.....	3 ÍNDICE DE TABLAS
.....	6 ÍNDICE DE FIGURAS
.....	8 RESUMEN
.....	10 CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN
.....	11 1.1. Realidad
problemática.....	11 1.2.
Formulación del problema .....	13 1.3.
Objetivos .....	13 1.3.1.
Objetivo general .....	13 1.3.2. Objetivos específicos
.....	13 1.4.
Hipótesis .....	13 CAPÍTULO II. MÉTODO
.....	14 2.1. Tipo de investigación
.....	14 2.1.1.

## DEDICATORIA

A mis padres y hermano porque creyeron en mí y me forjaron a ser un profesional de éxito. Este trabajo es para ustedes que me ayudaron e impulsaron en todo momento a lo largo de mi carrera y me sostuvieron de la mano todo el tiempo, para salir adelante y convertirme en la persona que deseo ser.

Daniela Fernanda Rodríguez Sánchez.

Esta presente investigación la dedico principalmente a Dios por haberme permitido dar tan importante paso en mi desarrollo profesional al culminar esta carrera. A mis padres, por todo su amor y motivación para seguir adelante pues estuvieron apoyándome día y noche para no darme por vencido, este logro también es suyo.

Reitzer Omar Castrejón Cotrina.

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, gracias a Dios que siempre guió nuestros pasos para ser personas de bien, de igual manera a nuestra acreditada casa de aprendizaje la Universidad Privada del Norte por abrirnos la puerta a una carrera tan prestigiosa, que conjuntamente con su excelente plana docente a lo largo de los años nos han enseñado y capacitado, brindándonos su amistad y todos sus conocimientos en lo que duró nuestra vida universitaria, ofreciéndonos herramientas para ser profesionales exitosos este mundo de alta competitividad académica, en especial a nuestro asesor Ing. Luis Vásquez Ramírez por orientarnos a realizar el presente informe de tesis en el transcurso de estos meses, así como a nuestros padres por apoyarnos durante todo este tiempo.

## Tabla de Contenidos

<b>JURADO EVALUADOR.....</b>	<b>2</b>
<b>INFORME DE SIMILITUD .....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>5</b>
<b>Tabla de Contenidos.....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>10</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Bases Teóricas.....	18
1.2.1. <i>Drenaje Pluvial y su importancia</i> .....	18
1.2.2. <i>Un sistema de drenaje pluvial urbano Abarca:</i> .....	18
1.2.3. <i>Evaluación de un sistema de drenaje pluvial urbano.</i> .....	20
1.2.4. <i>Análisis hidrológico e hidráulico</i> .....	27
1.2.5. <i>Obras de arte en pistas</i> .....	29
1.2.6. <i>Modelo numérico</i> .....	32
1.2.6.1. <i>Storm Water Management Model</i> .....	34
1.3. Justificación de la Investigación.....	36
1.4. Formulación del problema.....	37
1.5. Objetivos .....	37
1.5.1. <i>Objetivo general</i> .....	37
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	38
1.6. Hipótesis.....	38
<b>CAPÍTULO II. MÉTODO.....</b>	<b>39</b>
2.1. Tipo de investigación .....	39
2.1.1. <i>Diseño de Investigación</i> .....	39
2.1.2. <i>VARIABLES de Estudio</i> .....	39
2.1.3. <i>Matriz de Consistencia</i> .....	40
2.2. Población y muestra .....	41
2.2.1. <i>Población</i> .....	41
2.2.2. <i>Muestra</i> .....	41
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	43
2.3.1. <i>Levantamiento Topográfico</i> .....	43
2.3.2. <i>Observación Directa</i> .....	43
2.3.3. <i>Análisis Documental</i> .....	43
2.3.4. <i>Encuestas</i> .....	44
2.4. Materiales/Equipos y Métodos de recolección y análisis de datos.....	44
2.4.1. <i>Materiales/Equipos</i> .....	44
2.4.2. <i>Métodos</i> .....	45
2.4.2.1. <i>Obtención de información requerida</i> .....	45

2.4.2.2. <i>Análisis Hidrológico</i> .....	47
2.4.2.3. <i>Simulación Hidráulica mediante modelo numérico</i> .....	47
2.5. Procedimiento.....	47
2.5.1. <i>Procedimiento para recolección de datos</i> .....	47
49	
2.5.2. <i>Procedimiento para el análisis de datos</i> .....	49
2.5.3. <i>Plan de recolección y análisis de datos (Flujograma)</i> .....	64
2.5.4. <i>Aspectos Éticos</i> .....	64
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS</b> .....	<b>66</b>
2.6. Aspectos generales de la Zona de estudio .....	66
2.7. Estudio Topográfico.....	67
2.8. Áreas de Influencia y Área Aportante .....	69
2.9. Análisis Hidrológico.....	74
2.9.1. <i>Recopilación de información</i> .....	74
2.9.2. <i>Modelo de distribución</i> .....	76
2.9.3. <i>Precipitación máxima probable</i> .....	79
2.9.4. <i>Intensidad máxima probable</i> .....	82
2.9.5. <i>Curvas IDF</i> .....	83
2.9.6. <i>Resumen de aplicación de regresión potencial</i> .....	84
2.9.7. <i>Curvas IDF, válidas para nuestra cuenca</i> .....	85
3.4.8 <i>Hietograma de diseño válidos para nuestra cuenca</i> .....	89
2.10. Análisis Hidráulico.....	90
2.7. Modelamiento en el programa SWMM.....	114
2.8. Encuesta a la población del Sector 13 - Barrio San Martín de Porres .....	123
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b> .....	<b>127</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>133</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>135</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Pendientes longitudinales y transversales mínimas de las pistas.....	28
<b>Tabla 2</b> Modelos numéricos frecuentes.....	33
<b>Tabla 3</b> Matriz de Consistencia.....	40
<b>Tabla 4</b> Sectorización Cajamarca - Sector 13.....	67
<b>Tabla 5</b> Puntos de control (Bm's).....	68
<b>Tabla 6</b> Características geométricas del terreno (cuenca principal).....	68
<b>Tabla 7</b> Áreas de Influencia (subcuencas).....	69
<b>Tabla 8</b> Características geométricas del terreno (cuenca aportante).....	74
<b>Tabla 9</b> Ubicación de la Estación meteorológica Augusto Weberbauer.....	74
<b>Tabla 10</b> Datos Mensuales de Precipitación Máxima en 24 Hrs. (mm) de la estación meteorológica Augusto Weberbauer.....	75
<b>Tabla 11</b> Análisis con distribución Log Normal de 3 Parámetros.....	76
<b>Tabla 12</b> Variables Probabilísticas para Log Normal 3 parámetros.....	78
<b>Tabla 13</b> Distribución de probabilidades pluviométricas mediante LN3.....	80
<b>Tabla 14</b> Precipitaciones Máximas Probables para distintos periodos de retorno.....	81
<b>Tabla 15</b> Coeficientes de duración lluvias entre 1 a 24 hrs.....	82
<b>Tabla 16</b> Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias.....	82
<b>Tabla 17</b> Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia.....	83
<b>Tabla 18</b> Resumen de aplicación de regresión potencial.....	84
<b>Tabla 19</b> Resumen de la regresión de potencia según la distribución Log Normal 3 Parámetros.....	84
<b>Tabla 20</b> Tabla de Intensidades Máximas - Tiempo de duración.....	87
<b>Tabla 21</b> Pendientes de los tramos colectores (calles) de las Áreas de Influencia - Zona de estudio.....	91
<b>Tabla 22</b> Tiempo de Concentración e Intensidad de los tramos colectores (calles), para Tr = 10 años.....	94
<b>Tabla 23</b> Caudal de Demanda de los tramos colectores (calles), para Tr = 10 años - Zona en estudio.....	100
<b>Tabla 24</b> Datos de la Cuenca Aportante.....	104
<b>Tabla 25</b> Coeficiente de Escorrentía general para la Cuenca Aportante.....	105
<b>Tabla 26</b> Valor del Tiempo de Concentración para la Cuenca Aportante.....	105
<b>Tabla 27</b> Caudal máximo de la Cuenca Aportante.....	106
<b>Tabla 28</b> Caudal Acumulado en cada nodo de descarga.....	106
<b>Tabla 29</b> <i>Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres - cuadra 5</i> .....	108
<b>Tabla 30</b> <i>Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 5 (a)</i> .....	108
<b>Tabla 31</b> <i>Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 5 (b)</i> .....	109
<b>Tabla 32</b> <i>Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 6</i> .....	109
<b>Tabla 33</b> <i>Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 6(a)</i> .....	109
<b>Tabla 34</b> <i>Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 6(c)</i> .....	109
<b>Tabla 35</b> <i>Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 6(d)</i> .....	110
<b>Tabla 36</b> <i>Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 6(f)</i> .....	110
<b>Tabla 37</b> Caudal de Oferta de cada una de las calles por cuadra de la zona en estudio.....	110
<b>Tabla 38</b> Informe de estado, continuidad de la cantidad de escorrentía Tr=10 - SWMM.....	116
<b>Tabla 39</b> Informe de estado, continuidad de enrutamiento de flujo Tr=10 - SWMM.....	117
<b>Tabla 40</b> Informe de estado, continuidad de la cantidad de escorrentía Tr=25 - SWMM.....	121
<b>Tabla 41</b> Informe de estado, continuidad de enrutamiento de flujo Tr=25 - SWMM.....	121
<b>Tabla 42</b> Valores de la Representación Matemática IDF, Tr = 2 años.....	173
<b>Tabla 43</b> Valores de la Representación Matemática IDF, Tr = 5 años.....	174
<b>Tabla 44</b> Valores de la Representación Matemática IDF, Tr = 10 años.....	175
<b>Tabla 45</b> Valores de la Representación Matemática IDF, Tr = 25 años.....	176
<b>Tabla 46</b> Valores de la Representación Matemática IDF, Tr = 50 años.....	177
<b>Tabla 47</b> Valores de la Representación Matemática IDF, Tr = 100 años.....	178
<b>Tabla 48</b> Valores de la Representación Matemática IDF, Tr = 500 años.....	179
<b>Tabla 49</b> <i>Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 6(g)</i> .....	183
<b>Tabla 50</b> <i>Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 6(h)</i> .....	183
<b>Tabla 51</b> <i>Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 6(b)</i> .....	183
<b>Tabla 52</b> <i>Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 7</i> .....	183
<b>Tabla 53</b> <i>Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 8</i> .....	184



<b>Tabla 54</b> Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 9 .....	184
<b>Tabla 55</b> Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 12 .....	184
<b>Tabla 56</b> Capacidad hidráulica de Jr. Juan Beato Masías 1-2 – cuadra 1 .....	185
<b>Tabla 57</b> Capacidad hidráulica de Jr. Juan Beato Masías 1-2 – cuadra 2 .....	185
<b>Tabla 58</b> Capacidad hidráulica de Jr. Juan Beato Masías 1-2 – cuadra 3 .....	185
<b>Tabla 59</b> Capacidad hidráulica de Jr. Juan Beato Masías 1-2 – cuadra 4 .....	185
<b>Tabla 60</b> Capacidad hidráulica de Jr. Juan Beato Masías 1-2 – cuadra 5 .....	186
<b>Tabla 61</b> Capacidad hidráulica de Jr. Juan Beato Masías 1-2 – cuadra 6 .....	186
<b>Tabla 62</b> Capacidad hidráulica de Jr. Juan Beato Masías 1-2 – cuadra 7 .....	186
<b>Tabla 63</b> Capacidad hidráulica de Jr. Juan Beato Masías 1-2 – cuadra 8 .....	187
<b>Tabla 64</b> Capacidad hidráulica de Jr. Juan Beato Masías 1-2 – cuadra 9 .....	187
<b>Tabla 65</b> Capacidad hidráulica de Jr. Juan Beato Masías 1-2 – cuadra 10 .....	187
<b>Tabla 66</b> Capacidad hidráulica de Jr. Juan Beato Masías 1-2 – cuadra 11 .....	187
<b>Tabla 67</b> Capacidad hidráulica de Jr. Juan Beato Masías 1-2 – cuadra 12 .....	188
<b>Tabla 68</b> Capacidad hidráulica de Jr. Juan Beato Masías 1-2 – cuadra 13 .....	188
<b>Tabla 69</b> Capacidad hidráulica de Jr. Héroes del Cenepa 1-4 – cuadra 1 .....	188
<b>Tabla 70</b> Capacidad hidráulica de Jr. Héroes del Cenepa 1-4 – cuadra 2 .....	189
<b>Tabla 71</b> Capacidad hidráulica de Jr. Héroes del Cenepa 1-4 – cuadra 3 .....	189
<b>Tabla 72</b> Capacidad hidráulica de Av. Industrial 1-3 – cuadra 1 .....	189
<b>Tabla 73</b> Capacidad hidráulica de Av. Industrial 1-3 – cuadra 2 .....	190
<b>Tabla 74</b> Capacidad hidráulica de Av. Industrial 1-3 – cuadra 3 .....	190
<b>Tabla 75</b> Capacidad hidráulica de Av. Martires de Uchuracay 1-18 – cuadra 1 .....	190
<b>Tabla 76</b> Capacidad hidráulica de Av. Martires de Uchuracay 1-18 – cuadra 2 .....	191
<b>Tabla 77</b> Capacidad hidráulica de Av. Martires de Uchuracay 1-18 – cuadra 3 .....	191
<b>Tabla 78</b> Capacidad hidráulica de Av. Martires de Uchuracay 1-18 – cuadra 4 .....	191

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Periodos de retorno para diferente tipo de Proyecto; Fuente: Miguel P. (2015).	24
<b>Figura 2.</b> Resumen de ecuaciones para tiempo de concentración; Fuente: MTC (2018).	27
<b>Figura 3.</b> Ecuación de Mannig para cuneta de sección triángulo rectángulo; Fuente: NT. CE.040, (2021).	29
<b>Figura 4.</b> Ecuación de Mannig para cuneta de sección en V; Fuente: NT. CE.040, (2021).	30
<b>Figura 5.</b> Ecuación de Mannig para cuneta de sección compuesta; Fuente: NT. CE.040, (2021).	30
<b>Figura 6.</b> Ubicación de la Urbanización “Barrio San Martín de Porres”, de la ciudad de Cajamarca extraído del Sistema de Información Geográfica Google Earth.	43
<b>Figura 7.</b> Ubicación de la Estación Meteorológica Augusto Weberbauer; Fuente: Propia (2023).	49
<b>Figura 8.</b> Ejemplo Curvas Intensidad - Duración - Frecuencia para lluvia máxima; Fuente: MTC (2018).	50
<b>Figura 9.</b> Coeficientes de duración lluvias entre 1 y 48 horas; Fuente: MTC (2018).	51
<b>Figura 10.</b> Ejemplo Hietograma de Diseño; Fuente: MTC (2018).	53
<b>Figura 11.</b> Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el método racional; Fuente: NT. CE.040 (2021).	55
<b>Figura 12.</b> Ecuación de tiempo de concentración por el Método Federal Aviation Administration (1970); Fuente: NT. CE.040 (2021).	56
<b>Figura 13.</b> Valores por Defecto del Proyecto; Fuente: Propia (2023).	58
<b>Figura 14.</b> Primer proceso de importación de mapa al programa SWMM; Fuente: Propia (2023).	59
<b>Figura 15.</b> Segundo proceso de importación de mapa al programa SWMM; Fuente: Propia (2023).	59
<b>Figura 16.</b> Ultimo proceso de importación de mapa al programa SWMM; Fuente: Propia (2023).	60
<b>Figura 17.</b> Proceso de activación de objetos que se van representar en el sistema de drenaje; Fuente: Propia (2023).	61
<b>Figura 18.</b> Mapa del Sector 13 - Barrio San Martín de Porres (Sistema de drenaje formado); Fuente: Propia (2023).	62
<b>Figura 19.</b> Mapa del Sector en estudio y del Área aportante (Sistema de drenaje formado); Fuente: Propia (2023).	63
<b>Figura 20.</b> Fases del Plan de procesamiento y análisis de datos; Fuente: Propia (2023).	64
<b>Figura 21.</b> Localización de la Zona de Estudio; Fuente: Propia (2023).	66
<b>Figura 22.</b> Delimitación Área Aportante; Fuente: Propio (2023).	74
<b>Figura 23.</b> Histograma acumulado - distribución Log Normal 3 parámetros; Fuente: Propia (2023).	79
<b>Figura 24.</b> Histograma densidad - distribución Log Normal 3 parámetros; Fuente: Propia (2023).	79
<b>Figura 25.</b> Ecuación matemática de las curvas IDF; Fuente: Bernard (1932).	83
<b>Figura 26.</b> Constante de regresión (d) vs los Periodos de retorno; Fuente: Propia (2023).	85
<b>Figura 27.</b> Valor de los parámetros de ajuste para la ecuación de la curva IDF; Fuente: Propio (2023).	85
<b>Figura 28.</b> Ecuación general de intensidad válida para nuestra cuenca; Fuente: Propia (2023).	86
<b>Figura 29.</b> Curvas IDF, Fuente: Propia (2023).	88
<b>Figura 30.</b> Hietograma de Diseño para $Tr = 10$ años / 2hrs; Fuente: Propio (2023).	89
<b>Figura 31.</b> Hietograma de Diseño para $Tr = 25$ años / 2hrs; Fuente: Propio (2023).	90
<b>Figura 32.</b> Ecuación de línea de tendencia - $Tr = 10$ años.	106
<b>Figura 33.</b> Serie de tiempo ingresada del hietograma precipitación $Tr=10$ años.	115
<b>Figura 34.</b> Valor de los errores de escorrentía superficial y ruta del flujo; Fuente (Propia).	116
<b>Figura 35.</b> Mapa de Inundación para el Sector 13 - Barrio San Martin de Porres a 10 minutos de lluvia con un $Tr=10$ años; Fuente: Propia (2023).	118
<b>Figura 36.</b> Mapa de Inundación para el Sector 13 - Barrio San Martin de Porres a 1 hora de lluvia con un $Tr=10$ años; Fuente: Propia (2023).	119
<b>Figura 37.</b> Serie de tiempo ingresada del hietograma precipitación $Tr=25$ años.	120
<b>Figura 38.</b> Valor de los errores de escorrentía superficial y ruta del flujo; Fuente (Propia).	120
<b>Figura 39.</b> Mapa de Inundación para el Sector 13 - Barrio San Martin de Porres a 20 minutos de lluvia con un $Tr=25$ años; Fuente: Propia (2023).	122
<b>Figura 40.</b> Mapa de Inundación para el Sector 13 - Barrio San Martin de Porres a 1 hora de lluvia con un $Tr=25$ años; Fuente: Propia (2023).	123
<b>Figura 41.</b> Evaluación del funcionamiento del sistema de drenaje existente en el Barrio San Martín de Porres; Fuente (Propio).	124
<b>Figura 42.</b> Problemas ocasionados por el desborde del sistema de drenaje pluvial según la población; Fuente: Propio (2023).	124
<b>Figura 43.</b> Intervalo de tiempo que la población encuestada viene habitando su sector; Fuente: Elaboración Propio (2013).	125

<b>Figura 44.</b> Limpieza y Mantenimiento del drenaje urbano - Barrio San Martín de Porres; Fuente: Propio (2023).	125
<b>Figura 45.</b> Calles más propensas a Inundarse en el Barrio San Martín de Porres; Fuente: Propio (2023).	126
<b>Figura 46.</b> Identificación de las diferentes calles de la Zona de Estudio - Barrio San Martín de Porres.	135
<b>Figura 47.</b> Existencia de desechos (basura) en los diferentes canales de drenaje pluvial de la zona.	136
<b>Figura 48.</b> Existencia de sedimentos en los diferentes canales de drenaje pluvial de la zona.	137
<b>Figura 49.</b> Calle sin pavimentar en mal estado - Jr. Misión Bautista C-3.	138
<b>Figura 50.</b> Medición de alto y ancho de las diferentes cunetas existentes en el Barrio San Martín de Porres.	139
<b>Figura 51.</b> Encuesta hecha a los diferentes residentes del Barrio San Martín de Porres para evaluar el sistema de drenaje pluvial en su sector.	140
<b>Figura 52.</b> Levantamiento Topográfico de la zona en estudio mediante GPS Diferencial por el método de Medición Cinemática.	141
<b>Figura 53.</b> Materialización de los 3 Bm's, puntos de referencia del Levantamiento Topográfico de la zona.	141
<b>Figura 54.</b> Encuesta realizada a la población del Barrio San Martín de Porres, donde evalúan el sistema de drenaje pluvial de su zona.	156
<b>Figura 55.</b> Regresión de la curva Intensidad (y) vs Duración (x) para un tiempo de retorno de 2 años; Fuente: Propia (2023).	173
<b>Figura 56.</b> Regresión de la curva Intensidad (y) vs Duración (x) para un tiempo de retorno de 5 años; Fuente: Propia (2023).	174
<b>Figura 57.</b> Regresión de la curva Intensidad (y) vs Duración (x) para un tiempo de retorno de 10 años; Fuente: Propia (2023).	175
<b>Figura 58.</b> Regresión de la curva Intensidad (y) vs Duración (x) para un tiempo de retorno de 25 años; Fuente: Propia (2023).	176
<b>Figura 59.</b> Regresión de la curva Intensidad (y) vs Duración (x) para un tiempo de retorno de 50 años; Fuente: Propia (2023).	177
<b>Figura 60.</b> Regresión de la curva Intensidad (y) vs Duración (x) para un tiempo de retorno de 100 años; Fuente: Propia (2023).	178
<b>Figura 61.</b> Regresión de la curva Intensidad (y) vs Duración (x) para un tiempo de retorno de 500 años; Fuente: Propia (2023).	179

## RESUMEN

La ciudad de Cajamarca recibe continuamente grandes lluvias a lo largo de los años y varios sectores se ven afectados, el sector 13 de Cajamarca es uno de los sectores incluido en este problema y sufriendo daños rebalses, inundaciones y estancamiento a pesar de tener una infraestructura para drenar aguas pluviales. Esta investigación tiene como objetivo principal evaluar el sistema actual de drenaje pluvial por gravedad de la ciudad de Cajamarca, del Barrio San Martín de Porres, mediante análisis hidrológico y modelo numérico. Como pasos principales tenemos la observación directa (cunetas, calles y canales de drenaje), llegando a evaluar las obras existentes de drenaje en el sector. Para este procedimiento se realiza el levantamiento topográfico que dio una pendiente promedio de 3.16% terreno plano, lo cual dificulta más el drenaje de las aguas pluviales en la zona, por otro lado se determinó que en su mayoría las cunetas existentes en el sector van desde formas triangulares y rectangulares o en algunos casos algunas calles no poseen cunetas, también se notó que hay deficiencia con algunos mantenimientos en estas obras de drenaje. Logramos obtener la capacidad hidráulica por cada cuadra, logrando visualizar la acumulación de lluvias, de igual manera se logró procesar los datos mediante el método numérico usando el software EPA-SWMM, para un Periodo de retorno de 10 y 25 años, donde en 1 hora de precipitación se muestra que el 95% y 98% de las cunetas en las distintas calles ya van superando su capacidad hidráulica con precipitaciones de 0.50 mm/hr.

**Palabras clave:** Drenaje pluvial, Análisis hidrológico, Método numérico, Precipitación, Cunetas.

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

A nivel mundial, el agua es un recurso natural renovable vital para la vida humana, sin embargo, en algunos lugares este recurso está siendo cada vez más limitado (Ghisi, 2018). Asimismo, la falta de interés de las autoridades a nivel internacional, no permite el crecimiento y desarrollo de algunos países, la cual es evidenciada ante épocas de intensas lluvias, ya que, surge la necesidad de evacuar las aguas pluviales de manera rápida y eficiente. Por ello, la ingeniería considera que estos proyectos de sistemas de drenaje pluvial generarían un gran impacto positivo en las poblaciones.

Cabe añadir que, en los últimos años, se ha considerado de gran importancia las elevadas tasas de crecimiento urbano en diferentes ciudades, las cuales, al no contar con políticas eficientes, son fuertemente afectados por diversos problemas como daños humanos y materiales por las inundaciones en los meses de enero a mayo (Arantes, 2020).

En México, la necesidad de aplicar los principios del desarrollo sustentable o sostenible al diseño urbano se debe al crecimiento de la población y, por tanto, de las zonas urbanas en los últimos años; a medida que crecen las ciudades aumentan las áreas urbanizadas. Como consecuencia de ello, se incrementan los caudales máximos y los volúmenes de agua superficiales, siendo continuamente más notorio los problemas de encharcamientos, inundaciones y sedimentación en zonas urbanas ubicadas aguas abajo; erosión en los sectores más vulnerables, degradación y pérdida de arroyos superficiales y subterráneos (Jordán & Prado, 2017).

Según (Cano C. , 2019), el Perú no es ajeno a esta realidad problemática, ya que, es una amenaza latente la ocurrencia de eventos naturales como el Fenómeno del Niño con intensas lluvias, las cuales son inevitables y afectan duramente a aquellas poblaciones que no cuentan con las infraestructuras necesarias para la evacuación de estas aguas pluviales

generando así daños económicos y sociales de manera considerable. Dado que su tesis tuvo como objetivo principal evaluar el nivel de riesgo en la subcuenca baja del Shullcas, una zona urbana en Huancayo. Se observaron asentamientos humanos en áreas no adecuadas, como barrancos y cauces de ríos, además de enfrentar problemas de contaminación. La falta de conocimiento sobre el nivel de riesgo se planteó como un problema de investigación, y los objetivos consistieron en estimar el nivel de riesgo y identificar los impactos correspondientes. El estudio siguió las pautas establecidas en el manual de estimación de riesgo del INDECI. Los resultados revelaron la existencia de 85 puntos críticos con un nivel de riesgo medio a alto. Estos hallazgos confirman la existencia de condiciones críticas y de alto riesgo en la zona en estudio, lo cual se respalda con la simulación de desastres realizada utilizando el software HEC RAS.

Dado el reporte de la Cámara de Comercio de (Lima, 2019), se ha expresado que las condiciones de las vías del país no son las más adecuadas, ya que existe una carencia en infraestructura vial que se ve consumida por una escasa inversión en este tipo de estructuras. De esta manera, se evidencia el descuido y desinterés de las autoridades locales y políticas que son responsables de impulsar el desarrollo de cada ciudad.

En el Perú, el (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), 2022) estableció los lineamientos y requisitos mínimos para el diseño y construcción de infraestructura de drenaje pluvial, las cuales permiten evacuar las aguas de las lluvias a fin de evitar inundaciones en los centros poblados, este diseño se rige por la Norma Técnica actualizada y denominada (CE.040 Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2021). Por otro lado, se ha destinado millones de soles para obras de saneamiento y drenaje pluvial, con casi 5 millones de soles como inversión para Junín, San Martín con más de 11 millones de soles y Loreto, con más de 8 millones de soles, siendo a pesar de ello, insuficiente para todo el país.

La Ley General de drenaje Pluvial y su Reglamento, aceptado en el 2018, indican la obligatoriedad de que toda habilitación urbana o edificación, a nivel de todo el Perú, cuenten con su infraestructura de drenaje pluvial, de acuerdo con los planes de desarrollo con el criterio a tomas en gestión de riesgos de desastres. Dicha ley señala, también, el compromiso de los gobiernos locales para el acatamiento de dicha obligatoriedad, así como la operación y mantenimiento de las infraestructuras señaladas. (Norma Técnica , CE.040, 2021).

Cabe recordar que la (Norma Técnica OS.060 Drenaje pluvial urbano) del Reglamento Nacional de Edificaciones está vigente desde el 2006. Por tal razón, es preferente actualizarla estableciendo los criterios de diseño mínimos para la creación de proyectos de infraestructura en drenaje pluvial, adicionando las consideraciones establecidas en la Ley General de drenaje Pluvial y su Reglamento. La norma establece que el drenaje pluvial es indispensable solo para ciudades con lluvias mayores a los 10 milímetros por día.

En el ámbito regional, Cajamarca evidencia un mal estado de las vías urbanas y la carencia de sistemas o mecanismos que permitan el drenaje pluvial superficial, pues al ser zonas con altas precipitaciones y con un sistema inadecuado de drenaje, ocasiona el deterioro acelerado de la superficie o recubrimiento del pavimento y también deslizamientos en estas vías generando daños graves. Por ello, hoy en día existe la Autoridad de Reconstrucción por Cambios, que se encarga de gestionar recursos de manera más prioritaria para la restauración de la capa asfáltica y el mantenimiento de estas vías (Mantilla, 2005)

Cajamarca en los meses de invierno recibe fuertes precipitaciones pluviales y en algunas zonas, sufre inundaciones, desbordes de agua y la existencia de sedimentación en sus calles a pesar de tener una cierta infraestructura de drenaje, que está diseñada para

poder soportar cierta cantidad de agua de lluvia. El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el sistema de drenaje pluvial en dicha zona. Para ello, se realizó una descripción detallada y una inspección en campo de los elementos del sistema, como cunetas, badenes, alcantarillas y canales de drenaje. Además, se evaluaron las condiciones físicas y se llevó a cabo un levantamiento topográfico para realizar el análisis hidráulico utilizando metodologías como Manning y el Método Racional. El área a drenar abarcó un total de 27.87 has. Los resultados mostraron que todas las cunetas eran de forma triangular y el sistema de evacuación era principalmente por gravedad. Aunque las estructuras estaban en buen estado, se identificó que el 78% de las cunetas en las calles principales presentaban rebosamiento e inundaciones en la parte baja. Por último, se determinó que el mantenimiento y operación del sistema de drenaje pluvial eran deficientes, ya que el 100% de la infraestructura se encontraba descuidada. (CHILON, 2022).

La precipitación pluvial media anual en de Cajamarca es de 620 mm, con tres tipos de retornos, el primer periodo de lluvia con el 55% de la precipitación en los meses de (Diciembre, Enero, Febrero y Marzo), un segundo periodo medio de 36% de la precipitación en los meses de (Abril, Setiembre, Octubre y Noviembre) y un tercer periodo seco con 9% de la precipitación en los meses de (Mayo, Junio, Julio y Agosto). (SENAMHI, 2012)

En tiempos de altas lluvias, alcanzan índices elevados lo que ocasiona serios problemas a la población cajamarquina por un ineficiente sistema drenaje pluvial en las calles en donde habitan, la lluvia excesiva propicia inundaciones en zonas que no están bien estructuradas, impactando de manera desfavorable las superficies expuestas de edificaciones e infraestructura vinculadas a estos espacios (INDECI, 2013). Este fenómeno se tiene mayormente en tiempos de lluvia excesiva en la ciudad de Cajamarca, en su tesis (Angel R., 2020) realizó una evaluación exhaustiva del estado actual, diseño hidráulico y



competencias en la operación y mantenimiento del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa, en la ciudad de Cajamarca. El objetivo principal fue determinar las causas que contribuyen a la ineficiencia de dicho sistema, el cual presenta serios problemas durante períodos de lluvia intensa. Para llevar a cabo la evaluación, se involucró a la población a través de encuestas, obteniendo información descriptiva sobre tramos con baja eficiencia, daños causados por el sistema de drenaje deficiente y la frecuencia de mantenimiento. Para realizar los cálculos hidráulicos, se utilizó información de una estación cercana. Los resultados revelaron que el sistema de drenaje no cumple con la capacidad hidráulica requerida según el Reglamento Nacional de Edificaciones, con un caudal de diseño de  $0.289 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $0.374 \text{ m}^3/\text{s}$  para períodos de retorno de 2 y 10 años, respectivamente. Donde sugiere aumentar su capacidad o construir un colector adicional, que fue analizado utilizando el software Storm Water Management Model.

El crecimiento de la población a nivel mundial ha dado lugar a la expansión de las ciudades, lo cual ha generado impactos negativos en el medio ambiente. Como resultado, durante los períodos de lluvia, los sistemas de drenaje pluvial se ven sobrecargados, provocando inundaciones. En su tesis (Angel R., 2020), tuvo como objetivo determinar la situación actual del sistema de drenaje pluvial en la Av. San Martín de Porres en la ciudad de Cajamarca, frente a precipitaciones extremas. Para lograr esto, se recopiló información del Senamhi, la cual fue utilizada para elaborar pluviogramas y realizar análisis de tormentas desde 1973 hasta 2016, considerando un período de retorno de 40 años y obteniendo una intensidad máxima de 133.0028 mm. Además, se aplicó un modelo probabilístico, como la distribución Gumbel. El cálculo de las áreas que contribuyen al área de estudio se llevó a cabo mediante áreas tributarias, lo que proporcionó los parámetros necesarios para calcular los caudales y evaluar los objetivos e hipótesis

planteados. Los resultados obtenidos indicaron que el caudal de evacuación es menor que el caudal de eliminación.

## **1.2. Bases Teóricas**

### **1.2.1. Drenaje Pluvial y su importancia**

Según (Maidment, 2010) el drenaje pluvial es el sistema de infraestructura urbana que gestiona el flujo de agua de lluvia desde las superficies impermeables, como calles y techos, hasta puntos de descarga, como ríos, arroyos o cuerpos de agua.

La ley aprobada en el 2018 establece que el drenaje pluvial es un servicio básico de todos los ciudadanos, este constituye un componente estructural de la infraestructura de todo centro poblado, que comprende la recopilación, transporte, almacenamiento y evacuación de las aguas pluviales. (Ministerio de Vivienda, 2021).

Según (Fernández, 2018), los sistemas de drenaje pluvial son de gran importancia en el ámbito urbano, ya que desempeñan un papel fundamental en la prevención de inundaciones, la protección de la infraestructura, la conservación del medio ambiente y la promoción de la sostenibilidad. Estos autores destacan que los sistemas de drenaje pluvial adecuados permiten gestionar eficientemente el agua de lluvia, evitando daños a las estructuras urbanas, la contaminación de cuerpos de agua y la proliferación de enfermedades. Asimismo, resaltan la necesidad de integrar el drenaje pluvial en el planeamiento urbano y en la toma de decisiones para lograr ciudades más resilientes y sostenibles.

### **1.2.2. Un sistema de drenaje pluvial urbano Abarca:**

(Ana Kelly Marinoski, 2018): Estos autores consideran que el drenaje pluvial urbano comprende la infraestructura física y las prácticas de gestión utilizadas para captar, transportar, almacenar y tratar las aguas de lluvia en áreas urbanas. Esto incluye la red de

alcantarillado, los dispositivos de control de inundaciones, los sistemas de retención y filtración, y las prácticas de gestión de aguas pluviales, como la recolección y reutilización de agua de lluvia.

Según la (Norma Técnica Peruana NTP 399.602 "Saneamiento Básico - Drenaje Urbano", 2016), el drenaje pluvial urbano abarca los sistemas y componentes utilizados para la recolección, conducción, almacenamiento, tratamiento y disposición final de las aguas pluviales en áreas urbanas. Esta norma establece los requisitos técnicos y criterios de diseño para el drenaje pluvial en el contexto peruano.

La NTP 399.602:2016 establece que el drenaje pluvial urbano comprende los siguientes elementos y aspectos:

- Captación y recolección: Incluye la infraestructura necesaria para captar y recolectar el agua de lluvia en áreas urbanas, como sumideros, rejillas, canaletas y pozos de captación.
- Conducción y transporte: Se refiere a las tuberías, canales y estructuras utilizadas para transportar el agua de lluvia recolectada desde los puntos de captación hacia los puntos de descarga, ya sea a través de sistemas de alcantarillado pluvial, canales abiertos u otros medios de conducción.
- Almacenamiento y retención: Comprende las estructuras de almacenamiento, como balsas de retención, tanques de tormenta o estanques de retención, utilizadas para almacenar temporalmente el agua de lluvia y evitar su liberación inmediata al sistema de drenaje, regulando así el caudal y previniendo inundaciones.
- Tratamiento y control de calidad: Incluye los dispositivos y técnicas utilizados para el tratamiento y la mejora de la calidad del agua de lluvia, como la retención de sólidos y la reducción de contaminantes, a través de sistemas de filtración, sedimentadores u otros métodos adecuados.

- Descarga y disposición final: Se refiere a la liberación controlada del agua de lluvia tratada o no tratada hacia los cuerpos de agua receptores o hacia sistemas de infiltración o reutilización, de acuerdo con los criterios y regulaciones ambientales vigentes.

La norma técnica también establece los criterios de diseño, los parámetros hidráulicos y los factores a considerar en la planificación, ejecución y mantenimiento de los sistemas de drenaje pluvial urbano en Perú.

### **1.2.3. Evaluación de un sistema de drenaje pluvial urbano.**

(Ashley, 2014) , proponen un enfoque holístico para la evaluación de los sistemas de drenaje pluvial urbano, que considera aspectos técnicos, ambientales, sociales y económicos. Su enfoque incluye la evaluación del desempeño hidráulico, la calidad del agua, los impactos ambientales, la resiliencia al cambio climático, así como la evaluación de costos y beneficios económicos y sociales.

(Rahman, 2016), presentan un marco de evaluación de sistemas de drenaje pluvial basado en múltiples criterios, que incluye la evaluación del desempeño hidráulico, la capacidad de retención, la capacidad de tratamiento de agua, la eficiencia energética y la sustentabilidad. Su enfoque se basa en la integración de herramientas de modelización hidrológica, análisis de ciclo de vida y análisis multicriterio.

(Jothiprakash, 2018), proponen un enfoque para la evaluación de la resiliencia de los sistemas de drenaje pluvial urbano ante eventos de lluvia extrema y cambio climático. Su enfoque considera la evaluación de la capacidad de adaptación y respuesta del sistema, así como la evaluación de los impactos en la infraestructura y la comunidad.

Según el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) del Perú, la evaluación del sistema de drenaje pluvial urbano se aborda principalmente a través de la Norma Técnica Peruana (NTP) correspondiente. La NTP 208.120 establece los requisitos y criterios para el

diseño de sistemas de drenaje pluvial urbano en el Perú. Aunque esta norma no proporciona directamente una evaluación detallada, es una referencia importante para asegurar que los sistemas de drenaje cumplan con los estándares requeridos

En la NTP 208.120 se establecen parámetros y especificaciones para el diseño hidráulico de los componentes del sistema de drenaje, como canales, tuberías, sumideros y estructuras de retención. También se consideran factores como la capacidad de desagüe, la pendiente y el caudal de diseño, con el objetivo de garantizar el funcionamiento adecuado del sistema ante las condiciones de lluvia esperadas.

Para la evaluación de los diferentes sistemas de drenaje pluvial, existen diversos estudios básicos, basados en la experiencia y conocimientos generales en el campo:

- Estudio hidrológico: Comprende el análisis de las precipitaciones históricas y la estimación de las intensidades y frecuencias de las lluvias para el área de estudio. Esto permite determinar la cantidad de agua que se espera que llegue al sistema de drenaje pluvial en diferentes eventos de lluvia.
- Estudio topográfico: Consiste en obtener datos precisos sobre la topografía del área de estudio, incluyendo pendientes, elevaciones y ubicación de los cursos de agua existentes. Esto es esencial para el diseño de la red de drenaje y la identificación de las áreas susceptibles a inundaciones.
- Estudio de características del área: Implica evaluar las características físicas del área de estudio, como el tipo de suelo, la permeabilidad, la cobertura vegetal y las características de las superficies impermeables (calles, techos, etc.). Estos datos son necesarios para determinar la capacidad de infiltración del suelo y el comportamiento del agua de lluvia en el área.
- Estudio de caudales: Se refiere al análisis de los caudales de agua generados por las lluvias en diferentes puntos del sistema de drenaje, considerando el área de captación

y las características hidrológicas del área. Esto es importante para dimensionar adecuadamente los conductos, canales y estructuras de almacenamiento del sistema.

- Estudio de capacidad del sistema: Implica evaluar la capacidad actual del sistema de drenaje pluvial y determinar si es capaz de manejar las descargas de agua de lluvia previstas. Esto incluye la evaluación de la capacidad de los conductos, canales, bocas de tormenta y estructuras de retención.

- Estudio de impacto ambiental: Considera los posibles efectos del sistema de drenaje pluvial en el medio ambiente, como la calidad del agua, la erosión del suelo y la contaminación. Esto implica evaluar medidas de mitigación y diseño de soluciones sostenibles.

La Norma Técnica (CE.040 Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2021), establece las pautas y requisitos mínimos para el diseño y la construcción de infraestructuras de drenaje pluvial, su propósito principal es prevenir inundaciones, proteger las estructuras contra el deterioro y asegurar el desarrollo adecuado de las actividades en las áreas urbanas.

- **Área de Drenaje:** Es fundamental determinar el tamaño y forma de la cuenca o subcuenca mediante el uso de mapas topográficos detallados o inspecciones directas en campo. Además, es necesario medir el área de drenaje que contribuye a la infraestructura en desarrollo, así como la subárea de drenaje asociada a cada punto de ingreso en el sistema (CE.040 Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2021).

- **Precipitación en un punto:** Se determina mediante el análisis de la frecuencia de valores extremos del registro histórico de precipitación en esa ubicación. Para hacer esto, se busca la mayor intensidad de lluvia para cada duración en cada año registrado. Luego, se realiza un análisis de frecuencia de los valores extremos para

determinar la lluvia de diseño en diferentes períodos de retorno (CE.040 Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2021).

- **Prueba de datos dudosos:** Es el método estadístico mediante el cual se eliminan los valores lejanos significativamente al resto de la información obtenida, los cuales se denominan outliers. Mediante las siguientes ecuaciones se calcula el intervalo de valores a considerar:

$$y_H = \bar{y} + K_n S_y$$

$$y_L = \bar{y} - K_n S_y$$

Donde:

$y_H$ : Umbral alto de dato dudoso

$y_L$ : Umbral bajo de dato dudoso

$\bar{y}$ : Valor promedio

$K_n$ : Constante que depende del tamaño de la muestra

$S_y$ : Desviación estándar

- **Modelos de distribución:** De acuerdo con él (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transporte y Comunicaciones , 2008), estos patrones de probabilidad permiten estimar lluvias, magnitudes o flujos de agua, conforme el tiempo de retorno determinado. Entre estos patrones se tienen:

- Distribución Normal
- Distribución Log Normal 2 parámetros
- Distribución Log Normal 3 parámetros
- Distribución Gamma 2 parámetros
- Distribución Gamma 3 parámetros
- Distribución Log Pearson tipo III
- Distribución Gumbel

- **Pruebas de bondad de ajuste:** Esta prueba se realiza con la intención de alinear los valores obtenidos con una distribución teórica. Este proceso se puede realizar mediante un ajuste gráfico o pruebas

- Prueba Chi-cuadrado

- Prueba Kolmogorov Smirnov

- **Periodo de retorno:** Este factor determina el riesgo de falla admisible, valor importante para el diseño de las estructuras hidráulicas. Asimismo, en su cálculo se relaciona la probabilidad de excedencia y la vida útil de la estructura (MTC, 2008).

Dicho esto, la ecuación que permite obtener este valor es la siguiente:

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

Donde:

*R*: Riesgo de falla admisible

*T*: Periodo de retorno

*n*: Vida útil

<b>Guía para la selección del tiempo de retorno</b>	
<b>Tipo de proyecto u obra</b>	<b>Período de retorno en años</b>
Drenaje urbano y rural [bajo riesgo] (hasta 100 ha)	5 a 10
Drenaje rural [mediano riesgo] (más de 100 ha)	10 a 25
Drenaje urbano [mediano riesgo] (más de 100 ha)	25 a 50
Drenaje vial (mediano riesgo)	25 a 50
Aliviadero principal (presas)	25 a 100
Drenaje vial (alto riesgo)	50 a 100
Diques longitudinales [mediano riesgo]	50 a 100
Drenaje urbano [alto riesgo] (más de 1,000 ha)	50 a 100
Desarrollo de zona de inundación	100
Diseño de puentes (pilares)	100 a 500
Diques longitudinales [alto riesgo]	200 a 1000
Aliviadero de emergencia (presas)	100 a 10,000 (PMP)
Hidrograma de borde libre [para una presa de clase	10,000 (PMP)

**Figura 1.** Periodos de retorno para diferente tipo de Proyecto; Fuente: Miguel P. (2015).



- **Intensidad de precipitación:** Según (Victoria, 2021) , la intensidad de la precipitación dependerá del periodo de retorno de la estructura proyectada y la intensidad promedio según el tiempo de concentración. Con estos valores es posible determinar posteriormente las curvas de Intensidad - Duración - Frecuencia. La ecuación que permite determinar la intensidad de precipitación es la siguiente:

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

Donde:

$i$ : Intensidad de la duración

$P$ : Profundidad de precipitación

$t$ : Duración

$T$ : Periodo de retorno

- **Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia:** Son curvas que muestran la relación entre la intensidad de lluvia con la duración y frecuencia en un punto definido. Estas se pueden obtener mediante un pluviógrafo, con lecturas de precipitación total, en caso no exista esta información se puede obtener la intensidad de duración mediante la metodología Dick y Peschke (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006). Los cuales relacionan las precipitaciones máximas y la duración deseada en la siguiente ecuación:

$$P_d = P_{24} \left( \frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

Donde:

$P_d$ : Precipitación total

$P_{24}$ : Precipitación máxima en 24 horas

$d$ : Duración

- **Caudal de diseño:** Según (Victoria, 2021), el caudal de diseño se puede obtener según el método racional e hidrogramas unitarios o modelos de simulación. Para ello, el primer método será aplicable solo cuando la cuenca en análisis sea de área menor o igual a 13 km<sup>2</sup>, en otros casos, se pueden aplicar cualquiera de los otros métodos mencionados.

En los cálculos de caudal donde la cuenca puede consistir en subcuencas, la descarga máxima se puede calcular usando un método racional usando la siguiente ecuación:

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

Donde:

$Q$ : Caudal máximo en m<sup>3</sup>/s

$i$ : Intensidad de la lluvia en mm/hora

$C_j$ : Coeficiente de escorrentía de la subcuenca

$A_j$ : Área de drenaje de la subcuenca en km<sup>2</sup>

$m$ : Número total de subcuencas drenadas por alcantarillas o canales

Cabe añadir que, otra condición para aplicar este método es que el tiempo de concentración sea la duración para que llegue desde el punto más lejano de la cuenca hasta la entrada del alcantarillado proyectado. Este parámetro se determina aplicando la siguiente ecuación:

$$t_c = t_0 + t_f$$

Donde:

$t_c$ : tiempo de concentración

$t_0$ : tiempo de ingreso

$t_f$ : tiempo de flujo

Según varios autores, el tiempo de concentración se puede determinar con ayuda de diferentes ecuaciones, las cuales diferentes aspectos de la cuenca. Según el MTC (2018), se puede definir el siguiente resumen de las ecuaciones para determinar el tiempo de concentración ofrecidas por diferentes investigadores:

Método	Ecuación	Flujo Tipo Lamina				Flujo concentrado en Correnteras o Canales				Flujo en Tubería			
		Resistencia	Pendiente	Longitud	Dato de entrada	Resistencia	Pendiente	Longitud	Dato de entrada	Resistencia	Pendiente	Longitud	Dato de entrada
Eagleson									X	X	X	X	
Federal Aviation		X	X	X									
Kinematic Wave Henderson & Wooding		X	X	X	X								
Kerby Hattaway		X	X	X									
Kirpich (TN)							X	X					
Kirpich(PA)							X	X					
SCS. Lag		X	X	X									
SCS Vel.		X	X	X									
Van Sickle			X	X				X					

**Figura 2.** Resumen de ecuaciones para tiempo de concentración; Fuente: MTC (2018).

#### 1.2.4. Análisis hidrológico e hidráulico

Los sistemas de drenaje han sido diseñados de acuerdo a la (Norma OS.060 , 2006) modificada a Norma (CE.040 Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2021) del Reglamento Nacional de Edificaciones y (el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC , 2008). La norma se aplica a los nuevos sistemas de drenaje de aguas pluviales, así como a la mejora, rehabilitación y/o expansión de las obras existentes.

Los proyectos de drenaje pluvial urbano deben contar con la siguiente información básica:

- Información meteorológica
- Planos catastrales
- Planos de uso de suelo

Esta recopilación de información se obtiene de instituciones oficiales como del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi), de los municipios y de los ministerios correspondientes.

Además, se solicita la información topográfica de la zona y los estudios hidráulicos e hídricos para poder iniciar el diseño del drenaje pluvial urbano. Los planos topográficos se pueden obtener del levantamiento topográfico de la zona con los elementos de topografía solicitados y de imágenes satelitales. Los estudios hidráulicos e hídricos del procesamiento de datos obtenidos de la institución encargada de manejar estos datos actualizados.

Los caudales para el sistema de evacuación de lluvias deben ser obtenidos de la siguiente manera:

- Método racional, cuencas iguales o menores a 3 km<sup>2</sup> de área.
- Método del hidrograma unitario o modelos de simulación (SWMM, etc.), cuencas mayores a 13 km<sup>2</sup>

Los periodos de retorno considerados en el diseño pueden ser de 2; 5; 10 o menos de 25 años según la norma técnica (CE.040 Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2021) , conforme del tamaño de la cuenca urbana y de la población de la zona. Para sistemas mayores es como mínimo 25 años, dependiendo a la zona a estudiar.

**- Captación en zona vehicular**

En el diseño de las calzadas se tiene que elegir las pendientes longitudinales y transversales de tal forma que la escorrentía no se concentre y fluya libremente. En la siguiente tabla, se observa diferentes pendientes recomendadas de acuerdo a la zona.

**Tabla 1**  
*Pendientes longitudinales y transversales mínimas de las pistas.*

		<i>Costa</i>	<i>Sierra</i>	<i>Selva</i>	
				<i>Baja</i>	<i>Alta</i>
	Longitudinal		>0.5%		>1%
Transversal	Calzada	>2%	>2.5%	>3%	

Berma	>2.5%	>3%	>3.5%
-------	-------	-----	-------

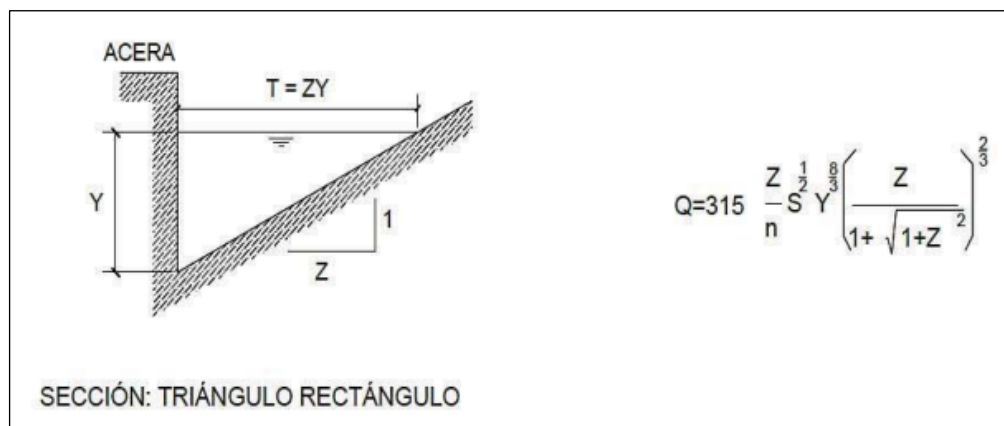
Fuente: Propuesta de norma CE.040 (2021).

En su mayoría las ciudades y pueblos del país no cuentan con un sistema de drenaje pluvial adecuado o carecen de él, empeorando su condición al no tener las pendientes necesarias ni mantenimientos de calidad, para la evacuación de aguas de lluvias. En los sistemas mayores de alcantarillado pluvial, en lluvias extremas suele pasar que las pistas hacen de canales de evacuación y ahí radica la importancia de diseñar adecuadamente las pendientes, para no tener problemas posteriormente.

### 1.2.5. Obras de arte en pistas

**Cunetas:** Es una estructura hidráulica longitudinal estrecha y abierta que se utiliza para drenar el agua de lluvia, generalmente al costado de una calle. El objetivo primordial es obtener agua de la escorrentía superficial de las calles para dirigirlas a un lugar en donde desemboque, esta sería a la red principal de drenaje. Las secciones transversales más usadas son los triangulares, las trapezoidal, las compuestas, las cuadradas, etc. La capacidad depende de la pendiente de cada cuneta y esto varía de acuerdo a sus características y sección transversal. Esta capacidad de conducción se da utilizando el método de Manning.

Ecuación de Manning para determinación de caudales en cunetas triangulares:



**Figura 3.** Ecuación de Mannig para cuneta de sección triángulo rectángulo; Fuente: NT. CE.040, (2021).

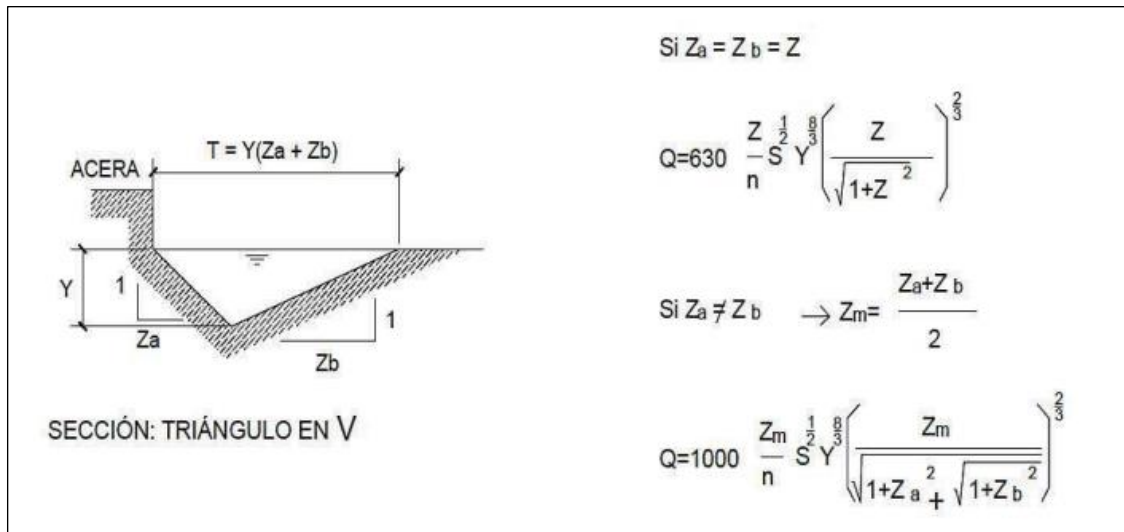
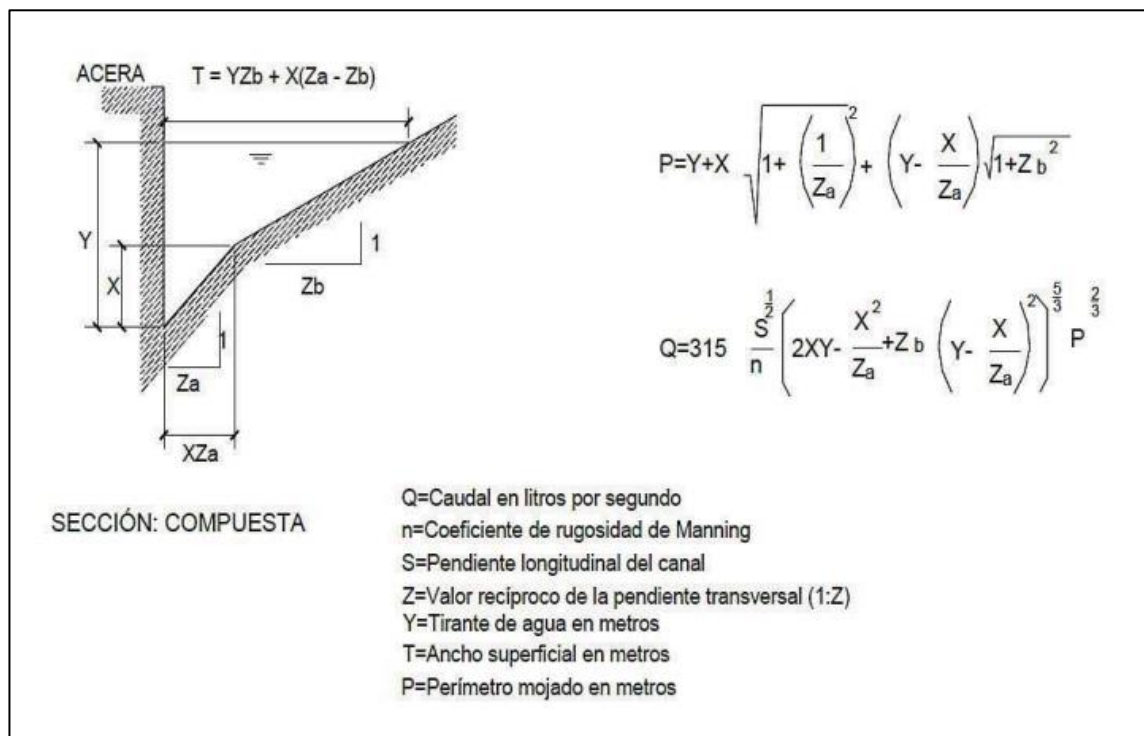


Figura 4. Ecuación de Mannig para cuneta de sección en V; Fuente: NT. CE.040, (2021).



Existen diferentes tipos de secciones transversales para las cunetas construidas con el propósito de drenar el agua pluvial (CE.040 Drenaje Pluvial, 2021).

- Cuneta Triangular
- Cuneta Rectangular
- Cuneta Segmental
- Cuneta Asfáltica
- Cuneta Trapezoidal
- Cuneta de cantos rodados
- Cuneta de Grama

Cada una de estas secciones transversales tiene características y propiedades específicas que se adaptan a diferentes condiciones y requisitos de diseño para garantizar un drenaje eficiente y adecuado del agua pluvial.

**Sumideros:** La selección del tipo obedece a condiciones hidráulicas, económicas y de ubicación. Existen muchos tipos, siendo cuatro los principales laterales en sardinel o solera, fondo, mixtos o combinados y de rejillas en calzadas. Asimismo, se agrupan de acuerdo al tipo de empalme. En algunos casos es indispensable diseñar sumideros especiales. Mayormente la ubicación de los sumideros debe ser en los puntos bajos y tiene que adecuarse a no ser un obstáculo peatonal ni de tránsito. Es habitual que se encuentren en los cruces de las calles, esquinas.

**Rejillas:** Las rejillas se agrupan según su material (fierro: fundido, laminado y otros), postura en relación al sentido del flujo (horizontal, vertical ambas y su forma (se acomoda a la geometría del sumidero y puede ser rectangular, cuadrada y circular). Las más utilizadas son las rectangulares de fabricación industrial. La división de las barras en las rejillas va a variar dependiendo si están ubicados en zonas urbanas o en carreteras.

**Colectores:** Son los componentes subterráneos utilizados para conducir la escorrentía superficial originada por las precipitaciones a un curso de agua. La sección de los colectores aumenta a medida que el área de drenaje es mayor en su extensión y

desfogan en el punto más cercano, no siendo de gran longitud. Es aceptable que los colectores estén marcados con una separación de 1 m horizontalmente y 0,30 m verticalmente con distintas instalaciones.

**Buzones:** Los buzones o registros son estructuras instaladas en los conductos para permitir el acceso de personal con sus equipos de limpieza, por lo cual deben tener un diámetro mínimo de 1.20 metros. Sin embargo, si los conductos tienen dimensiones suficientes, no será necesario instalar un buzón, siempre y cuando se cumplan las consideraciones de espaciamiento adecuadas. Por lo general, los buzones se colocan fuera del ancho de la pista en carreteras, mientras que en caminos de calles se encuentran dentro de ellos. El espaciado entre buzones para tuberías con un diámetro igual o mayor a 1.20 metros es de aproximadamente 200 a 350 metros, mientras que para diámetros inferiores a 1.20 metros, se recomienda un espaciado de 100 a 200 metros. En situaciones en las que los conductos sean de dimensiones reducidas y no sea factible lograr velocidades de limpieza óptimas, será necesario colocar buzones a intervalos de 100 metros. Los buzones deben cumplir con requisitos específicos en función del diámetro del conducto.

### **1.2.6. Modelo numérico**

Los modelos numéricos son usados para asimilar las condiciones ambientales en diversos escenarios los cuales se pueden simular para obtener una respuesta del comportamiento de un sistema propuesto como alternativa. Dicho esto, según (Lopez, 2016), para aplicar correctamente un modelo numérico se deben considerar las siguientes condiciones:

- Representar lo más fielmente posible la geometría de la red.
- Representar la realidad de los fenómenos hidráulicos que experimenta el agua a lo largo de su recorrido por los colectores.



- Presentar un entorno amigable al usuario para que este pueda ingresar la información necesaria para representar las características de la red, asimismo, la claridad en la presentación e interpretación de resultados.

En diversas ocasiones, para cumplir las condiciones se presentan dificultades considerables, entre ellas: problemas en la disposición de la información geométrica de la red y poca capacidad para representar los variados fenómenos hidráulicos que pueden ocurrir en el recorrido de la red.

Los modelos numéricos más importantes son aquellos que permiten evaluar las propuestas en base a un escenario, estos permiten tomar decisiones a partir de la evaluación del funcionamiento de un sistema de drenaje pluvial. Debido a esto, la mayoría de los modelos numéricos se representan mediante software de computadora, ya que estos tienen la mayor capacidad para el procesamiento de información, debido a los altos volúmenes de datos en este tipo de análisis. Entre los modelos numéricos más conocidos se encuentran:

**Tabla 2**  
*Modelos numéricos frecuentes.*

<b>SOFTWARE</b>	<b>TIPO DE MODELO NUMERICO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>SOFTWARE COMPATIBLE</b>	<b>PRECIO</b>
SewerGems	Drenaje pluvial	Usado en proyectos de gran envergadura, para proyección y rehabilitación de alcantarillado	ArcGis y AutoCAD	\$\$ 1500
Hidra	Drenaje pluvial	Interfaz amigable con el usuario, brinda opciones óptimas de drenaje	ArcGis y AutoCAD	\$ 1250
SWMM	Drenaje pluvial	Presenta alternativas de simulación, con características que permiten plasmar las condiciones reales	AutoCAD	Gratis
HecRas	Hidráulico	Permite el análisis del flujo en 1 dimensión, con capacidad para regímenes subcrítico y supercrítico	-	Gratis

*Fuente:* Elaboración propia.

### ***1.2.6.1. Storm Water Management Model***

En español se llama Modelo de Gestión de Aguas de lluvia, es un método de simulación de tormentas desarrollado en 1971 por la US EPA (English United States Environmental Protection Agency, en castellano Agencia de Protección del Medio Ambiente). Según (Rossman L. , 2015) posee diversas aplicaciones en saneamiento y sistemas de agua pluvial. Su competencia básica es adaptar y diseñar componentes de redes de alcantarillado y estructuras de almacenamiento, para controlar las inundaciones y conservar la calidad de las aguas.

Se observaron valores similares al analizar los resultados del modelo matemático utilizando el método racional, de tal manera, es conveniente y recomendado el uso de un instrumento para el trazo de sistemas de avenamiento de aguas de lluvia. Según (Ríos F. &., 2012), la observación rápida de los resultados del perfil y la velocidad se considera una gran ventaja. Su procesamiento requiere información previa precisa sobre la cuenca para obtener valores confiables para un buen diseño.

El SWMM modela los componentes existentes de un sistema de drenaje pluvial urbano tradicional según criterios objetivos y prácticos, apilados en patrones, que pueden ser virtuales o físicos. El modelo de hidrología es el encomendado de simular el desarrollo de la lluvia. El elemento del pluviómetro nos ofrece datos sobre la cantidad de lluvia que fluirá en los elementos de la subcuenca, afiliándolos. A cada subcuenca se le designa un parámetro de infiltración.

Un patrón hidráulico es una sucesión de nudos y enlaces. Los nudos son puntos representados por objetos de conexión simple, divisores, unidades de almacenamiento o capacidad. Las conexiones conectan nodos con tuberías, bombas o reguladores de flujo, como agujeros, drenaje y salidas. El uso de la tierra y los contaminantes son parte del

módulo de calidad del agua. Finalmente, las capacidades de los objetos de datos, incluidas las curvas, las series temporales y los modelos temporales, se utilizan para interpretar y caracterizar el comportamiento previsto de los flujos de entrada y los objetos físicos en SWMM. (Rossman L. A., Storm Water Management Model - Hydraulics, 2017).

La infiltración está sujeta únicamente al tipo del suelo y sus propiedades. El patrón permite elegir cinco tipos de infiltración para agregar a cada subcuenca. El método de Horton se aplica solo a los casos en que la lluvia excede la capacidad de infiltración. El Horton modificado compensa esta deficiencia y proporciona una estimación más precisa de la lluvia ligera. Las ecuaciones de Green-Ampt y las ecuaciones de Green-Ampt reformadas se pueden ajustar para precipitaciones irregulares. Por último, el método de Número de Curva tiene una alta aplicabilidad porque es muy fácil de leer la tabla y es adecuado para diferentes propósitos y tipos de suelo. (Rossman L. A., Storm Water Management Model - Hydrology, 2016)

El Modelo de Gestión de Aguas de lluvia SWMM es ampliamente reconocido por su importancia en el campo del drenaje pluvial y la gestión de aguas pluviales, a continuación se describe algunas de las razones por las cuales el SWMM es considerado relevante por varios autores:

- Modelado hidrológico e hidráulico: Proporciona una plataforma para el modelado hidrológico e hidráulico de sistemas de drenaje pluvial. Permite simular el flujo de agua en diferentes componentes del sistema, como tuberías, canales, cunetas y estructuras de almacenamiento. Esto es fundamental para comprender el comportamiento del agua en un área determinada y evaluar el rendimiento del sistema de drenaje.
- Diseño y planificación de infraestructuras: Permite diseñar y evaluar diferentes alternativas de infraestructuras de drenaje pluvial. Los ingenieros pueden utilizar el

modelo para dimensionar tuberías, determinar tamaños de conductos y calcular volúmenes de almacenamiento necesarios para controlar las inundaciones y gestionar eficientemente el flujo de agua.

- Evaluación de impacto: Se utiliza para evaluar el impacto de cambios en el uso del suelo, la urbanización y el cambio climático en el sistema de drenaje pluvial. Los autores pueden utilizar el modelo para predecir y analizar el comportamiento hidrológico ante diferentes escenarios.

- Gestión de calidad del agua: El SWMM no solo se enfoca en el flujo de agua, sino que también tiene la capacidad de modelar la calidad del agua en los sistemas de drenaje pluvial. Esto permite evaluar la contaminación del agua de lluvia, identificar fuentes de contaminación y diseñar estrategias de control para mejorar la calidad del agua.

### **1.3. Justificación de la Investigación**

El sistema de drenaje pluvial desempeña un papel fundamental en la protección de las áreas urbanas contra los efectos adversos de las precipitaciones intensas. En el caso del sector 13 - Barrio San Martín de Porres de la ciudad de Cajamarca, se han observado recurrentes problemas de inundaciones y anegamientos durante la temporada de lluvias. Estos eventos pluviales intensos no solo generan inconvenientes para los residentes, sino que también pueden causar daños significativos a la infraestructura y afectar la calidad de vida de la población.

Por lo antes expuesto, esta investigación se justifica por varias razones fundamentales dado que la evaluación del sistema de drenaje pluvial permitirá identificar las deficiencias y el estado actual del sistema, permitiendo implementar medidas eficientes de gestión del riesgo de inundaciones en futuros proyectos. Esto reducirá los daños a la propiedad y protegerá la seguridad y bienestar de la población además este estudio

proporcionará información para el desarrollo de estrategias de planificación urbana sostenible, contribuyendo a la conservación del medio ambiente, el uso eficiente de los recursos hídricos y mejorando la resiliencia del sector frente a eventos climáticos adversos. Obtenido los resultados estos serán transferibles a otras áreas urbanas con desafíos similares en gestión del drenaje pluvial, beneficiando a otras comunidades y guiando la implementación de medidas preventivas y correctivas.

En resumen, la evaluación del sistema de drenaje pluvial en el sector 13 - Barrio San Martín de Porres de Cajamarca desempeñara un papel crucial en la gestión del riesgo de inundaciones, dado que proporcionará información fundamental sobre la capacidad hidráulica actual del sistema, el estado de mantenimiento de la infraestructura y su impacto en la seguridad y calidad de vida de los residentes de dicho sector. Además, este estudio contribuirá de manera significativa a la planificación urbana sostenible y su aplicabilidad se extenderá a otros contextos similares.

#### **1.4. Formulación del problema**

¿Cuál es la condición actual del sistema de drenaje pluvial por gravedad en el sector 13 - Barrio San Martín de Porres de la ciudad de Cajamarca, considerando su capacidad, mantenimiento y funcionamiento durante eventos pluviales, evaluado mediante análisis hidrológico y modelo numérico ?

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo general**

Evaluar el sistema actual de drenaje pluvial por gravedad en el sector 13 - Barrio San Martín de Porres de la ciudad de Cajamarca, mediante análisis hidrológico y modelo numérico, tomando en cuenta su capacidad, mantenimiento y funcionamiento durante eventos pluviales.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Identificar la zona de estudio y las áreas que contribuyen caudal para dicho sector.
- Determinar la capacidad del sistema de drenaje pluvial por gravedad en el sector 13 - Barrio San Martin de Porres, mediante análisis hidrológico.
- Conocer con qué frecuencia se da mantenimiento al sistema de drenaje pluvial por gravedad en el sector 13 - Barrio San Martin de Porres de la ciudad de Cajamarca..
- Analizar el funcionamiento del sistema de drenaje pluvial por gravedad durante eventos pluviales, mediante el software SWMM que simule el comportamiento hidrológico en tiempos de retorno de 10 y 25 años.

### **1.6. Hipótesis**

Al menos el 50% del sistema de drenaje pluvial por gravedad en el sector 13 - Barrio San Martin de Porres de la ciudad de Cajamarca presenta deficiencias en su condición actual en términos de capacidad, mantenimiento y funcionamiento durante eventos pluviales, evidenciadas a través del análisis hidrológico y el modelo numérico.

## CAPÍTULO II. MÉTODO

### 2.1. Tipo de investigación

Esta investigación se considera de tipo **cuantitativa/aplicada** dado que, la información a procesar se basa en valores cuantificables de las diferentes características que influyen en un drenaje pluvial, tales como precipitaciones, escorrentías, hietogramas, entre otros, los cuales brindarán las condiciones finales del factor hidrológico para luego ser simulado mediante un modelo numérico, este determinará el caudal requerido para el diseño de las estructuras hidráulicas en el sistema de drenaje pluvial proyectado. Según Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) este tipo de investigación aplica métodos estadísticos para lograr analizar la información obtenida. Esta será de vital importancia para responder las preguntas de investigación y comprobar la hipótesis planteada inicialmente

#### 2.1.1. Diseño de Investigación

El diseño de la presente investigación es **no experimental**, puesto que en este estudio se examina y describe la situación actual del drenaje pluvial del sector 13 - Barrio San Martín de Porres dado el contexto en el que se desarrolla el fenómeno y luego se analiza para obtener la información, verificándola conforme a la normativa vigente.

#### 2.1.2. Variables de Estudio

**Variable Dependiente:** Sistema de Drenaje Pluvial

**Variables Independientes:** Precipitación Pluvial.

### 2.1.3. Matriz de Consistencia

**Tabla 3**

*Matriz de Consistencia*

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<b>Formulación del problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Variable Dependiente:</b>	<b>Tipo y diseño de investigación</b>
¿Cuál es la condición actual del sistema de drenaje pluvial por gravedad en el sector 13 - Barrio San Martín de Porres de la ciudad de Cajamarca, considerando su capacidad, mantenimiento y funcionamiento durante eventos pluviales, evaluado mediante análisis hidrológico y modelo numérico ?	<p>Evaluar el sistema actual de drenaje pluvial por gravedad en el sector 13 - Barrio San Martín de Porres de la ciudad de Cajamarca, mediante análisis hidrológico y modelo numérico, tomando en cuenta su capacidad, mantenimiento y funcionamiento durante eventos pluviales.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Identificar la zona de estudio y las áreas que contribuyen al caudal para dicho sector.</li> <li>-Determinar la capacidad actual del sistema de drenaje pluvial por gravedad en el sector 13 - Barrio San Martín de Porres, mediante análisis hidrológico.</li> <li>-Conocer con qué frecuencia se da mantenimiento al sistema de drenaje pluvial por gravedad en el sector 13 - Barrio San Martín de Porres de la ciudad de Cajamarca..</li> <li>-Analizar el funcionamiento del sistema de drenaje pluvial por gravedad durante eventos pluviales, mediante el software SWMM que simule el comportamiento hidrológico en tiempos de retorno de 10 y 25 años..</li> </ul>	<p>Al menos el 50% del sistema de drenaje pluvial por gravedad en el sector 13 - Barrio San Martín de Porres de la ciudad de Cajamarca presenta deficiencias en su condición actual en términos de capacidad, mantenimiento y funcionamiento durante eventos pluviales, evidenciadas a través del análisis hidrológico y el modelo numérico.</p>	<p>Sistema de Drenaje Pluvial</p> <p>Precipitación Pluvial.</p>	<p>Tipo cuantitativa</p> <p>Diseño no Experimental</p> <p><b>Materiales, instrumentos y métodos de recopilación de datos</b></p> <p><b>- Materiales:</b></p> <p>USB 16GB</p> <p>Libros y fuentes bibliográficas</p> <p>Manuales de operación</p> <p>Investigaciones relacionadas</p> <p>Planos de catastro</p> <p><b>- Instrumentos:</b></p> <p><b>Equipos</b></p> <p>-Laptop Core i7</p> <p>-GPS Diferencial</p>

*Nota.* Se muestra la tabla con la matriz de consistencia considerada para la presente investigación.



## **2.2. Población y muestra**

### **2.2.1. Población**

En este estudio la Población comprende a todo el Sector 13 "San Martín" de la ciudad de Cajamarca.

### **2.2.2. Muestra**

En la investigación se considera un muestreo por conveniencia para el sistema de drenaje pluvial, dicha técnica es de un muestreo no probabilístico, puesto que se seleccionaron las muestras que están disponibles para el investigador siendo esta muestra las calles del Barrio San Martín de Porres:

- Av. Atahualpa, Av. San Martín de Porres, Av. Mártires de Uchuraccay, Av. Industrial, Jr. Juan Beato Macias, Jr. Emancipación, Jr. El Triunfo, Jr. Victoria, Jr. Las Delicias, Psje. Diego Ferre, Jr. El Milagro, Psje. San Francisco, Psje. Santa Sofia, Psje. San Sebastián, Psje. Libertad, Jr. Los Andes, Jr. Girasoles, Psje. El Rosario, Jr. Los Gladiolos, Jr. Los Granados, Jr. Los Geranios, Jr. Las Guirnaldas, Jr. Los Tulipanes, Jr. Colonial, Psje. Goicochea, Jr. Libertadores, Jr. Emancipadores, Jr. La República, Jr. Los Conquistadores, Av. Héroes del Cenepa, Psje. San Isidro, Jr. San Juan de Dios, Jr. Misión Bautista, Jr. Yahuarhuacca, Jr. Santa Beatriz y la Av. Vía de Evitamiento Sur, del Barrio San Martín de Porres, de la ciudad de Cajamarca.

En la selección de la muestra se tomaron en cuenta varios criterios. En primer lugar, se consideró la disponibilidad de las calles, eligiendo aquellas que estuvieran accesibles y disponibles para el investigador en el Barrio San Martín de Porres.

Además, se buscó asegurar la representatividad de la muestra incluyendo una variedad de calles que abarcaran diferentes ubicaciones geográficas dentro del barrio, así como sus características físicas.

El objetivo principal fue obtener una muestra que reflejara de manera adecuada el sistema de drenaje pluvial en el barrio, permitiendo obtener información relevante acerca de su funcionamiento. Asimismo, se consideraron calles que se percibieron como más significativas, tomando en cuenta la existencia de problemas previos de inundaciones u otros factores que pudieran influir en el sistema. Estos criterios de selección se aplicaron con el propósito de obtener una muestra apropiada para el estudio y que permitiera llegar a conclusiones válidas sobre el sistema de drenaje pluvial en todo el Barrio San Martín de Porres.

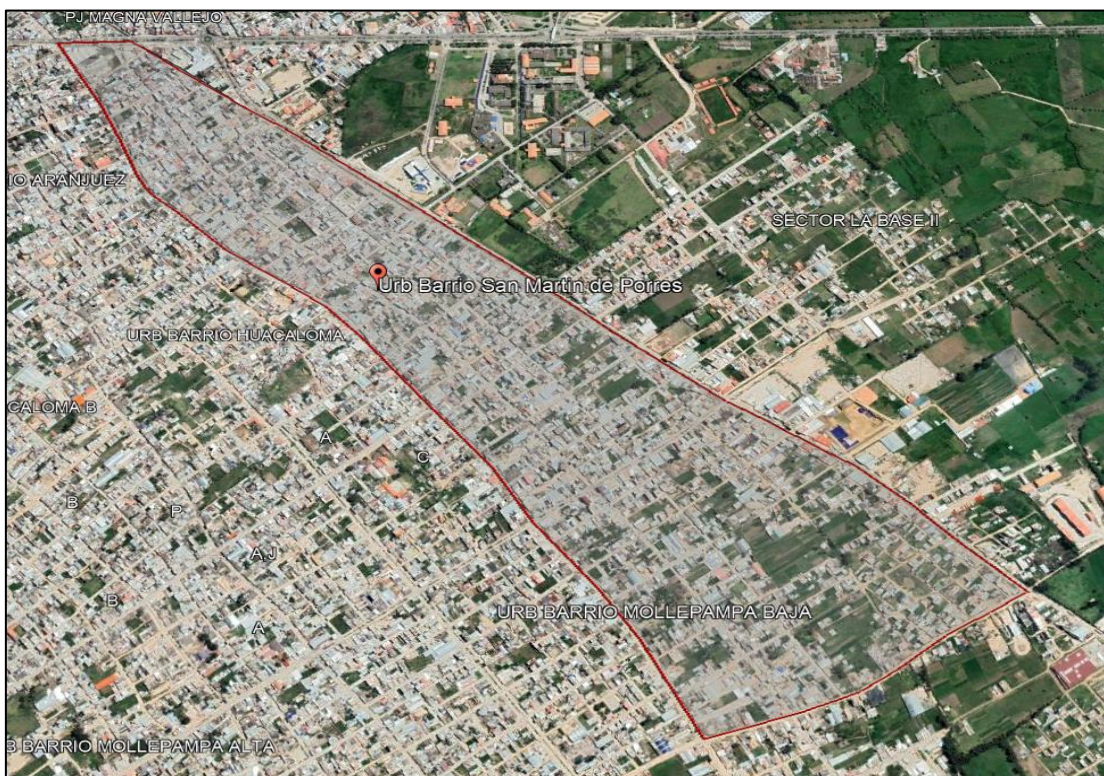
### **Ubicación de la Zona de Estudio**

Región: Cajamarca

Provincia: Cajamarca

Distrito: Cajamarca

Urbanización: Barrio San Martín de Porres



## **2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

### **2.3.1. Levantamiento Topográfico**

Es una técnica utilizada para realizar diversas mediciones de la Zona en estudio, tomando así los datos del terreno o superficie y luego plasmarlo en planos de representación gráfica, por otro lado a través de un levantamiento topográfico podemos obtener distancias horizontales, la posición y cotas de diversos puntos de una determinada zona, en este caso para contemplar los distintos desniveles de la superficie en la que se encuentra la red de drenaje pluvial en estudio.

### **2.3.2. Observación Directa**

S

*Figura 6.* Ubicación de la Urbanización “Barrio San Martín de Porres”, de la ciudad de Cajamarca extraído del Sistema de Información Geográfica Google Earth.

utilizó la técnica de la observación directa, la cual fue aplicada varias veces en campo al momento de examinar y describir la situación actual del drenaje pluvial del Sector 13 - Barrio San Martín de Porres, siendo de mucha importancia para la recolección de información, y así utilizarla en el Instrumento de recolección de datos que es la “Ficha de recopilación: Parámetros de la infraestructura de drenaje pluvial existente”

### **2.3.3. Análisis Documental**

Implica la revisión exhaustiva y recopilación de literatura relevante para el desarrollo posterior del proyecto, esto incluye libros, artículos científicos, ensayos, tesis de otros autores, entre otros recursos, que están estrechamente relacionados con la problemática abordada en el estudio, antecedentes, trabajos previos, y palabras claves como drenaje pluvial, análisis hidrológico, método numérico, cunetas, agua pluvial.

Esta revisión bibliográfica proporciona una base sólida de conocimiento existente y permite contextualizar el estudio en el marco teórico y científico pertinente.

#### **2.3.4. Encuestas**

Corresponde a la recopilación de información de manera estandarizada, rápida y eficiente para entender las diferentes circunstancias en las que la población evalúa el sistema de drenaje pluvial en su sector, con base en una serie de preguntas que son definidas de acuerdo al objetivo que se persigue, recopilando dicha información en la “Encuesta: Evaluación del Sistema de Drenaje Pluvial por Gravedad de la ciudad de Cajamarca, Sector 13 - Barrio San Martín de Porres”.

#### **2.4. Materiales/Equipos y Métodos de recolección y análisis de datos.**

##### **2.4.1. Materiales/Equipos**

La presente investigación tomó en cuenta materiales/equipos tecnológicos tanto para la recolección y procesamiento de datos, dicho esto, se puede diferenciar entre los siguientes equipos y softwares necesarios:

##### **➤ Materiales**

- USB 16GB.
- Planos Catastrales.
- Cuaderno, lapicero, lápiz, pintura, hojas bond.

##### **➤ Equipos**

- Laptop Core i7
- GPS Diferencial, wincha.

##### **➤ Programas de cómputo (Software)**

- Google Earth
- Google Maps

- EPA-SWMM 5.1
- Microsoft Office
- Microsoft Excel
- AutoCAD
- Civil 3D

## 2.4.2. Métodos

### 2.4.2.1. Obtención de información requerida

- **Estaciones Meteorológicas y registro de datos:** Nos proporciona una fuente confiable y precisa de información climática en tiempo real. Además, los datos recolectados a través de las estaciones meteorológicas son especialmente relevantes para comprender los patrones y las tendencias climáticas, así como su influencia en los recursos hídricos de una región específica.

Al utilizar este enfoque, es importante asegurarse de que las estaciones meteorológicas estén correctamente ubicadas y calibradas para garantizar la calidad y la consistencia de los datos. Asimismo, se deben seguir protocolos adecuados de mantenimiento y revisión regular de los equipos para evitar posibles errores o fallas en la recolección de datos.

- **Prueba de datos dudosos:** En general, la prueba de datos dudosos implica examinar los datos recopilados y aplicar criterios estadísticos o técnicos para identificar valores que se desvían significativamente de la tendencia o comportamiento esperado. Estos valores pueden deberse a errores de medición, problemas de calibración de los equipos o eventos extremos poco probables. Algunos enfoques comunes utilizados en la prueba de datos dudosos incluyen:
  - **Análisis estadístico:** Se utilizan técnicas estadísticas para identificar valores que se encuentran fuera de los límites razonables. Esto puede incluir el cálculo de

estadísticas descriptivas, como la media, la desviación estándar y los percentiles, y la identificación de valores que están muy por encima o por debajo de estos valores esperados.

- **Análisis de consistencia:** Se aplican reglas o relaciones lógicas entre variables para verificar si los datos cumplen con estas relaciones. Por ejemplo, en hidrología, se pueden aplicar ecuaciones de balance hídrico para verificar si los datos de precipitación, evapotranspiración y caudal son consistentes entre sí.
- **Comparación con datos históricos:** Se comparan los datos actuales con datos históricos o registros previos para identificar valores inusuales o anómalos. Esto puede ayudar a detectar cambios repentinos o patrones inesperados en los datos.
- **Modelos de distribución:** Estos modelos permiten estimar y predecir la distribución espacial y temporal de variables hidrológicas, como la precipitación, el caudal y la evapotranspiración.

Los modelos de distribución utilizan datos existentes, como registros de precipitación y caudal en estaciones de monitoreo, junto con variables geográficas y ambientales, para construir relaciones matemáticas que describen la distribución de las variables hidrológicas en una cuenca o área de estudio determinada.

- **Pruebas de bondad de ajuste:** El objetivo de esta prueba es verificar si los datos hidrológicos se ajustan a una distribución conocida, como la distribución normal, la distribución de Gumbel o la distribución de Pearson tipo III, entre otras. Si la prueba indica un buen ajuste, se puede utilizar la distribución teórica para realizar análisis estadísticos y extrapolaciones hidrológicas.

La prueba de bondad de ajuste es especialmente importante para la modelación hidrológica, ya que los modelos se basan en la asunción de una distribución probabilística de las variables hidrológicas. Si los datos no se ajustan



adecuadamente a la distribución teórica, es posible que se requiera buscar otras distribuciones o métodos de análisis más adecuados.

#### **2.4.2.2. Análisis Hidrológico**

Este método consiste en el estudio de los procesos hidrológicos en una cuenca, como la precipitación, escorrentía, infiltración y evapotranspiración. Se analizan datos históricos de precipitación y se utilizan modelos hidrológicos para estimar la escorrentía generada por una determinada lluvia en la cuenca. Estos análisis permiten comprender cómo se comporta el agua en la cuenca y su impacto en el sistema de drenaje pluvial.

#### **2.4.2.3. Simulación Hidráulica mediante modelo numérico**

Este método implica el uso de software de modelado y simulación hidráulica, como el SWMM mencionado anteriormente, para analizar el comportamiento del sistema de drenaje pluvial. Se ingresan datos como la topografía, las características del suelo, las precipitaciones y las características de las infraestructuras, y se simula el flujo del agua a través del sistema. Esto permite predecir los niveles de inundación en diferentes escenarios de lluvia, identificar áreas críticas y evaluar el rendimiento del sistema en condiciones específicas.

### **2.5. Procedimiento**

#### **2.5.1. Procedimiento para recolección de datos**

##### **Levantamiento Topográfico**

El levantamiento topográfico se realizó con la finalidad hacer la delimitación y trazado de nuestra cuenca además de conocer y representar de manera gráfica la

superficie de la Zona 13 - Barrio San Martín de Porres de la ciudad de Cajamarca con sus respectivos detalles y formas; a través del método de Medición Cinemática, para dicho procedimiento se utilizó un GPS Diferencial R8s, equipo de alta precisión en una línea base de menos 30 km, también se empleó una base para GPS, wincha y pintura; se tomaron puntos en cada buzón existente e intersecciones de calles que poseen o no pavimento, para luego proceder al trabajo en gabinete, representando así en planos topográficos toda la información recolectada, en escalas de topografía adecuadas como son: 1:200, 1:500, 1:1000 a 1:5000 y de 1:10000 a 1:25000 para su correcta interpretación.

### **Observación Directa**

Para esta técnica de recopilación de información, primero se procedió a medir con ayuda de una wincha, la infraestructura existente de la red de drenaje pluvial de la Zona 13 - Barrio San Martín de Porres, tomando así medidas del ancho de cuneta (espejo de agua), profundidad y de otro modo las medidas de las rejillas existentes en algunas cunetas, por último se anotó dichas medidas en la Ficha de Recolección de Datos (*ver Anexo 2.2*).

### **Encuestas**

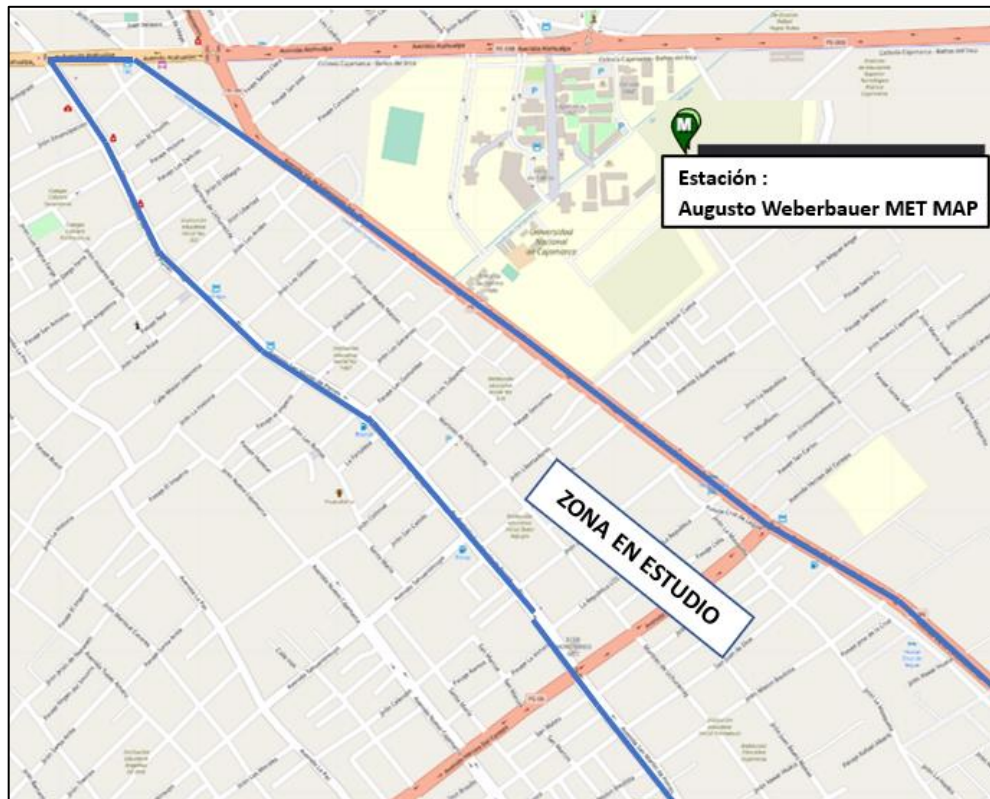
Para esta técnica e instrumento de toma de datos, se procedió a elaborar una encuesta donde la población evalúe el sistema de drenaje pluvial en el Sector 13 - Barrio San Martín de Porres, en base en una serie de preguntas formuladas de acuerdo a un objetivo que esta investigación persigue, recopilando dicha información de una muestra de 50 personas (*ver Anexo 2.3*).

### **Obtención de Información Requerida**

Se obtuvo información pluviométrica de la Estación más cercana, que cubre a toda la ciudad de Cajamarca, la Estación meteorológica Augusto Weberbauer con sus



registros históricos de precipitación máxima (1968 - 2016), ubicada en el campus de la Universidad Nacional de Cajamarca, teniendo en cuenta su ubicación, rendimiento y funcionalidad para ser seleccionada.



*Figura 7. Ubicación de la Estación Meteorológica Augusto Weberbauer; Fuente: Propia (2023).*

## 2.5.2. Procedimiento para el análisis de datos

### Análisis Hidrológico

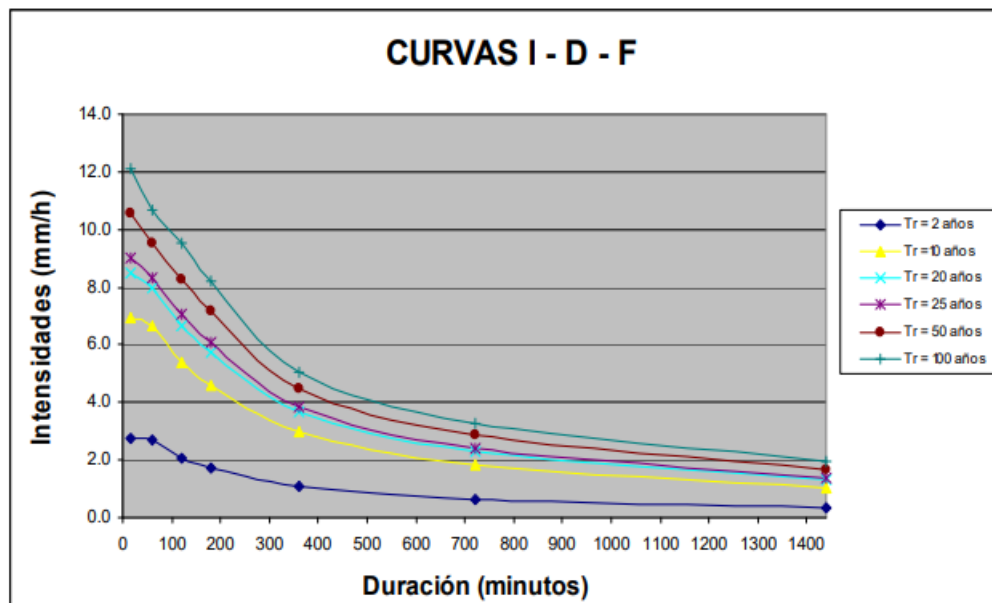
Con la serie de datos confiables extraída del registro histórico de precipitación máxima (1968 - 2016) de la Estación meteorológica Augusto Weberbauer, en base al SENAMHI entidad oficial del estado, se procesa la información pluviométrica con el fin de conocer las precipitaciones anuales máximas de los 49 años, para que con dicha información se pueda determinar el modelo distribución de frecuencia, eligiendo así dentro de 6 mecanismos de distribución: Normal, Log Normal 2 parámetros, Log Normal 3 parámetros, Gumbel, LogGumbel y Gamma, el modelo

que su coeficiente de asimetría se aproxime más al valor 0, lo que significa que su distribución es más simétrica ajustándose al modelo.

Por otro lado, una vez determinado el modelo de distribución de frecuencias, se procede al cálculo de las variables de probabilidad llegando a determinar la Precipitación máxima probable en diferentes tiempos de retorno. Dado esto se concluye identificando los parámetros para ser reemplazados en la fórmula de la representación matemática de las curvas Intensidad - Duración - Frecuencia (IDF).

### ***Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)***

La curva IDF es un elemento de diseño relacionado con la intensidad, duración y posible frecuencia de la precipitación, es decir, la probabilidad de su ocurrencia o tiempo de retorno; se estudian y obtienen de diferentes formas, a partir de registros pluviográficos de área en evaluación y separando la lluvia máxima en diferentes duraciones, es decir, se deben revisar los mapas de lluvia existentes para cada tormenta durante el año y que correspondan a cuando llovió más, cabe señalar que hacer estas series es un proceso difícil y extenso.



**Figura 8.** Ejemplo Curvas Intensidad - Duración - Frecuencia para lluvia máxima; Fuente: MTC (2018).

En el Perú, debido a la limitada cantidad de información pluviográfica con la que se cuenta, generalmente solo se cuenta con precipitaciones máximas en 24 horas, por lo que la intensidad máxima de lluvia suele calcularse multiplicando la precipitación máxima en 24 horas por un coeficiente de duración; el Manual del MTC (2018) nos brinda coeficientes de duración, entre 1 hora y 48 horas, los mismos factores pueden usarse para calcular la intensidad si no se dispone de mejor información.

<b>DURACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN HORAS</b>	<b>COEFICIENTE</b>
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.5
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.90
20	0.93
22	0.97
24	1
48	1.32

*Figura 9. Coeficientes de duración lluvias entre 1 y 48 horas;  
Fuente: MTC (2018).*

Obtenidos los parámetros para ser reemplazados en la fórmula de la representación matemática de las curvas (IDF), se procede a plasmar dichos resultados en 2 hietogramas de precipitación correspondientes a diferentes tiempos de duración dentro de 24h, a fin de ser usados en periodos de retorno de 10 y 25 años, obteniendo

la lluvia de diseño necesaria para ser ingresada en el modelo de gestión de aguas pluviales SWMM, teniendo en cuenta los objetivos de esta investigación.

### ***Hietograma de diseño***

A veces no es suficiente que (por ejemplo) en las 5 horas más lluviosas la cantidad máxima de precipitación haya sido de 100mm, puede que necesitemos saber la evolución de esos 100mm. durante esas 5 horas. Algunos métodos hidrológicos no solo requieren precipitaciones o valores de intensidad de diseño, sino también distribución de las tormentas observadas en el tiempo. Una forma simple de obtener el hietograma de diseño es a partir de la curva IDF, donde se puede usar el Método de Bloque Alterno.

### ***Método del Bloque Alterno***

Este procedimiento fácil de realizar un hietograma de diseño usando curvas IDF. En las cuales se lee la intensidad en función del tiempo de retorno escogido para cada duración. En consiguiente, la precipitación se recolecta de forma continua en cada espacio de tiempo hasta concluir con la duración deseada, luego los bloques se ordenan cronológicamente para que la mayor intensidad esté en la mitad de la duración, y los otros bloques se desplacen hacia la izquierda y hacia la derecha en orden descendente formado así una forma piramidal creando así el hietograma de diseño.

Para este procedimiento hacemos lo siguiente:

- Elegir periodos de retorno de 10 y 25 años.
- Elegir la duración de tormenta en horas: 2horas para cada tiempo de retorno.
- Estimar que la tormenta dure 2 horas en intervalos de 5 minutos.

- Determinar la intensidad con la fórmula ya definida en la curva IDF.
- Para el cálculo de la precipitación acumulada procedemos a multiplicar el instante (min) \* intensidad (mm/h) / 60.
- Para el cálculo de la precipitación procedemos a restar la precipitación acumulada en cada instante de tiempo.
- Obtenida la precipitación calculamos la intensidad parcial dividiendo esta entre el intervalo de tiempo / 60.
- Procedemos a alternar los valores de la intensidad parcial con el fin de crear el hietograma de diseño de forma piramidal.

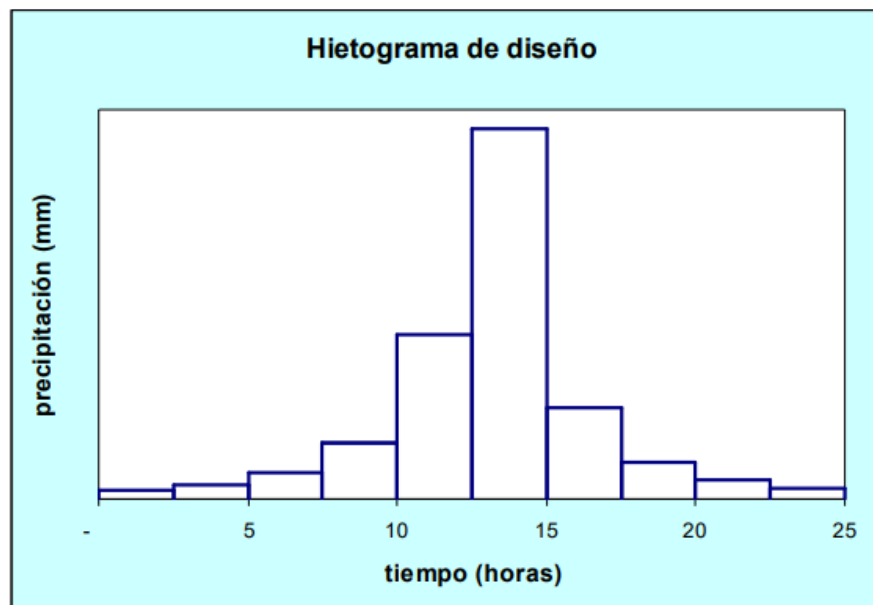


Figura 10. Ejemplo Hietograma de Diseño; Fuente: MTC (2018).

### ***Análisis Hidráulico***

Gracias a la topografía realizada, los diferentes planos catastrales y al análisis hidrológico, con esta información procedemos al análisis hidráulico, delimitando así la cuenca principal y dividirla en subcuencas, determinado las características geomorfológicas del área en estudio (Área, pendiente, tipo, ancho, longitud,

impermeabilidad y uso del terreno) para poder conocer el comportamiento del flujo y de sus nodos de captación, a partir de esto calcular la capacidad hidráulica para cada calle.

Para este estudio se ha determinado el caudal de precipitación que debe drenar cada una de las calles mediante el método racional, de acuerdo con la Norma Técnica CE.040 Drenaje Pluvial. Se tuvo en cuenta la lluvia de diseño, el coeficiente de escorrentía y el tiempo de concentración para las subcuencas. También se consideró el caudal de aporte de las áreas tributarias y las pendientes existentes entre las calles. En cuencas con subcuencas, se puede utilizar el método racional para calcular la descarga máxima.

#### ***Coefficiente de escorrentía***

Para la selección de los valores del coeficiente de escorrentía, el proyectista debe considerar algunos aspectos como: La pendiente y grado de impermeabilización de la superficie, condiciones y características del suelo (capacidad de infiltración, condiciones de humedad previas, etc.); además, se puede tener en cuenta la intensidad de la lluvia, la proximidad al nivel freático, el almacenamiento de agua en depresiones subterráneas, etc.

La Norma Técnica CE. 040 (2021) especifica algunos valores para la selección de los coeficientes de escorrentía (*figura 11*).

Características de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
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
<b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</b>							
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
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0 - 2%	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Promedio, 2 – 7%	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Pendiente superior a 7%	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
<b>Área de Cultivos</b>							
Plano, 0 - 2%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Promedio, 2 – 7%	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Pendiente superior a 7%	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
<b>Pastizales</b>							
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
<b>Bosques</b>							
Plano, 0 - 2%	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Promedio, 2 – 7%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Pendiente superior a 7%	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

**Figura 11.** Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el método racional; Fuente: NT. CE.040 (2021).

### **Tiempo de concentración**

Para el cálculo del tiempo de concentración, que es el tiempo que tarda en circular una gota de agua desde el punto más alejado de la zona de drenaje hasta descargar. La Norma Técnica CE. 040 (2021) nos presenta algunas fórmulas, de las cuales para este estudio se eligió trabajar con la fórmula que nos brinda Federal Aviation Administration (1970).



METODO Y FECHA	FORMULA PARA $t_c$ (min)	OBSERVACIONES
Federal Aviation Administration (1970)	$t_c = 0,7035 \cdot \frac{(1,1 - C) \cdot L^{0,50}}{S^{0,333}}$ <p>           C : Coeficiente de escorrentia del método racional            L : Longitud del flujo superficial, m            S : Pendiente de la superficie, m/m         </p>	Desarrollada de información sobre el drenaje de aeropuertos, recopilada por el Corps of Engineers; el método tiene como finalidad el ser usado en problemas de drenaje de aeropuertos, pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas.

**Figura 12.** Ecuación de tiempo de concentración por el Método Federal Aviation Administration (1970); Fuente: NT. CE.040 (2021).

### ***Área de drenaje***

El área de drenaje de la cuenca lo determinamos por trabajos de campo o mediante la ayuda de mapas topográficos, teniendo así la forma y el tamaño de la cuenca o subcuencas en estudio, considerando que las curvas de nivel deben permitir distinguir la dirección del flujo superficial, de tal modo verificar las áreas de drenaje que contribuyen a las diferentes calles y cada punto de ingreso y no sólo basarse en los límites comerciales de la zona.

### ***Caudales máximos de diseño***

Para calcular el caudal máximo, es necesario delimitar la cuenca en estudio, identificar sus características y utilizar la lluvia de diseño proyectada, por otro lado, la Norma CE.040 (2021) Drenaje Pluvial sugiere para los caudales de diseño de la infraestructura a fin de drenar la escorrentía de precipitaciones de moderada frecuencia, el periodo de retorno sea seleccionado según el tipo de obra o proyecto, es decir periodos de retorno de 2, 5, 10 o menos de 25 años dependiendo del tamaño de la cuenca en estudio con el fin de prevenir la inundación de edificios, carreteras y áreas aledañas.

### ***Áreas de influencia y Área aportante***

Con ayuda del plano catastral el cual determina todas las calles y zonas de la ciudad de Cajamarca se procedió a la identificación de la Zona en estudio y por otro lado



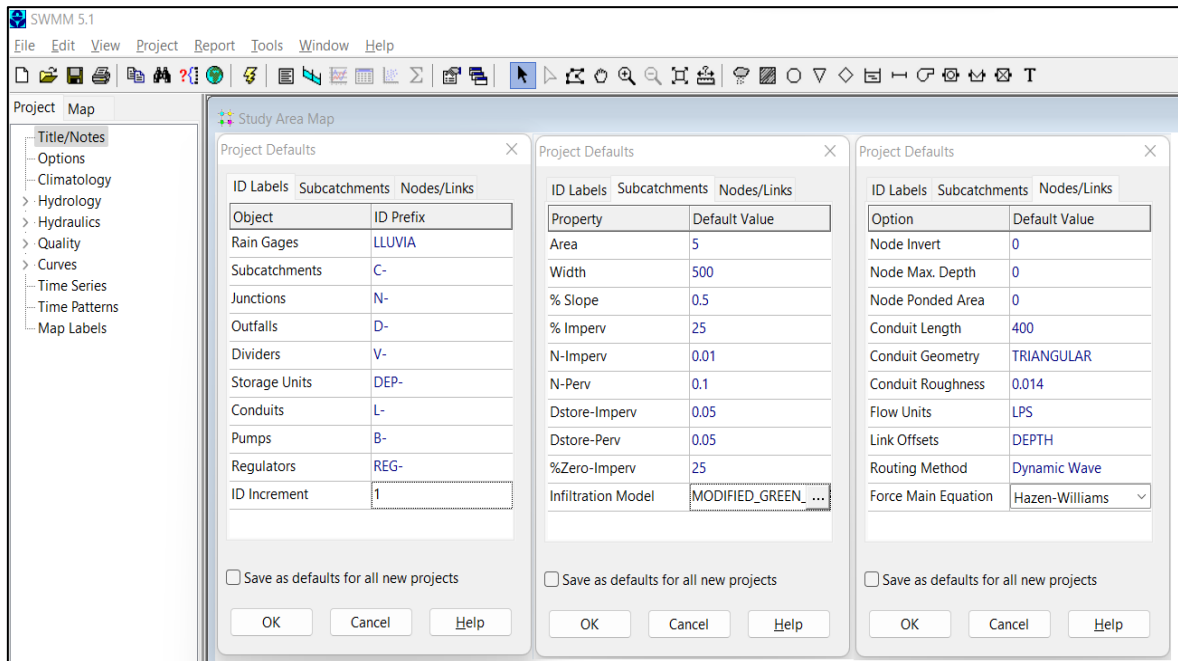
realizado el levantamiento topográfico y visitas a campo se estableció cada una de las áreas tributarias o influencia que llegan a las diferentes calles que conforman la Zona 13 - Barrio San Martín de Porres de la ciudad de Cajamarca, cuyas áreas son llamadas subcuencas, que vienen a ser polígonos formados por la intersección de los segmentos de los ángulos internos de las distintas cuadras de la zona (*ver Anexo 2.8.2*).

Por otra parte se identificó en campo y con ayuda del Google Earth, el Área que aporta caudal a la Zona 13 - Barrio San Martín de Porres, basándonos así en la zona adyacente con más pendiente de la cual sus aguas desembocan a la zona en estudio, de igual manera se delimitó dicha área aportante considerando la existencia de cunetas de drenaje y canal de riego paralelos a esta área; de igual forma afluentes de agua: una quebrada y un río que evacuan las aguas de las demás áreas adyacentes, teniendo así una adecuada área aportante definida y delimitada (*ver Anexo 2.8.3*).

### ***Representación mediante modelo numérico***

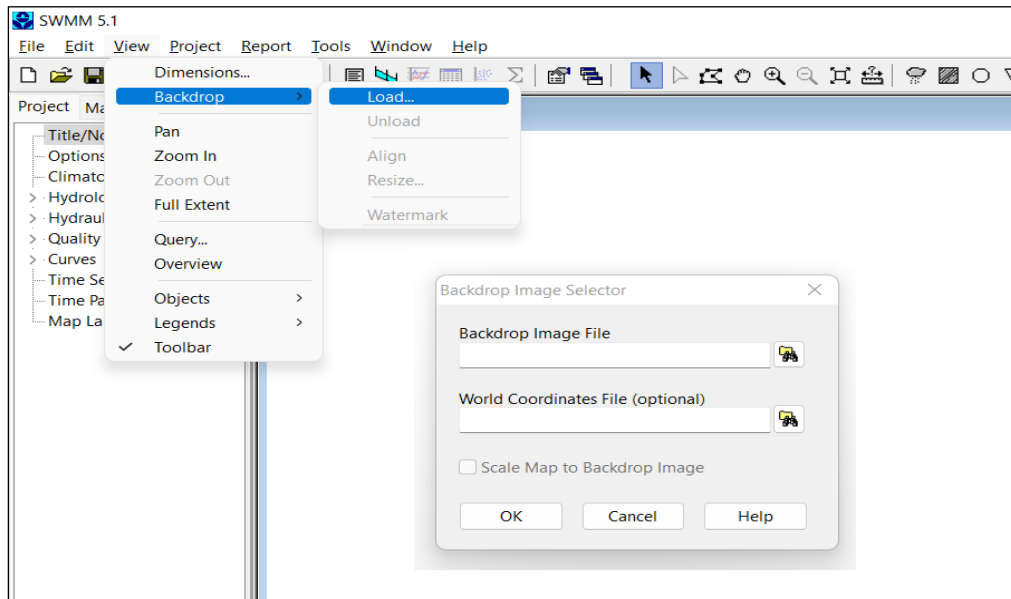
Ya delimitada la cuenca y divididas en subcuencas (áreas tributarias) gracias a nuestra visita a campo, levantamiento topográfico, y mediante los programas de Auto Cad Civil 3D y Google Earth Pro; se procede a construir el modelo numérico en el programa Storm Water Management Model (EPA-SWMM 5.1) denominado en español Modelo de gestión de aguas pluviales.

- Valores por defecto.-** Al entrar al Programa EPA-SWMM 5.1, para facilitar las tareas al momento de ingresar los datos, debemos asegurarnos de que se establezcan ciertos valores predeterminados (*Figura 13*).

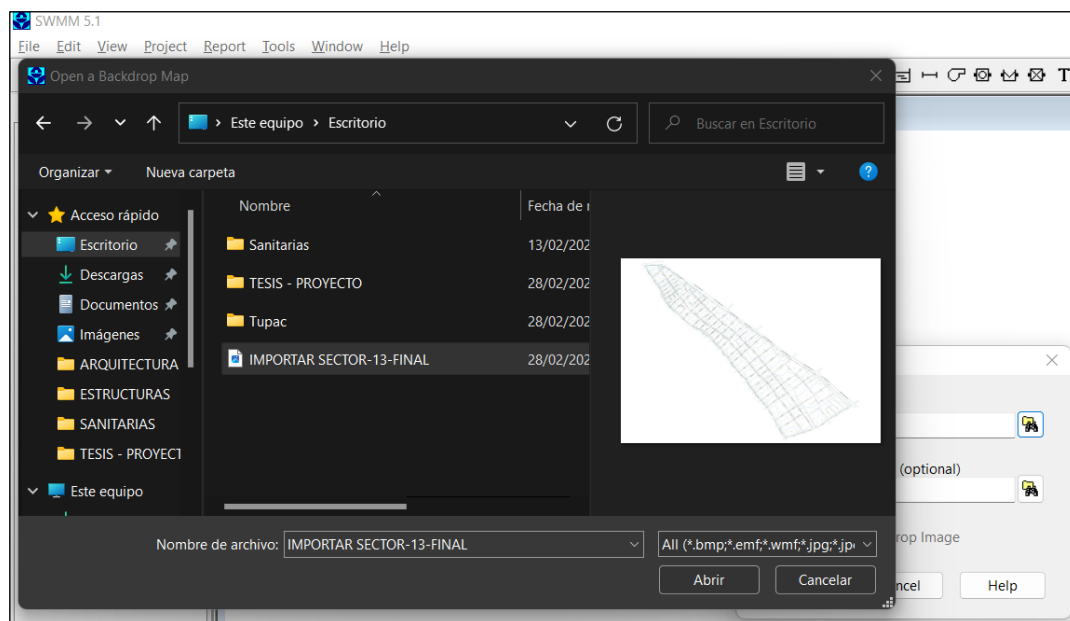


**Figura 13.** Valores por Defecto del Proyecto; Fuente: Propia (2023).

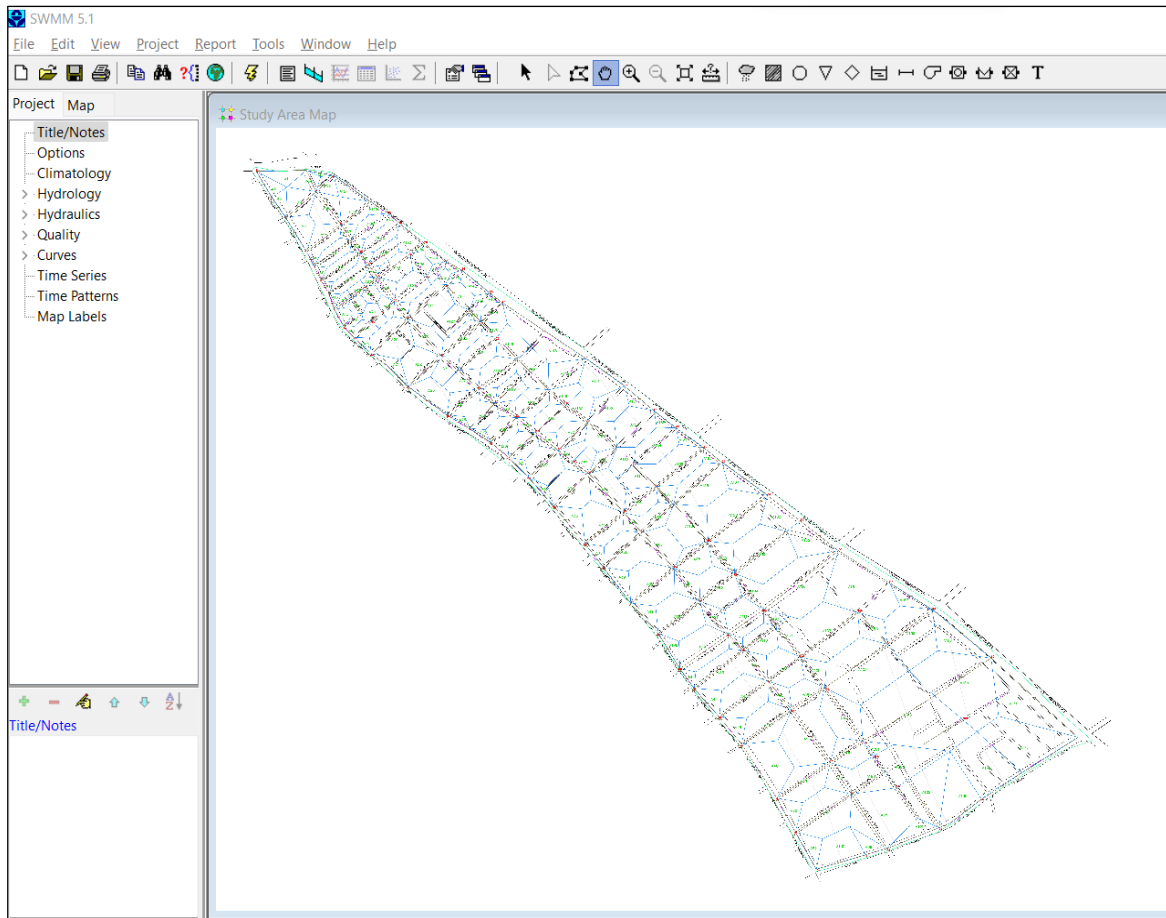
- Importación del Mapa al Programa.-** Ya definidos los valores por defecto procedemos a importar el mapa de la cuenca y su división en subcuencas (áreas de influencia) en formato .emf de AutoCad al EPA-SWMM 5.1 y usarla como plantilla para nuestro modelo hidrológico, vamos a la opción View → Backdrop → Load, nos aparecerá un recuadro donde importaremos el mapa (*Figura 14*), luego buscamos el mapa a importar y seleccionamos Abrir (*Figura 15*), finalmente nos aparecerá el mapa de la cuenca elegida la cual la utilizaremos como plantilla para poder trabajar sobre ella (*Figura 16*).



**Figura 14.** Primer proceso de importación de mapa al programa SWMM; Fuente: Propia (2023).

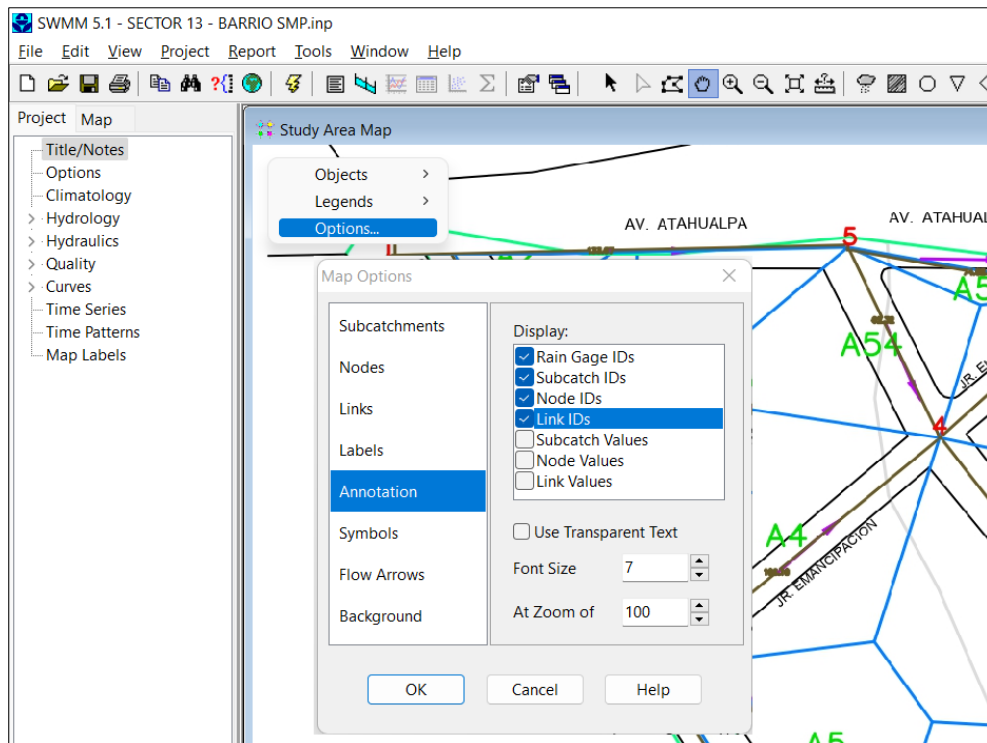


**Figura 15.** Segundo proceso de importación de mapa al programa SWMM; Fuente: Propia (2023).

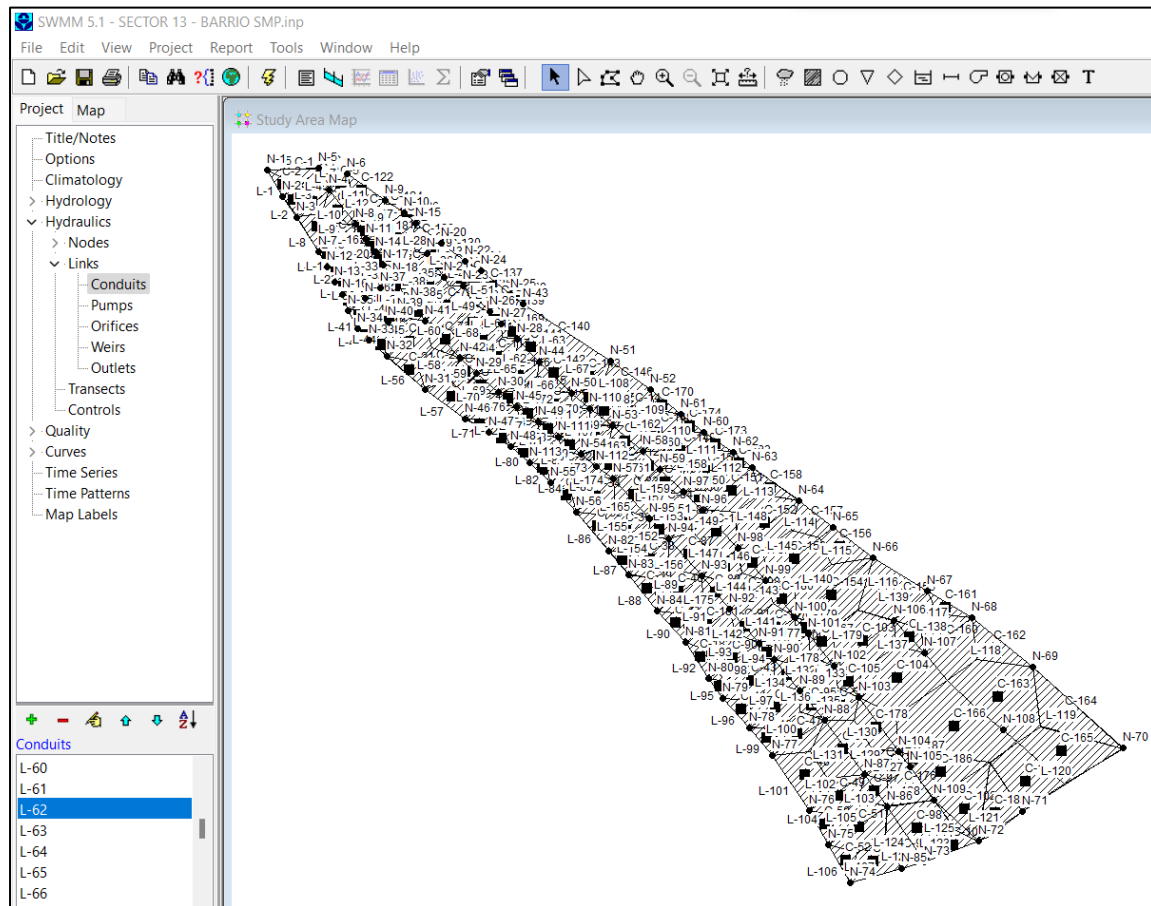


**Figura 16.** Ultimo proceso de importación de mapa al programa SWMM; Fuente: Propia (2023).

- Dibujo del Sistema.-** Importado el mapa donde se va a trabajar, continuamos haciendo clic derecho en la ventana del programa, desplegando así la barra de Options → Annotation, para proceder a activar los objetos o elementos que queremos representar como son: pluviómetro, subcuencas (áreas tributarias), nudos y conexiones (*Figura 17*); procedemos a graficar cada uno de los elementos en la cuenca principal como: Subcuencas (C), Nudos (N) y conexiones o enlaces (L) para formar el sistema de drenaje pluvial, como se puede observar (*Figura 18*).

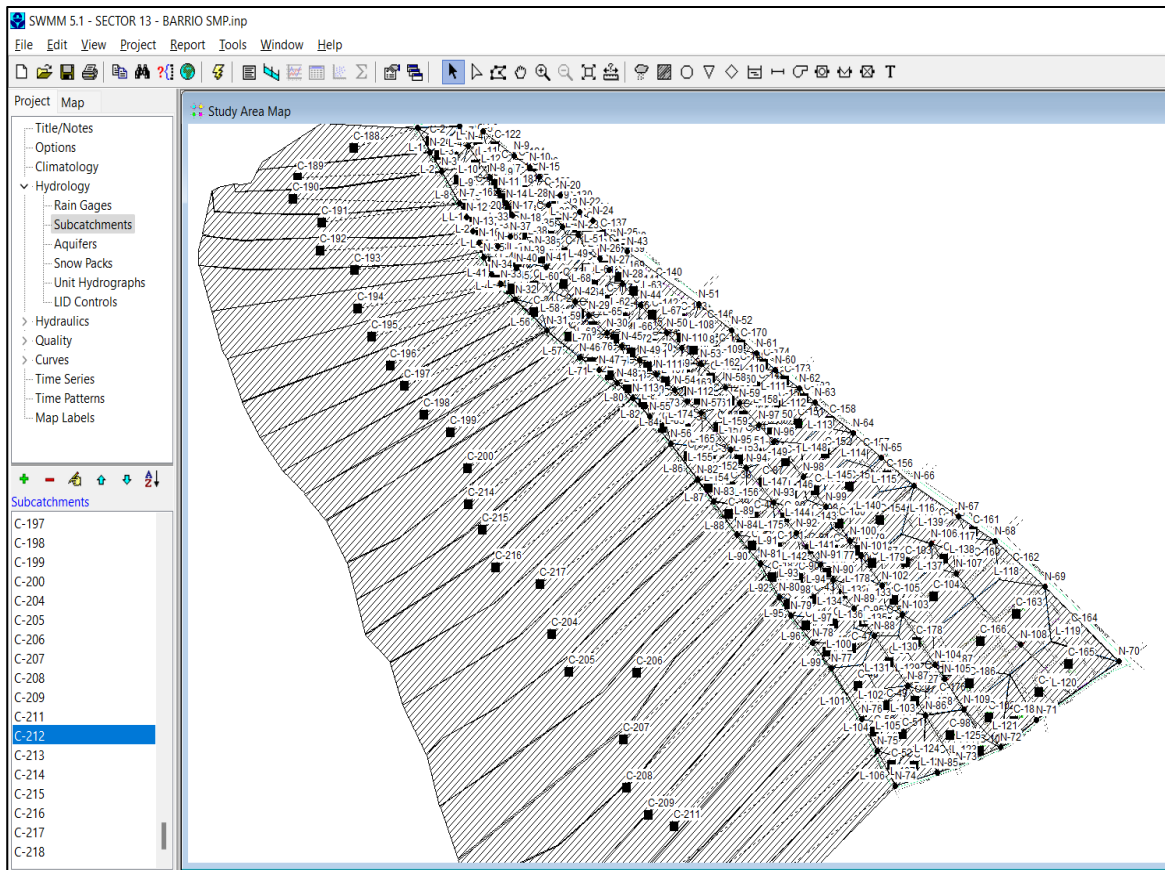


**Figura 17.** Proceso de activación de objetos que se van representar en el sistema de drenaje;  
 Fuente: Propia (2023).



**Figura 18.** Mapa del Sector 13 - Barrio San Martín de Porres (Sistema de drenaje formado); Fuente: Propia (2023).

- Área aportante.-** Para la cuenca aportante, seguimos el mismo procedimiento descrito anteriormente, dividiendo esta cuenca aportante en 27 subcuencas de igual área puesto que son 27 nodos de las calles de la cuenca principal que colindan con esta área, estas serán conectadas a través enlaces (L). Una vez que se ingresan todos los valores de la cuenca principal y cuenca aportante, e ingresado la lluvia de diseño proyectada para los dos periodos de retorno de 10 y 25 años, se procede analizar el modelo en el sistema EPA-SWMM 5.1.



**Figura 19.** Mapa del Sector en estudio y del Área aportante (Sistema de drenaje formado); Fuente: Propia (2023).



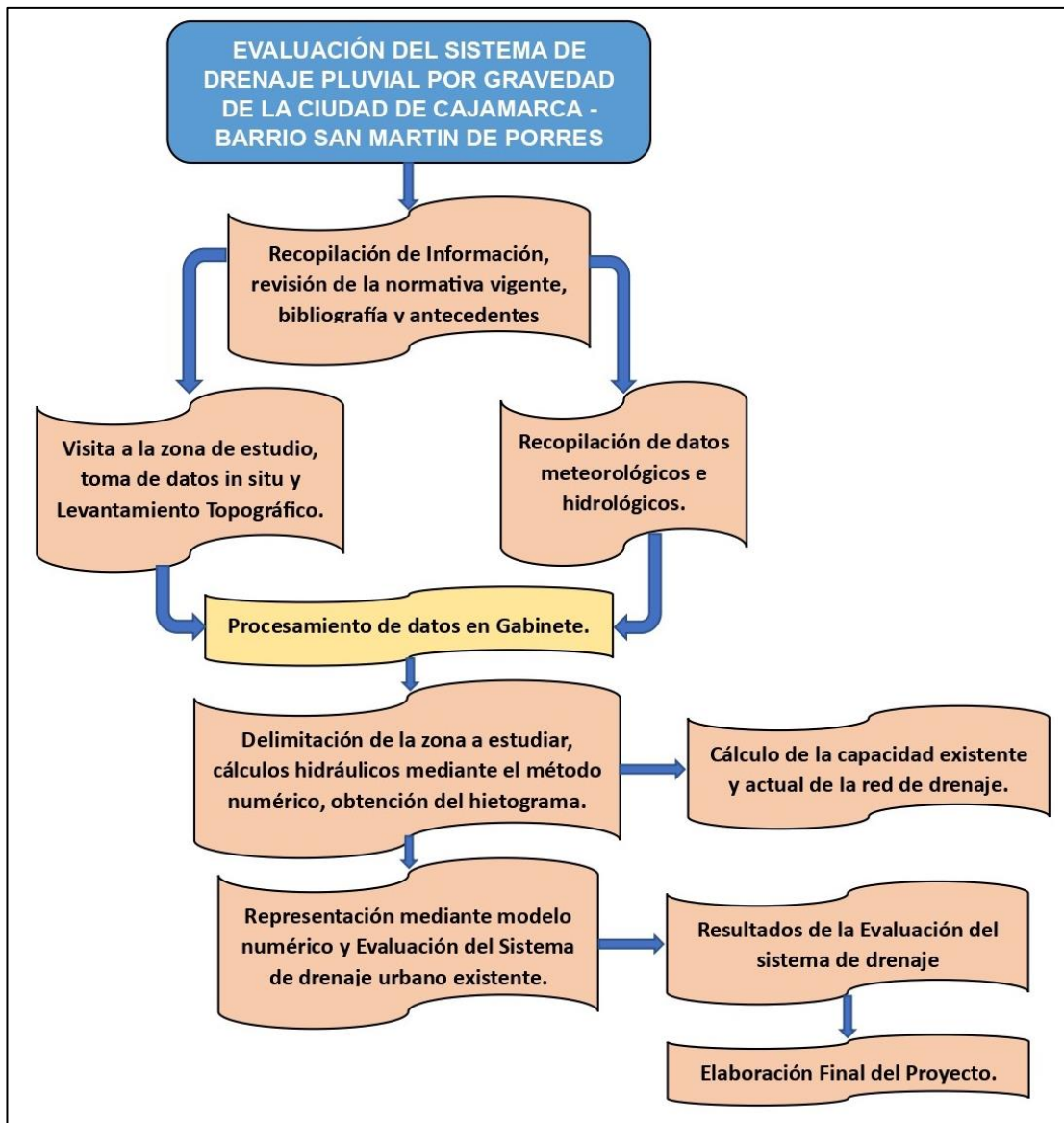


Figura 20. Fases del Plan de recolección y análisis de datos (Flujograma); Fuente: Propia (2023).

### 2.5.3. Plan de recolección y análisis de datos (Flujograma).

### 2.5.4. Aspectos Éticos

Es importante destacar que el uso de fuentes confiables, como el SENAMHI, garantiza la calidad y veracidad de los datos utilizados en la investigación. Además, la recopilación de datos a través de encuestas y toma de medidas in situ asegura la integridad y objetividad de la información obtenida. La transparencia se asegura al presentar los datos



sin alteraciones, respetando la confidencialidad de los participantes, dichos aspectos éticos fortalecen la credibilidad del estudio.



El Sector 13 de la ciudad de Cajamarca se denomina “SAN MARTIN” de acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano (PDU) del año 2016, donde se realizó una sectorización debido a la nueva demarcación del Sector 13; para este estudio optó por seleccionar el Sector 13 - **Barrio San Martín de Porres**.

**Tabla 4**  
*Sectorización Cajamarca - Sector 13.*

N°	SECTOR	HABILITACIÓN URBANA
13	SAN MARTÍN	- Sector Ajoscancha
		- Asociación de Vivienda Docentes UNC
		- Sector la Huaylla
		- Urbanización los Eucaliptos
		- <b>Barrio San Martín de Porres</b>
		- Lotización Urrunaga

Fuente: PDU Cajamarca (2016 - 2026).

Además, gracias al Plano Catastral (*Anexo 2.9.1*) de la ciudad de Cajamarca, se pudo determinar los límites del Sector 13 - Barrio San Martín de Porres, siendo las siguientes calles:

- Norte: Av. Atahualpa
- Sur: Av. Industrial
- Este: Av. Vía de Evitamiento Sur
- Oeste: Av. San Martín de Porres

## 2.7. Estudio Topográfico.

El Levantamiento topográfico se ejecutó en todo el Barrio San Martín de Porres, con base en los límites de la zona previamente descritos, incluyendo así todas las calles pertenecientes a dicho Barrio, a partir de puntos en buzones, esquinas e intersecciones; utilizando el método de Medición Cinemática con GPS Diferencial,

llegando a levantar un total de 595 puntos (*ver Anexo 2.1*) que incluyen 3 BM's

Descripción	Norte	Este	Cota
BM-01	9205825.937	776857.541	2688.216
BM-02	9205609.408	777025.703	2687.027
BM-03	9205423.963	777287.72	2682.295

referenciales.

**Tabla 5**  
*Puntos de control (Bm's).*

Fuente: Propia (2023).

Asimismo, se procede a la exportación de los datos obtenidos en el levantamiento topográfico al software AutoCAD Civil 3D, para crear la superficie de la zona a través de los puntos topográficos importados posteriormente de tal manera generar las diferentes curvas de nivel cada 1.00 metros, y en resumen obtener las características geométricas de la zona en estudio: Ubicación, Área, Pendiente, Tipo, Perfil, Distancias Horizontales y Altitud.

**Tabla 6**  
*Características geométricas del terreno (cuenca principal).*

Ítem	Valor
- Área Total	106.78 Has.
- Pendiente de Terreno	3.16 %
- Tipo de Terreno	Plano
- Altitud Promedio	2689.50 m.s.n.m

Fuente: propia (2023).

Como producto final de este estudio se puede concretar en un modelo y representación digital del terreno, posteriormente en la elaboración de los siguientes planos:

- Plano en Planta del Terreno y Perfil Topográfico - (ver Anexo 2.8.4).

## 2.8. Áreas de Influencia y Área Aportante

Gracias al plano catastral se identificó cada calle, por otra parte con ayuda del levantamiento topográfico y visitas a campo, se estableció zonas de posible influencia en el aporte de escorrentía a las diferentes calles que conforman la Zona 13 - Barrio San Martín de Porres de la ciudad de Cajamarca, delimitando así nuestra cuenca principal para su evaluación posterior, de la cual se obtuvieron 187 áreas tributarias o subcuencas (ver Anexo 2.8.3).

**Tabla 7**  
*Áreas de Influencia (subcuencas).*

Nomenclatura -		Áreas		Nomenclatura -		Áreas	
Calle	Código	A (m <sup>2</sup> )	A (ha)	Calle	Código	A (m <sup>2</sup> )	A (ha)
Av. Atahualpa	A1	2891.64	0.2892	Psj. San	A67	1842.31	0.1842
	A53	372.52	0.0373	Francisco	<b>Total</b>	<b>1842.31</b>	<b>0.1842</b>
	<b>Total</b>	<b>3264.16</b>	<b>0.3264</b>		A66	1829.19	0.1829
Av. San Martín de Porres	A2	1919.19	0.1919	Psj. Santa Sofía	A16	1051.75	0.1052
	A3	1579.31	0.1579		<b>Total</b>	<b>2880.94</b>	<b>0.2881</b>
	A5	3921.96	0.3922	Psj. San	A136	2546.86	0.2547
	A7	774.70	0.0775	Sebastián	<b>Total</b>	<b>2546.86</b>	<b>0.2547</b>
	A9	667.01	0.0667		A18	2305.94	0.2306
	A11	533.65	0.0534		A70	2734.47	0.2734
	A13	694.79	0.0695	Psje. Libertad	A69	1898.47	0.1898
	A15	1358.27	0.1358		A124	5380.52	0.5381
	A17	413.65	0.0414		A137	1570.44	0.1570
	A19	879.11	0.0879		<b>Total</b>	<b>13889.84</b>	<b>1.3890</b>

	A21	2296.10	0.2296		A20	9644.1	0.9644
	A23	5300.54	0.5301	<b>Jr. Los Andes</b>	A72	9081.75	0.9082
	A25	702.91	0.0703		A140	990.08	0.0990
	A27	667.48	0.0667		<b>Total</b>	<b>19715.93</b>	<b>1.9716</b>
	A29	875.61	0.0876	<b>Psj. Jesús de Nazareth</b>	A123	5035.39	0.5035
	A31	935.78	0.0936		A143	1716.57	0.1717
	A33	1168.32	0.1168		<b>Total</b>	<b>6751.96</b>	<b>0.6752</b>
	A35	3415.05	0.3415	<b>Jr. Girasoles</b>	A22	7230.98	0.7231
	A37	1431.28	0.1431		A122	6377.79	0.6378
	A39	2805.26	0.2805		A144	3217.44	0.3217
	A41	2364.82	0.2365		<b>Total</b>	<b>16826.21</b>	<b>1.6826</b>
	A196	1969.69	0.1970	<b>Psj. El Rosario</b>	A121	6482.47	0.6482
	A42	945.11	0.0945		<b>Total</b>	<b>6482.47</b>	<b>0.6482</b>
	A44	2610.85	0.2611	<b>Jr. Los Gladiolos</b>	A24	4753.67	0.4754
	A46	2539.58	0.2540		A120	6356.48	0.6356
	A48	10806.17	1.0806		<b>Total</b>	<b>11110.15</b>	<b>1.1110</b>
	A50	2805.00	0.2805	<b>Psj. Los Granados</b>	A26	4860.48	0.4860
	A52	3049.42	0.3049		A119	4038.22	0.4038
	<b>Total</b>	<b>59430.61</b>	<b>5.9431</b>		<b>Total</b>	<b>8898.7</b>	<b>0.8899</b>
	A54	2909.46	0.2909	<b>Jr. Los Geranios</b>	A28	4549.68	0.4550
	A56	5931.23	0.5931		A118	5644.65	0.5645
	A57	1511.39	0.1511		A148	5848.3	0.5848
	A59	1128.28	0.1128		<b>Total</b>	<b>16042.63</b>	<b>1.6043</b>
	A61	1110.23	0.1110	<b>Jr. Las Guirnaldas</b>	A30	4885.65	0.4886
	A63	1016.72	0.1017		A117	5227.45	0.5227
	A68	2348.13	0.2348		<b>Total</b>	<b>10113.1</b>	<b>1.0113</b>
	A71	1706.61	0.1707	<b>Jr. Los Tulipanes</b>	A32	7627.33	0.7627
	A73	5049.59	0.5050		A80	4615	0.4615
<b>Av. Mártires de Uchuraccay</b>	A74	3848.96	0.3849		A152	6706.76	0.6707
	A75	4586.90	0.4587		<b>Total</b>	<b>18949.09</b>	<b>1.8949</b>
	A76	1653.31	0.1653	<b>Jr. Colonial</b>	A34	9428.68	0.9429
	A77	2015.12	0.2015		A116	2593.26	0.2593
	A78	1805.90	0.1806		A153	9217.13	0.9217
	A79	2083.71	0.2084		<b>Total</b>	<b>21239.07</b>	<b>2.1239</b>
	A81	2777.04	0.2777	<b>Psj. Goicochea</b>	A154	8133.87	0.8134
	A82	3226.79	0.3227		<b>Total</b>	<b>8133.87</b>	<b>0.8134</b>
	A83	8100.52	0.8101	<b>Jr. Libertadores</b>	A36	10198.28	1.0198
	A85	2239.19	0.2239		A84	5570.23	0.5570
	A87	9109.52	0.9110		A155	9735.42	0.9735

	A89	4399.35	0.4399		<b>Total</b>	<b>25503.93</b>	<b>2.5504</b>
	A91	3502.06	0.3502		A38	8897.75	0.8898
	A92	1343.25	0.1343	<b>Jr.</b>	A86	4275.13	0.4275
	A93	4024.95	0.4025	<b>Emancipadores</b>	A156	11825.2	1.1825
	A95	3227.21	0.3227		<b>Total</b>	<b>24998.08</b>	<b>2.4998</b>
	A96	17840.19	1.7840		A40	11860.09	1.1860
	A97	4462.85	0.4463	<b>Jr. La República</b>	A88	6019.85	0.6020
	A98	19420.41	1.9420		A158	17248.5	1.7249
	<b>Total</b>	<b>122378.87</b>	<b>12.2379</b>		<b>Total</b>	<b>35128.44</b>	<b>3.5128</b>
	A100	8414.82	0.8415		A195	12319.7	1.2320
	A99	2516.29	0.2516	<b>Jr. Los</b>	A112	9639.26	0.9639
	A101	3345.31	0.3345	<b>Conquistadores</b>	A159	18866.96	1.8867
<b>Av. Industrial</b>	A199	10903.19	1.0903		<b>Total</b>	<b>40825.92</b>	<b>4.0826</b>
	A198	16733.33	1.6733		A90	11335.47	1.1335
	A172	19680.92	1.9681	<b>Av. Héroes del</b>	A111	8112.29	0.8112
	<b>Total</b>	<b>61593.86</b>	<b>6.1594</b>	<b>Cenepa</b>	A160	23157.6	2.3158
	A138	1229.63	0.1230		<b>Total</b>	<b>42605.36</b>	<b>4.2605</b>
	A141	3320.96	0.3321		A43	9810.64	0.9811
	A191	853.14	0.0853	<b>Psj. San Isidro</b>	A110	5981.75	0.5982
	A176	2017.69	0.2018		<b>Total</b>	<b>15792.39</b>	<b>1.5792</b>
	A146	5447.05	0.5447		A45	11603.91	1.1604
	A147	7044.20	0.7044	<b>Jr. San Juan de</b>	A94	8028.3	0.8028
	A149	3519.74	0.3520	<b>Dios</b>	A107	18954.4	1.8954
	A150	4680.35	0.4680		<b>Total</b>	<b>38586.61</b>	<b>3.8587</b>
	A185	5679.64	0.5680		A47	9841.77	0.9842
	A115	3953.19	0.3953		A58	6159.49	0.6159
<b>Jr. Juan Beato</b>	A114	5466.65	0.5467	<b>Jr. Misión</b>	A108	25279.36	2.5279
<b>Macias</b>	A60	2300.33	0.2300	<b>Bautista</b>	A165	4538.81	0.4539
	A113	10256.96	1.0257		A166	17551.03	1.7551
	A189	4414.17	0.4414		<b>Total</b>	<b>63370.46</b>	<b>6.3370</b>
	A194	3857.70	0.3858		A49	9419.52	0.9420
	A193	1733.78	0.1734	<b>Jr.</b>	A184	6429.25	0.6429
	A174	5461.98	0.5462	<b>Yahuarhuacca</b>	A169	30742.95	3.0743
	A109	3737.78	0.3738		<b>Total</b>	<b>46591.72</b>	<b>4.6592</b>
	A192	10586.34	1.0586		A51	14782.25	1.4782
	A201	1467.41	0.1467	<b>Jr. Santa Beatriz</b>	A190	7464.14	0.7464
	A200	11723.22	1.1723		<b>Total</b>	<b>22246.39</b>	<b>2.2246</b>
	A102	14666.64	1.4667		A127	2264.37	0.2264
	<b>Total</b>	<b>113418.55</b>	<b>11.3419</b>	<b>Prolg. Progreso</b>	A129	927.08	0.0927

<b>Jr. Emancipación</b>	A4	4954.66	0.4955	<b>Av. Vía de Evitamiento Sur</b>	A131	485.04	0.0485
	A55	2293.35	0.2293		<b>Total</b>	<b>3676.49</b>	<b>0.3676</b>
	<b>Total</b>	<b>7248.01</b>	<b>0.7248</b>		A133	3274.49	0.3274
<b>Jr. El Triunfo</b>	A6	4841.68	0.4842	A135	1642.75	0.1643	
	A128	4820.30	0.4820	A139	687.58	0.0688	
	<b>Total</b>	<b>9661.98</b>	<b>0.9662</b>	A142	2170.06	0.2170	
<b>Jr. Victoria</b>	A8	4131.03	0.4131	A175	339.5	0.0340	
	A130	3786.03	0.3786	A145	11234.11	1.1234	
	<b>Total</b>	<b>7917.06</b>	<b>0.7917</b>	A151	6477.37	0.6477	
<b>Jr. Las Delicias</b>	A10	4049.33	0.4049	A177	1664.33	0.1664	
	A132	4282.05	0.4282	A188	1136.01	0.1136	
	<b>Total</b>	<b>8331.38</b>	<b>0.8331</b>	A187	1379.93	0.1380	
<b>Psj. Diego Ferre</b>	A12	3997.90	0.3998	A197	1117.85	0.1118	
	A62	3203.34	0.3203	A164	3414.68	0.3415	
	<b>Total</b>	<b>7201.24</b>	<b>0.7201</b>	A163	5338.19	0.5338	
<b>Jr. El Milagro</b>	A14	1270.28	0.1270	A162	6836.89	0.6837	
	A65	1302.46	0.1302	A161	21264.42	2.1264	
	A64	841.10	0.0841	A167	2479.6	0.2480	
	A125	4985.58	0.4986	A168	7702.05	0.7702	
	A134	270.38	0.0270	A171	15828.51	1.5829	
	<b>Total</b>	<b>8669.80</b>	<b>0.8670</b>	A173	39898.31	3.9898	
				<b>Total</b>	<b>133886.63</b>	<b>13.3887</b>	

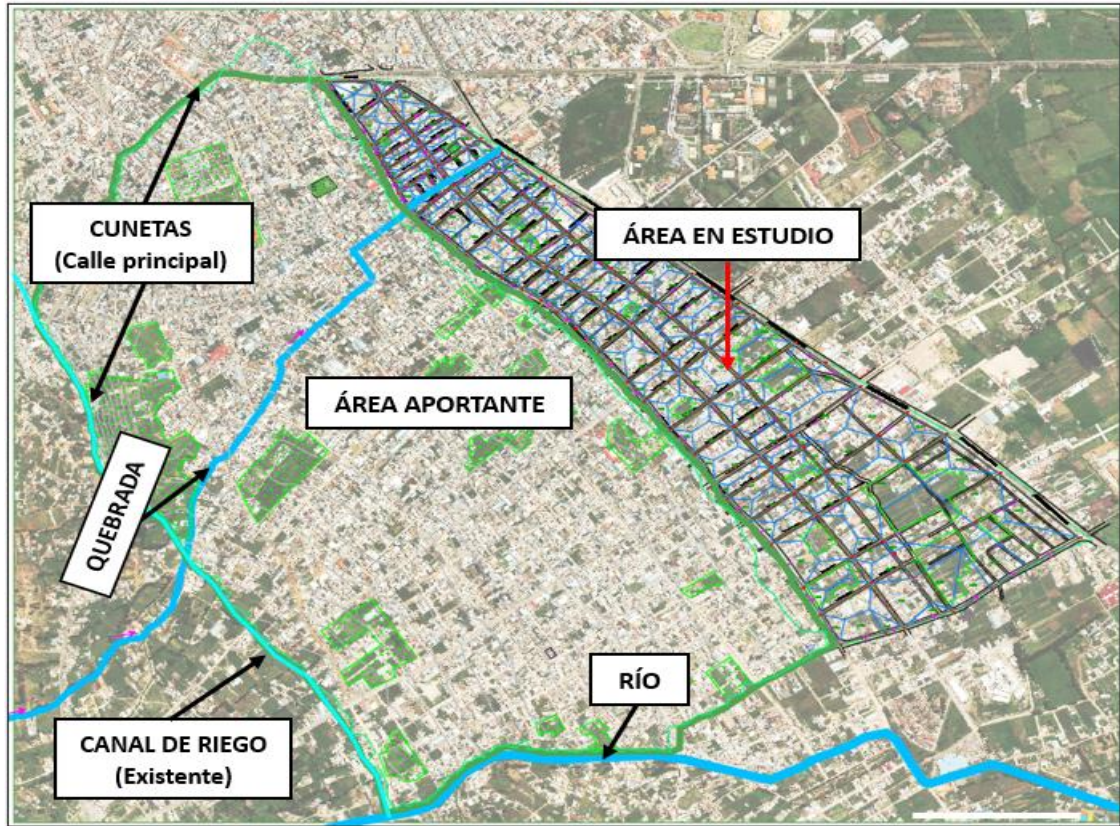
Fuente: Propio (2023).

El Área total para el estudio de la Cuenca Principal es de **1067751.07 m<sup>2</sup>** o **106.7751 ha**.



Por otro lado, el área que aporta caudal a la Zona 13 - Barrio San Martín de Porres, fue identificada en campo y con ayuda del Sistema de Información Geográfica

G



**Figura 22.** Delimitación Área Aportante; Fuente: Propio (2023).

**Tabla 8**

*Características geométricas del terreno (cuenca aportante).*

Item	Valor
- Área Total	288.46 Has.
- Pendiente de Terreno	3.80 %
- Tipo de Terreno	Plano
- Altitud Promedio	2726.50 m.s.n.m

Fuente: propio (2023).

## 2.9. Análisis Hidrológico

### 2.9.1. Recopilación de información

Se obtuvo información de la Estación más cercana, que cubre a toda la Ciudad de Cajamarca, la Estación Augusto Weberbauer con sus registros históricos de intensidades máximas (1968 - 2016), recolectando los datos de precipitaciones máximas mensuales.

En la *Tabla 9*, se especifica su ubicación (latitud, longitud y altitud) de la estación meteorológica Augusto Weberbauer.

**Tabla 9**

*Ubicación de la Estación meteorológica Augusto Weberbauer*

UBICACIÓN			
<b>Longitud Oeste :</b>	78° 30' W	<b>Región :</b>	Cajamarca
<b>Latitud Sur :</b>	07° 10' S	<b>Provincia :</b>	Cajamarca
<b>Altitud :</b>	2536 m.s.n.m.	<b>Distrito :</b>	Cajamarca

Fuente: SENAMHI (2020).

Los datos utilizados para este estudio son 49 años de información, que abarca desde el mes de enero del año 1968 hasta el mes de diciembre del año 2016.

En la *Tabla 10*, se detalla la data de las precipitaciones máximas mensuales de los 49 años dada por la estación antes mencionada.

**Tabla 10**

*Datos Mensuales de Precipitación Máxima en 24 Hrs. (mm) de la estación meteorológica Augusto Weberbauer.*

C	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP. Máx.
1968	58.00	81.00	67.70	26.60	14.90	1.60	1.60	16.20	50.00	66.40	54.60	70.80	<b>81.00 FEB</b>
1969	42.00	73.70	83.50	85.70	1.50	19.60	0.30	13.20	18.40	55.40	106.40	162.00	<b>162.00 DIC</b>
1970	71.00	41.80	79.90	54.50	33.80	19.90	3.20	2.50	18.20	103.00	51.40	54.10	<b>103.00 OCT</b>
1971	58.40	97.80	275.70	54.70	8.00	12.20	17.60	17.20	28.10	89.80	45.80	66.50	<b>275.70 MAR</b>
1972	55.50	67.60	113.80	76.20	18.10	4.40	3.40	20.60	29.00	31.40	66.50	50.20	<b>113.80 MAR</b>
1973	95.30	70.70	91.60	98.40	27.40	29.30	8.40	18.30	87.20	65.50	68.20	72.30	<b>98.40 ABR</b>
1974	64.10	128.20	95.20	58.50	4.60	17.30	6.50	23.60	38.70	70.50	53.90	76.40	<b>128.20 FEB</b>
1975	91.60	158.10	199.40	70.70	66.80	10.00	7.20	19.30	45.10	80.20	65.10	0.90	<b>199.40 MAR</b>
1976	130.40	62.90	81.30	55.20	43.00	23.00	0.10	4.40	12.30	32.20	71.60	44.40	<b>130.40 ENE</b>
1977	129.90	146.40	141.90	42.60	25.50	8.00	7.50	0.10	16.10	53.40	54.80	68.20	<b>146.40 FEB</b>
1978	12.70	34.40	48.50	37.00	65.60	3.90	4.40	3.80	23.80	24.40	54.00	44.80	<b>65.60 MAY</b>
1979	84.10	81.60	159.70	37.10	16.30	1.80	7.50	15.70	33.60	24.40	26.30	46.60	<b>159.70 MAR</b>
1980	34.90	42.40	65.00	29.30	6.90	15.10	3.20	5.60	2.30	130.40	111.00	106.70	<b>130.40 OCT</b>
1981	78.20	186.50	105.70	33.70	14.70	6.60	7.20	12.70	22.00	111.90	45.60	111.30	<b>186.50 FEB</b>
1982	71.70	102.90	75.70	88.70	38.20	7.80	2.10	6.60	43.90	124.80	67.30	87.40	<b>124.80 OCT</b>
1983	116.60	75.40	151.60	105.70	31.10	10.10	9.60	2.70	19.20	86.90	28.10	118.40	<b>151.60 MAR</b>
1984	24.70	233.60	123.80	80.00	69.50	25.10	23.40	18.70	36.70	68.60	97.60	104.10	<b>233.60 FEB</b>
1985	24.60	42.40	37.20	41.90	53.00	0.40	4.80	18.30	37.30	50.00	23.90	40.30	<b>53.00 MAY</b>
1986	84.40	47.70	96.80	120.20	16.20	0.60	1.20	14.60	1.20	43.60	66.20	51.80	<b>120.20 ABR</b>
1987	98.20	95.20	39.20	52.20	11.10	4.00	10.80	12.30	39.50	37.20	74.30	60.50	<b>98.20 ENE</b>
1988	109.70	105.50	44.80	95.60	10.60	5.40	0.00	32.90	69.40	65.20	63.40	73.60	<b>109.70 ENE</b>
1989	87.00	158.80	43.50	85.40	18.80	16.70	3.20	5.90	53.50	106.60	47.10	2.70	<b>158.80 FEB</b>
1990	101.80	68.50	58.30	27.40	39.80	24.60	0.80	7.10	20.10	87.60	99.10	72.30	<b>101.80 ENE</b>
1991	43.80	90.00	133.70	55.20	17.90	0.70	0.40	0.30	10.20	28.20	55.10	71.90	<b>133.70 MAR</b>
1992	52.60	31.80	66.60	46.50	18.90	21.20	4.60	10.00	40.80	64.00	32.00	34.10	<b>66.60 MAR</b>
1993	61.00	112.20	245.00	102.90	29.60	1.90	3.30	2.90	51.40	106.30	71.40	84.10	<b>245.00 MAR</b>
1994	116.90	103.10	170.20	144.90	29.80	11.10	5.50	9.70	31.80	69.80	60.80	65.90	<b>170.20 MAR</b>
1995	44.70	108.30	75.70	49.70	20.60	1.70	13.20	10.80	11.50	51.80	50.50	76.40	<b>108.30 FEB</b>
1996	65.20	124.00	121.00	50.40	13.70	0.80	0.50	15.80	13.90	76.20	68.80	34.10	<b>124.00 FEB</b>
1997	63.80	152.90	26.50	40.40	17.00	15.40	0.20	0.00	27.40	50.80	111.90	129.40	<b>152.90 FEB</b>
1998	105.00	116.50	257.00	83.90	19.60	4.80	1.30	4.70	17.80	79.60	29.10	47.90	<b>257.00 MAR</b>
1999	94.80	242.70	69.50	64.40	53.70	22.80	22.10	1.20	81.40	21.70	77.00	68.50	<b>242.70 FEB</b>
2000	46.00	161.10	126.30	77.30	40.50	15.60	2.10	13.40	56.60	9.90	44.50	122.30	<b>161.10 FEB</b>
2001	191.20	100.80	230.20	57.20	48.10	2.30	13.90	0.00	34.40	46.20	93.40	90.90	<b>230.20 MAR</b>
2002	27.00	60.80	133.10	77.20	23.00	8.80	10.70	3.40	14.60	90.30	99.90	86.10	<b>133.10 MAR</b>
2003	51.10	61.40	103.60	42.10	30.70	22.30	1.80	10.60	14.80	46.00	63.80	80.70	<b>103.60 MAR</b>
2004	36.10	56.90	44.50	42.40	2.10	18.80	29.40	19.00	63.40	92.60	123.70	102.00	<b>123.70 NOV</b>

<b>2005</b>	84.90	119.30	136.00	54.00	7.20	4.50	0.60	3.50	31.20	92.30	30.00	87.80	<b>136.00</b>	<b>MAR</b>
<b>2006</b>	83.20	101.60	199.30	77.60	7.70	23.90	1.80	6.10	33.60	12.70	60.40	81.70	<b>199.30</b>	<b>MAR</b>
<b>2007</b>	95.40	17.50	182.40	111.50	24.00	1.40	10.70	6.40	11.60	118.90	97.60	68.80	<b>182.40</b>	<b>MAR</b>
<b>2008</b>	80.20	133.30	118.40	99.10	22.70	15.40	2.30	11.70	34.70	96.50	72.20	34.40	<b>133.30</b>	<b>FEB</b>
<b>2009</b>	180.70	74.60	110.50	78.80	42.20	17.40	12.30	3.90	11.80	78.50	109.40	74.20	<b>180.70</b>	<b>ENE</b>
<b>2010</b>	49.50	112.90	154.00	88.40	17.90	4.60	2.20	1.30	1.80	28.70	23.50	59.20	<b>154.00</b>	<b>MAR</b>
<b>2011</b>	21.20	43.20	65.50	44.30	6.00	0.40	8.30	0.00	26.00	20.30	10.40	80.30	<b>80.30</b>	<b>DIC</b>
<b>2012</b>	105.50	104.90	96.10	46.30	35.80	0.70	0.00	0.00	19.10	49.20	44.90	21.20	<b>105.50</b>	<b>ENE</b>
<b>2013</b>	14.20	55.40	113.60	40.00	32.10	7.50	0.00	4.10	3.10	79.30	17.00	36.40	<b>113.60</b>	<b>MAR</b>
<b>2014</b>	57.60	35.60	95.90	35.90	29.20	5.30	1.90	3.80	28.50	26.60	45.90	116.80	<b>116.80</b>	<b>DIC</b>
<b>2015</b>	178.20	60.80	194.70	67.20	75.80	3.00	4.40	0.10	26.90	16.80	136.70	41.40	<b>194.70</b>	<b>MAR</b>
<b>2016</b>	83.30	85.30	119.00	58.50	7.00	1.60	2.10	16.10	23.40	61.70	14.50	63.80	<b>119.00</b>	<b>MAR</b>

Fuente: SENAMHI (2020).

### 2.9.2. Modelo de distribución

Con el propósito de determinar el modelo de distribución de frecuencia probabilística, dado las precipitaciones máximas anuales, teniendo en consideración la NORMA CE.040 (DRENAJE PLUVIAL) - Anexo I en el ítem 1.1.3 (Curvas intensidad-duración-frecuencia) del Reglamento Nacional de Edificaciones y MTC (2008), determinamos dicho modelo mediante los siguientes mecanismos de distribución: Normal (*Anexo 2.4A*), Log Normal 2 parámetros (*Anexo 2.4B*), Log Normal 3 parámetros, Gumbel (*Anexo 2.4C*), Log Gumbel (*Anexo 2.4D*) y Gamma (*Anexo 2.4E*); del cual se escogió trabajar con Log Normal de 3 Parámetros (*Tabla II*) por ser la que más se ajusta a nuestro modelo.

**Tabla 11**  
*Análisis con distribución Log Normal de 3 Parámetros.*

<b>C</b>	<b>PP (mm)</b>	<b>ORDENADOS</b>	<b><math>y = \ln(x-a)</math></b>	<b>F(x)</b>	<b>f(x)</b>
<b>1968</b>	81.00	275.700	5.785	0.983	0.163
<b>1969</b>	162.00	257.000	5.726	0.971	0.258
<b>1970</b>	103.00	245.000	5.686	0.959	0.342
<b>1971</b>	275.70	242.700	5.678	0.956	0.360
<b>1972</b>	113.80	233.600	5.646	0.943	0.441
<b>1973</b>	98.40	230.200	5.634	0.938	0.474
<b>1974</b>	128.20	199.400	5.518	0.861	0.857
<b>1975</b>	199.40	199.300	5.517	0.861	0.858
<b>1976</b>	130.40	194.700	5.499	0.844	0.925

<b>1977</b>	146.40	186.500	5.464	0.811	1.049
<b>1978</b>	65.60	182.400	5.447	0.792	1.111
<b>1979</b>	159.70	180.700	5.440	0.783	1.136
<b>1980</b>	130.40	170.200	5.393	0.727	1.288
<b>1981</b>	186.50	162.000	5.355	0.676	1.392
<b>1982</b>	124.80	161.100	5.351	0.670	1.402
<b>1983</b>	151.60	159.700	5.344	0.660	1.418
<b>1984</b>	233.60	158.800	5.340	0.654	1.427
<b>1985</b>	53.00	154.000	5.316	0.620	1.473
<b>1986</b>	120.20	152.900	5.311	0.612	1.482
<b>1987</b>	98.20	151.600	5.305	0.603	1.493
<b>1988</b>	109.70	146.400	5.278	0.563	1.525
<b>1989</b>	158.80	136.000	5.224	0.479	1.542
<b>1990</b>	101.80	133.700	5.211	0.460	1.537
<b>1991</b>	133.70	133.300	5.209	0.457	1.535
<b>1992</b>	66.60	133.100	5.208	0.455	1.535
<b>1993</b>	245.00	130.400	5.193	0.432	1.522
<b>1994</b>	170.20	130.400	5.193	0.432	1.522
<b>1995</b>	108.30	128.200	5.181	0.414	1.508
<b>1996</b>	124.00	124.800	5.162	0.385	1.480
<b>1997</b>	152.90	124.000	5.157	0.378	1.472
<b>1998</b>	257.00	123.700	5.155	0.376	1.469
<b>1999</b>	242.70	120.200	5.135	0.346	1.428
<b>2000</b>	161.10	119.000	5.128	0.336	1.412
<b>2001</b>	230.20	116.800	5.115	0.318	1.380
<b>2002</b>	133.10	113.800	5.097	0.293	1.332
<b>2003</b>	103.60	113.600	5.095	0.291	1.328
<b>2004</b>	123.70	109.700	5.071	0.260	1.256
<b>2005</b>	136.00	108.300	5.062	0.249	1.228
<b>2006</b>	199.30	105.500	5.044	0.228	1.169
<b>2007</b>	182.40	103.600	5.032	0.214	1.127
<b>2008</b>	133.30	103.000	5.028	0.209	1.113
<b>2009</b>	180.70	101.800	5.020	0.201	1.086
<b>2010</b>	154.00	98.400	4.998	0.177	1.004
<b>2011</b>	80.30	98.200	4.996	0.175	1.000
<b>2012</b>	105.50	81.000	4.873	0.079	0.570
<b>2013</b>	113.60	80.300	4.867	0.076	0.554
<b>2014</b>	116.80	66.600	4.756	0.031	0.272
<b>2015</b>	194.70	65.600	4.747	0.029	0.255
<b>2016</b>	119.00	53.000	4.631	0.010	0.099

Fuente: Propia (2023).

Para el modelo anteriormente determinado a fin de calcular la probabilidad de ocurrencia y de las precipitaciones máximas diarias probables para distintos periodos



de retorno, es necesario la obtención de los siguientes parámetros (Media Aritmética, Desviación Estándar y  $X_0$ , 3 variables necesarias según el método de distribución probabilística de Log Normal 3 Parámetros).

En la *Tabla 12*, se detalla los resultados tomando en cuenta que son calculados de los datos de la distribución probabilística determinado anteriormente Log Normal 3 Parámetros de la *Tabla 11*.

**Tabla 12**  
*Variables Probabilísticas para Log Normal 3 parámetros.*

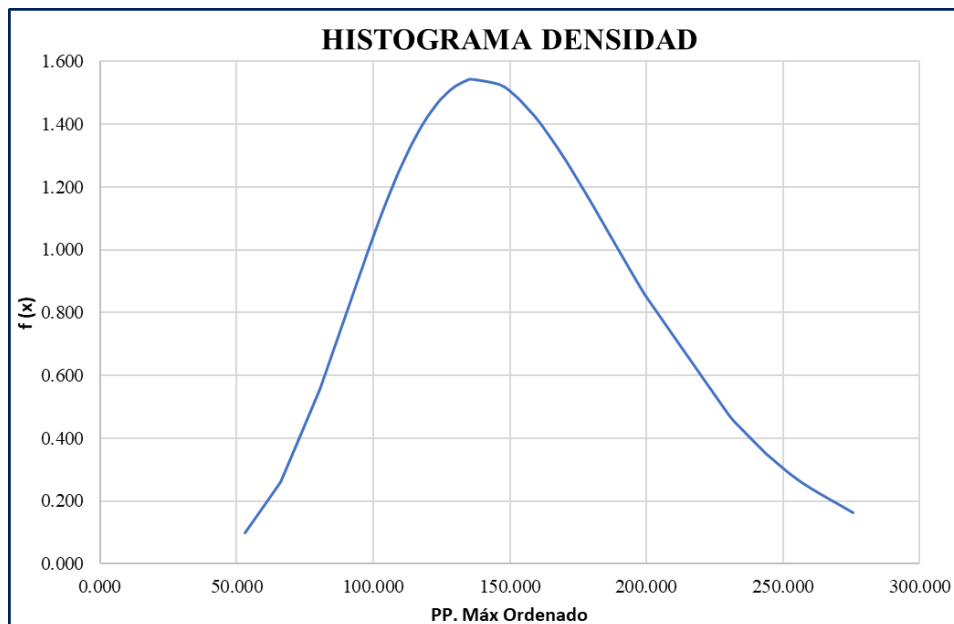
<b>Cálculo variables probabilísticas</b>	
$\mu_y = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln(x_i - x_0) = 5.2372$	
$\sigma_y = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [\ln(x_i - x_0) - \mu_y]^2 \right]^{\frac{1}{2}} = 0.2583$	
$x_0 = \frac{x_1 x_n - x_{mediana}^2}{x_1 + x_n - 2x_{mediana}} = -49.65616$	
Mediana	133.100
MEDIA	5.2372
DESV.EST.	0.2583
$X_0$	-49.65616
C.ASIMETRIA	0.1539

Fuente: Propia (2023)

De la *Tabla 12*, el coeficiente de asimetría es 0.1539 con la distribución Log Normal 3 parámetros, esto quiere decir que es el valor que más se ajusta a 0 y la que nosotros seleccionamos para trabajar. Además, se realizó un histograma acumulado y de densidad acuerdo con las precipitaciones máximas ordenas de mayor a menor y las funciones  $F(x)$  y  $f(x)$ .



**Figura 23.** Histograma acumulado - distribución Log Normal 3 parámetros; Fuente: Propia (2023).



**Figura 24.** Histograma densidad - distribución Log Normal 3 parámetros; Fuente: Propia (2023).

### 2.9.3. Precipitación máxima probable

En la *Tabla 13*, detallamos las precipitaciones máximas diarias posibles según el modelo de distribución elegido Log Normal 3 parámetro; y en la *Tabla 14* dicha

precipitación máxima para diferentes periodos de retorno considerando 2, 5, 10, 25, 50, 100, 150 y 500 años respectivamente, para contar con un valor de lluvias máximas representativo de la cuenca en estudio, corrigiendo así las precipitaciones incrementándolas en un 13%.

**Tabla 13**

*Distribución de probabilidades pluviométricas mediante LN3.*

Nº	Año	Mes	Precipitación (mm)	
		Máx. Precip.	$x_i$	$\ln(x_i-x_0)$
1	1968	FEB	81.00	5.78
2	1969	DIC	162.00	5.73
3	1970	OCT	103.00	5.69
4	1971	MAR	275.70	5.68
5	1972	MAR	113.80	5.65
6	1973	ABR	98.40	5.63
7	1974	FEB	128.20	5.52
8	1975	MAR	199.40	5.52
9	1976	ENE	130.40	5.50
10	1977	FEB	146.40	5.46
11	1978	MAY	65.60	5.45
12	1979	MAR	159.70	5.44
13	1980	OCT	130.40	5.39
14	1981	FEB	186.50	5.35
15	1982	OCT	124.80	5.35
16	1983	MAR	151.60	5.34
17	1984	FEB	233.60	5.34
18	1985	MAY	53.00	5.32
19	1986	ABR	120.20	5.31
20	1987	ENE	98.20	5.30
21	1988	ENE	109.70	5.28
22	1989	FEB	158.80	5.22
23	1990	ENE	101.80	5.21
24	1991	MAR	133.70	5.21
25	1992	MAR	66.60	5.21
26	1993	MAR	245.00	5.19
27	1994	MAR	170.20	5.19
28	1995	FEB	108.30	5.18
29	1996	FEB	124.00	5.16
30	1997	FEB	152.90	5.16
31	1998	MAR	257.00	5.16
32	1999	FEB	242.70	5.13
33	2000	FEB	161.10	5.13



34	2001	MAR	230.20	5.11
35	2002	MAR	133.10	5.10
36	2003	MAR	103.60	5.10
37	2004	NOV	123.70	5.07
38	2005	MAR	136.00	5.06
39	2006	MAR	199.30	5.04
40	2007	MAR	182.40	5.03
41	2008	FEB	133.30	5.03
42	2009	ENE	180.70	5.02
43	2010	MAR	154.00	5.00
44	2011	DIC	80.30	5.00
45	2012	ENE	105.50	4.87
46	2013	MAR	113.60	4.87
47	2014	DIC	116.80	4.76
48	2015	MAR	194.70	4.75
49	2016	MAR	119.00	4.63
Suma			7099.90	256.62

Fuente: Propia (2023).

**Tabla 14**

*Precipitaciones Máximas Probables para distintos periodos de retorno.*

Periodo de Retorno	Variable Reducida	Precip. (mm)	$\ln(XT-a)$	Prob. de Ocurrencia	Corrección Intervalo Fijo
Años	YT	XT'(mm)		F(xT)	XT (mm)
2	0.0000	138.49	5.24	0.500	156.489
5	0.8416	184.18	5.45	0.800	208.124
10	1.2816	212.33	5.57	0.900	239.928
25	1.7507	246.08	5.69	0.960	278.072
50	2.0537	270.17	5.77	0.980	305.288
100	2.3263	293.50	5.84	0.990	331.656
150	2.4747	306.91	5.88	0.993	346.810
500	2.8782	346.08	5.98	0.998	391.069

Fuente: Propia (2023).

Para obtener la curva IDF, procedemos aplicar los factores determinados por el MTC, puesto que se requieren las máximas precipitaciones en las distintas horas del día.

**Tabla 15**  
*Coefficientes de duración lluvias entre 1 a 24 hrs.*

T (horas)	Coefficiente
24	1.00
18	0.90
12	0.79
8	0.64
6	0.56
5	0.50
4	0.44
3	0.38
2	0.31
1	0.25

Fuente: MTC (2018).

En la *Tabla 16*, calculamos la precipitación máxima horaria en un rango de 1 a 24 horas para los distintos periodos de retorno considerando los coeficientes brindados por el MTC (*Tabla 15*).

**Tabla 16**  
*Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias.*

Tiempo de ajuste (hr)	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
	2a	5a	10a	25a	50a	100a	500a
24	156.49	208.12	239.93	278.07	305.29	331.66	391.07
18	140.84	187.31	215.94	250.26	274.76	298.49	351.96
12	123.63	164.42	189.54	219.68	241.18	262.01	308.94
8	100.15	133.20	153.55	177.97	195.38	212.26	250.28
6	87.63	116.55	134.36	155.72	170.96	185.73	219.00
5	78.24	104.06	119.96	139.04	152.64	165.83	195.53
4	68.86	91.57	105.57	122.35	134.33	145.93	172.07
3	59.47	79.09	91.17	105.67	116.01	126.03	148.61
2	48.51	64.52	74.38	86.20	94.64	102.81	121.23
1	39.12	52.03	59.98	69.52	76.32	82.91	97.77

Fuente: Propia (2023).

#### 2.9.4. Intensidad máxima probable

En la *Tabla 17*, calculamos las intensidades en base a las precipitaciones máximas calculadas anteriormente, dando así la intensidad de lluvia en mm/hr

(milímetros/hora), con la fórmula propuesta en la NORMA CE.040 (DRENAJE PLUVIAL).

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

**Tabla 17**

*Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia.*

Tiempo de duración (hr)	Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno						
	2a	5a	10a	25a	50a	100a	500a
24	6.520	8.672	9.997	11.586	12.720	13.819	16.295
18	7.824	10.406	11.996	13.904	15.264	16.583	19.553
12	10.302	13.702	15.795	18.306	20.098	21.834	25.745
8	12.519	16.650	19.194	22.246	24.423	26.532	31.286
6	14.606	19.425	22.393	25.953	28.494	30.955	36.500
5	15.649	20.812	23.993	27.807	30.529	33.166	39.107
4	17.214	22.894	26.392	30.588	33.582	36.482	43.018
3	19.822	26.362	30.391	35.222	38.670	42.010	49.535
2	24.256	32.259	37.189	43.101	47.320	51.407	60.616
1	39.122	52.031	59.982	69.518	76.322	82.914	97.767

Fuente: Propia (2023).

### 2.9.5. Curvas IDF

Para la representación matemática de la curva IDF en los distintos periodos de retorno (2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años) utilizamos la ecuación establecida por Bernard. Siendo esta la siguiente:

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

Donde:

- I = Intensidad (mm/hr)
- t = Duración de la lluvia (min)
- T = Período de retorno (años)
- K, m, n = Parámetros de ajuste

**Figura 25.** Ecuación matemática de las curvas IDF; Fuente: Bernard (1932).

En las siguientes tablas se calculan las representaciones matemáticas de las curvas IDF para cada uno de los periodos de retorno, dándonos así curvas de intensidad vs duración (*ver Anexo 2.5*).

En la *Tabla 18*, detallamos el resumen de aplicación de regresión potencial en base al periodo de retorno (2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años), a la constante de regresión y al coeficiente de regresión.

**Tabla 18**  
*Resumen de aplicación de regresión potencial*

Periodo de Retorno (años)	Término Ctte. de Regresión (d)	Coef. de Regresión [n]
2	336.0061	-0.5375
5	446.8737	-0.5375
10	515.1614	-0.5375
25	597.0617	-0.5375
50	655.4982	-0.5375
100	712.1153	-0.5375
500	839.6834	-0.5375
<b>Promedio =</b>	<b>586.0571</b>	<b>-0.5375</b>

Fuente: Propia (2023).

### 2.9.6. Resumen de aplicación de regresión potencial

En la *Tabla 19*, detallamos el resumen de Regresión de potencia según la distribución de Log Normal 3 Parámetros.

**Tabla 19**  
*Resumen de la regresión de potencia según la distribución Log Normal 3 Parámetros.*

Regresión de Potencia						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2	336.0061	0.6931	5.8171	4.0321	0.4805
2	5	446.8737	1.6094	6.1023	9.8212	2.5903
3	10	515.1614	2.3026	6.2445	14.3784	5.3019
4	25	597.0617	3.2189	6.3920	20.5751	10.3612
5	50	655.4982	3.9120	6.4854	25.3710	15.3039
6	100	712.1153	4.6052	6.5682	30.2479	21.2076
7	500	839.6834	6.2146	6.7330	41.8431	38.6214

Total	692	4102.3997	22.5558	44.3426	146.2689	93.8667
$\ln(K) =$	5.8197	$K =$	336.8836	$m =$	0.1598	

Fuente: Propia (2023).

Representación de la curva de la regresión de potencia para los distintos periodos de retorno (2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años).

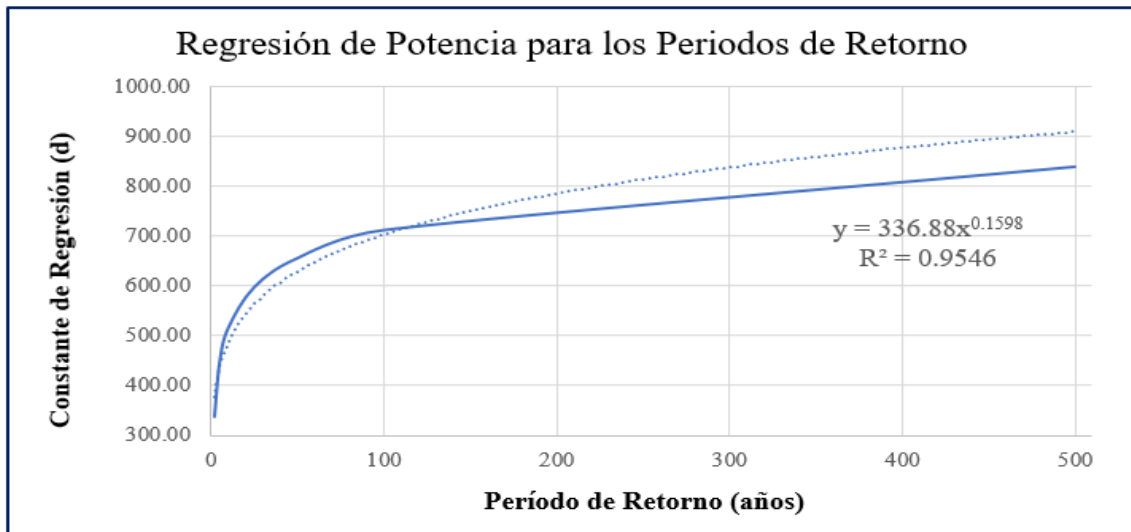


Figura 26. Constante de regresión (d) vs los Periodos de retorno; Fuente: Propia (2023).

### 2.9.7. Curvas IDF, válidas para nuestra cuenca.

Para la formula general de la curva IDF (Figura 26), se calcularon los parámetros de ajuste dando así la siguiente ecuación de intensidad válida para nuestra cuenca:

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

Donde: Constante de Regresión (K) = 336.8836  
 Coeficiente de Regresión (m) = 0.1598  
 Parámetro de Ajuste (n) = 0.5375

Figura 27. Valor de los parámetros de ajuste para la ecuación de la curva IDF; Fuente: Propia (2023).

En resumen, al final del proceso de cálculo se puede obtener la ecuación general de la curva intensidad-duración-frecuencia (IDF), la cual es de gran importancia para la creación de Hietogramas con períodos de retorno de 10 y 25 años puesto que es un objetivo planteado, para ser aplicadas en el software SWMM y evaluar más a fondo

el sistema de drenaje pluvial en la zona que

se está estudiando.

$$I = \frac{336.8836 * T^{0.1598}}{t^{0.5375}}$$

**Figura 28.** Ecuación general de intensidad válida para nuestra cuenca; Fuente: Propia (2023).

**Tabla 20**

*Tabla de Intensidades Máximas - Tiempo de duración.*

Años	Frecuencia (min)																							
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
2	158.44	109.16	87.78	75.21	66.71	60.48	55.67	51.81	48.63	45.96	43.66	41.67	39.91	38.35	36.96	35.70	34.55	33.51	32.55	31.66	30.84	30.08	29.37	28.71
5	183.43	126.37	101.62	87.06	77.22	70.01	64.45	59.98	56.30	53.20	50.55	48.24	46.21	44.40	42.78	41.33	40.00	38.79	37.68	36.65	35.71	34.82	34.00	33.23
10	204.91	141.17	113.53	97.26	86.27	78.22	72.00	67.01	62.90	59.44	56.47	53.89	51.62	49.60	47.80	46.17	44.69	43.33	42.09	40.95	39.89	38.90	37.98	37.13
25	237.22	163.44	131.43	112.60	99.87	90.55	83.35	77.58	72.82	68.81	65.37	62.38	59.76	57.42	55.33	53.45	51.73	50.17	48.73	47.41	46.18	45.04	43.97	42.98
50	265.01	182.58	146.82	125.79	111.57	101.16	93.11	86.66	81.35	76.87	73.03	69.69	66.76	64.15	61.81	59.71	57.79	56.04	54.44	52.96	51.59	50.31	49.13	48.01
100	296.05	203.97	164.02	140.52	124.64	113.00	104.02	96.81	90.87	85.87	81.58	77.85	74.58	71.66	69.05	66.70	64.56	62.61	60.81	59.16	57.63	56.21	54.88	53.64
500	382.88	263.79	212.13	181.74	161.19	146.15	134.53	125.21	117.53	111.06	105.51	100.69	96.45	92.68	89.31	86.26	83.50	80.97	78.65	76.51	74.53	72.69	70.97	69.37

Fuente: Propia (2023).

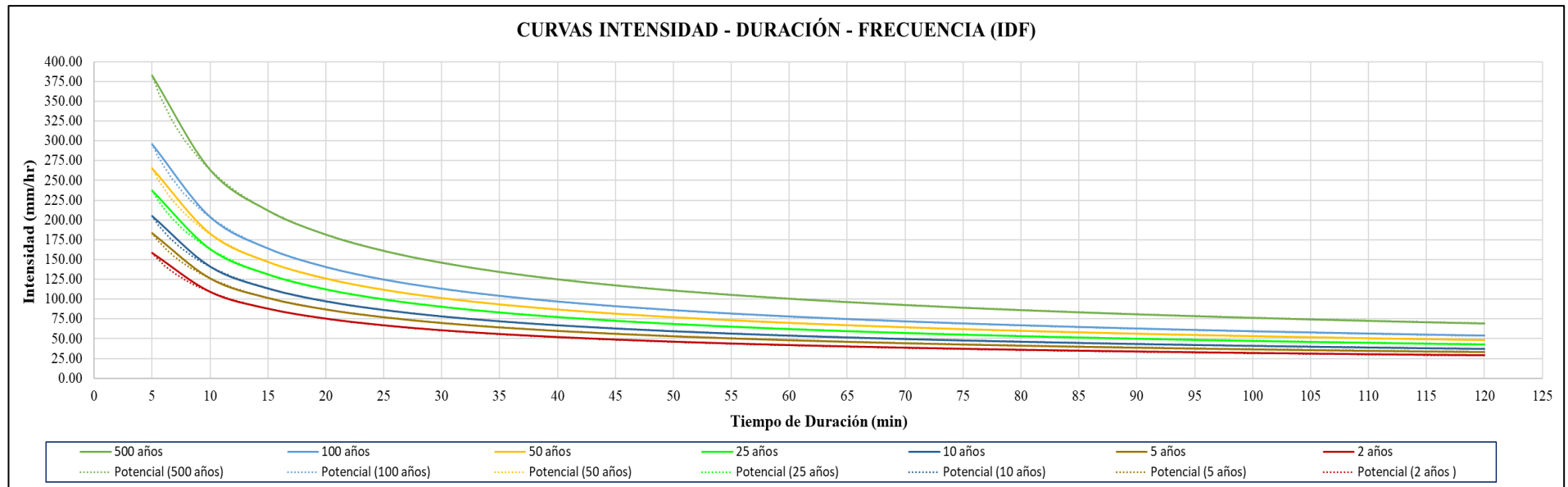


Figura 29. Curvas IDF, Fuente: Propia (2023).



### 3.4.8 Hietograma de diseño válidos para nuestra cuenca.

Para los objetivos que persigue nuestra investigación se obtuvieron los hietogramas de diseño a partir de la curva IDF para los periodos de retorno de 10 y 25 años, usando el Método de Bloque Alterno en base a la data para los hidrogramas (*ver Anexo 2.6*), los cuales serán de gran importancia a la hora de analizar el sistema en el programa SWMM.

En la Figura 31, detallamos el Hietograma formado para un periodo de retorno de 10 años para 2 horas de duración de lluvia.

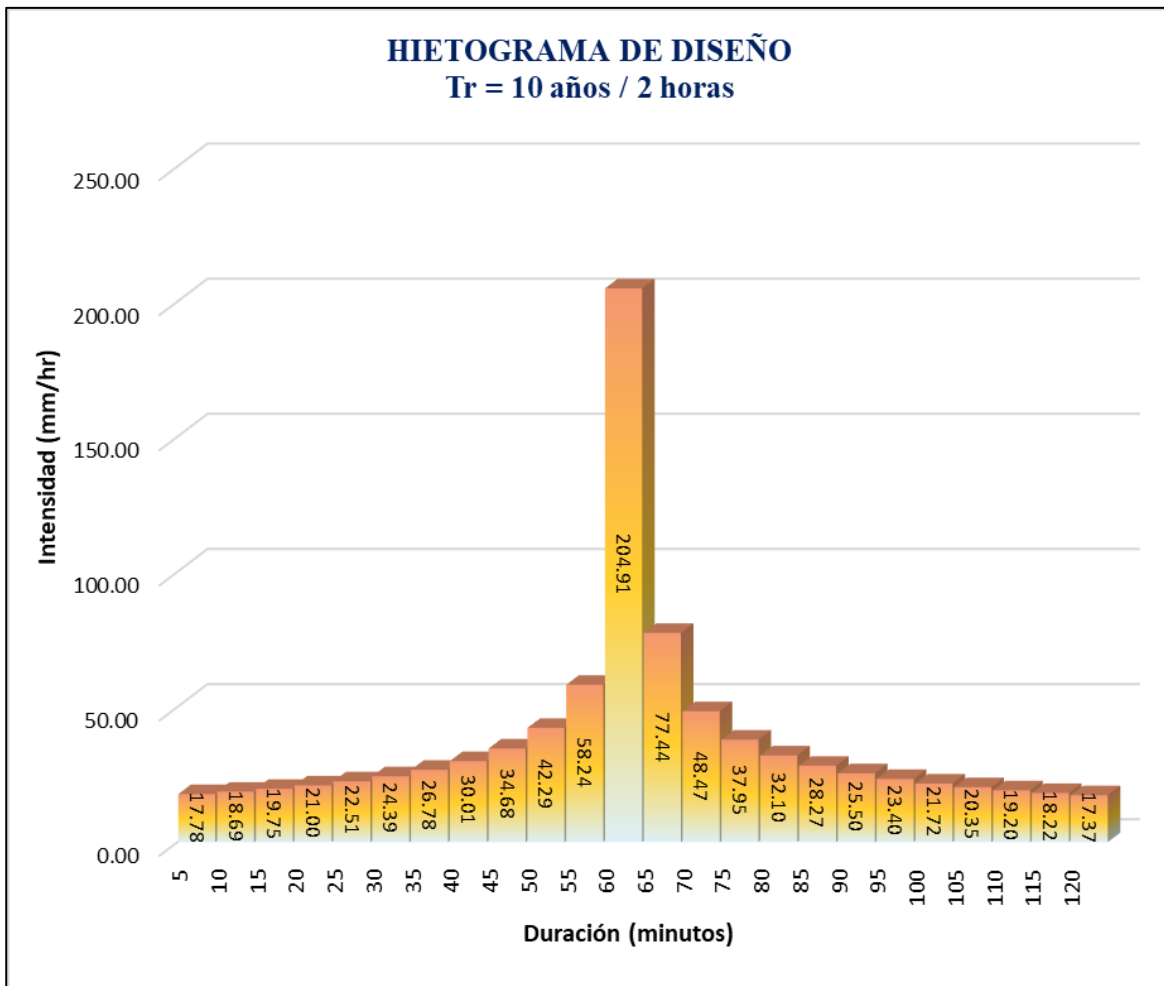


Figura 30. Hietograma de Diseño para Tr = 10 años / 2hrs; Fuente: Propio (2023).

En la Figura 32, detallamos el Hietograma formado para un periodo de retorno de 25 años para 2 horas de duración de lluvia.

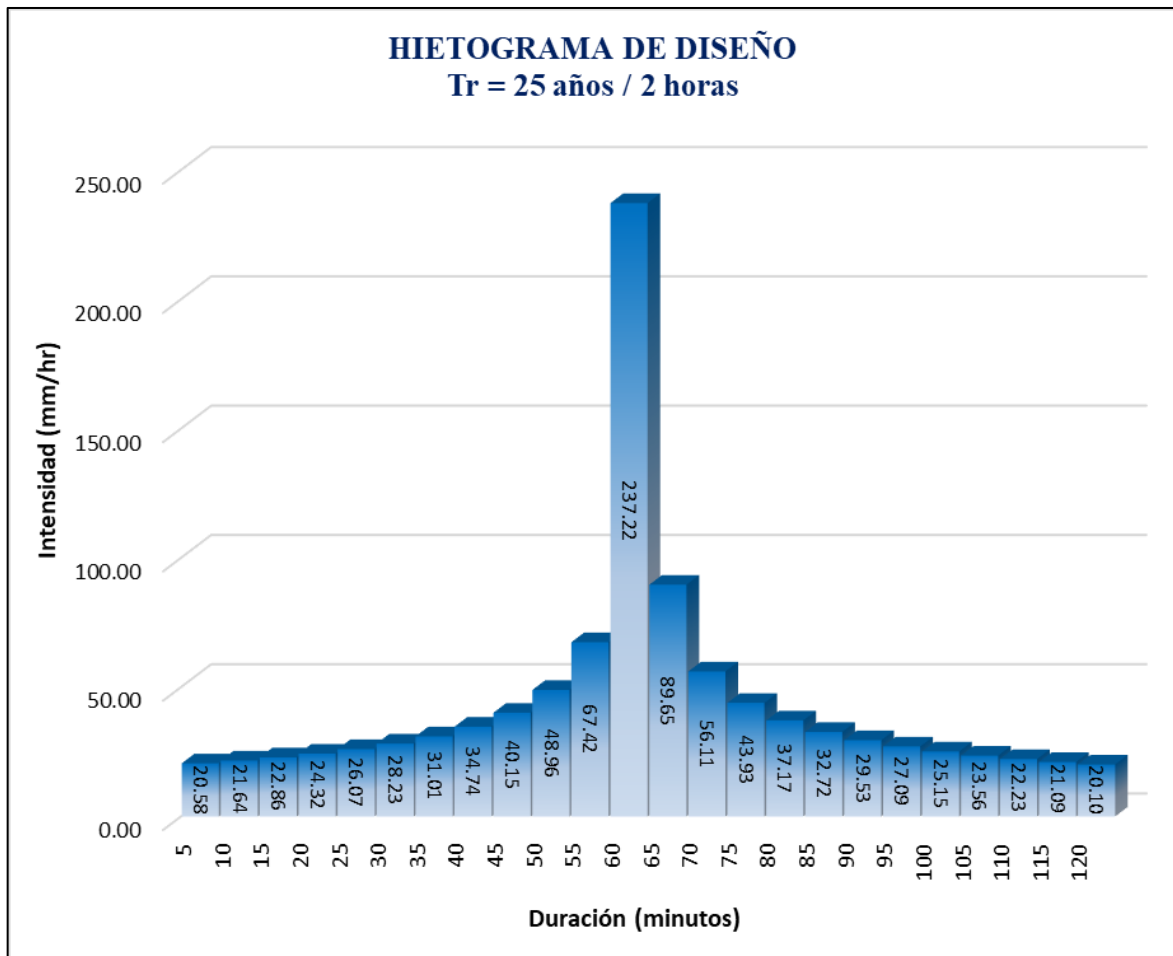


Figura 31. Hietograma de Diseño para Tr = 25 años / 2hrs; Fuente: Propio (2023).

## 2.10. Análisis Hidráulico

### *Pendiente de Tramos Colectores*

Dado el levantamiento topográfico, se procedió a calcular las pendientes de los diferentes tramos colectores por cuadras, para su uso en los cálculos hidráulicos del presente estudio.

**Tabla 21**

*Pendientes de los tramos colectores (calles) de las Áreas de Influencia - Zona de estudio.*

Calle	Cuadra	Áreas Trib.	Longitud Calle (m)	Cota Superior (m.s.n.m)	Cota Inferior (m.s.n.m)	Pendiente (%)
Av. Atahualpa	4	A1	133.67	2698.79	2695.29	2.618%
Av. Atahualpa	5	A53	74.82	2695.29	2693.29	2.673%
Av. San Martin de Porres	5	A2	79.49	2698.79	2698.43	0.453%
Av. San Martin de Porres	5	A3	65.42	2698.43	2698.16	0.413%
Av. San Martin de Porres	5	A5	106.04	2698.16	2697.2	0.905%
Av. San Martin de Porres	6	A7	43.08	2697.2	2696.82	0.882%
Av. San Martin de Porres	6	A9	43.90	2696.82	2696.83	0.023%
Av. San Martin de Porres	6	A11	38.09	2696.83	2696.79	0.105%
Av. San Martin de Porres	6	A13	45.03	2696.79	2697.03	0.533%
Av. San Martin de Porres	6	A15	52.86	2697.03	2696.84	0.359%
Av. San Martin de Porres	6	A17	39.63	2696.84	2696.64	0.505%
Av. San Martin de Porres	7	A19	61.55	2696.64	2697.21	0.926%
Av. San Martin de Porres	8	A21	131.53	2697.21	2696.73	0.365%
Av. San Martin de Porres	9	A23	128.73	2696.73	2695.63	0.855%
Av. San Martin de Porres	9	A25	70.49	2695.63	2695.04	0.837%
Av. San Martin de Porres	10	A27	66.99	2695.04	2695.17	0.194%
Av. San Martin de Porres	10	A29	63.94	2695.17	2695.14	0.047%
Av. San Martin de Porres	10	A31	74.42	2695.14	2694.88	0.349%
Av. San Martin de Porres	11	A33	101.57	2694.88	2695.2	0.315%
Av. San Martin de Porres	11	A35	129.88	2695.2	2694.87	0.254%
Av. San Martin de Porres	12	A37	79.24	2694.87	2694.92	0.063%
Av. San Martin de Porres	13	A39	120.19	2694.92	2695.34	0.349%
Av. San Martin de Porres	13	A41	108.62	2695.34	2695	0.313%
Av. San Martin de Porres	14	A196	109.81	2695	2694.97	0.027%
Av. San Martin de Porres	15	A42	64.71	2694.97	2694.85	0.185%
Av. San Martin de Porres	15	A44	100.92	2694.85	2694.59	0.258%
Av. San Martin de Porres	16	A46	93.86	2694.59	2694.54	0.053%
Av. San Martin de Porres	16	A48	171.00	2694.54	2694.27	0.158%
Av. San Martin de Porres	17	A50	102.36	2694.27	2694.34	0.068%
Av. San Martin de Porres	18	A52	112.80	2694.34	2692.74	1.418%
Av. Mártires de Uchuraccay	1	A54	62.32	2695.29	2694.39	1.444%
Av. Mártires de Uchuraccay	2	A56	110.89	2694.39	2693.41	0.884%
Av. Mártires de Uchuraccay	3	A57	48.13	2693.41	2693.07	0.706%
Av. Mártires de Uchuraccay	4	A59	42.00	2693.07	2692.82	0.595%
Av. Mártires de Uchuraccay	5	A61	38.40	2692.86	2692.96	0.260%
Av. Mártires de Uchuraccay	5	A63	41.22	2692.96	2692.92	0.097%
Av. Mártires de Uchuraccay	6	A68	77.46	2692.92	2692.48	0.568%
Av. Mártires de Uchuraccay	7	A71	56.38	2692.48	2692.77	0.514%
Av. Mártires de Uchuraccay	8	A73	133.43	2692.77	2693.29	0.390%
Av. Mártires de Uchuraccay	9	A74	58.01	2693.29	2693.15	0.241%
Av. Mártires de Uchuraccay	9	A75	73.72	2693.15	2692.72	0.583%
Av. Mártires de Uchuraccay	10	A76	58.47	2692.72	2692.52	0.342%
Av. Mártires de Uchuraccay	10	A77	68.52	2692.52	2691.78	1.080%
Av. Mártires de Uchuraccay	11	A78	65.67	2691.78	2691.57	0.320%
Av. Mártires de Uchuraccay	12	A79	75.62	2691.57	2691.52	0.066%
Av. Mártires de Uchuraccay	13	A81	180.63	2694.34	2686.23	4.490%
Av. Mártires de Uchuraccay	13	A82	54.43	2691.16	2690.87	0.533%
Av. Mártires de Uchuraccay	14	A83	139.41	2690.87	2690.47	0.287%

Av. Mártires de Uchuraccay	15	A85	71.05	2690.47	2690.41	0.084%
Av. Mártires de Uchuraccay	16	A87	128.81	2685.9	2689.87	3.082%
Av. Mártires de Uchuraccay	17	A89	111.21	2696.83	2689.66	6.447%
Av. Mártires de Uchuraccay	18	A91	115.65	2688.46	2689.1	0.553%
Av. Mártires de Uchuraccay	19	A92	58.07	2688.22	2688.46	0.413%
Av. Mártires de Uchuraccay	20	A93	104.25	2685.16	2688.22	2.935%
Av. Mártires de Uchuraccay	21	A95	99.58	2687.02	2688.91	1.898%
Av. Mártires de Uchuraccay	22	A96	173.40	2686.23	2687.02	0.456%
Av. Mártires de Uchuraccay	23	A97	100.77	2685.82	2686.23	0.407%
Av. Mártires de Uchuraccay	24	A98	172.24	2686.23	2685.82	0.238%
Av. Industrial	7	A100	137.54	2692.74	2687.58	3.752%
Av. Industrial	7	A99	60.13	2687.58	2685.82	2.927%
Av. Industrial	8	A101	149.70	2685.82	2680.91	3.280%
Av. Industrial	9	A199	137.90	2680.91	2676.85	2.944%
Av. Industrial	10	A198	129.26	2676.85	2673.58	2.530%
Av. Industrial	11	A172	177.20	2673.58	2667.88	3.217%
Jr. Juan Beato Macias	1	A138	29.58	2689.33	2689.32	0.034%
Jr. Juan Beato Macias	2	A141	94.70	2689.33	2689.09	0.253%
Jr. Juan Beato Macias	2	A191	42.97	2689.09	2689.06	0.070%
Jr. Juan Beato Macias	3	A176	59.12	2689.06	2689.05	0.017%
Jr. Juan Beato Macias	3	A146	79.51	2688.35	2688	0.440%
Jr. Juan Beato Macias	4	A147	116.53	2688.57	2688.35	0.189%
Jr. Juan Beato Macias	5	A149	61.46	2688.35	2688.34	0.016%
Jr. Juan Beato Macias	5	A150	73.44	2688.34	2688.02	0.436%
Jr. Juan Beato Macias	6	A185	102.89	2688.02	2687.59	0.418%
Jr. Juan Beato Macias	7	A115	63.57	2687.59	2687.35	0.378%
Jr. Juan Beato Macias	7	A114	84.11	2687.35	2687.07	0.333%
Jr. Juan Beato Macias	8	A60	66.35	2687.07	2686.83	0.362%
Jr. Juan Beato Macias	9	A113	134.64	2686.83	2685.9	0.691%
Jr. Juan Beato Macias	10	A189	110.56	2685.9	2686.03	0.118%
Jr. Juan Beato Macias	11	A194	125.21	2686.03	2685.95	0.064%
Jr. Juan Beato Macias	12	A193	53.90	2685.95	2685.19	1.410%
Jr. Juan Beato Macias	13	A174	106.11	2685.19	2685.16	0.028%
Jr. Juan Beato Macias	14	A109	105.30	2685.16	2685.42	0.247%
Jr. Juan Beato Macias	15	A192	174.20	2685.42	2684.42	0.574%
Jr. Juan Beato Macias	16	A201	48.16	2684.42	2683.73	1.433%
Jr. Juan Beato Macias	16	A200	104.21	2683.73	2682.68	1.008%
Jr. Juan Beato Macias	17	A102	98.32	2682.68	2681.09	1.617%
Jr. Emancipación	1	A4	106.10	2698.16	2694.39	3.553%
Jr. Emancipación	2	A55	63.77	2694.39	2693.29	1.725%
Jr. El Triunfo	1	A6	116.79	2697.2	2693.41	3.245%
Jr. El Triunfo	2	A128	99.12	2693.41	2690.84	2.593%
Jr. Victoria	1	A78	65.67	2691.78	2691.57	0.320%
Jr. Victoria	2	A130	120.13	2693.07	2690.04	2.522%
Jr. Las Delicias	1	A10	129.18	2696.83	2692.96	2.996%
Jr. Las Delicias	2	A132	130.03	2692.86	2690.04	2.169%
Psj. Diego Ferre	1	A12	130.74	2696.79	2692.92	2.960%
Psj. Diego Ferre	2	A62	95.26	2692.96	2690.85	2.215%
Jr. El Milagro	1	A14	55.18	2697.03	2695.46	2.845%
Jr. El Milagro	1	A65	47.50	2695.46	2694.04	2.989%
Jr. El Milagro	1	A64	40.99	2694.04	2692.92	2.732%
Jr. El Milagro	2	A125	107.75	2692.92	2690.72	2.042%
Jr. El Milagro	3	A134	46.25	2690.72	2689.87	1.838%

Psj. San Francisco	1	A67	55.47	2693.75	2694.04	0.523%
Psj. Santa Sofía	1	A66	53.23	2695.15	2695.46	0.582%
Psj. Santa Sofía	1	A16	61.86	2696.84	2695.15	2.732%
Psj. San Sebastián	1	A136	75.70	2690.72	2689.87	1.123%
Psje. Libertad	1	A18	65.26	2696.64	2694.74	2.911%
Psje. Libertad	1	A70	34.33	2692.77	2693.75	2.855%
Psje. Libertad	1	A69	43.87	2696.82	2692.48	9.893%
Psje. Libertad	2	A124	109.37	2692.48	2689.97	2.295%
Psje. Libertad	3	A137	66.58	2689.97	2688.35	2.433%
Jr. Los Andes	1	A20	134.10	2697.21	2692.77	3.311%
Jr. Los Andes	2	A72	135.86	2692.77	2689.33	2.532%
Jr. Los Andes	3	A140	58.09	2689.33	2688.13	2.066%
Jr. Girasoles	1	A22	120.41	2696.73	2693.29	2.857%
Jr. Girasoles	2	A122	138.75	2693.29	2689.06	3.049%
Jr. Girasoles	3	A144	76.55	2689.06	2686.51	3.331%
Psj. El Rosario	1	A121	136.22	2693.15	2689.05	3.010%
Jr. Los Gladiolos	1	A24	108.65	2695.63	2692.72	2.678%
Jr. Los Gladiolos	2	A120	130.71	2691.72	2688.57	2.410%
Psj. Los Granados	1	A26	97.06	2695.04	2692.52	2.596%
Psj. Los Granados	2	A119	93.34	2692.52	2689.36	3.385%
Jr. Los Geranios	1	A28	94.92	2695.17	2691.78	3.571%
Jr. Los Geranios	2	A118	114.03	2691.78	2688.35	3.008%
Jr. Los Geranios	3	A148	129.25	2688.35	2684.57	2.925%
Jr. Las Guirnaldas	1	A30	97.93	2695.14	2691.57	3.645%
Jr. Las Guirnaldas	2	A117	108.51	2691.57	2688.34	2.977%
Jr. Los Tulipanes	1	A32	106.37	2694.88	2691.52	3.159%
Jr. Los Tulipanes	2	A80	108.89	2691.52	2688.02	3.214%
Jr. Los Tulipanes	3	A152	137.07	2688.02	2683.55	3.261%
Jr. Colonial	1	A34	127.83	2695.2	2690.87	3.387%
Jr. Colonial	2	A116	102.55	2690.87	2687.59	3.198%
Jr. Colonial	3	A153	138.33	2687.59	2683.32	3.087%
Psj. Goicochea	1	A154	148.54	2687.35	2682.9	2.996%
Jr. Libertadores	1	A36	133.02	2694.87	2690.47	3.308%
Jr. Libertadores	2	A84	111.11	2690.47	2687.07	3.060%
Jr. Libertadores	3	A155	163.87	2687.07	2681.81	3.210%
Jr. Emancipadores	1	A38	137.66	2694.92	2690.41	3.276%
Jr. Emancipadores	2	A86	114.13	2690.41	2686.83	3.137%
Jr. Emancipadores	3	A156	169.86	2686.83	2681.23	3.297%
Jr. La República	1	A40	148.01	2695.34	2689.87	3.696%
Jr. La República	2	A88	115.60	2689.87	2685.9	3.434%
Jr. La República	3	A158	200.48	2685.9	2679.67	3.108%
Jr. Los Conquistadores	1	A195	140.70	2695	2689.66	3.795%
Jr. Los Conquistadores	2	A112	118.16	2689.66	2686.03	3.072%
Jr. Los Conquistadores	3	A159	178.73	2686.03	2680.27	3.223%
Av. Héroes del Cenepa	4	A90	158.36	2694.97	2689.1	3.707%
Av. Héroes del Cenepa	3	A111	115.23	2689.1	2685.95	2.734%
Av. Héroes del Cenepa	2	A160	254.05	2685.95	2677.64	3.271%
Psj. San Isidro	1	A43	165.18	2694.85	2688.46	3.869%
Psj. San Isidro	2	A110	110.23	2688.46	2685.19	2.967%
Jr. San Juan de Dios	1	A45	161.04	2694.59	2688.22	3.956%
Jr. San Juan de Dios	2	A94	108.26	2688.22	2685.16	2.827%
Jr. San Juan de Dios	3	A107	193.76	2685.16	2679.14	3.107%
Jr. Misión Bautista	1	A47	162.30	2694.54	2688.91	3.469%

Jr. Misión Bautista	2	A58	105.79	2688.91	2685.42	3.299%
Jr. Misión Bautista	3	A108	204.38	2685.42	2679.49	2.901%
Jr. Misión Bautista	4	A166	151.20	2679.49	2674.88	3.049%
Jr. Yahuarhuaca	1	A49	171.25	2694.27	2687.02	4.234%
Jr. Yahuarhuaca	2	A184	104.42	2687.02	2684.42	2.490%
Jr. Santa Beatriz	1	A51	100.65	2694.34	2686.23	8.058%
Jr. Santa Beatriz	2	A190	107.59	2686.23	2682.89	3.104%
Av. Vía de Evitamiento Sur	9	A135	75.85	2689.87	2688.35	2.004%
Av. Vía de Evitamiento Sur	10	A139	47.77	2695.46	2688.13	15.344%
Av. Vía de Evitamiento Sur	11	A142	96.95	2686.51	2687.34	0.856%
Av. Vía de Evitamiento Sur	12	A175	41.94	2689.05	2686.51	6.056%
Av. Vía de Evitamiento Sur	13-14	A145	268.30	2688	2684.57	1.278%
Av. Vía de Evitamiento Sur	15	A151	126.79	2684.57	2683.55	0.804%
Av. Vía de Evitamiento Sur	16	A177	102.58	2694.74	2683.32	11.133%
Av. Vía de Evitamiento Sur	18	A187	91.33	2681.9	2681.81	0.099%
Av. Vía de Evitamiento Sur	19	A197	62.40	2681.81	2681.23	0.929%
Av. Vía de Evitamiento Sur	20	A164	149.59	2674.88	2679.67	3.202%
Av. Vía de Evitamiento Sur	21	A163	110.59	2679.67	2678.81	0.778%
Av. Vía de Evitamiento Sur	22	A162	129.61	2678.81	2677.64	0.903%
Av. Vía de Evitamiento Sur	23	A161	162.07	2677.64	2676.42	0.753%
Av. Vía de Evitamiento Sur	24	A167	134.03	2672.36	2674.88	1.880%
Av. Vía de Evitamiento Sur	25-26	A168	203.39	2674.88	2672.36	1.239%
Av. Vía de Evitamiento Sur	27-18	A171	313.23	2672.36	2667.88	1.430%
Av. Vía de Evitamiento Sur	27	A173	226.48	2684.42	2677.12	3.223%
Av. Vía de Evitamiento Sur	1	A123	90.39	2691.758	2689.09	2.952%
Av. Vía de Evitamiento Sur	2	A143	70.26	2689.09	2687.3	2.548%
Jr. Victoria	1	A8	138.75	2696.82	2693.07	2.703%
Jr. Victoria	2	A130	120.13	2693.07	2690.04	2.522%
Prlg. Progreso	1	A127	120.46	2690.84	2691.04	0.166%
Prlg. Progreso	2	A131	39.90	2690.04	2690.03	0.025%
Prlg. Progreso	3	A129	57.76	2690.84	2690.04	1.385%

Fuente: Propia (2023).

Las pendientes van comprendidas desde 0.016% mínimo hasta 15.344% máximo.

### ***Cálculo del tiempo de Concentración e Intensidad***

La Norma Técnica CE. 040 (2021) nos presenta algunas fórmulas, de las cuales para este estudio se eligió trabajar con la fórmula que nos brinda la Federal Aviation Administration (*Figura 12*).

Por otro lado, para el cálculo de la Intensidad, se utilizó la ecuación de la línea de tendencia que nos presenta la curva IDF, para un periodo de retorno de 10 años.

**Tabla 22**

*Tiempo de Concentración e Intensidad de los tramos colectores (calles), para  $Tr = 10$  años.*

<b>N°</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Longitud(m)</b>	<b>Pendiente (%)</b>	<b>n</b>	<b>Tc(minutos)</b>	<b>I(mm/hr)</b>
-----------	-----------------------------	--------------------	----------------------	----------	--------------------	-----------------

A1	2891.64	133.67	2.618%	0.014	7.39	165.88
A10	4049.33	129.18	2.996%	0.014	6.95	171.51
A100	8414.82	137.54	3.752%	0.014	6.65	175.58
A101	3345.31	149.70	3.280%	0.014	7.26	167.54
A102	14666.64	98.32	1.617%	0.014	20.13	96.78
A107	18954.40	193.76	3.107%	0.014	8.41	154.79
A108	25279.36	204.38	2.901%	0.014	21.93	92.44
A109	3737.78	105.30	0.247%	0.014	14.42	115.82
A11	533.65	38.09	0.105%	0.014	11.53	130.62
A110	5981.75	110.23	2.967%	0.014	6.44	178.67
A111	8112.29	115.23	2.734%	0.014	6.77	173.98
A112	9639.26	118.16	3.072%	0.014	6.59	176.46
A113	10256.96	134.64	0.691%	0.014	11.57	130.37
A114	5466.65	84.11	0.333%	0.014	11.66	129.81
A115	3953.19	63.57	0.378%	0.014	9.72	143.16
A116	2593.26	102.55	3.198%	0.014	6.06	184.65
A117	5227.45	108.51	2.977%	0.014	6.38	179.54
A118	5644.65	114.03	3.008%	0.014	6.52	177.49
A119	4038.22	93.34	3.385%	0.014	5.67	191.32
A12	3997.90	130.74	2.960%	0.014	7.02	170.59
A120	6356.48	130.71	2.410%	0.014	7.52	164.42
A121	6482.47	136.22	3.010%	0.014	17.68	103.77
A122	6377.79	138.75	3.049%	0.014	7.16	168.77
A122	6377.79	138.75	3.049%	0.014	7.16	168.77
A123	5035.39	90.39	2.952%	0.014	5.84	188.30
A124	5380.52	109.37	2.295%	0.014	6.99	170.99
A125	4985.58	107.75	2.042%	0.014	7.21	168.12
A127	2264.37	120.46	0.166%	0.014	17.60	104.03
A128	4820.30	99.12	2.593%	0.014	6.39	179.46
A129	927.08	57.76	1.385%	0.014	6.01	185.45
A13	694.79	45.03	0.533%	0.014	7.30	167.09
A130	3786.03	120.13	2.522%	0.014	7.10	169.58
A131	485.04	39.90	0.025%	0.014	19.02	99.77
A132	4282.05	130.03	2.169%	0.014	7.77	161.57
A133	3274.49	84.91	0.200%	0.014	13.88	118.20
A134	270.38	46.25	1.838%	0.014	4.89	207.12
A135	1642.75	75.85	2.004%	0.014	6.09	184.15
A136	2546.86	75.70	1.123%	0.014	7.38	166.07
A137	1570.44	66.58	2.433%	0.014	5.35	197.48
A138	1229.63	29.58	0.034%	0.014	14.83	114.10
A139	687.58	47.77	15.344%	0.014	2.45	300.41
A14	1270.28	55.18	2.845%	0.014	4.62	213.62
A140	990.08	58.09	2.066%	0.014	5.28	198.93
A141	3320.96	94.70	0.253%	0.014	13.55	119.73
A142	2170.06	96.95	0.856%	0.014	9.14	148.00



A144	3217.44	76.55	3.331%	0.014	5.16	201.22
A145	11234.11	268.30	1.278%	0.014	13.30	120.94
A146	5447.05	79.51	0.440%	0.014	10.33	138.56
A147	7044.20	116.53	0.189%	0.014	16.59	107.41
A148	5848.30	129.25	2.925%	0.014	7.01	170.74
A149	3519.74	61.46	0.016%	0.014	27.27	82.20
A15	1358.27	52.86	0.359%	0.014	9.01	149.12
A150	4680.35	73.44	0.436%	0.014	9.96	141.29
A151	6477.37	126.79	0.804%	0.014	10.67	136.17
A152	6706.76	137.07	3.261%	0.014	6.96	171.38
A153	9217.13	138.33	3.087%	0.014	7.12	169.28
A154	8133.87	148.54	2.996%	0.014	7.45	165.18
A155	9735.42	163.87	3.210%	0.014	7.65	162.88
A156	11825.20	169.86	3.297%	0.014	7.72	162.09
A158	18866.96	200.48	3.108%	0.014	21.23	94.07
A159	23157.60	178.73	3.223%	0.014	19.80	97.65
A16	1051.75	61.86	2.732%	0.014	4.96	205.65
A160	21264.42	254.05	3.271%	0.014	9.47	145.25
A161	6836.89	162.07	0.753%	0.014	12.34	125.96
A162	5338.19	129.61	0.903%	0.014	10.38	138.19
A163	3414.68	110.59	0.778%	0.014	28.38	80.46
A164	4538.81	149.59	3.202%	0.014	7.32	166.85
A166	2479.60	151.20	3.049%	0.014	7.48	164.92
A167	7702.05	134.03	1.880%	0.014	8.27	156.21
A168	30742.95	203.39	1.239%	0.014	11.71	129.57
A169	15828.51	182.01	2.615%	0.014	8.63	152.63
A17	413.65	39.63	0.505%	0.014	6.97	171.25
A171	39898.31	313.23	1.430%	0.014	13.85	118.37
A172	5461.98	177.20	3.217%	0.014	7.95	159.55
A173	339.50	226.48	3.223%	0.014	8.98	149.41
A174	2017.69	106.11	0.028%	0.014	29.80	78.37
A175	1664.33	41.94	6.056%	0.014	3.13	263.34
A176	6429.25	59.12	0.017%	0.014	26.40	83.65
A177	5679.64	102.58	11.133%	0.014	4.00	230.91
A18	2305.94	65.26	2.911%	0.014	4.99	205.03
A180	4414.17	91.33	2.858%	0.014	5.94	186.69
A184	1733.78	104.42	2.490%	0.014	6.65	175.69
A185	3857.70	102.89	0.418%	0.014	32.33	75.00
A187	1969.69	91.33	0.099%	0.014	18.24	102.07
A188	1117.85	73.80	4.241%	0.014	4.68	212.21
A189	16733.33	110.56	0.118%	0.014	18.92	100.07
A19	879.11	61.55	0.926%	0.014	7.10	169.61
A190	10903.19	107.59	3.104%	0.014	6.27	181.31
A191	11723.22	42.97	0.070%	0.014	14.03	117.52
A192	1467.41	174.20	0.574%	0.014	14.00	117.67



A193	1733.78	53.90	1.410%	0.014	5.77	189.54
A194	3857.70	125.21	0.064%	0.014	24.67	86.75
A195	12319.70	140.70	3.795%	0.014	6.70	174.87
A196	1969.69	109.81	0.027%	0.014	30.67	77.17
A197	1117.85	62.40	0.929%	0.014	7.14	169.10
A198	16733.33	129.26	2.530%	0.014	7.36	166.36
A199	10903.19	137.90	2.944%	0.014	7.22	167.99
A2	1919.19	79.49	0.453%	0.014	10.23	139.28
A20	9644.10	134.10	3.311%	0.014	6.85	172.86
A200	11723.22	104.21	1.008%	0.014	24.27	87.52
A201	1467.41	48.16	1.433%	0.014	5.43	195.93
A21	2296.10	131.53	0.365%	0.014	14.15	117.01
A22	7230.98	120.41	2.857%	0.014	6.82	173.30
A23	5300.54	128.73	0.855%	0.014	10.54	137.09
A24	4753.67	108.65	2.678%	0.014	6.62	176.11
A25	702.91	70.49	0.837%	0.014	7.85	160.60
A26	4860.48	97.06	2.596%	0.014	6.32	180.52
A27	667.48	66.99	0.194%	0.014	12.46	125.28
A28	4549.68	94.92	3.571%	0.014	5.62	192.30
A28	4549.68	94.92	3.571%	0.014	5.62	192.30
A29	875.61	63.94	0.047%	0.014	19.54	98.34
A3	1579.31	65.42	0.413%	0.014	9.58	144.34
A30	4885.65	97.93	3.645%	0.014	5.67	191.39
A31	935.78	74.42	0.349%	0.014	10.80	135.32
A32	7627.33	106.37	3.159%	0.014	6.20	182.43
A33	1168.32	101.57	0.315%	0.014	13.06	122.17
A34	9428.68	127.83	3.387%	0.014	6.64	175.82
A35	3415.05	129.88	0.254%	0.014	15.86	110.03
A36	10198.28	133.02	3.308%	0.014	6.82	173.21
A37	1431.28	79.24	0.063%	0.014	19.71	97.89
A38	8897.75	137.66	3.276%	0.014	6.96	171.33
A39	2805.26	120.19	0.349%	0.014	13.72	118.96
A4	4954.66	106.10	3.553%	0.014	5.95	186.45
A40	11860.09	148.01	3.696%	0.014	6.94	171.69
A41	2364.82	108.62	0.313%	0.014	13.53	119.85
A42	945.11	64.71	0.185%	0.014	12.43	125.42
A43	9810.64	165.18	3.869%	0.014	7.22	168.06
A44	2610.85	100.92	0.258%	0.014	13.92	118.05
A45	11603.91	161.04	3.956%	0.014	7.07	169.89
A46	2539.58	93.86	0.053%	0.014	22.69	90.74
A47	9841.77	162.30	3.469%	0.014	7.42	165.59
A48	10806.17	171.00	0.158%	0.014	21.33	93.83
A49	9419.52	171.25	4.234%	0.014	17.70	103.73
A5	3921.96	106.04	0.905%	0.014	9.38	145.93
A50	2805.00	102.36	0.068%	0.014	58.96	54.29

A51	14782.25	100.65	8.058%	0.014	10.95	134.32
A52	3049.42	112.80	1.418%	0.014	8.33	155.56
A53	372.52	74.82	2.673%	0.014	5.49	194.63
A54	2909.46	62.32	1.444%	0.014	6.16	183.07
A55	2293.35	63.77	1.725%	0.014	5.87	187.83
A56	5931.23	110.89	0.884%	0.014	9.67	143.56
A57	1511.39	48.13	0.706%	0.014	6.87	172.63
A58	6159.49	105.79	3.299%	0.014	6.09	184.13
A59	1128.28	42.00	0.595%	0.014	6.79	173.66
A6	4841.68	116.79	3.245%	0.014	6.43	178.77
A60	2300.33	66.35	0.362%	0.014	10.08	140.44
A61	1110.23	38.40	0.260%	0.014	8.55	153.38
A62	3203.34	95.26	2.215%	0.014	6.60	176.34
A63	1016.72	41.22	0.097%	0.014	12.31	126.07
A64	841.10	40.99	2.732%	0.014	4.04	229.73
A65	1302.46	47.50	2.989%	0.014	4.22	224.39
A66	1829.19	53.23	0.582%	0.014	7.70	162.30
A67	1842.31	55.47	0.523%	0.014	8.15	157.43
A68	2348.13	77.46	0.568%	0.014	9.37	146.06
A69	1898.47	43.87	9.893%	0.014	2.72	284.11
A7	774.70	43.08	0.882%	0.014	6.03	185.08
A70	2734.47	34.33	2.855%	0.014	3.64	242.85
A71	1706.61	56.38	0.514%	0.014	8.26	156.29
A72	9081.75	135.86	2.532%	0.014	7.54	164.17
A73	5049.59	133.43	0.390%	0.014	13.94	117.94
A74	3848.96	58.01	0.241%	0.014	10.78	135.41
A75	4586.90	73.72	0.583%	0.014	24.49	87.09
A76	1653.31	58.47	0.342%	0.014	9.64	143.85
A77	2015.12	68.52	1.080%	0.014	7.11	169.40
A78	1805.90	65.67	0.320%	0.014	10.45	137.75
A79	2083.71	75.62	0.066%	0.014	18.96	99.97
A8	4131.03	122.77	2.703%	0.014	7.01	170.69
A80	4615.00	108.89	3.214%	0.014	6.23	181.85
A81	2777.04	48.77	4.490%	0.014	3.73	239.66
A82	3226.79	54.43	0.533%	0.014	21.69	92.98
A83	8100.52	139.41	0.287%	0.014	15.78	110.33
A84	5570.23	111.11	3.060%	0.014	6.40	179.28
A85	2239.19	71.05	0.084%	0.014	16.93	106.22
A86	4275.13	114.13	3.137%	0.014	6.43	178.79
A87	9109.52	128.81	3.082%	0.014	6.87	172.52
A88	6019.85	115.60	3.434%	0.014	6.28	181.09
A89	4399.35	111.21	6.447%	0.014	4.99	204.86
A9	667.01	43.90	0.023%	0.014	20.60	95.59
A90	11335.47	158.36	3.707%	0.014	7.17	168.68
A91	3502.06	115.65	0.553%	0.014	11.55	130.52

A92	1343.25	58.07	0.413%	0.014	9.02	149.08
A93	4024.95	104.25	2.935%	0.014	6.29	181.03
A94	8028.30	108.26	2.827%	0.014	6.49	177.99
A95	3227.21	99.58	1.898%	0.014	7.10	169.49
A96	17840.19	173.40	0.456%	0.014	40.79	66.20
A97	4462.85	100.77	0.407%	0.014	11.94	128.18
A98	19420.41	172.24	0.238%	0.014	18.67	100.80
A98	19420.41	172.24	0.238%	0.014	18.67	100.80
A99	2516.29	60.13	2.927%	0.014	4.78	209.80

Fuente: Propia (2023).

### ***Cálculo del Caudal de Demanda***

Una vez obtenida la intensidad, calcularemos los caudales de las diferentes calles que conforman el sector de acuerdo a sus áreas de influencia, a partir de estos valores se puede estimar la capacidad hidráulica de las calles, según lo descrito en teoría es necesario utilizar el método racional, porque se usa cuando la cuenca consta de varias subcuencas; el caudal máximo se puede calcular aplicando la siguiente fórmula:

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

Donde:

$Q$ : Caudal pico en m<sup>3</sup>/s

$i$ : Intensidad de la lluvia en mm/hora

$C_j$ : Coeficiente de escorrentía de subcuenca

$A_j$ : Área de drenaje de subcuenca en km<sup>2</sup>

$m$ : Número total de subcuencas drenadas por alcantarillas o canales

El coeficiente de escorrentía para esta área la elegimos de acuerdo a las características de la superficie: concreto y zonas verdes para un periodo de retorno de 10 años, según (*Figura 11*), teniendo valores de:

- C= 0.83 (Concreto/Techo).

- C= 0.37 Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área) - Plano, 0 - 2%.

- C= 0.43 Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área) - Promedio, 2 - 7%.

**Tabla 23**

*Caudal de Demanda de los tramos colectores (calles), para  $T_r = 10$  años - Zona en estudio.*

Q de Área	C	I(mm/hr)	Área (Km <sup>2</sup> )	Q(m <sup>3</sup> /s)
A1	0.83	165.88	0.002892	0.111
A10	0.83	171.51	0.004049	0.160
A100	0.83	175.58	0.008415	0.341
A101	0.83	167.54	0.003345	0.129
A102	0.37	96.78	0.014667	0.146
A107	0.83	154.79	0.018954	0.677
A108	0.43	92.44	0.025279	0.279
A109	0.83	115.82	0.003738	0.100
A11	0.83	130.62	0.000534	0.016
A110	0.83	178.67	0.005982	0.247
A111	0.83	173.98	0.008112	0.326
A112	0.83	176.46	0.009639	0.392
A113	0.83	130.37	0.010257	0.309
A114	0.83	129.81	0.005467	0.164
A115	0.83	143.16	0.003953	0.131
A116	0.83	184.65	0.002593	0.110
A117	0.83	179.54	0.005227	0.217
A118	0.83	177.49	0.005645	0.231
A119	0.83	191.32	0.004038	0.178
A12	0.83	170.59	0.003998	0.157
A120	0.83	164.42	0.006356	0.241
A121	0.43	103.77	0.006482	0.080
A122	0.83	168.77	0.006378	0.248
A122	0.83	168.77	0.006378	0.248
A123	0.83	188.30	0.005035	0.219
A124	0.83	170.99	0.005381	0.212
A125	0.83	168.12	0.004986	0.193
A127	0.83	104.03	0.002264	0.054
A128	0.83	179.46	0.004820	0.200
A129	0.83	185.45	0.000927	0.040
A13	0.83	167.09	0.000695	0.027
A130	0.83	169.58	0.003786	0.148
A131	0.83	99.77	0.000485	0.011
A132	0.83	161.57	0.004282	0.160

A133	0.83	118.20	0.003274	0.089
A134	0.83	207.12	0.000270	0.013
A135	0.83	184.15	0.001643	0.070
A136	0.83	166.07	0.002547	0.098
A137	0.83	197.48	0.001570	0.072
A138	0.83	114.10	0.001230	0.032
A139	0.83	300.41	0.000688	0.048
A14	0.83	213.62	0.001270	0.063
A140	0.83	198.93	0.000990	0.045
A141	0.83	119.73	0.003321	0.092
A142	0.83	148.00	0.002170	0.074
A144	0.83	201.22	0.003217	0.149
A145	0.83	120.94	0.011234	0.313
A146	0.83	138.56	0.005447	0.174
A147	0.83	107.41	0.007044	0.175
A148	0.83	170.74	0.005848	0.230
A149	0.83	82.20	0.003520	0.067
A15	0.83	149.12	0.001358	0.047
A150	0.83	141.29	0.004680	0.153
A151	0.83	136.17	0.006477	0.204
A152	0.83	171.38	0.006707	0.265
A153	0.83	169.28	0.009217	0.360
A154	0.83	165.18	0.008134	0.310
A155	0.83	162.88	0.009735	0.366
A156	0.83	162.09	0.011825	0.442
A158	0.43	94.07	0.018867	0.212
A159	0.43	97.65	0.023158	0.270
A16	0.83	205.65	0.001052	0.050
A160	0.83	145.25	0.021264	0.713
A161	0.83	125.96	0.006837	0.199
A162	0.83	138.19	0.005338	0.170
A163	0.34	80.46	0.003415	0.026
A164	0.83	166.85	0.004539	0.175
A166	0.83	164.92	0.002480	0.094
A167	0.83	156.21	0.007702	0.278
A168	0.83	129.57	0.030743	0.919
A169	0.83	152.63	0.015829	0.557
A17	0.83	171.25	0.000414	0.016
A171	0.83	118.37	0.039898	1.090
A172	0.83	159.55	0.005462	0.201
A173	0.83	149.41	0.000340	0.012
A174	0.83	78.37	0.002018	0.036
A175	0.83	263.34	0.001664	0.101
A176	0.83	83.65	0.006429	0.124
A177	0.83	230.91	0.005680	0.303

A18	0.83	205.03	0.002306	0.109
A180	0.83	186.69	0.004414	0.190
A184	0.83	175.69	0.001734	0.070
A185	0.37	75.00	0.003858	0.030
A187	0.83	102.07	0.001970	0.046
A188	0.83	212.21	0.001118	0.055
A189	0.83	100.07	0.016733	0.386
A19	0.83	169.61	0.000879	0.034
A190	0.83	181.31	0.010903	0.456
A191	0.83	117.52	0.011723	0.318
A192	0.83	117.67	0.001467	0.040
A193	0.83	189.54	0.001734	0.076
A194	0.83	86.75	0.003858	0.077
A195	0.83	174.87	0.012320	0.497
A196	0.83	77.17	0.001970	0.035
A197	0.83	169.10	0.001118	0.044
A198	0.83	166.36	0.016733	0.642
A199	0.83	167.99	0.010903	0.423
A2	0.83	139.28	0.001919	0.062
A20	0.83	172.86	0.009644	0.385
A200	0.37	87.52	0.011723	0.106
A201	0.83	195.93	0.001467	0.066
A21	0.83	117.01	0.002296	0.062
A22	0.83	173.30	0.007231	0.289
A23	0.83	137.09	0.005301	0.168
A24	0.83	176.11	0.004754	0.193
A25	0.83	160.60	0.000703	0.026
A26	0.83	180.52	0.004860	0.202
A27	0.83	125.28	0.000667	0.019
A28	0.83	192.30	0.004550	0.202
A28	0.83	192.30	0.004550	0.202
A29	0.83	98.34	0.000876	0.020
A3	0.83	144.34	0.001579	0.053
A30	0.83	191.39	0.004886	0.216
A31	0.83	135.32	0.000936	0.029
A32	0.83	182.43	0.007627	0.321
A33	0.83	122.17	0.001168	0.033
A34	0.83	175.82	0.009429	0.383
A35	0.83	110.03	0.003415	0.087
A36	0.83	173.21	0.010198	0.408
A37	0.83	97.89	0.001431	0.032
A38	0.83	171.33	0.008898	0.352
A39	0.83	118.96	0.002805	0.077
A4	0.83	186.45	0.004955	0.213
A40	0.83	171.69	0.011860	0.470

A41	0.83	119.85	0.002365	0.065
A42	0.83	125.42	0.000945	0.027
A43	0.83	168.06	0.009811	0.380
A44	0.83	118.05	0.002611	0.071
A45	0.83	169.89	0.011604	0.455
A46	0.83	90.74	0.002540	0.053
A47	0.83	165.59	0.009842	0.376
A48	0.83	93.83	0.010806	0.234
A49	0.43	103.73	0.009420	0.117
A5	0.83	145.93	0.003922	0.132
A50	0.37	54.29	0.002805	0.016
A51	0.43	134.32	0.014782	0.237
A52	0.83	155.56	0.003049	0.109
A53	0.83	194.63	0.000373	0.017
A54	0.83	183.07	0.002909	0.123
A55	0.83	187.83	0.002293	0.099
A56	0.83	143.56	0.005931	0.196
A57	0.83	172.63	0.001511	0.060
A58	0.83	184.13	0.006159	0.262
A59	0.83	173.66	0.001128	0.045
A6	0.83	178.77	0.004842	0.200
A60	0.83	140.44	0.002300	0.075
A61	0.83	153.38	0.001110	0.039
A62	0.83	176.34	0.003203	0.130
A63	0.83	126.07	0.001017	0.030
A64	0.83	229.73	0.000841	0.045
A65	0.83	224.39	0.001302	0.067
A66	0.83	162.30	0.001829	0.068
A67	0.83	157.43	0.001842	0.067
A68	0.83	146.06	0.002348	0.079
A69	0.83	284.11	0.001898	0.124
A7	0.83	185.08	0.000775	0.033
A70	0.83	242.85	0.002734	0.153
A71	0.83	156.29	0.001707	0.062
A72	0.83	164.17	0.009082	0.344
A73	0.83	117.94	0.005050	0.137
A74	0.83	135.41	0.003849	0.120
A75	0.37	87.09	0.004587	0.041
A76	0.83	143.85	0.001653	0.055
A77	0.83	169.40	0.002015	0.079
A78	0.83	137.75	0.001806	0.057
A79	0.83	99.97	0.002084	0.048
A8	0.83	170.69	0.004131	0.163
A80	0.83	181.85	0.004615	0.194
A81	0.83	239.66	0.002777	0.154

A82	0.37	92.98	0.003227	0.031
A83	0.83	110.33	0.008101	0.206
A84	0.83	179.28	0.005570	0.230
A85	0.83	106.22	0.002239	0.055
A86	0.83	178.79	0.004275	0.176
A87	0.83	172.52	0.009110	0.363
A88	0.83	181.09	0.006020	0.252
A89	0.83	204.86	0.004399	0.208
A9	0.83	95.59	0.000667	0.015
A90	0.83	168.68	0.011335	0.441
A91	0.83	130.52	0.003502	0.105
A92	0.83	149.08	0.001343	0.046
A93	0.83	181.03	0.004025	0.168
A94	0.83	177.99	0.008028	0.330
A95	0.83	169.49	0.003227	0.126
A96	0.37	66.20	0.017840	0.121
A97	0.83	128.18	0.004463	0.132
A98	0.83	100.80	0.019420	0.452
A98	0.83	100.80	0.019420	0.452
A99	0.83	209.80	0.002516	0.122

Fuente: Propio (2023).

Caudal máximo calculado para A171 perteneciente a la Av. Vía de Evitamiento Sur - C27 específicamente, llega a captar un caudal máximo de 1.090 m<sup>3</sup>/s, es la calle que capta la mayor cantidad de flujo en comparación a las otras calles, por último la calle que menos caudal capta es A131 perteneciente a la Prolog. Progreso - C2 capta un caudal de 0.011 m<sup>3</sup>/s.

### ***Cálculo del caudal del área aportante.***

Calculamos el Caudal de Aporte del Área delimitada anteriormente, de la cual obtendremos un caudal general que se dividirá entre los 27 nodos adyacentes de la cuenca principal en estudio.

**Tabla 24**  
*Datos de la Cuenca Aportante*

<b>CUENCA APORTANTE</b>	
LONGITUD	694.07 m
ÁREA TOTAL	2.884640 Km <sup>2</sup>
ÁREA PASTOS (S%<2)	0.051525 Km <sup>2</sup>



ÁREA PASTOS (S%>2)	0.332775 Km <sup>2</sup>
ÁREA CONCRETO	2.500341 Km <sup>2</sup>

Fuente: Propia (2023).

El coeficiente de escorrentía para esta área la elegimos de acuerdo a lo indicado en el cálculo anterior de escorrentía de la cuenca en estudio, por otra parte, como se tiene un área global de aporte se procede a determinar un coeficiente de escorrentía general multiplicando cada área con su factor.

**Tabla 25**

*Coeficiente de Escorrentía general para la Cuenca Aportante.*

<b>Coeficiente de Escorrentía General</b>	
C1 =	0.83
C2 =	0.37
C3 =	0.43
<b>Cw =</b>	<b>0.7756</b>

Fuente: Propio (2023).

Obtenido el coeficiente de escorrentía general, longitud y pendiente de la cuenca aportante procedemos a calcular el tiempo de concentración con la fórmula que nos brinda la Federal Aviation Administration (*Figura 12*).

**Tabla 26**

*Valor del Tiempo de Concentración para la Cuenca Aportante.*

<b>Tiempo de Concentración</b>	
Longitud =	694.07 m
S% (pendiente) =	0.0571 m/m
Cw (coef. Esc. general) =	0.7756
<b>Tc =</b>	<b>15.5968 min</b>

Fuente: Propio (2023).

Calculado el tiempo de concentración, determinamos Intensidad, utilizando la ecuación de la línea de tendencia que nos presenta la curva IDF, para un periodo de retorno de 10 años dándonos un valor de Intensidad de 111.0265 mm/hr, para la cuenca aportante.

$$y = 486.72x^{-0.538}$$

$$R^2 = 1$$

**Figura 32.** Ecuación de línea de tendencia - Tr = 10 años.

Teniendo todos los valores de Área, Coeficiente de escorrentía e Intensidad para la cuenca aportante, procedemos a calcular el caudal máximo de esta, y el caudal aportante uniforme acumulado a cada uno de los 27 nodos.

**Tabla 27**  
*Caudal máximo de la Cuenca Aportante*

<b>Caudal Máx. Aportante</b>	
$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$	
Cw =	0.7756
Intensidad =	111.0265 mm/hr
Área =	2.8846 km <sup>2</sup>
<b>Q =</b>	<b>0.6900 m<sup>3</sup>/s</b>
<b>Q / 27 =</b>	<b>0.0256 m<sup>3</sup>/s</b>

Fuente: Propia (2023).

**Tabla 28**  
*Caudal Acumulado en cada nodo de descarga*

<b>Punto de Descarga (nodo)</b>	<b>Q(m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Punto de Descarga (nodo)</b>	<b>Q(m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Punto de Descarga (nodo)</b>	<b>Q(m<sup>3</sup>/s)</b>
N1	0.026	N38	1.951	N75	2.431
N2	0.186	N39	2.859	N76	0.088
N3	0.527	N40	0.148	N77	0.569
N4	0.799	N41	1.919	N78	2.784
N5	0.111	N42	0.596	N79	0.693
N6	0.662	N43	0.927	N80	0.709
N7	0.506	N44	1.237	N81	5.302
N8	1.522	N45	0.718	N82	1.832
N9	1.854	N46	0.333	N83	0.156
N10	2.14	N47	0.117	N84	0.951
N11	2.346	N48	0.026	N85	1.255
N12	1.555	N49	1.769	N86	0.777
N13	0.375	N50	0.063	N87	0.239
N14	2.652	N51	0.745	N88	1.434
N15	3.393	N52	1.047	N89	1.757

N16	0.125	N53	1.373	N90	0.07
N17	1.411	N54	1.771	N91	1.144
N18	3.617	N55	1.383	N92	1.359
N19	0.317	N56	0.026	N93	1.231
N20	0.721	N57	0.099	N94	1.951
N21	1.268	N58	1.884	N95	1.724
N22	1.776	N59	2.441	N96	1.079
N23	1.419	N60	0.047	N97	0.13
N24	0.966	N61	1.237	N98	2.437
N25	0.288	N62	1.253	N99	0.522
N26	1.547	N63	1.679	N100	2.292
N27	2.638	N64	2.414	N101	2.237
N28	0.157	N65	2.505	N102	0.035
N29	1.138	N66	1.604	N103	1.668
N30	2.654	N67	0.305	N104	1.047
N31	0.364	N68	2.461	N105	1.015
N32	1.197	N69	3.144	N106	1.043
N33	1.21	N70	3.194	N107	1.465
N34	1.887	N71	2.547	N108	0.834
N35	1.807	N72	0.499	N109	0.407
N36	0.684	N73	0.66	N110	1.163
N37	0.13	N74	1.072	N111	0.211

Fuente: Propia (2023).

El Caudal máximo acumulado se encuentra en el nodo N81 perteneciente a la Av. Vía de Evitamiento Sur en intersección con el Jr. Los Conquistadores, llega a captar un caudal máximo de 5.302 m<sup>3</sup>/s, en comparación con otros nodos, dado que el nodo que menos caudal capta es el nodo N1 perteneciente a Av. Atahualpa intersección con Av. San Martín de porres, capta un caudal de 0.026 m<sup>3</sup>/s, dicho caudal es generado por el Área aportante.

### *Cálculo Caudal de Oferta*

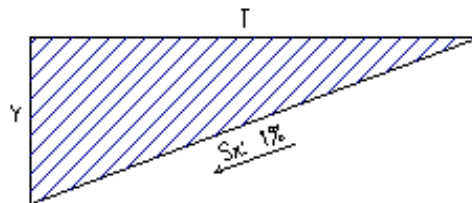
#### ➤ **Capacidad Hidráulica**

Es la cantidad de agua que se podrá escurrir por la vía de acuerdo con las características que esta presenta. Para el cálculo de la capacidad hidráulica usaremos la fórmula de IZZARD (donde se asume

$$Q = 0.00175 * \left(\frac{Z}{n}\right) * S_0^{\frac{1}{2}} * Y^{\frac{8}{3}} ; z = \frac{1}{S_x}$$

que la calle tiene forma triangular para facilitar el cálculo).

Q	Caudal que se escurre en lt/s
Y	Inundación permitida (cm)
S0	Pendiente longitudinal
Sx	Pendiente transversal
n	Coefficiente de rugosidad de Manning (0.016 para PF)



Procedemos a calcular la capacidad portante de cada calle, con la formula antes expuesta en esta parte solo se colocara algunos cálculos para la Av. San Martín de Porres, los demás cálculos de todas las calles estarán en el (Anexo 9).

❖ **CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LA AVENIDA SAN MARTIN DE PORRES**

**Tabla 29**

Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres - cuadra 5

Pavimento	Flexible	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.021	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.092	m3/s
Ancho de la calle	b	15.02	metros
Pendiente longitudinal	S0	0.004529	%
Pendiente transversal	Sx	1	%
Inundación permitida	y	10	cm
	Q/2	0.034	m3/s
	<b>Q</b>	<b>0.068</b>	<b>m3/s</b>

Como  $Q > Qes$  entonces no se requiere de cunetas o colector

**Tabla 30**

Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 5 (a)

Pavimento	Flexible	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.050	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.050	m3/s
Ancho de la calle	b	18.25	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.69	%
Pendiente transversal	Sx	1	%

Inundación permitida	y	8	cm
	Q/2	0.364	m3/s
	<b>Q</b>	<b>0.728</b>	<b>m3/s</b>

**Tabla 31**

*Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 5 (b)*

Pavimento	Flexible	Acera	Concreto
Q. escorrentia inicial	Qesi	0.043	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.043	m3/s
Ancho de la calle	b	18.25	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.69	%
Pendiente transversal	Sx	1	%
Inundación permitida	y	8	cm
	Q/2	0.364	m3/s
	<b>Q</b>	<b>0.728</b>	<b>m3/s</b>

**Tabla 32**

*Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 6*

Pavimento	Flexible	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.0114	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.0114	m3/s
Ancho de la calle	b	18.25	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.69	%
Pendiente transversal	Sx	1	%
Inundación permitida	y	8	cm
	Q/2	0.364	m3/s
	<b>Q</b>	<b>0.728</b>	<b>m3/s</b>

**Tabla 33**

*Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 6(a)*

Pavimento	Flexible	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.427	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.427	m3/s
Ancho de la calle	b	18.25	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.69	%
Pendiente transversal	Sx	1	%
Inundación permitida	y	8	cm
	Q/2	0.364	m3/s
	<b>Q</b>	<b>0.728</b>	<b>m3/s</b>

**Tabla 34**

*Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 6(c)*

Pavimento	Flexible	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s
Ancho de la calle	b	18.25	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.69	%

Pendiente transversal	Sx	1	%
Inundación permitida	y	8	cm
	Q/2	0.364	m3/s
	<b>Q</b>	<b>0.728</b>	<b>m3/s</b>

**Tabla 35**

*Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 6(d)*

Pavimento	Flexible	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s
Ancho de la calle	b	18.25	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.69	%
Pendiente transversal	Sx	1	%
Inundación permitida	y	8	cm
	Q/2	0.364	m3/s
	<b>Q</b>	<b>0.728</b>	<b>m3/s</b>

**Tabla 36**

*Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 6(f)*

Pavimento	Flexible	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s
Ancho de la calle	b	18.25	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.69	%
Pendiente transversal	Sx	1	%
Inundación permitida	y	8	cm
	Q/2	0.364	m3/s
	<b>Q</b>	<b>0.728</b>	<b>m3/s</b>

**Tabla 37.**

*Caudal de Oferta de cada una de las calles por cuadra de la zona en estudio.*

Nombre de Calle	Cuadra	Q inicial (m <sup>3</sup> /s)	Q final (m <sup>3</sup> /s)	Q a drenar (m <sup>3</sup> /s)
Av. Atahualpa	4	0.020971	0.090233	0.069262
Av. San Martín de Porres	5	0.020971	0.050282	0.029311
Av. San Martín de Porres	5	0.050282	0.114135	0.063854
Av. San Martín de Porres	5	0.114135	0.172879	0.058743
Av. San Martín de Porres	6	0.172879	0.204010	0.031131
Av. San Martín de Porres	6	0.204010	0.021838	0.182172
Av. San Martín de Porres	6	0.021838	0.078788	0.056950

Av. San Martin de Porres	6	0.078788	0.120163	0.041374
Av. San Martin de Porres	6	0.120163	0.111203	0.008960
Av. San Martin de Porres	6	0.050540	0.111203	0.060663
Av. San Martin de Porres	7	0.050540	0.445983	0.395443
Av. San Martin de Porres	8	0.445983	0.497693	0.051709
Av. San Martin de Porres	9	0.497693	0.172822	0.324871
Av. San Martin de Porres	9	0.161952	0.172822	0.010870
Av. San Martin de Porres	10	0.161952	0.543000	0.381048
Av. San Martin de Porres	10	0.543000	0.806177	0.263177
Av. San Martin de Porres	10	0.055531	0.806177	0.750646
Av. San Martin de Porres	11	0.055531	0.255417	0.199886
Av. San Martin de Porres	11	0.255417	0.160916	0.094501
Av. San Martin de Porres	12	0.160916	0.158531	0.002385
Av. San Martin de Porres	13	0.158531	0.268016	0.109485
Av. San Martin de Porres	13	0.268016	0.171488	0.096528
Av. San Martin de Porres	14	0.171488	0.296017	0.124529
Av. San Martin de Porres	15	0.296017	0.293869	0.002148
Av. San Martin de Porres	15	0.293869	0.160120	0.133749
Av. San Martin de Porres	16	0.160120	0.132174	0.027947
Av. San Martin de Porres	16	0.229748	0.132174	0.097575
Av. San Martin de Porres	17	0.055531	0.171488	0.115957
Av. San Martin de Porres	18	0.229748	1.591537	1.361789
Av. Mártires de Uchuraccay	1	0.090233	0.427351	0.337118
Av. Mártires de Uchuraccay	2	0.427351	0.762509	0.335158
Av. Mártires de Uchuraccay	3	0.762509	0.741694	0.020814
Av. Mártires de Uchuraccay	4	0.741694	0.991507	0.249813
Av. Mártires de Uchuraccay	5	0.991507	0.560163	0.431344
Av. Mártires de Uchuraccay	5	0.560163	1.067814	0.507651
Av. Mártires de Uchuraccay	6	1.067814	0.306658	0.761156
Av. Mártires de Uchuraccay	7	0.209102	0.306658	0.097556
Av. Mártires de Uchuraccay	8	0.680877	0.209102	0.471776
Av. Mártires de Uchuraccay	9	0.680877	0.522029	0.158848
Av. Mártires de Uchuraccay	9	0.522029	0.313593	0.208437
Av. Mártires de Uchuraccay	10	0.313593	0.825347	0.511755
Av. Mártires de Uchuraccay	10	0.825347	0.090233	0.735115
Av. Mártires de Uchuraccay	11	0.090233	0.176382	0.086149
Av. Mártires de Uchuraccay	12	0.176382	1.596290	1.419908
Av. Mártires de Uchuraccay	13	1.596290	0.090233	1.506058
Av. Mártires de Uchuraccay	14	0.090233	1.566227	1.475995
Av. Mártires de Uchuraccay	15	1.566227	1.479394	0.086833
Av. Mártires de Uchuraccay	16	1.479394	1.472873	0.006521
Av. Mártires de Uchuraccay	17	1.472873	1.137374	0.335498
Av. Mártires de Uchuraccay	18	1.137374	1.260126	0.122752
Av. Mártires de Uchuraccay	19	1.260126	1.651521	0.391395
Av. Mártires de Uchuraccay	20	1.651521	0.646753	1.004768
Av. Mártires de Uchuraccay	21	0.827204	0.646753	0.180451
Av. Mártires de Uchuraccay	22	0.827204	1.454604	0.627400
Av. Mártires de Uchuraccay	23	1.454604	0.367165	1.087439
Av. Mártires de Uchuraccay	24	0.367165	4.384784	4.017619

Av. Industrial	7	1.591537	1.722239	0.130701
Av. Industrial	7	1.722239	4.384784	2.662545
Av. Industrial	8	4.384784	4.522292	0.137509
Av. Industrial	9	4.522292	6.783440	2.261147
Av. Industrial	10	6.783440	10.216445	3.433006
Jr. Juan Beato Macias	2	1.652090	0.538313	1.113778
Jr. Juan Beato Macias	2	0.538313	0.738218	0.199906
Jr. Juan Beato Macias	3	0.724853	0.738218	0.013365
Jr. Juan Beato Macias	3	0.724853	0.982693	0.257840
Jr. Juan Beato Macias	4	0.982693	0.821577	0.161116
Jr. Juan Beato Macias	5	0.821577	0.543000	0.278577
Jr. Juan Beato Macias	5	0.543000	2.575882	2.032882
Jr. Juan Beato Macias	6	2.575882	1.042178	1.533704
Jr. Juan Beato Macias	7	1.042178	1.341478	0.299300
Jr. Juan Beato Macias	7	1.341478	2.630841	1.289363
Jr. Juan Beato Macias	8	2.630841	1.098408	1.532433
Jr. Juan Beato Macias	9	2.068435	1.098408	0.970027
Jr. Juan Beato Macias	10	2.068435	1.405667	0.662768
Jr. Juan Beato Macias	11	0.921027	1.405667	0.484640
Jr. Juan Beato Macias	12	0.921027	0.874320	0.046707
Jr. Juan Beato Macias	13	0.874320	0.128290	0.746030
Jr. Juan Beato Macias	14	1.135679	0.128290	1.007389
Jr. Juan Beato Macias	15	1.135679	0.558986	0.576693
Jr. Juan Beato Macias	16	0.558986	0.299516	0.259470
Jr. Juan Beato Macias	16	0.299516	0.096381	0.203135
Jr. Juan Beato Macias	17	0.096381	4.522292	4.425911
Jr. Emancipación	1	0.114135	0.427351	0.313216
Jr. Emancipación	2	0.427351	0.478323	0.050972
Jr. El Triunfo	1	0.172879	0.762509	0.589630
Jr. El Triunfo	2	0.762509	0.944298	0.181789
Jr. Victoria	1	0.204010	0.741694	0.537684
Jr. Victoria	2	0.741694	2.228574	1.486880
Jr. Las Delicias	1	0.028399	0.991507	0.963108
Jr. Las Delicias	2	0.991507	2.451134	1.459627
Psj. Diego Ferre	1	0.021838	0.560163	0.538325
Psj. Diego Ferre	2	0.560163	0.042074	0.518089
Jr. El Milagro	1	0.078788	0.090233	0.011444
Jr. El Milagro	1	0.090233	0.197122	0.106890
Jr. El Milagro	1	0.197122	1.067814	0.870692
Jr. El Milagro	2	1.067814	0.042074	1.025741
Jr. El Milagro	3	0.042074	1.776994	1.734921
Psj. San Sebastián	1	0.042074	2.052834	2.010760
Psje. Libertad	1	0.111203	0.334020	0.222817
Psje. Libertad	1	0.334020	2.418728	2.084708
Psje. Libertad	1	2.418728	0.306658	2.112070
Psje. Libertad	2	0.306658	2.052834	1.746176
Psje. Libertad	3	2.052834	1.017901	1.034934
Jr. Los Andes	1	0.050540	0.209102	0.158562
Jr. Los Andes	2	0.209102	1.652090	1.442989



Jr. Los Andes	3	1.652090	0.549802	1.102289
Jr. Girasoles	1	0.445983	0.680877	0.234894
Jr. Girasoles	2	0.680877	0.738218	0.057341
Jr. Girasoles	3	0.738218	0.250890	0.487329
Psj. El Rosario	1	0.522029	0.724853	0.202824
Jr. Los Gladiolos	1	0.497693	0.313593	0.184100
Jr. Los Gladiolos	2	0.313593	0.982693	0.669101
Psj. Los Granados	1	0.172822	0.825347	0.652526
Psj. Los Granados	2	0.825347	0.821577	0.003770
Jr. Los Geranios	1	0.161952	0.090233	0.071719
Jr. Los Geranios	2	0.090233	0.821577	0.731344
Jr. Los Geranios	3	0.821577	0.330614	0.490963
Jr. Las Guirnaldas	1	0.543000	0.176382	0.366618
Jr. Las Guirnaldas	2	0.176382	2.575882	2.399500
Jr. Los Tulipanes	1	0.806177	1.596290	0.790113
Jr. Los Tulipanes	2	1.596290	2.575882	0.979591
Jr. Los Tulipanes	3	2.575882	0.917651	1.658231
Jr. Colonial	1	0.055531	0.090233	0.034702
Jr. Colonial	2	0.090233	1.042178	0.951945
Jr. Colonial	3	1.042178	2.832399	1.790221
Psj. Goicochea	1	1.341478	2.738652	1.397173
Jr. Libertadores	1	0.255417	1.566227	1.310810
Jr. Libertadores	2	1.566227	2.630841	1.064614
Jr. Libertadores	3	2.630841	2.456653	0.174188
Jr. Emancipadores	1	1.652090	1.479394	0.172696
Jr. Emancipadores	2	1.479394	1.098408	0.380986
Jr. Emancipadores	3	1.098408	3.378233	2.279825
Jr. La República	1	0.158531	1.472873	1.314342
Jr. La República	2	1.472873	2.068435	0.595562
Jr. La República	3	2.068435	7.169713	2.101278
Jr. Los Conquistadores	1	0.268016	1.137374	0.869359
Jr. Los Conquistadores	2	1.137374	1.405667	0.268293
Jr. Los Conquistadores	3	1.405667	6.977877	3.272210
Av. Héroes del Cenepa	4	0.171488	1.260126	1.088638
Av. Héroes del Cenepa	3	1.260126	0.921027	0.339099
Av. Héroes del Cenepa	2	0.921027	4.625658	3.704631
Psj. San Isidro	1	0.296017	1.651521	1.355504
Psj. San Isidro	2	1.651521	0.874320	0.777201
Jr. San Juan de Dios	1	0.293869	0.646753	0.352884
Jr. San Juan de Dios	2	0.646753	0.128290	0.518463
Jr. San Juan de Dios	3	0.128290	4.373441	4.245152
Jr. Misión Bautista	1	0.160120	0.827204	0.667083
Jr. Misión Bautista	2	0.827204	1.135679	0.308475
Jr. Misión Bautista	3	1.135679	0.908827	0.226851
Jr. Misión Bautista	4	0.908827	5.396519	4.487692
Jr. Yahuarhuacca	1	0.132174	1.454604	1.322430
Jr. Yahuarhuacca	2	1.454604	0.558986	0.895618
Jr. Santa Beatriz	1	0.229748	0.367165	0.137416
Jr. Santa Beatriz	2	0.367165	0.096381	0.270783

Av. Vía de Evitamiento Sur	9	0.478323	0.944298	0.465974
Av. Vía de Evitamiento Sur	10	0.944298	2.228574	1.284277
Av. Vía de Evitamiento Sur	11	2.228574	2.451134	0.222559
Av. Vía de Evitamiento Sur	12	2.451134	1.776994	0.674139
Av. Vía de Evitamiento Sur	13-14	0.478323	2.451134	1.972811
Av. Vía de Evitamiento Sur	15	0.478323	1.776994	1.298671
Av. Vía de Evitamiento Sur	16	0.478323	1.017901	0.539577
Av. Vía de Evitamiento Sur	18	0.478323	0.549802	0.071478
Av. Vía de Evitamiento Sur	19	0.478323	0.663522	0.185198
Av. Vía de Evitamiento Sur	20	0.478323	0.250890	0.227434
Av. Vía de Evitamiento Sur	21	0.330614	0.917651	0.587037
Av. Vía de Evitamiento Sur	22	2.832399	2.738652	0.093747
Av. Vía de Evitamiento Sur	23	2.456653	6.977877	4.521224
Av. Vía de Evitamiento Sur	24	6.977877	4.373441	2.604435
Av. Vía de Evitamiento Sur	25-26	4.373441	5.396519	1.023078
Av. Vía de Evitamiento Sur	27	5.396519	5.485547	0.089027
Av. Vía de Evitamiento Sur	27	5.485547	10.216445	4.730899

Fuente: propia (2023).

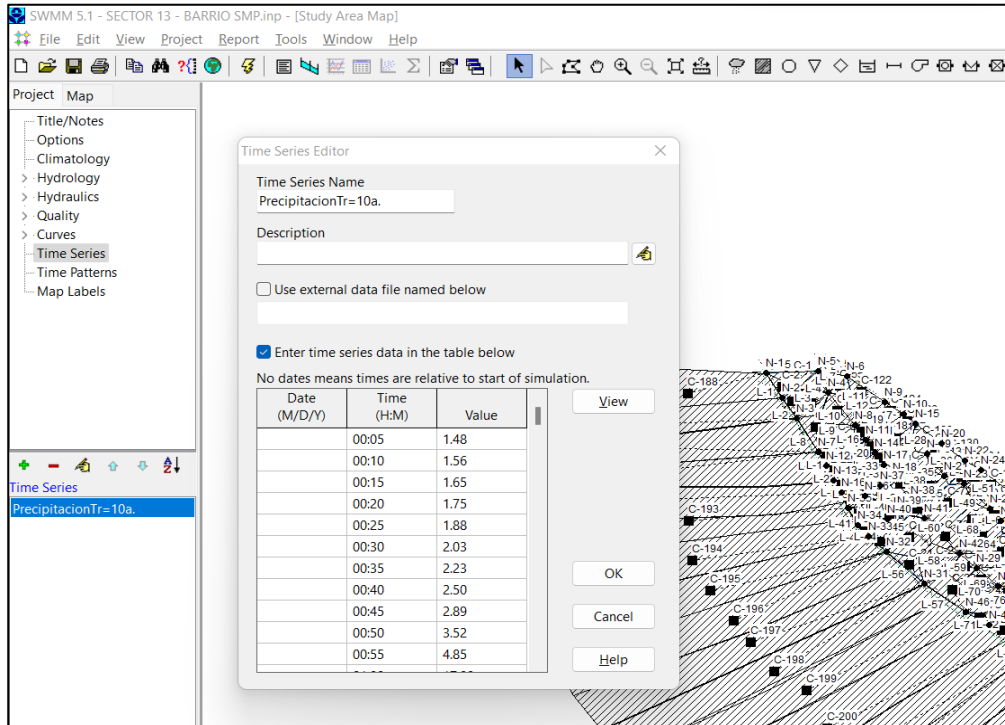
Caudal de oferta máximo calculado perteneciente a la Av. Vía de Evitamiento Sur - C27 específicamente, llega a captar un caudal máximo de 4.731 m<sup>3</sup>/s, es la calle que capta la mayor cantidad de flujo en comparación a las otras calles, por último la calle que menos caudal capta es Jr. Emancipación - C2 capta un caudal de 0.051 m<sup>3</sup>/s.

## 2.7. Modelamiento en el programa SWMM

Es importante que luego de haber determinado todos los parámetros y valores de subcuencas (C), Nudos (N), conexiones o enlaces (L) y puntos de descarga (D), también se haya determinado un hietograma con las diferentes intensidades y precipitaciones en un determinado periodo de retorno, para ser utilizado en el pluviógrafo del programa.

Por otro lado se construyó un hietograma con una precipitación pico de 17.08 mm (*Anexo 2.6*), correspondiente a una lluvia de dos horas para un periodo de retorno de 10 años, con estos valores determinados procedemos a crear un pluviógrafo en el programa vinculándolo a las diferentes subcuencas para luego simular el comportamiento de lluvias en el sistema de drenaje pluvial creado anteriormente.

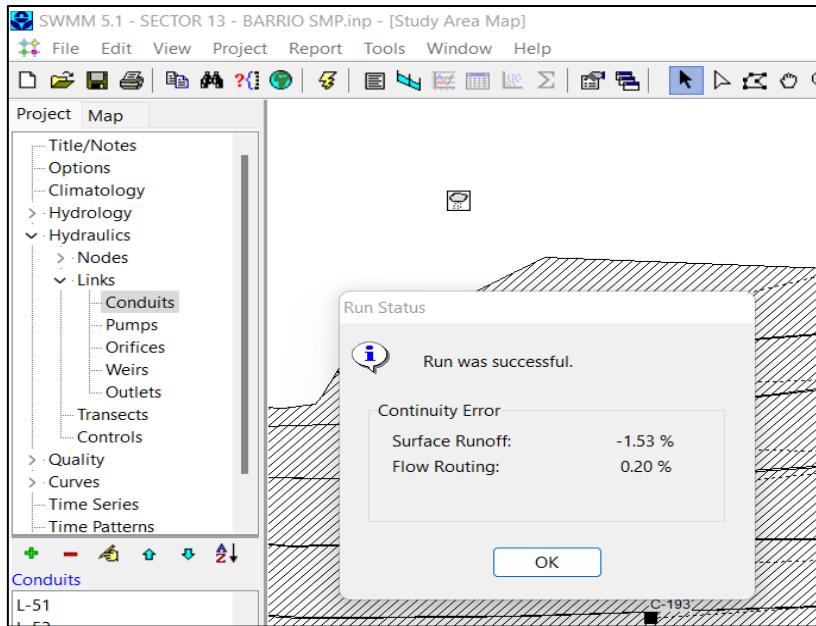
Con todos los parámetros ya determinamos procedemos a crear nuestra lluvia para un periodo de retorno de 10 años y empezar la simulación de inundación en las



**Figura 33.** Serie de tiempo ingresada del hietograma precipitación Tr=10 años.

diferentes calles.

Al correr el programa nos da el error de continuidad en el balance de masas del modelo de Barrio San Martín de Porres está dado por los siguientes errores, de escorrentía superficial en -1.53% y de la ruta del flujo en 0,20%; asegurando la confiabilidad en la simulación por tener valores menores al  $\pm 10\%$  como estipula el SWMM.



**Figura 34.** Valor de los errores de escorrentía superficial y ruta del flujo; Fuente (Propia).

Revisamos el Informe de Estado que nos brinda el programa para todo el sistema creado:

**Tabla 38**

*Informe de estado, continuidad de la cantidad de escorrentía  $Tr=10$  - SWMM.*

<b>Continuidad de la cantidad de escorrentía</b>	<b>Volumen hectárea - m</b>	<b>Profundidad mm</b>
Precipitación Total	28.781	72.82
Perdida por evaporación	0.000	0.000
Perdida por infiltración	1.181	2.987
Escorrentía superficial	17.941	45.393
Almacenamiento Final	10.101	25.556
Error de continuidad %	-1.533	

*Nota.* Las estadísticas resumidas que se muestran en este informe son basados en los resultados encontrados en cada paso de tiempo computacional.

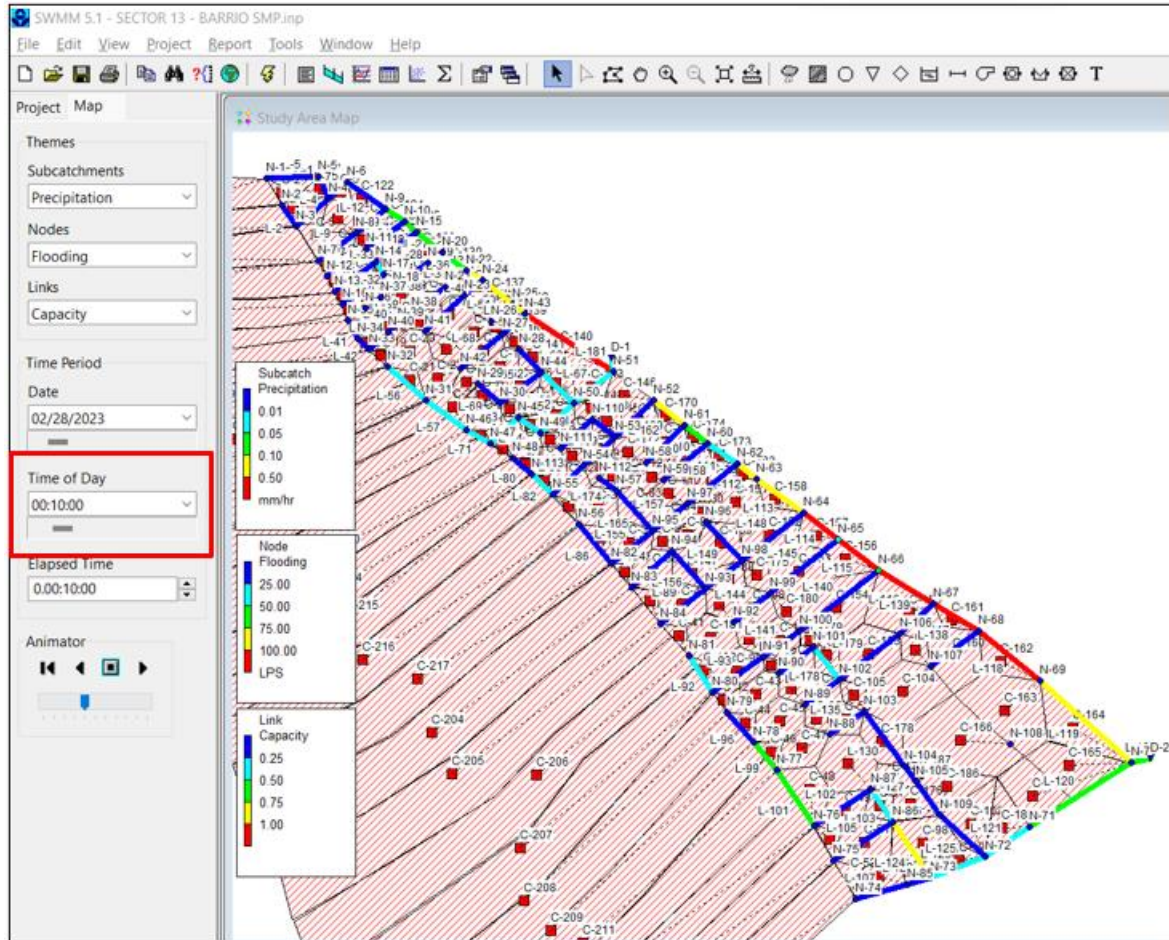
**Tabla 39**

*Informe de estado, continuidad de enrutamiento de flujo Tr=10 - SWMM.*

Continuidad de enrutamiento de flujo	Volumen hectárea - m	Volumen 10 <sup>6</sup> ltr
Afluencia de clima húmedo	17.483	174.835
Pérdida por inundaciones	15.793	157.933
Error de continuidad %	0.198	

*Nota.* Las estadísticas resumidas que se muestran en este informe son basados en los resultados encontrados en cada paso de tiempo computacional.

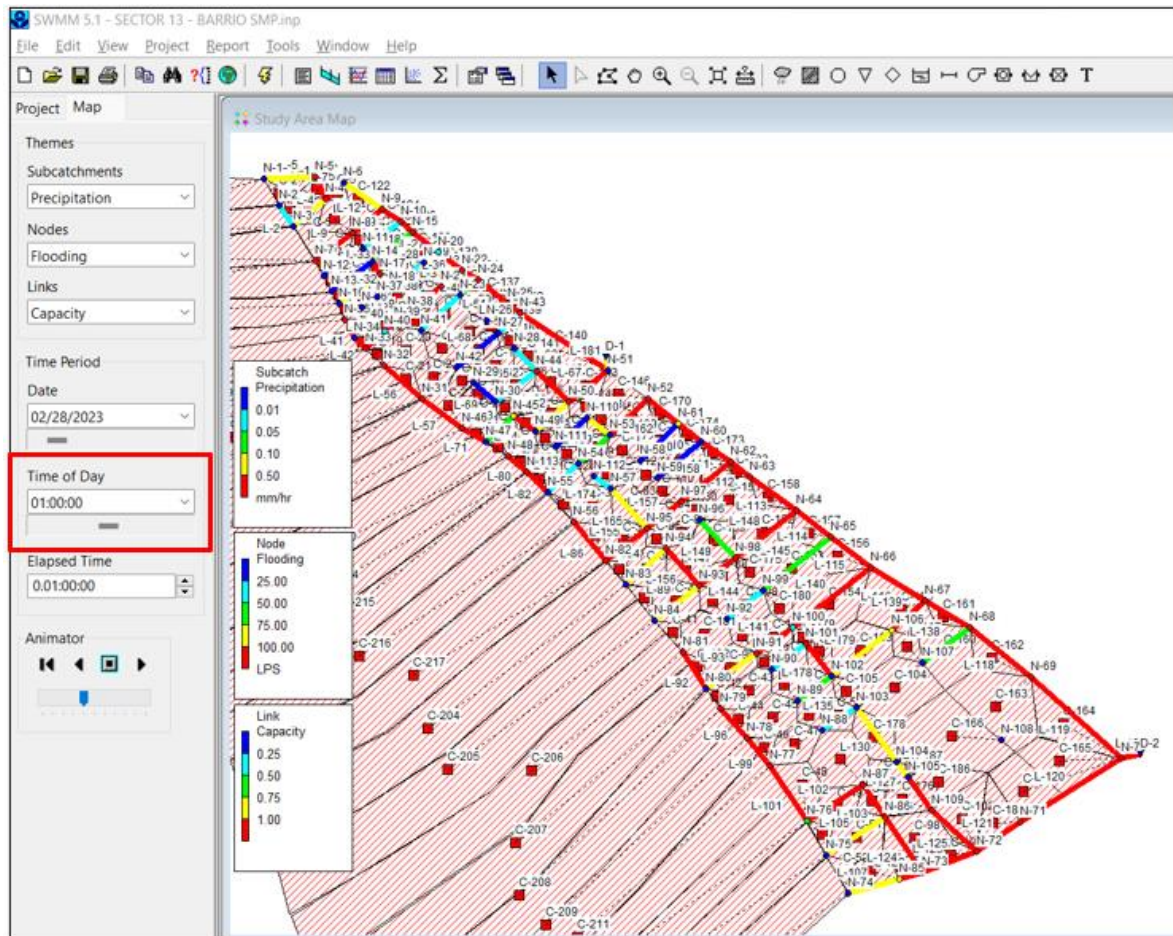
Para un Periodo de retorno de 10 años, a los 10 minutos de lluvia muestra que el 90 % de las cunetas en las distintas calles no superan su capacidad estando por debajo de los 0.25 mts. de altura, con precipitaciones inferiores o iguales a 0.01 mm/hr. De igual manera se muestra para la inundación en los nodos un valor por debajo los 25 litros por segundo; cabe recalcar que a medida que va aumentando el tiempo la escorrentía supera la capacidad de las calles.



**Figura 35.** Mapa de Inundación para el Sector 13 - Barrio San Martin de Porres a 10 minutos de lluvia con un  $Tr=10$  años; Fuente: Propia (2023).



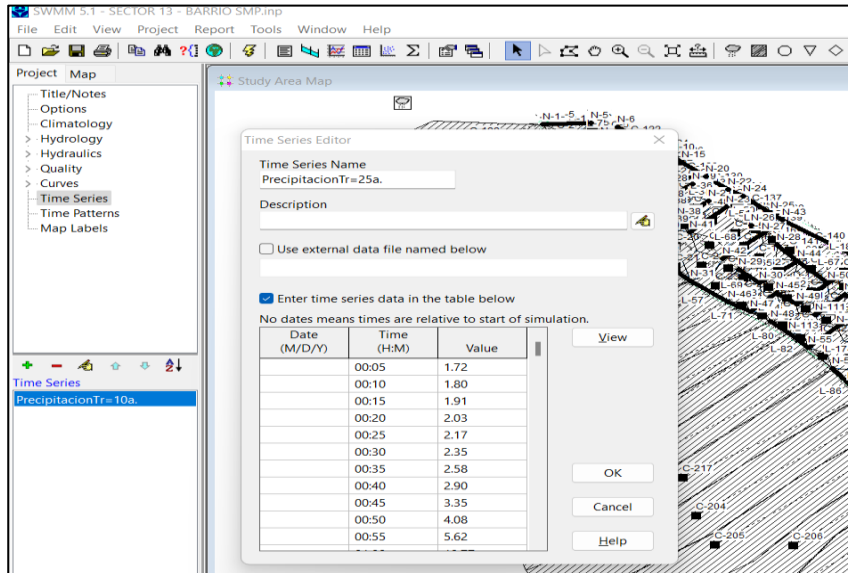
Para un Periodo de retorno de 10 años , a 1 hora de lluvia donde ocurre la mayor precipitación, se muestra que el 95% de las cunetas en las distintas calles superan su capacidad, estando por encima de 1.00 mts. de altura, generando anegamiento en las calles con precipitaciones mayores que van desde los 0.01 a 0.50 mm/hr. De igual manera se observa para la inundación en los nodos un valor alto de entre 75 a 100 litros por segundo.



**Figura 36.** Mapa de Inundación para el Sector 13 - Barrio San Martín de Porres a 1 hora de lluvia con un  $T_r=10$  años; Fuente: Propia (2023).

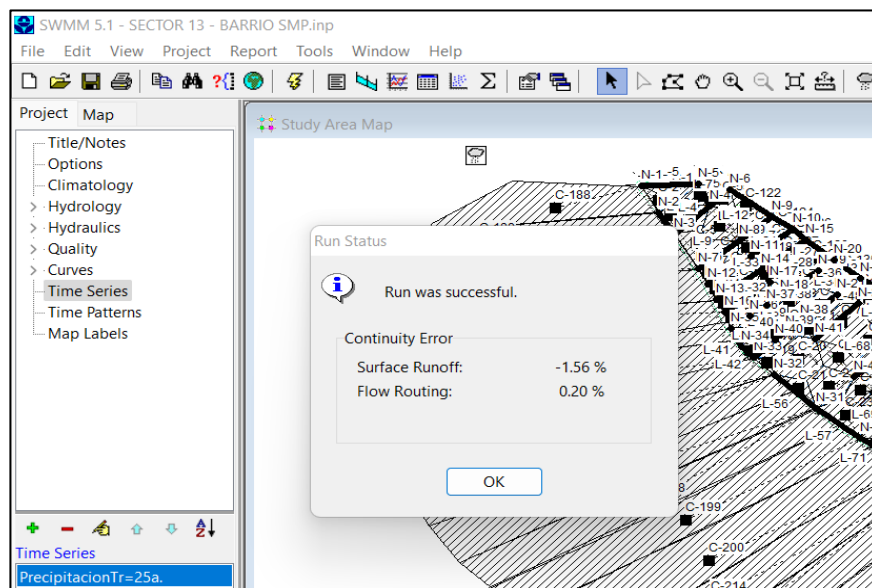
De igual manera, se construyó un hietograma con una precipitación pico de 19.77 mm (*Anexo 6.5*), correspondiente a una lluvia de dos horas para un periodo de retorno de 25 años, seguimos la misma secuencia explicada anteriormente.

Con todos los parámetros ya determinamos procedemos a crear nuestra lluvia para un periodo de retorno de 25 años y empezar la simulación de inundación en las diferentes calles.



**Figura 37.** Serie de tiempo ingresada del hietograma precipitación Tr=25 años

Al correr el programa nos da el error de continuidad en el balance de masas del modelo de Barrio San Martín de Porres está dado por los siguientes errores, de escorrentía superficial en -1.56% y de la ruta del flujo en 0,20%; asegurando la confiabilidad en la simulación por tener valores menores al  $\pm 10\%$  como estipula el SWMM.



**Figura 38.** Valor de los errores de escorrentía superficial y ruta del flujo; Fuente (Propia).



Revisamos el Informe de Estado que nos brinda el programa para todo el sistema creado:

**Tabla 40**

*Informe de estado, continuidad de la cantidad de escorrentía Tr=25 - SWMM.*

<b>Continuidad de la cantidad de escorrentía</b>	<b>Volumen hectárea - m</b>	<b>Profundidad mm</b>
Precipitación Total	33.322	84.31
Perdida por evaporación	0.000	0.000
Perdida por infiltración	1.236	3.128
Escorrentía superficial	21.400	54.145
Almacenamiento Final	11.206	28.353
Error de continuidad %		-1.561

*Nota.* Las estadísticas resumidas que se muestran en este informe son basados en los resultados encontrados en cada paso de tiempo computacional.

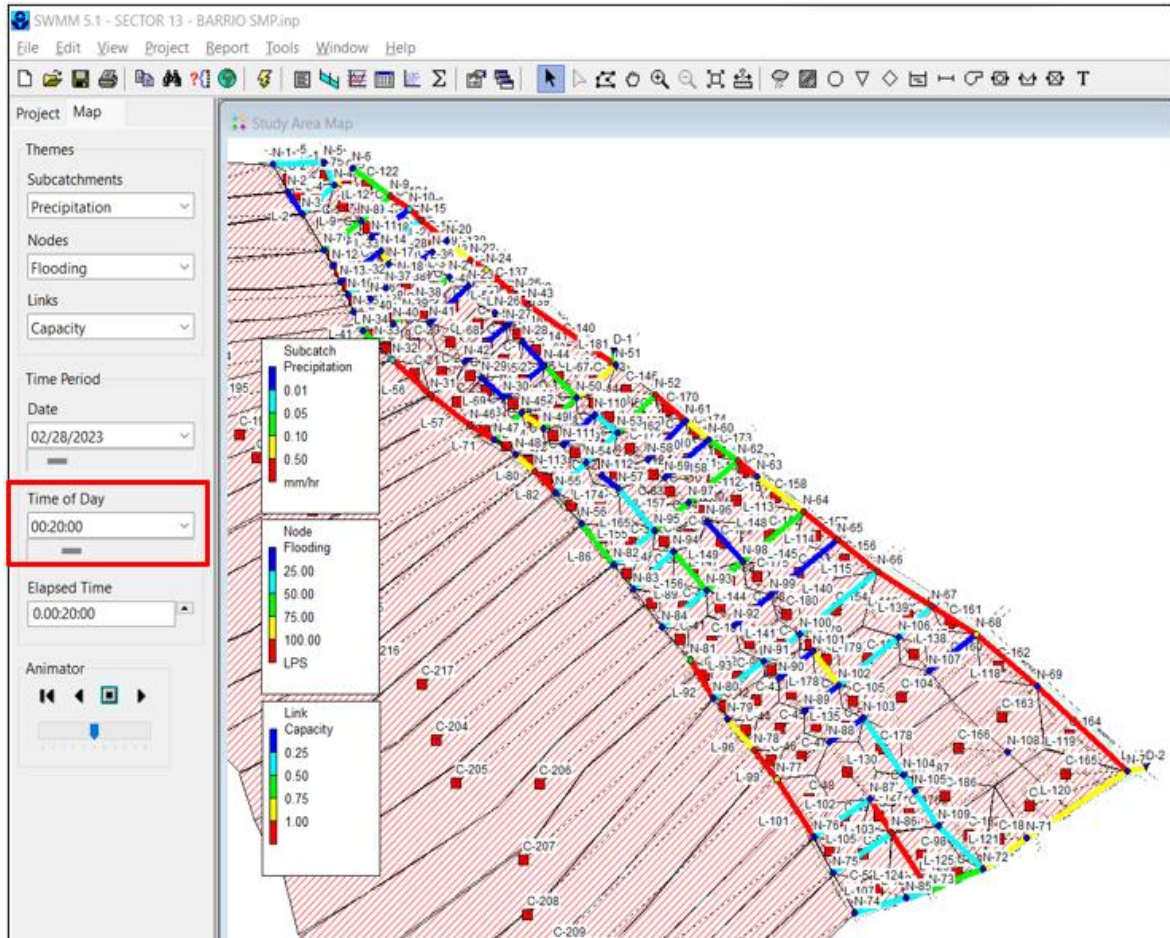
**Tabla 41.**

*Informe de estado, continuidad de enrutamiento de flujo Tr=25 - SWMM.*

<b>Continuidad de enrutamiento de flujo</b>	<b>Volumen hectárea - m</b>	<b>Volumen 10<sup>6</sup> ltr</b>
Afluencia de clima húmedo	20.861	174.835
Pérdida por inundaciones	19.094	190.943
Error de continuidad %		0.198

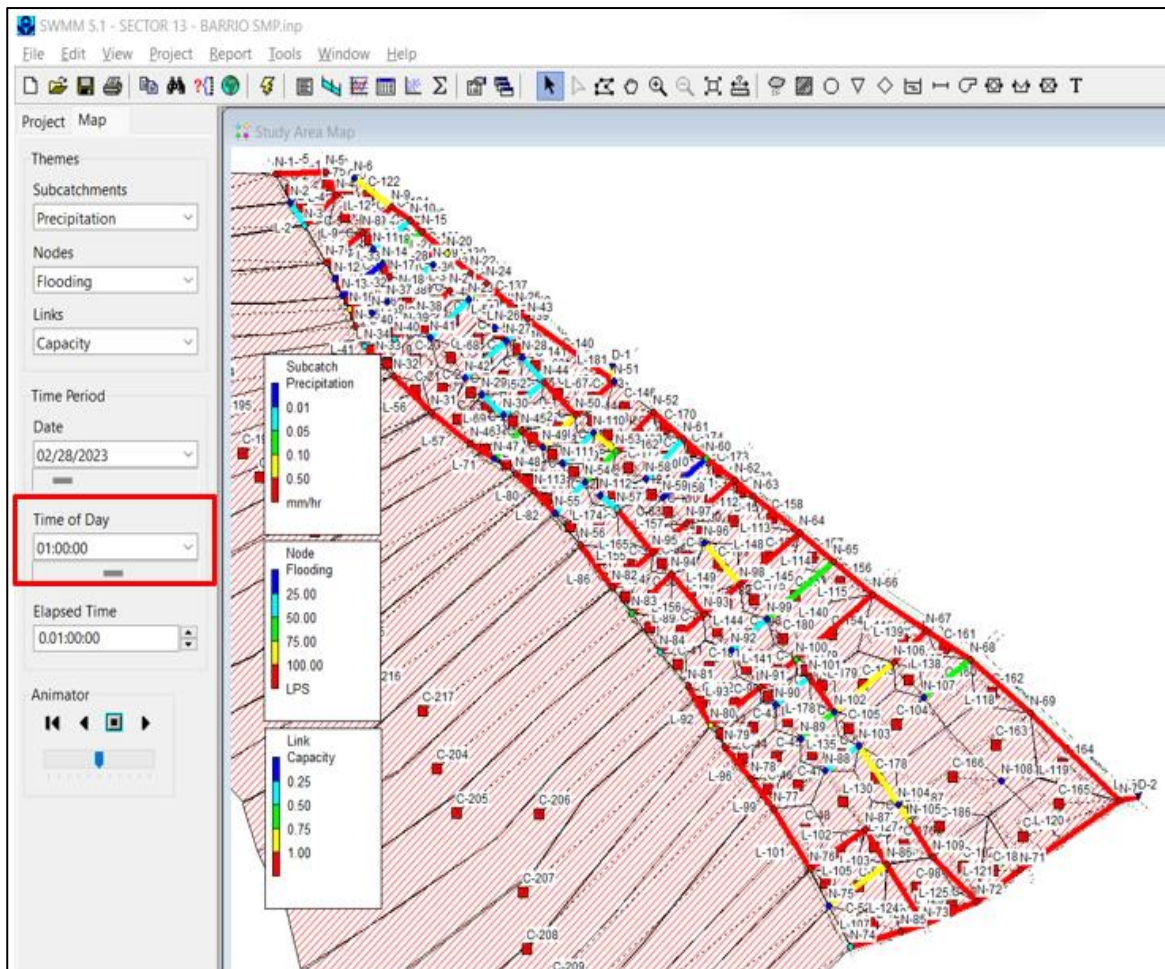
*Nota.* Las estadísticas resumidas que se muestran en este informe son basados en los resultados encontrados en cada paso de tiempo computacional.

Para un Periodo de retorno de 25 años, a los 20 minutos de lluvia muestra que el 50% de las cunetas en las distintas calles ya van superando su capacidad y el otro 50% no, estando por debajo de los 0.50 mts. de altura, con precipitaciones inferiores o iguales a 0.05 mm/hr. De igual manera se observa para la inundación en los nodos un valor por debajo de los 25 litros por segundo.



**Figura 39.** Mapa de Inundación para el Sector 13 - Barrio San Martín de Porres a 20 minutos de lluvia con un  $Tr=25$  años; Fuente: Propia (2023).

Para un Periodo de retorno de 25 años, a 1 hora de lluvia donde ocurre la mayor precipitación, muestra que el 98% de las cunetas en las distintas calles superan su capacidad, estando por encima de 1.00 mts. de altura, generando anegamiento en las calles con precipitaciones mayores que van desde los 0.05 a 0.50 mm/hr. De igual manera se muestra para la inundación en los nodos un valor alto superando los 100 litros por segundo.

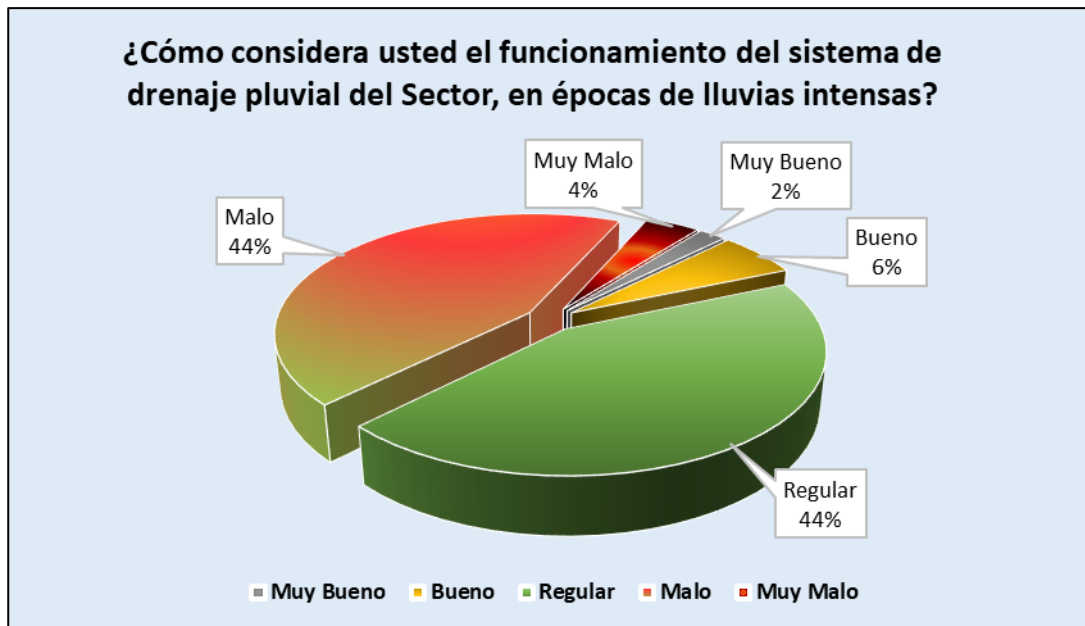


**Figura 40.** Mapa de Inundación para el Sector 13 - Barrio San Martín de Porres a 1 hora de lluvia con un  $T_r=25$  años; Fuente: Propia (2023).

## 2.8. Encuesta a la población del Sector 13 - Barrio San Martín de Porres.

En los presentes resultados de las distintas encuestas la población evalúa el sistema de drenaje pluvial en su sector, con base en una serie de preguntas que son definidas de acuerdo al objetivo que se persigue, recopilando dicha información de una muestra de 50 personas.

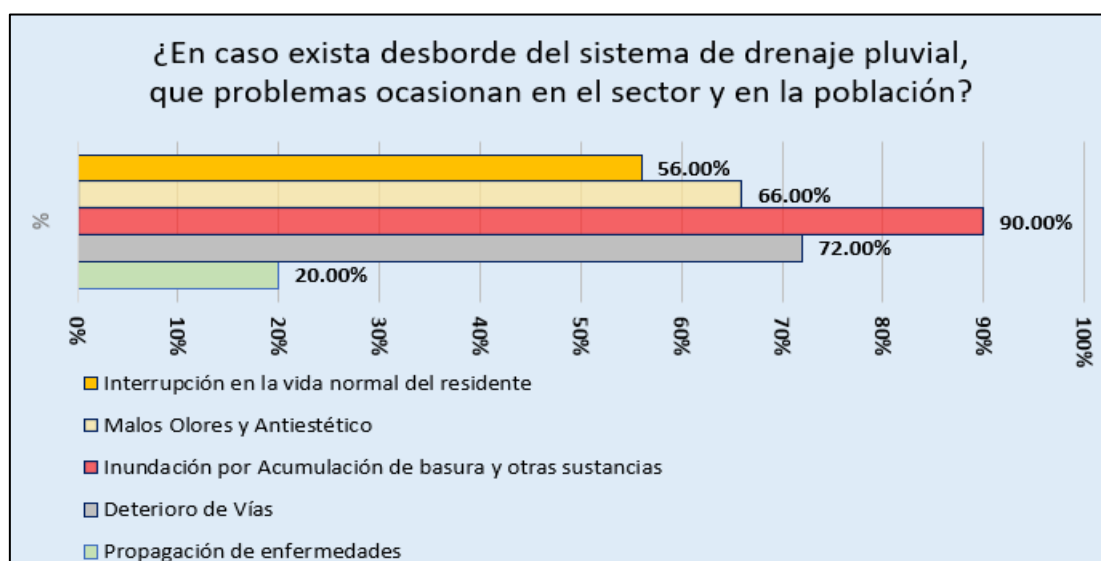
Pregunta N°1. ¿Cómo considera usted el funcionamiento del sistema de drenaje pluvial del Sector en épocas de lluvias intensas?



**Figura 41.** Evaluación del funcionamiento del sistema de drenaje existente en el Barrio San Martín de Porres; Fuente (Propio).

Malo 44% y Regular 44% tienen un mayor porcentaje, demostrando que la mayoría de las calles son regulares y malas al momento de drenar el agua pluvial cuando existen lluvias intensas.

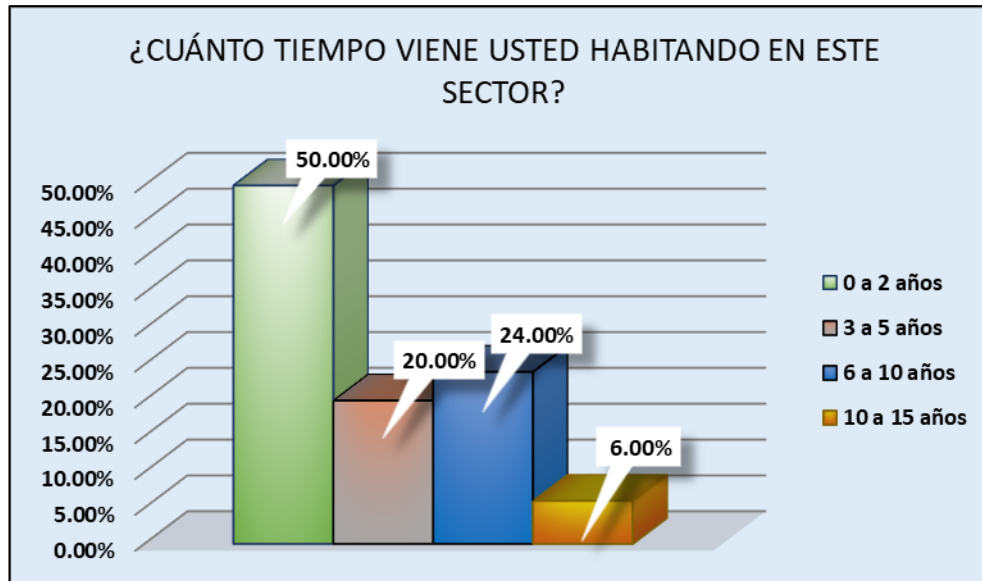
Pregunta N°2. ¿En caso exista desborde del sistema de drenaje pluvial, que problemas ocasionan en el sector y en la población?



**Figura 42.** Problemas ocasionados por el desborde del sistema de drenaje pluvial según la población; Fuente: Propio (2023).



Inundación por Acumulación de basura y otras sustancias 90%, la mayoría de la población encuestada asegura que la inundación mayormente se da a causa de la acumulación de desechos existentes en las diferentes calles de la ciudad.

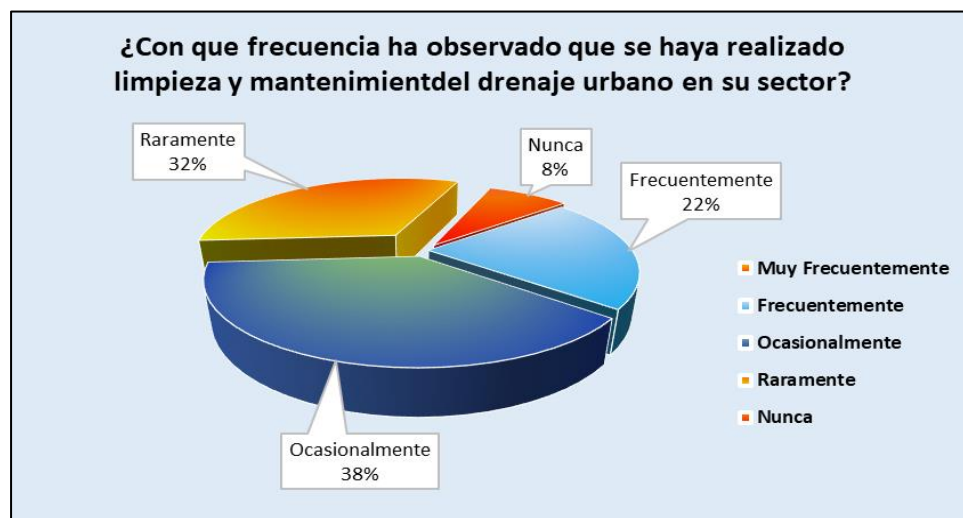


**Figura 43.** Intervalo de tiempo que la población encuestada viene habitando su sector; Fuente: Elaboración Propio (2023).

Pregunta N°3. ¿Cuánto tiempo viene usted habitando en este sector?

El 50 % de las 50 personas encuestas residen en la zona de estudio, entre 0 a 2 años, lo que quiere decir que es una población que recientemente va viendo la problemática existente en su sector en el tema del drenaje pluvial.

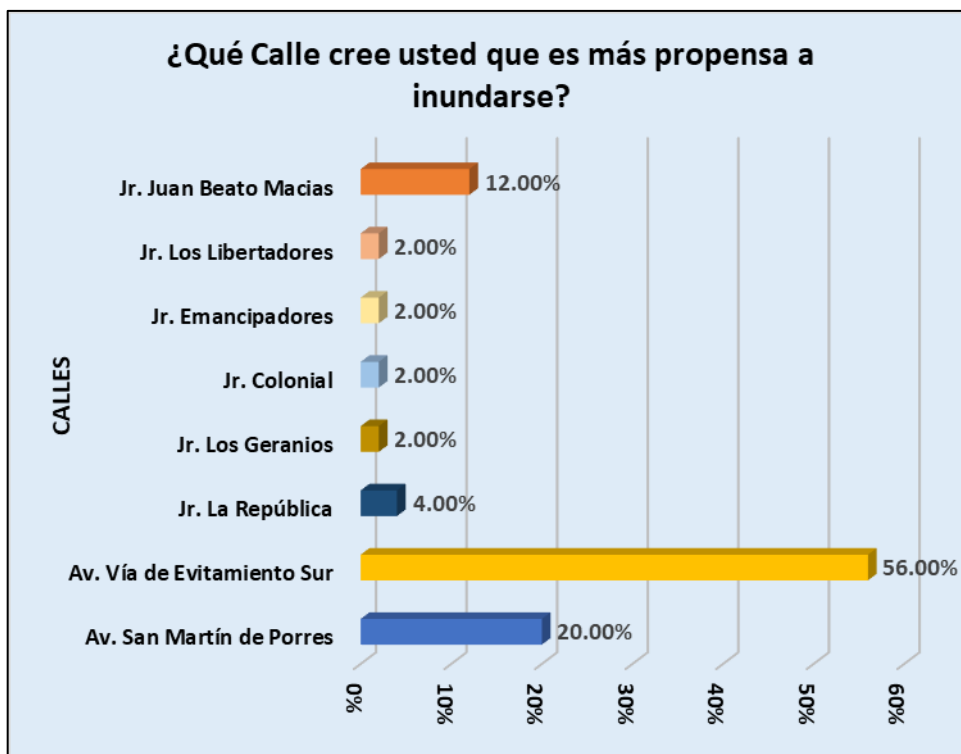
Pregunta N°4. ¿Con que frecuencia ha observado que se haya realizado limpieza y mantenimiento del drenaje urbano en su sector?



**Figura 44.** Limpieza y Mantenimiento del drenaje urbano - Barrio San Martín de Porres; Fuente: Propio (2023).

Ocasionalmente 38% y Raramente 32% tienen un mayor porcentaje, demostrando que en cuanto Limpieza y Mantenimiento de las obras de drenaje urbano en la zona es escasa.

Pregunta N°5 ¿Qué Calle cree usted que es más propensa a inundarse?



**Figura 45.** Calles más propensas a Inundarse en el Barrio San Martín de Porres; Fuente: Propio (2023).

La mayoría de la población encuestada en el sector identificó calles específicas que experimentan inundaciones, y entre ellas la calle Av. Vía de Evitamiento Sur fue mencionada con el mayor porcentaje, alcanzando un 56%. Este hallazgo indica que a lo largo del tiempo, esta calle ha sido más afectada por inundaciones en comparación con otras áreas de la zona.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### DISCUSIÓN

Para dicha investigación es limitada la información técnica, puesto que las entidades competentes de la ciudad de Cajamarca no cuentan con una información técnica necesaria sobre el sistema de drenaje pluvial, como detalles de diseño, características hidráulicas, planos actualizados, etc., de los diversos sectores urbanos que componen la ciudad, esto puede limitar la comprensión y el análisis completo del sistema. Esta limitación tiene un impacto directo en la precisión de los resultados obtenidos y dificulta la formulación de recomendaciones específicas para mejorar el sistema de drenaje pluvial en la zona estudiada.

El software SWMM puede tener ciertas limitaciones en la representación detallada de la bidireccionalidad del flujo en el sistema de drenaje pluvial puesto que puede estar influenciada por diversas condiciones y elementos, como las características geométricas de las calles, la presencia de obstáculos, la topografía, entre otros, lo que puede afectar la precisión de los resultados en relación con la bidireccionalidad del flujo.

La disponibilidad de información hidrológica proporcionada por SENAMHI es limitada, ya que esta institución solo dispone de registros de datos hidrológicos relacionados con las intensidades máximas en períodos específicos de tiempo, y carece de datos actualizados. La falta de datos actualizados y detallados sobre las condiciones hidrológicas puede dificultar en la evaluación hidráulica precisa del sistema de drenaje pluvial existente y limitar la validez de los resultados.

El caudal pico estimado se obtuvo para A171 perteneciente a la Av. Vía de Evitamiento Sur - C27 específicamente alcanzó un caudal máximo de 1.090 m<sup>3</sup>/s; frente a los caudales dados por (Escuedo & Perez, 2019), el caudal de diseño para el periodo de

retorno de 10 años es de  $0.600 \text{ m}^3/\text{s}$  y el caudal de diseño para el periodo de retorno de 25 años es de  $0.766 \text{ m}^3/\text{s}$ , siendo obvia la diferencia en el flujo entre los dos diseños y el caudal máximo de nuestro estudio.

En este caso, la cuenca del proyecto es pequeña, sin embargo, debido a la importancia de la red de drenaje en la ciudad se analizaron períodos de retorno de 10 y 25 años, en consecuencia, las intensidades para ambos periodos de retorno dado la investigación son de  $204.91 \text{ mm/hr}$  y  $237.22 \text{ mm/hr}$ , respectivamente, se puede observar que los resultados indican una intensidad máxima ligeramente mayor en comparación con el estudio de (SANCHEZ & GOMEZ, 2020) con una intensidad máxima promedio de  $211.70 \text{ mm/hr}$ . para el mismo periodo de retorno de 25 años. Sin embargo, es importante tener en cuenta las diferencias en la metodología, la ubicación geográfica y el período de datos utilizados en ambos estudios, ya que estos factores pueden influir en las diferencias observadas.

Después de realizar la encuesta para evaluar el funcionamiento del sistema de drenaje pluvial durante épocas de lluvias intensas y comparar los resultados con la investigación de (CHILON, 2022) , se pueden observar similitudes significativas. En ambos casos, se evidencia que la mayoría de la población considera que las calles presentan un nivel regular o deficiente en cuanto a su capacidad de drenaje, lo que resalta la existencia de una problemática generalizada en los sistemas de drenaje. Asimismo, se destaca una escasez de acciones de limpieza y mantenimiento, lo cual señala una falta de atención y cuidado por parte de las entidades responsables en ambos sectores. Estas deficiencias podrían contribuir a los problemas de inundaciones que se experimentan en ambas áreas.

Esta investigación brinda una base sólida para identificar las deficiencias y áreas problemáticas del sistema y formular recomendaciones específicas para mejorar la



capacidad de drenaje y prevenir inundaciones, dichas recomendaciones pueden incluir en la implementación de infraestructuras adicionales, la optimización de los componentes existentes y la planificación de un adecuado mantenimiento del sistema. Por otro lado, ayuda a generar conciencia entre la población y las autoridades sobre la importancia de mantener un sistema de drenaje eficiente. Esto puede impulsar acciones de sensibilización y programas de prevención de desastres.

Este estudio amplía el conocimiento científico en el campo del drenaje pluvial, especialmente en el contexto específico de la zona estudiada, y valida el uso de metodologías específicas, como el método racional y el análisis hidráulico. Los resultados obtenidos no solo pueden servir como base para futuros estudios y referencias en investigaciones relacionadas con la gestión de aguas pluviales en áreas urbanas, sino que también respaldan la eficacia y aplicabilidad de estas metodologías en la evaluación y diseño de sistemas de drenaje pluvial.

Nuestra investigación identifica limitaciones en la recopilación de datos, análisis hidráulico y técnicas de evaluación utilizadas, lo cual orienta hacia la implementación de enfoques más robustos y precisos en futuros estudios de sistemas de drenaje pluvial. Esto incluye la utilización de información actualizada, técnicas de modelado avanzadas y datos hidrológicos más completos. Además, la metodología utilizada en este estudio puede ser adaptada y aplicada en otras zonas con características similares, permitiendo la evaluación y mejora de los sistemas de drenaje pluvial en diferentes áreas urbanas. De esta manera, se facilita la transferencia de conocimientos y la replicabilidad de la investigación en otros entornos geográficos.

Luego de evaluar el sistema actual de drenaje pluvial por gravedad en el sector 13 - Barrio San Martin de Porres mediante análisis hidrológico y modelo numérico, se ha concluido que cumplir con los lineamientos de la Norma Técnica CE. 040 es crucial para garantizar un diseño y funcionamiento adecuados del sistema de drenaje pluvial en el sector evaluado, asegurando su capacidad y funcionamiento óptimos durante eventos de lluvia.

Se identificó el área de estudio y las áreas que aportan caudal, destacando un área general de aporte de 288.46 Has., la cual contribuye con un caudal de 0.69 m<sup>3</sup>/s.

Los resultados del análisis hidrológico revelaron que la capacidad del sistema de drenaje pluvial por gravedad en el sector 13 - Barrio San Martin de Porres es insuficiente para hacer frente a eventos pluviales intensos.

Según el estudio, el 44% de los residentes del Barrio San Martin de Porres considera que el sistema de drenaje pluvial en su sector es malo y la Av. Vía de Evitamiento Sur es la calle más afectada, experimentando inundaciones debido a la falta de pendiente, acumulación de sedimentos y obstrucción por desechos. Además, se encontró que las obras de drenaje pluvial no reciben un mantenimiento adecuado, con una baja frecuencia en cuanto a limpieza y mantenimiento, según el 38% de los encuestados respondiendo "ocasionalmente" y un 32% respondiendo "raramente", esto demuestra que la limpieza y mantenimiento de las obras de drenaje pluvial en la zona son escasos.

En su mayoría las cunetas existentes en el sector van desde formas triangulares y rectangulares y en algunos casos algunas calles no poseen; lo cual no cumplen con el ancho de cunetas de 1.00m recomendado por la (CE.040 Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2021), puesto que la mayoría de cunetas en la zona son triangulares con anchos variables de 0.50m hasta 0.70m.

De acuerdo al Análisis Numérico realizado con el programa SWMM para un periodo de retorno de 10 años, a 1 hora de lluvia donde ocurre la mayor precipitación, muestra que el 95% de las cunetas en las distintas calles superan su capacidad, estando por encima de 1.00 mts. de altura, generando anegamiento en las calles con precipitaciones mayores que van desde los 0.01 a 0.50 mm/hr. De igual manera se observa para la inundación en los nodos un valor alto de entre 75 a 100 litros por segundo.

De acuerdo al Análisis Numérico realizado con el programa SWMM para un periodo de retorno de 25 años, a los 20 minutos de lluvia muestra que el 50% de las cunetas en las distintas calles ya van superando su capacidad y el otro 50% no, estando por debajo de los 0.50 mts. de altura, con precipitaciones inferiores o iguales a 0.05 mm/hr. De igual manera se observa para la inundación en los nodos un valor por debajo de los 25 litros por segundo.

Las regresiones de Intensidad – Duración – Periodo de retorno (IDT) para los años 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 años, se tiene como máxima intensidad en la duración de 1 hora: 39.12 mm/hr, 52.03 mm/hr, 59.98 mm/hr, 69.52 mm/hr, 76.32 mm/hr, 82.91 mm/hr y 97.77 mm/hr, respectivamente.

Se recomienda seguir los lineamientos teóricos para el diseño de la red de drenaje pluvial, considerando periodos de retorno de 2 a 10 años para sistemas menores y periodos de retorno de 25 años para sistemas mayores de drenaje, dados por la Norma (CE.040 Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2021).

La investigación demuestra que al menos el 50% del sistema de drenaje pluvial por gravedad en el sector 13 - Barrio San Martin de Porres presenta deficiencias en términos de capacidad, mantenimiento y funcionamiento durante las lluvias. Los resultados del análisis hidrológico y el modelo numérico respaldan esta hipótesis al revelar las distintas

limitaciones en la capacidad actual del sistema para enfrentar lluvias intensas y por otro lado debido a una falta de mantenimiento adecuado del sistema de drenaje existente.

## REFERENCIAS

- Ana Kelly Marinoski, G. (2018). *Evaluación de la viabilidad ambiental y económica de los sistemas de recuperación de agua de lluvia en viviendas de bajo estándar: un estudio de caso en Florianópolis*.
- Arantes, G. &. (2020).
- Ashley, E. A. (2014).
- Cámara de Comercio de Lima. (16 de Marzo de 2019). *Diario Correo*. Recuperado el 6 de Junio de 2020, de <https://diariocorreo.pe/economia/ccl-el-80-de-las-carreteras-del-peru-esta-en-mal-estado-876224/?ref=dcr>: <https://diariocorreo.pe/economia/ccl-el-80-de-las-carreteras-del-peru-esta-en-mal-estado-876224/?ref=dcr>
- Camayo, C. (2019). *Estimación del riesgo de desastres en la subcuenca baja del Río Shullcas zona urbana de la ciudad de Huancayo*.
- Cano, T. (2019). *Estimación del riesgo de desastres en la subcuenca baja del Río Shullcas zona urbana de la ciudad de Huancayo*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.
- CE.040 Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones. (2021).
- CHILON, O. (05 de DICIEMBRE de 2022). *Evaluación del sistema de drenaje pluvial del Sector la Molina distrito de Baños del Inca - Cajamarca*. Cajamarca.
- Escuedo, & Perez. (2019). ANÁLISIS HIDROLÓGICO PARA EL DISEÑO DEL.
- Fernández, G. &. (2018).
- Geloni, G., & Arantes, B. (2020). Análise de cenários resultantes da impermeabilização de espaços destinados à circulação e permanência de pedestres. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 12(17).
- Ghisi, M. &. (2018).
- Guzman, L. (2015). *Interacción de una Tecnología de Agua Pluvial con Calidad en el Municipio de Toluca a partir de la Vivienda Urbana*. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- INDECI. (2013).
- Jordán, R., & Prado, L. R. (2017 ). DESARROLLO SOSTENIBLE URBANIZACION Y DESIGUALDAD EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE.
- Jothiprakash. (2018).
- Lima, C. d. (2019).
- Lopez. (2016). *Diseño y simulación de una red de drenaje pluvial para la Zona Centro - Este de la Ciudad de Trinidad*. Santa Clara.
- Maidment. (2010).
- Mantilla, J. (2005). *PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MEDIDAS DE MITIGACION ANTE DESASTRES*. Cajamarca.
- Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transporte y Comunicaciones . (2008).
- Marinoski, A., & Ghisi, E. (2018). Evaluación de la viabilidad ambiental y económica de los sistemas de recuperación de agua de lluvia en viviendas de bajo estándar: un estudio de caso en Florianópolis. *Entorno construido*, 18(1).
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (s.f.).
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2021). *gob.pe*. Obtenido de *gob.pe*.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). (2022). Lima.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Propuesta de Norma OS.060: Drenaje pluvial urbano*. Lima.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2017). *Propuesta de Norma OS.060: Drenaje pluvial urbano*. Lima.

- Narro, L. V. (2021). *Diseño de un sistema de drenaje pluvial urbano en la ciudad de Otuzco, La Libertad mediante el uso del modelo matemático SWMM*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Obtenido de Lima.
- Norma OS.060 . (2006).
- Norma Técnica , CE.040. (2021).
- Norma Técnica OS.060 Drenaje pluvial urbano. (s.f.).
- Norma Técnica Peruana NTP 399.602 "Saneamiento Básico - Drenaje Urbano". (2016).
- NTP 339.128, N. T. (2014). *SUELOS: Método de ensayo para el análisis granulométrico*. Lima. Lima: INDECOPI.
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis* (Quinta ed.). Bogotá: Ediciones de la U.
- Parada, P. (2016). *Propuesta de gestión de drenaje pluvial hacia la sustentabilidad en colonias de Xalapa, Ver. Veracruz, México*. Obtenido de <https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/41492>
- Portal, E. P. (2014). "EFICIENCIA DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA AV.ANGAMOS Y JR SANTA ROSA". CAJAMARCA.
- proponen, J. e. (2018).
- Rahman. (2016).
- Ríos, F., & Cruz, J. (s.f.). *Diseño de sistemas de drenaje pluvial urbano: Uso del modelo SWMM*. XXII Congreso Nacional de Hidráulica, Acapulco.
- Rossman, L. A. (2015). *Storm Water Management Model. User's Manual Version 5.1*. Cincinnati.
- Rossman, L. A. (2016). *Storm Water Management Model - Hydrology*. Cincinnati.
- Rossman, L. A. (2017). *Storm Water Management Model - Hydraulics*. Cincinnati.
- SANCHEZ, J. E., & GOMEZ, K. M. (2020). Análisis y evaluación del sistema de drenaje pluvial en zonas I, II, III y IV de la Ciudad de Pucallpa - Coronel Portillo - Ucayali.
- SENAMHI. (2012). CAJAMARCA.
- Victoria, P. D. (2021). *Diseño de un sistema de drenaje pluvial urbano en la ciudad de Otuzco, La Libertad mediante el uso del modelo matemático SWMM*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/21652>



## ANEXOS

### ANEXO N°1. PANEL FOTOGRÁFICO

#### 1.1. OBSERVACIÓN DIRECTA.

#### 1.1.A. Observación Directa - Reconocimiento de la Zona



*Figura 46.* Identificación de las diferentes calles de la Zona de Estudio - Barrio San Martín de Porres.

### 1.1B. Observación Directa - Estado actual del sistema de drenaje.



*Figura 47.* Existencia de desechos (basura) en los diferentes canales de drenaje pluvial de la zona.





**Figura 48.** Existencia de sedimentos en los diferentes canales de drenaje pluvial de la zona.



**Figura 49.** Calle sin pavimentar en mal estado - Jr. Misión Bautista C-3.



### 1.1C. Observación Directa - Medición de cunetas existentes en la zona



*Figura 50.* Medición de alto y ancho de las diferentes cunetas existentes en el Barrio San Martín de Porres.



**Figura 51.** Encuesta hecha a los diferentes residentes del Barrio San Martín de porres para evaluar el sistema de drenaje pluvial en su sector.



### 1.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.



*Figura 52.* Levantamiento Topográfico de la zona en estudio mediante GPS Diferencial por el método de Medición Cinemática.



*Figura 53.* Materialización de los 3 Bm's, puntos de referencia del Levantamiento Topográfico de la zona.

## ANEXO N°2. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA (procedimientos, resultados e instrumentos) USADA PARA EL ANALISIS.

### 2.1. PUNTOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIP.
1	9205323.49	776986.395	2692.854	ESQUINA
2	9205367.44	777100.121	2688.175	CALLE
3	9205348.1	777037.769	2690.776	CALLE
4	9205367.92	777120.236	2687.585	BUZON
5	9205378.2	777132.934	2687.097	CALLE
6	9205346.16	777076.85	2689.35	CALLE
7	9205355.99	777107.231	2688.111	CALLE
8	9205366.25	777141.23	2686.978	CALLE
9	9205380.01	777183.865	2685.699	CALLE
10	9205389.54	777166.654	2686.023	ESQUINA
11	9205392.82	777178.629	2685.656	ESQUINA
12	9205402.61	777241.744	2683.877	CALLE
13	9205409.79	777225.81	2684.159	CALLE
14	9205424.87	777264.476	2682.953	CALLE
15	9205412.52	777274.329	2682.837	CALLE
16	9205442.35	777309.787	2681.055	ESQUINA
17	9205445.53	777318.671	2680.695	ESQUINA
18	9205430.08	777279.549	2682.429	ESQUINA
19	9205433.52	777287.998	2682.125	ESQUINA
20	9205425.67	777308.986	2681.532	CALLE
21	9205454.23	777362.35	2679.207	CALLE
22	9205477.07	777370.45	2678.747	CALLE
23	9205498.89	777402.697	2677.945	CALLE
24	9205478.49	777397.672	2677.844	CALLE
25	9205538.2	777450.017	2676.304	CALLE
26	9205544.04	777486.899	2675.381	CALLE
27	9205563.3	777517.246	2674.2	CALLE
28	9205600.05	777577.803	2671.832	CALLE
29	9205598.63	777545.366	2673.835	CALLE
30	9205630.77	777596.671	2671.858	CALLE
31	9205637.83	777638.62	2669.668	CALLE
32	9205665.1	777680.915	2668.218	ESQUINA
33	9205660.24	777674.692	2668.41	ESQUINA
34	9205687.94	777677.588	2668.424	CALLE
35	9205716.47	777646.925	2668.891	CALLE
36	9205750.37	777607.721	2669.224	CALLE
37	9205777.4	777575.216	2669.48	CALLE
38	9205805.31	777546.713	2670.157	CALLE
39	9205828.65	777520.944	2671.039	CALLE
40	9205865.5	777480.851	2671.927	CALLE
41	9205889.73	777452.175	2672.468	ESQUINA
42	9205892.08	777448.811	2672.554	ESQUINA

43	9205925.07	777412.666	2673.308	CALLE
44	9205904.83	777434.836	2672.797	CALLE
45	9205952.45	777379.108	2673.998	CALLE
46	9205987.23	777338.412	2674	CALLE
47	9206011.44	777304.6	2674.77	ESQUINA
48	9206016.81	777291.646	2675.096	ESQUINA
49	9206079.22	777186.816	2676.48	ESQUINA
50	9206083.6	777179.767	2676.485	ESQUINA
51	9206163.45	777052.032	2677.589	ESQUINA
52	9206171.91	777037.945	2677.914	ESQUINA
53	9206308.73	776853.256	2679.822	ESQUINA
54	9206314.78	776845.97	2679.99	ESQUINA
55	9206398.08	776734.818	2681.285	ESQUINA
56	9206401.39	776727.952	2681.364	ESQUINA
57	9206435.09	776683.098	2681.95	ESQUINA
58	9206439.51	776676.571	2682.065	ESQUINA
59	9206488.97	776609.121	2683.042	ESQUINA
60	9206491.52	776605.108	2683.073	ESQUINA
61	9206530.41	776552.67	2683.589	ESQUINA
62	9206536.59	776543.687	2683.67	ESQUINA
63	9206594.56	776469.652	2683.846	ESQUINA
64	9206598.44	776464.111	2683.935	ESQUINA
65	9206668.16	776369.231	2684.699	ESQUINA
66	9206674.53	776360.782	2684.762	ESQUINA
67	9206593.27	776275.297	2688.256	ESQUINA
68	9206598.3	776267.635	2688.265	ESQUINA
69	9206593.24	776261.898	2688.489	ESQUINA
70	9206587.5	776267.872	2688.516	ESQUINA
71	9206565.39	776308.092	2688.217	ESQUINA
72	9206567.67	776304.453	2688.261	ESQUINA
73	9206549.31	776313.108	2688.491	ESQUINA
74	9206551.31	776310.245	2688.487	ESQUINA
75	9206509.4	776379.964	2687.849	ESQUINA
76	9206514.42	776374.004	2687.916	ESQUINA
77	9206508.26	776368.01	2688.206	ESQUINA
78	9206503.61	776373.804	2688.114	ESQUINA
79	9206443.11	776459.181	2687.425	ESQUINA
80	9206447.87	776452.376	2687.508	ESQUINA
81	9206441.7	776446.134	2687.732	ESQUINA
82	9206435.92	776452.093	2687.69	ESQUINA
83	9206399.61	776502.529	2687.186	ESQUINA
84	9206402.34	776500.206	2687.203	ESQUINA
85	9206396.29	776492.504	2687.485	ESQUINA
86	9206393.56	776495.794	2687.443	ESQUINA
87	9206684.55	776329.228	2685.069	CALLE
88	9206694.21	776314.734	2685.182	CALLE
89	9206705.3	776296.218	2685.4	CALLE
90	9206711.12	776302.304	2685.126	CALLE
91	9206696.17	776326.972	2684.871	CALLE

92	9206717.03	776282.183	2685.557	CALLE
93	9206737.05	776255.809	2685.92	CALLE
94	9206750.68	776237.491	2686.139	CALLE
95	9206730.79	776275.435	2685.488	CALLE
96	9206759.42	776223.578	2686.232	CALLE
97	9206771.54	776208.868	2686.237	CALLE
98	9206785.58	776190.345	2686.277	CALLE
99	9206802.78	776165.79	2686.339	CALLE
100	9206814.94	776149.07	2686.465	CALLE
101	9206817.94	776144.821	2686.492	ESQUINA
102	9206822.1	776138.613	2686.615	ESQUINA
103	9206844.22	776109.657	2687.39	ESQUINA
104	9206846.49	776106.41	2687.463	ESQUINA
105	9206900.97	776034.492	2688.188	ESQUINA
106	9206907.26	776026.495	2688.186	ESQUINA
107	9206929.35	775996.332	2688.284	ESQUINA
108	9206933.44	775988.796	2688.512	ESQUINA
109	9206974.46	775935.865	2690.002	ESQUINA
110	9206979.81	775928.863	2690.01	ESQUINA
111	9207026.85	775867.549	2690.097	ESQUINA
112	9207030.63	775862.205	2690.11	ESQUINA
113	9207051.88	775834.444	2690.18	ESQUINA
114	9207056.05	775829.053	2690.165	ESQUINA
115	9207084.72	775789.866	2690.794	ESQUINA
116	9207090	775782.746	2690.998	ESQUINA
117	9207152.34	775691.954	2693.273	ESQUINA
118	9207157.92	775684.184	2693.549	ESQUINA
119	9207166.5	775671.347	2694.01	ESQUINA
120	9207166.78	775628.882	2694.998	ESQUINA
121	9207163.27	775626.421	2695.087	ESQUINA
122	9207166.2	775609.825	2695.547	ESQUINA
123	9207166.79	775585.962	2696.203	CALLE
124	9207166.88	775549.862	2697.179	CALLE
125	9207166.92	775510.411	2698.189	CALLE
126	9207169.97	775588.51	2696.148	CALLE
127	9207170.27	775564.522	2696.783	CALLE
128	9207170.16	775542.003	2697.376	CALLE
129	9207170.13	775521.162	2697.923	CALLE
130	9207169.4	775497.882	2698.453	CALLE
131	9207057.9	775566.752	2697.857	ESQUINA
132	9207048.7	775572.25	2697.964	ESQUINA
133	9206968.33	775622.986	2697.079	ESQUINA
134	9206959.44	775627.017	2696.986	ESQUINA
135	9207154.38	775482.601	2698.867	esquina
136	9207146.68	775487.056	2698.867	ESQUINA
137	9207046.76	775555.181	2698.325	ESQUINA
138	9207039.1	775561.202	2698.367	ESQUINA
139	9206995.99	775587.117	2698.163	ESQUINA
140	9206989.21	775589.841	2698.098	ESQUINA



141	9206943.03	775616.685	2697.221	ESQUINA
142	9206934.36	775620.547	2697.202	ESQUINA
143	9206925.34	775645.427	2696.646	ESQUINA
144	9206919.9	775647.229	2696.642	ESQUINA
145	9206887.12	775662.652	2696.651	ESQUINA
146	9206882.54	775664.555	2696.64	ESQUINA
147	9206919.93	775638.536	2696.833	BUZON
148	9206880.45	775657.725	2696.834	BUZON
149	9206846.2	775676.492	2696.862	BUZON
150	9206804.93	775691.773	2697.075	BUZON
151	9206851.46	775680.133	2696.656	ESQUINA
152	9206848.32	775680.709	2696.705	ESQUINA
153	9206815.59	775697.834	2696.803	ESQUINA
154	9206806.15	775701.3	2696.818	ESQUINA
155	9206798.62	775684.6	2697.322	ESQUINA
156	9206794.76	775687.205	2697.293	ESQUINA
157	9206844.15	775664.108	2697.243	ESQUINA
158	9206836.84	775668.438	2697.265	ESQUINA
159	9206748.24	775717.645	2697.016	ESQUINA
160	9206739.99	775724.928	2696.942	ESQUINA
161	9206737.35	775748.499	2696.483	ESQUINA
162	9206732.79	775754.104	2696.427	ESQUINA
163	9206759.58	775718.917	2696.836	BUZON
164	9206731.34	775746.72	2696.637	BUZON
165	9206689.23	775791.6	2697.206	BUZON
166	9206649.84	775844.003	2696.587	BUZON
167	9206603.21	775890.712	2696.729	BUZON
168	9206716.37	775752.03	2696.867	ESQUINA
169	9206698.35	775794.689	2696.878	ESQUINA
170	9206693.82	775803.046	2696.888	ESQUINA
171	9206690.19	775783.227	2697.3	ESQUINA
172	9206687.8	775786.283	2697.338	ESQUINA
173	9206654.52	775846.52	2696.477	ESQUINA
174	9206652.48	775849.376	2696.434	ESQUINA
175	9206599.28	775885.098	2696.89	ESQUINA
176	9206594.6	775889.262	2696.893	ESQUINA
177	9206611.58	775894.415	2696.522	ESQUINA
178	9206607.88	775899.397	2696.494	ESQUINA
179	9206555.02	775936.915	2696.609	ESQUINA
180	9206549.35	775943.88	2696.558	ESQUINA
181	9206531.26	775996.332	2695.542	ESQUINA
182	9206526.29	776003.035	2695.423	ESQUINA
183	9206491.04	776036.239	2695.317	ESQUINA
184	9206493.98	776029.354	2695.382	ESQUINA
185	9206494.69	776057.965	2694.978	ESQUINA
186	9206492.26	776063.483	2694.935	ESQUINA
187	9206462.41	776111.229	2695.007	ESQUINA
188	9206458.69	776119.326	2694.96	ESQUINA
189	9206422.19	776167.551	2694.846	ESQUINA

190	9206417.76	776170.288	2694.877	ESQUINA
191	9206370.91	776217.949	2694.646	ESQUINA
192	9206366.18	776224.028	2694.639	ESQUINA
193	9206330.29	776252.922	2694.898	ESQUINA
194	9206327.33	776255.365	2694.936	ESQUINA
195	9206415.2	776161.538	2695.139	BUZON
196	9206363.52	776215.083	2694.879	BUZON
197	9206325.57	776250.853	2695.054	BUZON
198	9206294.29	776283.083	2695.041	ESQUINA
199	9206288.44	776288.556	2695.024	ESQUINA
200	9206195.58	776368.955	2694.678	ESQUINA
201	9206188.84	776372.24	2694.769	ESQUINA
202	9206129.27	776422.187	2694.711	ESQUINA
203	9206132.13	776417.407	2694.779	ESQUINA
204	9206032.54	776496.231	2695.18	ESQUINA
205	9206038.23	776491.073	2695.14	ESQUINA
206	9205956.87	776565.005	2694.827	ESQUINA
207	9205952.67	776568.977	2694.823	ESQUINA
208	9206188	776365.947	2694.874	BUZON
209	9206126.28	776415.641	2694.916	BUZON
210	9206031.37	776489.39	2695.336	BUZON
211	9205951.67	776563.191	2695.003	BUZON
212	9205918	776583.692	2695.119	BUZON
213	9205858.52	776621.331	2694.972	BUZON
214	9205806.48	776659.795	2694.848	BUZON
215	9205731.44	776727.134	2694.59	BUZON
216	9205659.44	776787.344	2694.535	BUZON
217	9205601.32	776825.964	2694.272	BUZON
218	9205516.61	776881.378	2694.286	BUZON
219	9205425.65	776933.004	2694.339	BUZON
220	9205332.38	776996.206	2692.398	BUZON
221	9205924.8	776589.904	2694.762	ESQUINA
222	9205919.04	776591.318	2694.835	ESQUINA
223	9205871.17	776620.526	2694.799	ESQUINA
224	9205857.26	776630.712	2694.741	ESQUINA
225	9205814.59	776661.862	2694.581	ESQUINA
226	9205808.84	776667.887	2694.579	ESQUINA
227	9205739.33	776730.717	2694.276	ESQUINA
228	9205735.25	776737.667	2694.199	ESQUINA
229	9205736.16	776713.369	2694.826	ESQUINA
230	9205728.72	776719.197	2694.879	ESQUINA
231	9205669.45	776795.036	2694.205	ESQUINA
232	9205663.55	776799.107	2694.202	ESQUINA
233	9205525.46	776889.046	2694.056	ESQUINA
234	9205519.34	776892.032	2694.079	ESQUINA
235	9205454.39	776906.111	2694.549	ESQUINA
236	9205445.82	776909.431	2694.595	ESQUINA
237	9205438.18	776935.203	2694.217	ESQUINA
238	9205427.79	776940.044	2694.175	ESQUINA

239	9205339.95	776988.22	2692.654	ESQUINA
240	9205520.43	777077.562	2686.505	ESQUINA
241	9205528.59	777089.999	2685.977	ESQUINA
242	9205536.75	777084.818	2685.991	ESQUINA
243	9205528.37	777073.139	2686.507	ESQUINA
244	9205603.93	777022.395	2687.198	ESQUINA
245	9205610.43	777032.152	2686.828	ESQUINA
246	9205617.78	777027.532	2686.856	ESQUINA
247	9205611.35	777018.481	2687.205	ESQUINA
248	9205744.61	776918.651	2689.037	ESQUINA
249	9205747.16	776933.127	2688.444	ESQUINA
250	9205756.14	776922.218	2688.917	ESQUINA
251	9205751.44	776914.635	2689.212	ESQUINA
252	9205819.69	776853.424	2688.555	ESQUINA
253	9205828.08	776864.318	2687.973	ESQUINA
254	9205832.49	776859.719	2687.951	ESQUINA
255	9205825.44	776849.762	2688.424	ESQUINA
256	9205904.16	776799.139	2688.202	ESQUINA
257	9205912.29	776793.266	2688.32	ESQUINA
258	9205905.8	776786.489	2688.623	ESQUINA
259	9205900.95	776790.075	2688.551	ESQUINA
260	9205906.44	776791.303	2688.457	BUZON
261	9205825.94	776857.541	2688.216	BUZON_BM1
262	9205750.04	776922.006	2688.909	BUZON
263	9205948.72	776751.495	2689.096	BUZON
264	9205952.32	776744.04	2689.18	ESQUINA
265	9205957.43	776750.967	2688.93	ESQUINA
266	9205947.28	776763.073	2688.797	ESQUINA
267	9205941.97	776753.389	2689.137	ESQUINA
268	9205989.37	776712.711	2689.348	ESQUINA
269	9205994.7	776718.978	2689.138	ESQUINA
270	9205994.14	776706.422	2689.485	ESQUINA
271	9205998.67	776716.207	2689.187	ESQUINA
272	9206030.67	776672.953	2689.861	ESQUINA
273	9206038.38	776682.591	2689.423	ESQUINA
274	9206044.08	776677.545	2689.443	ESQUINA
275	9206037.36	776669.454	2689.818	ESQUINA
276	9206124.64	776611.278	2689.661	ESQUINA
277	9206130.82	776606.515	2689.653	ESQUINA
278	9206121.76	776598.378	2690.092	ESQUINA
279	9206116.13	776603.658	2690.075	ESQUINA
280	9206210.93	776516.407	2690.551	ESQUINA
281	9206219.13	776525.383	2690.221	ESQUINA
282	9206224.86	776519.821	2690.282	ESQUINA
283	9206216.96	776512.139	2690.572	ESQUINA
284	9206270.25	776478.207	2690.283	ESQUINA
285	9206276.7	776472.033	2690.295	ESQUINA
286	9206269.39	776463.427	2690.664	ESQUINA
287	9206263.55	776468.401	2690.663	ESQUINA

288	9206374.22	776383.336	2690.713	ESQUINA
289	9206378.52	776379.717	2690.718	ESQUINA
290	9206370.21	776370.044	2691.073	ESQUINA
291	9206366.25	776374.793	2691.037	ESQUINA
292	9206373	776376.927	2690.874	BUZON
293	9206269.91	776470.767	2690.468	BUZON
294	9206217.5	776518.743	2690.405	BUZON
295	9206122.81	776605.892	2689.863	BUZON
296	9206035.88	776675.829	2689.667	BUZON
297	9205994.21	776713.455	2689.293	BUZON
298	9206401.81	776331.92	2691.228	ESQUINA
299	9206403.45	776328.936	2691.26	ESQUINA
300	9206428.2	776293.651	2691.675	ESQUINA
301	9206436.49	776302.804	2691.313	ESQUINA
302	9206441.96	776295.827	2691.341	ESQUINA
303	9206433.94	776286.861	2691.679	ESQUINA
304	9206483.49	776240.578	2691.373	ESQUINA
305	9206485	776237.786	2691.418	ESQUINA
306	9206477.98	776230.051	2691.721	ESQUINA
307	9206514.95	776180.589	2691.948	ESQUINA
308	9206522.84	776189.107	2691.596	ESQUINA
309	9206526.66	776183.464	2691.586	ESQUINA
310	9206519.07	776174.66	2691.934	ESQUINA
311	9206552.41	776129.521	2692.49	ESQUINA
312	9206556.33	776124.61	2692.575	ESQUINA
313	9206566.5	776130.479	2692.341	ESQUINA
314	9206570.23	776125.641	2692.401	ESQUINA
315	9206589.36	776079.725	2692.868	ESQUINA
316	9206596.19	776089.787	2692.477	ESQUINA
317	9206600.97	776082.25	2692.576	ESQUINA
318	9206594.06	776073.548	2692.923	ESQUINA
319	9206650.01	776026.619	2693.019	ESQUINA
320	9206646.62	776031.262	2693.014	ESQUINA
321	9206676.51	775981.299	2693.439	ESQUINA
322	9206685.75	775991.046	2692.997	ESQUINA
323	9206691.72	775982.997	2693.044	ESQUINA
324	9206680.91	775971.113	2693.557	ESQUINA
325	9206775.49	775891.277	2692.886	ESQUINA
326	9206781.91	775899.802	2692.571	ESQUINA
327	9206787.61	775894.528	2692.475	ESQUINA
328	9206780.2	775885.369	2692.862	ESQUINA
329	9206819.16	775852.25	2692.642	ESQUINA
330	9206826.88	775861.901	2692.256	ESQUINA
331	9206835.63	775856.749	2692.249	ESQUINA
332	9206825.29	775848.048	2692.635	ESQUINA
333	9206883.65	775807.961	2693.021	ESQUINA
334	9206889.68	775817.697	2692.713	ESQUINA
335	9206896.64	775812.064	2692.779	ESQUINA
336	9206890.77	775802.087	2693.091	ESQUINA

337	9206918.47	775781.623	2693.121	ESQUINA
338	9206922.07	775779.949	2693.081	ESQUINA
339	9206925.9	775791.391	2692.76	ESQUINA
340	9206929.42	775788.727	2692.746	ESQUINA
341	9206950.23	775759.536	2693.044	ESQUINA
342	9206957.23	775768.682	2692.683	ESQUINA
343	9206960.47	775766.147	2692.693	ESQUINA
344	9206953.9	775756.628	2693.075	ESQUINA
345	9206982.45	775736.461	2693.272	ESQUINA
346	9206990.15	775745.251	2692.921	ESQUINA
347	9206994.62	775741.916	2692.954	ESQUINA
348	9206987.09	775732.808	2693.291	ESQUINA
349	9207021.65	775707.657	2693.556	ESQUINA
350	9207029.96	775716.934	2693.275	ESQUINA
351	9207035.18	775712.003	2693.361	ESQUINA
352	9207029.29	775703.06	2693.593	ESQUINA
353	9207108.48	775640.497	2694.451	ESQUINA
354	9207117.96	775649.729	2694.216	ESQUINA
355	9207126.56	775645.767	2694.411	ESQUINA
356	9207118.13	775634.511	2694.699	ESQUINA
357	9207116.18	775643.674	2694.392	BUZON
358	9207028.41	775711.511	2693.409	BUZON
359	9206989.43	775739.741	2693.075	BUZON
360	9206954.73	775763.408	2692.861	BUZON
361	9206922.9	775784.89	2692.961	BUZON
362	9206889.84	775809.507	2692.918	BUZON
363	9206826.99	775853.791	2692.473	BUZON
364	9206782.58	775890.969	2692.691	BUZON
365	9206680	775982.921	2693.315	BUZON
366	9206640.05	776027.676	2693.193	BUZON
367	9206564.61	776120.01	2692.627	BUZON
368	9206556.15	776132.918	2692.329	BUZON
369	9206481.83	776235.518	2691.524	BUZON
370	9206434.79	776299.409	2691.421	BUZON
371	9206406.09	776335.805	2691.071	BUZON
372	9206322.72	776424.406	2690.6	BUZON
373	9206444.02	776451.468	2687.586	BUZON
374	9206398.68	776498.196	2687.308	BUZON
375	9206338.27	776558.378	2687.068	BUZON
376	9206543.9	776160.133	2691.681	ESQUINA
377	9206548.43	776155.49	2691.72	ESQUINA
378	9206519.29	776183.08	2691.79	BUZON
379	9205527.18	777082.747	2686.226	BUZON
380	9205609.41	777025.703	2687.027	BUZON_BM2
381	9205383.85	777178.2	2685.828	BUZON
382	9205423.96	777287.72	2682.295	BUZON_BM3
383	9205585.67	777169.715	2683.008	BUZON
384	9205587.24	777166.415	2683.091	ESQUINA
385	9205580.7	777170.943	2683.026	ESQUINA

386	9205585.54	777178.316	2682.684	ESQUINA
387	9205591.91	777173.194	2682.773	ESQUINA
388	9205662.29	777114.031	2684.447	ESQUINA
389	9205666.12	777120.964	2684.273	ESQUINA
390	9205673.36	777113.809	2684.348	ESQUINA
391	9205669.92	777105.197	2684.55	ESQUINA
392	9205808.39	777018.099	2685.225	ESQUINA
393	9205814.4	777012.784	2685.306	ESQUINA
394	9205809.53	777004.17	2685.569	ESQUINA
395	9205802.47	777010.126	2685.479	ESQUINA
396	9205889.05	776950.247	2685.047	ESQUINA
397	9205893.3	776946.731	2685.003	ESQUINA
398	9205889.46	776941.511	2685.232	ESQUINA
399	9205884.63	776944.979	2685.294	ESQUINA
400	9205969.85	776885.45	2685.048	ESQUINA
401	9205975.97	776880.018	2685.081	ESQUINA
402	9205972.31	776875.362	2685.389	ESQUINA
403	9205966.08	776880.184	2685.345	ESQUINA
404	9206010.27	776853.358	2685.834	ESQUINA
405	9206016.78	776836.444	2686.187	ESQUINA
406	9206022.62	776844.747	2685.822	ESQUINA
407	9206006	776847.795	2686.112	ESQUINA
408	9206058.59	776804.67	2685.974	ESQUINA
409	9206063.71	776800.2	2685.96	ESQUINA
410	9206103.78	776767.568	2686.134	ESQUINA
411	9206108.4	776773.006	2685.907	ESQUINA
412	9206115.36	776768.516	2685.912	ESQUINA
413	9206188.13	776696.268	2686.038	ESQUINA
414	9206194.68	776703.716	2685.678	ESQUINA
415	9206200.2	776698.748	2685.707	ESQUINA
416	9206193.89	776689.972	2686.099	ESQUINA
417	9206293.25	776610.326	2686.66	ESQUINA
418	9206296.99	776606.383	2686.712	ESQUINA
419	9206288.48	776604.591	2686.905	ESQUINA
420	9206292.2	776600.3	2686.963	ESQUINA
421	9206333.82	776557.635	2687.166	ESQUINA
422	9206338.42	776563.64	2686.958	ESQUINA
423	9206343.87	776558.222	2686.964	ESQUINA
424	9206338.9	776551.979	2687.183	ESQUINA
425	9206636.61	776216.872	2688.499	ESQUINA
426	9206642.39	776223.861	2688.199	ESQUINA
427	9206646.17	776219.921	2688.186	ESQUINA
428	9206639.77	776213.398	2688.488	ESQUINA
429	9206667.54	776186.916	2688.633	ESQUINA
430	9206674.04	776180.26	2688.675	ESQUINA
431	9206726.17	776128.676	2689.198	ESQUINA
432	9206730.29	776124.398	2689.236	ESQUINA
433	9206767.53	776088.439	2689.144	ESQUINA
434	9206772.69	776095.214	2688.905	ESQUINA



435	9206778.07	776087.741	2688.92	ESQUINA
436	9206772.85	776081.18	2689.156	ESQUINA
437	9206798.49	776055.591	2689.191	ESQUINA
438	9206803.62	776060.624	2688.997	ESQUINA
439	9206806.83	776057.432	2689.03	ESQUINA
440	9206801.95	776051.93	2689.238	ESQUINA
441	9206863.23	775990.341	2689.473	ESQUINA
442	9206869.4	775996.233	2689.283	ESQUINA
443	9206876.74	775990.184	2689.252	ESQUINA
444	9206870.12	775982.621	2689.492	ESQUINA
445	9206901.22	775961.806	2689.446	ESQUINA
446	9206908.37	775968.799	2689.195	ESQUINA
447	9206892.93	775937.988	2690.018	ESQUINA
448	9206895.22	775941.461	2689.97	ESQUINA
449	9206950.25	775900.477	2690.691	ESQUINA
450	9206956.62	775896.15	2690.704	ESQUINA
451	9206947.54	775897.188	2690.764	ESQUINA
452	9206919.67	775860.256	2691.56	ESQUINA
453	9206922.99	775864.031	2691.476	ESQUINA
454	9206897.77	775875.757	2691.313	CALLE
455	9206901.25	775879.904	2691.234	CALLE
456	9206953.45	775828.441	2691.625	BUZON
457	9206920.26	775852.796	2691.675	BUZON
458	9206952.44	775897.254	2690.722	BUZON
459	9206595.65	776082.369	2692.669	BUZON
460	9206108.52	776767.891	2686.057	BUZON
461	9206009.66	776840.659	2686.207	BUZON
462	9205888.55	776945.452	2685.169	BUZON
463	9206118.68	776995.74	2679.806	ESQUINA
464	9206114.74	776991.533	2679.973	ESQUINA
465	9206128.43	776987.897	2679.884	ESQUINA
466	9206131.78	776992.307	2679.72	ESQUINA
467	9206006.09	777092.544	2679.328	ESQUINA
468	9206010.95	777097.776	2679.074	ESQUINA
469	9206007.38	777104.978	2678.969	ESQUINA
470	9206001.66	777098.392	2679.312	ESQUINA
471	9205922.4	777172.634	2679.785	ESQUINA
472	9205929.27	777181.406	2679.281	ESQUINA
473	9205880.47	777432.027	2673.097	ESQUINA
474	9205883.08	777436.306	2672.96	ESQUINA
475	9205880.31	777439.892	2672.869	ESQUINA
476	9205877.15	777435.478	2673.013	ESQUINA
477	9205774.23	777469.869	2672.762	ESQUINA
478	9205778.55	777479.53	2672.474	ESQUINA
479	9205781.85	777472.729	2672.608	ESQUINA
480	9205779.25	777463.258	2672.877	ESQUINA
481	9205748.48	777426.03	2674.087	ESQUINA
482	9205754.56	777426.094	2674.046	ESQUINA
483	9205756.68	777432.891	2673.856	ESQUINA



484	9205725.87	777388.969	2675.172	ESQUINA
485	9205727.94	777394.015	2675.031	ESQUINA
486	9205633.7	777412.545	2675.583	ESQUINA
487	9205662.55	777458.64	2674.42	ESQUINA
488	9205687.3	777502.842	2672.975	ESQUINA
489	9205714.39	777548.606	2671.347	ESQUINA
490	9205720.19	777563.876	2670.899	ESQUINA
491	9205736.93	777587.602	2670.091	ESQUINA
492	9205739.4	777585.644	2670.095	ESQUINA
493	9205336.4	776971.72	2693.266	ESQUINA
494	9205385.4	776946.537	2694.217	ESQUINA
495	9205396.01	776939.1	2694.386	ESQUINA
496	9205543.24	776855.954	2694.39	ESQUINA
497	9205550.35	776851.99	2694.376	ESQUINA
498	9205653.04	776784.287	2694.702	ESQUINA
499	9205657.24	776781.27	2694.708	ESQUINA
500	9205773.35	776681.261	2695.196	ESQUINA
501	9205777.55	776678.175	2695.132	ESQUINA
502	9205806.49	776653.429	2695.013	ESQUINA
503	9205812.7	776649.143	2694.941	ESQUINA
504	9205851.41	776620.714	2695.049	ESQUINA
505	9205862.78	776612.929	2695.111	ESQUINA
506	9205927.36	776571.033	2695.336	ESQUINA
507	9205932.33	776567.543	2695.325	ESQUINA
508	9206043.92	776475.209	2695.272	ESQUINA
509	9206046.81	776472.312	2695.245	ESQUINA
510	9206103.52	776427.196	2694.997	ESQUINA
511	9206108.53	776422.254	2695.027	ESQUINA
512	9206145.42	776389.466	2695.217	ESQUINA
513	9206159.31	776376.395	2695.195	ESQUINA
514	9206221.96	776326.67	2695.114	ESQUINA
515	9206229.51	776321.657	2695.146	ESQUINA
516	9206277.93	776281.244	2695.411	ESQUINA
517	9206287.88	776271.571	2695.452	ESQUINA
518	9206303.16	776258.985	2695.438	ESQUINA
519	9206305.63	776256.091	2695.436	ESQUINA
520	9206367.11	776197.591	2695.258	ESQUINA
521	9206374.2	776190.845	2695.301	ESQUINA
522	9206416.26	776150.34	2695.369	ESQUINA
523	9206421.45	776144.872	2695.373	ESQUINA
524	9206436.81	776121.693	2695.54	ESQUINA
525	9206439.79	776117.503	2695.536	ESQUINA
526	9207066.2	775674.353	2693.987	CALLE
527	9207049.65	775701.312	2693.523	CALLE
528	9207088.2	775672.658	2693.767	CALLE
529	9207078.26	775604.016	2696.285	CALLE
530	9207098.66	775628.182	2695.024	CALLE
531	9207135.68	775670.342	2693.838	CALLE
532	9207150.56	775675.074	2693.861	CALLE

533	9206978.49	775648.399	2696.257	CALLE
534	9207004.45	775675.878	2694.87	CALLE
535	9206934.13	775665.662	2696.146	CALLE
536	9206968.17	775708.436	2694.291	CALLE
537	9206896.81	775682.502	2696.057	CALLE
538	9206923.51	775716.209	2694.748	CALLE
539	9206861.48	775699.911	2695.988	CALLE
540	9206891.23	775738.267	2694.605	CALLE
541	9206821.06	775720.04	2696.18	CALLE
542	9206839.64	775734.675	2695.53	CALLE
543	9206861.34	775766.362	2694.342	CALLE
544	9206833.38	775737.974	2695.507	ESQUINA
545	9206837.71	775743.124	2695.302	ESQUINA
546	9206761.12	775728.808	2696.585	ESQUINA
547	9206767.48	775725.048	2696.603	ESQUINA
548	9206401.95	776185.828	2694.834	CALLE
549	9206394.11	776170.559	2695.382	CALLE
550	9206251.87	776300.282	2695.309	CALLE
551	9206259.16	776313.756	2694.852	CALLE
552	9206194	776348.73	2695.095	CALLE
553	9206203.41	776363.013	2694.656	CALLE
554	9205969.2	776542.231	2695.189	CALLE
555	9206009.74	776505.854	2695.468	CALLE
556	9206017.07	776510.815	2695.209	CALLE
557	9205994.97	776530.544	2695.011	CALLE
558	9205751.64	776700.325	2694.959	CALLE
559	9205772.95	776698.61	2694.466	CALLE
560	9205788.57	776668.786	2695.1	CALLE
561	9205828.29	776637.769	2694.915	CALLE
562	9205842.03	776640.61	2694.64	CALLE
563	9205679.22	776763.929	2694.692	CALLE
564	9205700.32	776767.905	2694.177	CALLE
565	9205676.38	776787.792	2694.24	CALLE
566	9205712.06	776735.561	2694.783	CALLE
567	9205470.93	776896.088	2694.545	CALLE
568	9205489.63	776905.484	2694.196	CALLE
569	9205505.44	776879.607	2694.437	CALLE
570	9205531.7	776883.691	2694.065	CALLE
571	9205409.4	776933.548	2694.449	CALLE
572	9205358.04	776976.86	2692.992	CALLE
573	9205362.12	776958.347	2693.664	CALLE
574	9205424.19	777145.107	2686.052	CALLE
575	9205446.84	777142.606	2685.796	CALLE
576	9205489.43	777101.961	2686.28	CALLE
577	9205506.83	777104.522	2685.925	CALLE
578	9205567.43	777054	2686.553	CALLE
579	9205641.39	777068.446	2685.555	CALLE
580	9205651.54	776996.172	2687.111	CALLE
581	9205710.9	776951.551	2687.692	CALLE

---

582	9205771.8	776954.182	2687.659	CALLE
583	9205791.65	776986.277	2686.283	CALLE
584	9205829.92	776996.85	2685.489	CALLE
585	9205859.5	776971.643	2685.397	CALLE
586	9205842.95	776879.701	2687.403	CALLE
587	9205879.02	776932.508	2685.738	CALLE
588	9205844.86	776712.65	2692.145	CALLE
589	9205875.31	776753.485	2690.193	CALLE
590	9205894.82	776778.548	2689.012	CALLE
591	9205913.41	776785.579	2688.568	CALLE
592	9205936.82	776764.867	2688.928	CALLE
593	9205937.15	776729.693	2689.79	CALLE
594	9205868.99	776640.704	2694.351	CALLE
595	9205895.06	776661.501	2693.31	CALLE

---

Fuente: Propio (2023).

**2.2. "FICHA DE RECOPIACIÓN: PARÁMETROS DE LA INFRAESTRUCTURA"**

SECCION DE CUENTAS					
CALLE	CUADRAS	SECCION	ANCHO	ALTURA	LADO
JR. JUAN BEATO MASIAS	C1-C2-C3-C4-C5	Triangular	0.5	0.2	Izquierdo
		Vereda	0.9	0.1	Derecho
JR. JUAN BEATO MASIAS	C13	Triangular	0.5	0.15	Izquierdo
		Vereda	0.9	0.1	Derecho
AV.SAN MARTIN	C1-C2-C3-C4-C5-C10	Triangular	0.6	0.15	Izquierdo
		Rectangular	0.7	0.5	Derecho
	C6-C7	Triangular	0.6	0.15	Izquierdo
		Rectangular	0.7	0.7	Derecho
	C8-C9	Triangular	0.6	0.15	Izquierdo
		Rectangular	0.7	0.6	Derecho
	C11	Triangular	0.6	0.15	Izquierdo
		Rectangular	0.7	0.8	Derecho
	C12-C13-C14-C15-C16-C17-C18	Triangular	0.6	0.15	Izquierdo
		Triangular	0.6	0.15	Derecho
	C20	Circular	0.6	0.2	Izquierdo
		Triangular	0.6	0.15	Derecho
C19-C21-C22	Triangular	0.6	0.2	Izquierdo	
	Triangular	0.5	0.15	Derecho	
AV.MARTIRES DE UCHURACAY	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16-C17-C18-C19-C20-C21-C22	Triangular	0.5	0.2	Izquierdo
		Triangular	0.5	0.2	Derecho
	C23-C24-C25	Vereda	0.9	0.2	Izquierdo
		Triangular	0.4	0.15	Derecho
AV.VIA DE EVITAMIENTO SUR	C3-C4-C5-C6-C7-C8-C11-C12-C13-C14-C15-C16-C17-C18-C19-C20-C21-C22	Triangular	1	0.5	Izquierdo
		Triangular	1	0.5	Derecho
	C9-C10	Vereda	0.9	0.1	Izquierdo
		Vereda	0.9	0.1	Derecho
JR.CUZCO	C5	SIN PAVIMENTO	0.9	-	Izquierdo
		SIN PAVIMENTO	0.9	-	Derecho
JR. SAN JUAN DE DIOS	C1-C2-C3	SIN PAVIMENTO	0.9	-	Izquierdo
		SIN PAVIMENTO	0.9	-	Derecho
JR. SANTA BEATRIZ	C1	Triangular	0.5	0.15	Izquierdo
		Triangular	0.5	0.15	Derecho
	C2	Vereda	0.9	0.1	Izquierdo
		Triangular	0.5	0.2	Derecho
PSJ.GOICOCHEA	C1-C2	Vereda	0.8	0.1	Izquierdo
		Triangular	0.5	0.2	Derecho
JR.MISION BAUTISTA	C1-C2	Triangular	0.5	0.2	Izquierdo
		Vereda	0.9	-	Derecho
PSJ LOS GRANADOS	C2-C3	Triangular	0.4	0.15	Izquierdo
		Triangular	0.4	0.15	Derecho
JR.LOS GERANIOS	C1-C2-C3	Triangular	0.5	0.15	Izquierdo
		Triangular	0.5	0.15	Derecho
AV.ATAHUALPA	C4-C5	Circular	0.6	0.25	Izquierdo
		Vereda	0.9	0.1	Derecho
JR.EMANCIPACION	C1-C2	Triangular	0.4	0.15	Izquierdo
		Triangular	0.4	0.15	Derecho
PSJ.LA VICTORIA	C1-C2	Triangular	0.5	0.15	Izquierdo
		Triangular	0.5	0.15	Derecho
PSJ.LAS DELICIAS	C1-C2	Triangular	0.4	0.15	Izquierdo
		Triangular	0.4	0.15	Derecho
PSJ.DIEGO FERRE	C1-C2	Vereda	0.8	0.15	Izquierdo
		Triangular	0.5	0.15	Derecho
JR.EL MILAGRO	C1-C2	Vereda	0.9	0.15	Izquierdo
		Triangular	0.5	0.15	Derecho
JR.LA LIBERTAD	C1-C2-C3	Triangular	0.5	0.2	Izquierdo
		Triangular	0.5	0.2	Derecho
JR.LOS ANDES	C1-C2-C3	Triangular	0.5	0.15	Izquierdo
		Triangular	0.5	0.15	Derecho
JR.LOS GIRASOLES	C1-C2-C3	Triangular	0.5	0.15	Izquierdo
		Triangular	0.5	0.15	Derecho
JR. LOS GLADIOLOS	C1-C2-C3	Triangular	0.4	0.15	Izquierdo
		Triangular	0.4	0.15	Derecho
JR.LOS TULIPANES	C1-C2-C3	Triangular	0.5	0.15	Izquierdo
		Triangular	0.5	0.15	Derecho
JR.COLONIAL	C1-C2-C3	Triangular	0.5	0.15	Izquierdo
		Triangular	0.5	0.15	Derecho
JR.LIBERTADORES	C1-C2	Vereda	0.9	0.2	Izquierdo
		Vereda	0.9	0.2	Derecho
	C3-C4	Triangular	0.5	0.15	Izquierdo
		Vereda	0.9	0.15	Derecho
JR. EMANCIPADORES	C1	Triangular	0.5	0.15	Izquierdo
		Vereda	0.9	0.15	Derecho
	C2-C3	Triangular	0.5	0.2	Izquierdo
		Triangular	0.5	0.2	Derecho
JR. LA REPUBLICA	C3	Triangular	0.5	0.2	Izquierdo
		Triangular	0.5	0.2	Derecho
JR. LOS CONQUISTADORES	C1-C2-C3	Triangular	0.5	0.2	Izquierdo
		Triangular	0.5	0.2	Derecho
AV.HEROES DEL CENEP	C1-C2-C3-C4	Triangular	0.6	0.15	Izquierdo
		Triangular	0.6	0.15	Derecho
PSJ. SAN ISIDRO	C3	SIN PAVIMENTO	0.9	0.1	Izquierdo
		SIN PAVIMENTO	1.9	0.1	Derecho
AV.INDUSTRIAL	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10	Triangular	0.7	0.25	Izquierdo
		Triangular	0.7	0.25	Derecho

**DE DRENAJE PLUVIAL EXISTENTE”**

**2.3. ENCUESTA REALIZADA A LA POBLACIÓN DEL BARRIO SAN MARTÍN DE PORRES**

**Tesis: “EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL POR GRAVEDAD DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, SECTOR 13 - BARRIO SAN MARTIN DE PORRES”**

“El nuevo paradigma de este siglo es pasar del agua residual al agua reutilizable”

**Marque con un Aspa:**

1. **¿Cómo considera usted el funcionamiento del sistema de drenaje pluvial del Sector en épocas de lluvias intensas? ? (Alternativa única).**

- a) Muy Bueno.
- b) Bueno.
- c) Regular.
- d) Malo.
- e) Muy Malo.

2. **¿En caso exista desborde del sistema de drenaje pluvial, que problemas ocasionan en el sector y en la población? (Alternativa múltiple).**

- a) Propagación de Enfermedades.
- b) Deterioro de las Vías.
- c) Inundación por Acumulación de basura y otras sustancias.
- d) Malos Olores y Antiestético.
- e) Interrupción en la vida normal del residente.

3. **¿Cuánto tiempo viene usted habitando en este sector?**

\_\_\_\_\_.

4. **¿Con que frecuencia ha observado que se haya realizado limpieza y mantenimiento del drenaje urbano en su sector? (Alternativa única).**

- a) Muy Frecuentemente.
- b) Frecuentemente.
- c) Ocasionalmente.
- d) Raramente.
- e) Nunca

5. **¿Qué Calle cree usted que es más propensa a inundarse?**

\_\_\_\_\_.

¡Gracias por contribuir con la evaluación del Sistema de Drenaje Pluvial en su Sector!

*Cajamarca, noviembre del 2022.*


**Figura 54.** Encuesta realizada a la población del Barrio San Martín de Porres, donde evalúan el sistema de drenaje pluvial de su zona.

**PROCESAMIENTO DE CADA UNA DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS.**

1. ¿Cómo considera usted el funcionamiento del sistema de drenaje pluvial del Sector en épocas de lluvias intensas? ? (Alternativa única).

Ord.	Opción de Respuesta	N° de respuestas	Porcentaje (%)
a	Muy Bueno	1	2.00%
b	Bueno	3	6.00%
c	Regular	22	44.00%
d	Malo	22	44.00%
e	Muy Malo	2	4.00%
TOTAL		50	100.00%

2. ¿En caso exista desborde del sistema de drenaje pluvial, que problemas ocasionan en el sector y en la población? (Alternativa múltiple).


	P2				
	a	b	c	d	e
1	1	1	1		1
2	1		1		1
3			1	1	1
4		1	1	1	
5			1	1	1
6		1	1		1
7			1	1	1
8			1	1	1
9	1		1		1
10		1	1	1	
11	1	1	1		1
12		1	1	1	
13			1	1	1
14			1	1	1
15			1	1	1
16			1	1	1
17		1	1	1	1
18		1	1	1	
19		1	1		1
20	1	1	1		1
21	1	1	1		1
22		1	1	1	1

23			1	1	1
24			1	1	1
25		1	1	1	1
26		1	1	1	
27			1	1	1
28		1	1		1
29		1	1	1	
30		1	1	1	
31		1	1	1	1
32		1	1	1	
33		1			
34		1	1	1	
35		1	1	1	
36		1			
37		1	1		
38	1	1	1	1	1
39	1	1	1	1	
40		1	1		
41	1	1	1		
42		1	1	1	
43		1	1		
44		1	1		
45		1			1
46		1		1	
47	1	1	1	1	1
48			1	1	
49		1	1	1	1
50		1		1	
10		36	45	33	28

	f	%
Propagación de enfermedades	10	20.00%
Deterioro de Vías	36	72.00%
Inundación por Acumulación de basura y otras sustancias	45	90.00%
Malos Olores y Antiestético	33	66.00%
Interrupción en la vida normal del residente	28	56.00%



3. ¿Cuánto tiempo viene usted habitando en este sector?

	P3			
	0 a 2	3 a 5	6 a 10	11 a 15
1				1
2	1			
3		1		
4	1			
5	1			
6			1	
7	1			
8	1			
9		1		
10			1	
11			1	
12	1			
13			1	
14	1			
15			1	
16	1			
17		1		
18			1	
19	1			
20				1
21		1		
22				1
23	1			
24	1			
25			1	
26		1		
27	1			
28		1		
29		1		
30		1		
31	1			
32	1			
33	1			
34			1	
35		1		
36			1	
37			1	
38		1		


39	1				
40	1				
41	1				
42	1				
43	1				
44	1				
45			1		
46	1				
47	1				
48	1				
49	1				
50			1		
		25	10	12	3

	f	%
0 a 2 años	25	50.00%
3 a 5 años	10	20.00%
6 a 10 años	12	24.00%
10 a 15 años	3	6.00%
TOTAL	50	100.00%

4. ¿Con que frecuencia ha observado que se haya realizado limpieza y mantenimiento del drenaje urbano en su sector?

Ord.	Opción de Respuesta	N° de respuestas	Porcentaje (%)
a	Muy Frecuentemente	0	0.00%
b	Frecuentemente	11	22.00%
c	Ocasionalmente	19	38.00%
d	Raramente	16	32.00%
e	Nunca	4	8.00%
TOTAL		50	100.00%

5. ¿Qué Calle cree usted que es más propensa a inundarse?

	P5							
	SMP	VES	LRP	Lgrnios	Jcolon	Emancipadores	Los libertadores	Juan Beato Masías
1		1						
2	1							
3		1						
4	1							
5	1							
6		1						
7	1							
8	1							
9		1						
10		1						
11								1
12	1							
13	1							
14		1						
15		1						
16		1						
17		1						
18								1
19								1
20		1						
21								1
22		1						
23								1
24	1							
25		1						
26		1						
27	1							
28		1						
29	1							
30		1						
31		1						
32		1						
33		1						
34			1					
35		1						
36		1						
37		1						
38			1					

39		1						
40				1				
41		1						
42		1						
43					1			
44		1						
45		1						
46						1		
47							1	
48								1
49		1						
50		1						
	10	28	2	1	1	1	1	6

	f	%
Av. San Martín de Porres	10	20.00%
Av. Vía de Evitamiento Sur	28	56.00%
Jr. La República	2	4.00%
Jr. Los Geranios	1	2.00%
Jr. Colonial	1	2.00%
Jr. Emancipadores	1	2.00%
Jr. Los Libertadores	1	2.00%
Jr. Juan Beato Macias	6	12.00%
TOTAL	50	100.00%

## 2.4. MECANISMOS DE DISTRIBUCIÓN

### 2.4A. Distribución Normal

*Análisis con distribución normal*

AÑO	PP	ORDENADOS	F(x)	f(x) (densidad)
1968	81.0	275.7	0.99	0.0003
1969	162.0	257.0	0.98	0.0007
1970	103.0	245.0	0.97	0.0012
1971	275.7	242.7	0.97	0.0013
1972	113.8	233.6	0.96	0.0018
1973	98.4	230.2	0.95	0.0020
1974	128.2	199.4	0.85	0.0044
1975	199.4	199.3	0.85	0.0044
1976	130.4	194.7	0.83	0.0049
1977	146.4	186.5	0.79	0.0056
1978	65.6	182.4	0.77	0.0059
1979	159.7	180.7	0.76	0.0061
1980	130.4	170.2	0.69	0.0068
1981	186.5	162.0	0.63	0.0073
1982	124.8	161.1	0.62	0.0073
1983	151.6	159.7	0.61	0.0074
1984	233.6	158.8	0.61	0.0074
1985	53.0	154.0	0.57	0.0076
1986	120.2	152.9	0.56	0.0076
1987	98.2	151.6	0.55	0.0076
1988	109.7	146.4	0.51	0.0077
1989	158.8	136.0	0.43	0.0076
1990	101.8	133.7	0.41	0.0075
1991	133.7	133.3	0.41	0.0075
1992	66.6	133.1	0.41	0.0075
1993	245.0	130.4	0.39	0.0074
1994	170.2	130.4	0.39	0.0074
1995	108.3	128.2	0.37	0.0073
1996	124.0	124.8	0.35	0.0072
1997	152.9	124.0	0.34	0.0071
1998	257.0	123.7	0.34	0.0071
1999	242.7	120.2	0.32	0.0069
2000	161.1	119.0	0.31	0.0068
2001	230.2	116.8	0.29	0.0067
2002	133.1	113.8	0.27	0.0064
2003	103.6	113.6	0.27	0.0064
2004	123.7	109.7	0.25	0.0061
2005	136.0	108.3	0.24	0.0060

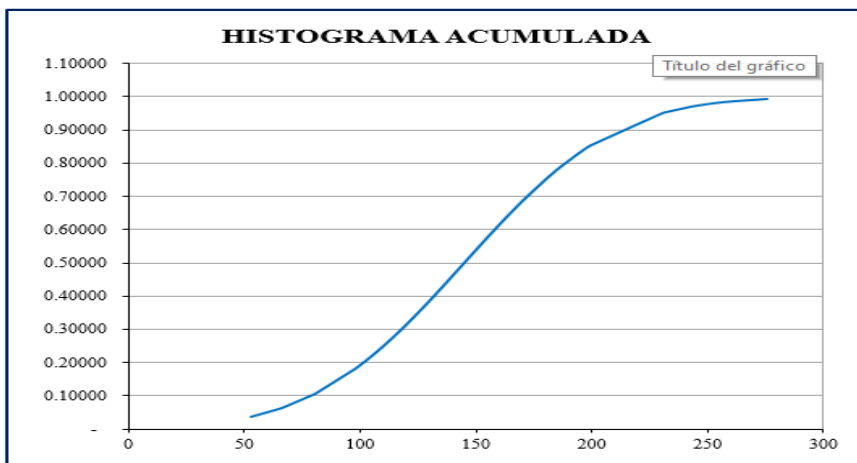
<b>2006</b>	199.3	105.5	0.22	0.0058
<b>2007</b>	182.4	103.6	0.21	0.0056
<b>2008</b>	133.3	103.0	0.21	0.0056
<b>2009</b>	180.7	101.8	0.20	0.0055
<b>2010</b>	154.0	98.4	0.18	0.0051
<b>2011</b>	80.3	98.2	0.18	0.0051
<b>2012</b>	105.5	81.0	0.11	0.0036
<b>2013</b>	113.6	80.3	0.11	0.0035
<b>2014</b>	116.8	66.6	0.07	0.0025
<b>2015</b>	194.7	65.6	0.06	0.0024
<b>2016</b>	119.0	53.0	0.04	0.0016

MEDIA 144.90

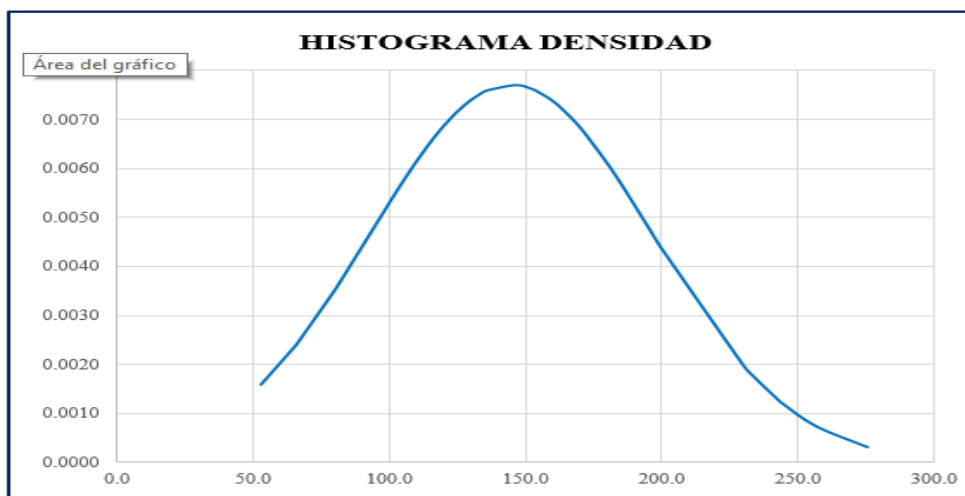
DESV.EST. 51.73

C.ASIM. 0.41

El coeficiente de asimetría fue 0.41 un coeficiente bastante alto. Además, se realizó un histograma acumulado de acuerdo con las precipitaciones máximas ordenas de mayor a menor y la función F(x).



Distribución Normal - Histograma Acumulada; Fuente: Propia (2023).



Distribución Normal - Histograma Densidad; Fuente: Propia (2023).

## 2.4B. Distribución Log 2 Parámetros

*Análisis con distribución LN2*

AÑO	PP(mm)	ORDENADOS	$y = \ln(x)$	F(x)	f(x)
1968	81.0	275.700	5.619	0.974	0.165
1969	162.0	257.000	5.549	0.960	0.236
1970	103.0	245.000	5.501	0.948	0.295
1971	275.7	242.700	5.492	0.945	0.308
1972	113.8	233.600	5.454	0.932	0.362
1973	98.4	230.200	5.439	0.927	0.384
1974	128.2	199.400	5.295	0.854	0.632
1975	199.4	199.300	5.295	0.854	0.633
1976	130.4	194.700	5.271	0.839	0.676
1977	146.4	186.500	5.228	0.808	0.755
1978	65.6	182.400	5.206	0.791	0.795
1979	159.7	180.700	5.197	0.783	0.811
1980	130.4	170.200	5.137	0.731	0.911
1981	186.5	162.000	5.088	0.685	0.982
1982	124.8	161.100	5.082	0.679	0.989
1983	151.6	159.700	5.073	0.671	1.000
1984	233.6	158.800	5.068	0.665	1.007
1985	53.0	154.000	5.037	0.633	1.040
1986	120.2	152.900	5.030	0.626	1.047
1987	98.2	151.600	5.021	0.617	1.055
1988	109.7	146.400	4.986	0.580	1.080
1989	158.8	136.000	4.913	0.499	1.102
1990	101.8	133.700	4.896	0.480	1.101
1991	133.7	133.300	4.893	0.477	1.100
1992	66.6	133.100	4.891	0.475	1.100
1993	245.0	130.400	4.871	0.453	1.095
1994	170.2	130.400	4.871	0.453	1.095
1995	108.3	128.200	4.854	0.434	1.087
1996	124.0	124.800	4.827	0.405	1.071
1997	152.9	124.000	4.820	0.398	1.066
1998	257.0	123.700	4.818	0.396	1.064
1999	242.7	120.200	4.789	0.366	1.039
2000	161.1	119.000	4.779	0.355	1.029
2001	230.2	116.800	4.760	0.336	1.008
2002	133.1	113.800	4.734	0.310	0.975
2003	103.6	113.600	4.733	0.309	0.973
2004	123.7	109.700	4.698	0.275	0.923
2005	136.0	108.300	4.685	0.264	0.903
2006	199.3	105.500	4.659	0.241	0.860
2007	182.4	103.600	4.641	0.225	0.829

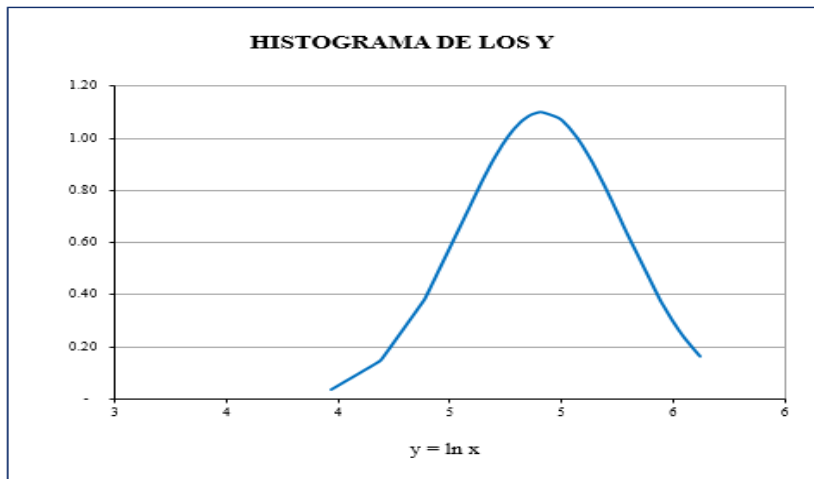


<b>2008</b>	133.3	103.000	4.635	0.221	0.819
<b>2009</b>	180.7	101.800	4.623	0.211	0.799
<b>2010</b>	154.0	98.400	4.589	0.185	0.737
<b>2011</b>	80.3	98.200	4.587	0.183	0.734
<b>2012</b>	105.5	81.000	4.394	0.076	0.394
<b>2013</b>	113.6	80.300	4.386	0.072	0.381
<b>2014</b>	116.8	66.600	4.199	0.024	0.157
<b>2015</b>	194.7	65.600	4.184	0.022	0.144
<b>2016</b>	119.0	53.000	3.970	0.005	0.037

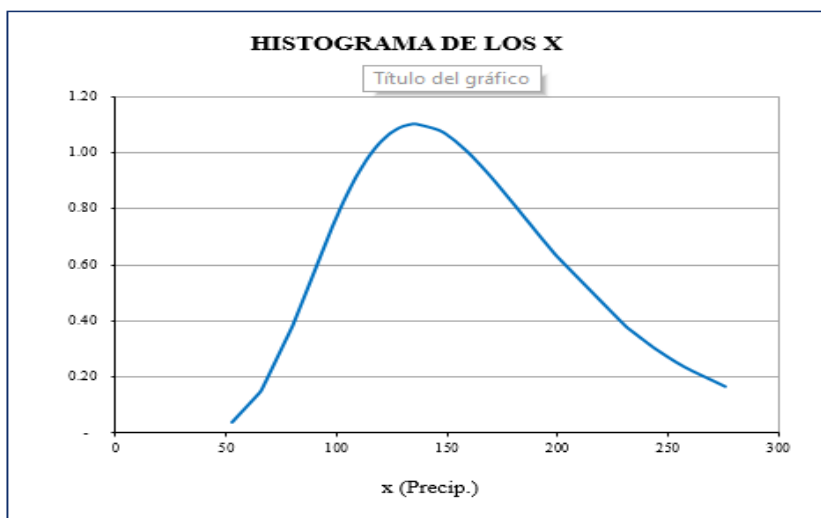
MEDIA	144.90
DESV.EST.	51.73

MEDIA	4.91
DESV.EST.	0.36
C.ASIMETRIA	-0.23

El coeficiente de asimetría es -0.23 no acercándose al 0, usando la distribución log-normal 2 parámetros. Además, se realizó un histograma acumulado de acuerdo con las precipitaciones máximas ordenas de mayor a menor y la función de los “y” (ln(x)).



Distribución LN2 - Histograma de los Y; Fuente Propia (2023).



Distribución LN2 - Histograma de los X; Fuente Propia (2023).

## 2.4C. Distribución Gumbel

*Análisis con distribución Gumbel*

<b>AÑO</b>	<b>PP (mm)</b>	<b>ORDENADOS</b>	<b><math>y = (x - u)/a</math></b>	<b>G(x)</b>
1968	81.0	275.700	3.820	0.978
1969	162.0	257.000	3.357	0.966
1970	103.0	245.000	3.059	0.954
1971	275.7	242.700	3.002	0.952
1972	113.8	233.600	2.777	0.940
1973	98.4	230.200	2.692	0.935
1974	128.2	199.400	1.929	0.865
1975	199.4	199.300	1.926	0.864
1976	130.4	194.700	1.812	0.849
1977	146.4	186.500	1.609	0.819
1978	65.6	182.400	1.507	0.801
1979	159.7	180.700	1.465	0.794
1980	130.4	170.200	1.205	0.741
1981	186.5	162.000	1.001	0.693
1982	124.8	161.100	0.979	0.687
1983	151.6	159.700	0.944	0.678
1984	233.6	158.800	0.922	0.672
1985	53.0	154.000	0.803	0.639
1986	120.2	152.900	0.776	0.631
1987	98.2	151.600	0.743	0.622
1988	109.7	146.400	0.614	0.582
1989	158.8	136.000	0.357	0.497
1990	101.8	133.700	0.300	0.477
1991	133.7	133.300	0.290	0.473
1992	66.6	133.100	0.285	0.471
1993	245.0	130.400	0.218	0.447
1994	170.2	130.400	0.218	0.447
1995	108.3	128.200	0.163	0.428
1996	124.0	124.800	0.079	0.397
1997	152.9	124.000	0.059	0.390
1998	257.0	123.700	0.052	0.387
1999	242.7	120.200	-0.035	0.355
2000	161.1	119.000	-0.065	0.344
2001	230.2	116.800	-0.119	0.324
2002	133.1	113.800	-0.194	0.297
2003	103.6	113.600	-0.199	0.295
2004	123.7	109.700	-0.295	0.261
2005	136.0	108.300	-0.330	0.249
2006	199.3	105.500	-0.400	0.225
2007	182.4	103.600	-0.447	0.209

<b>2008</b>	133.3	103.000	-0.462	0.205
<b>2009</b>	180.7	101.800	-0.491	0.195
<b>2010</b>	154.0	98.400	-0.576	0.169
<b>2011</b>	80.3	98.200	-0.581	0.167
<b>2012</b>	105.5	81.000	-1.007	0.065
<b>2013</b>	113.6	80.300	-1.024	0.062
<b>2014</b>	116.8	66.600	-1.364	0.020
<b>2015</b>	194.7	65.600	-1.389	0.018
<b>2016</b>	119.0	53.000	-1.701	0.004

La desviación estándar es 1.28 con la distribución Gumbel.

*Cálculo de variables probabilísticas*

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 144.90 \text{ mm}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = 51.73 \text{ mm}$$

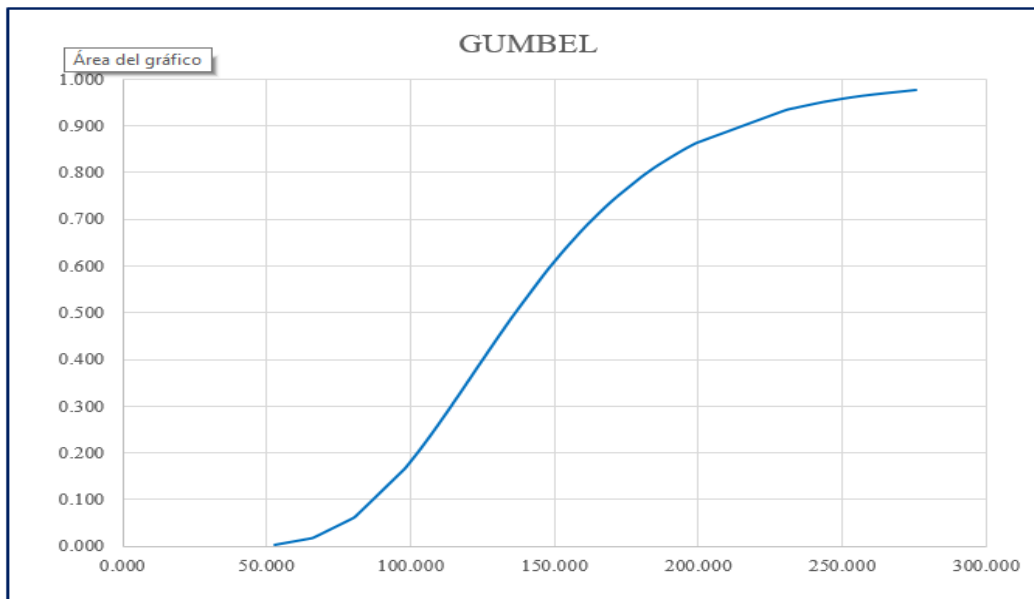
$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s = 40.33 \text{ mm}$$

$$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 121.62 \text{ mm}$$

x medio	144.90	0.5772
desv. Est x (Sx)	51.73	1.2825

n = número de datos 49

Además, se realizó un histograma acumulado de acuerdo con las precipitaciones máximas ordenas de mayor a menor y la función F(x).



*Distribución Gumbel; Fuente: Propia (2023).*

**2.4D. Distribución Log Gumbel**

*Análisis con Distribución LogGumbel*

AÑO	PP (mm)	ORDENADOS	ln(x)	$y = (x - u)/a$	G(x)
1968	81.0	275.7	5.62	3.078	0.955
1969	162.0	257.0	5.55	2.829	0.943
1970	103.0	245.0	5.50	2.660	0.932
1971	275.7	242.7	5.49	2.626	0.930
1972	113.8	233.6	5.45	2.491	0.921
1973	98.4	230.2	5.44	2.439	0.916
1974	128.2	199.4	5.30	1.930	0.865
1975	199.4	199.3	5.29	1.928	0.865
1976	130.4	194.7	5.27	1.845	0.854
1977	146.4	186.5	5.23	1.693	0.832
1978	65.6	182.4	5.21	1.614	0.820
1979	159.7	180.7	5.20	1.581	0.814
1980	130.4	170.2	5.14	1.369	0.775
1981	186.5	162.0	5.09	1.194	0.739
1982	124.8	161.1	5.08	1.174	0.734
1983	151.6	159.7	5.07	1.143	0.727
1984	233.6	158.8	5.07	1.123	0.722
1985	53.0	154.0	5.04	1.014	0.696
1986	120.2	152.9	5.03	0.989	0.689
1987	98.2	151.6	5.02	0.959	0.682
1988	109.7	146.4	4.99	0.835	0.648
1989	158.8	136.0	4.91	0.574	0.569
1990	101.8	133.7	4.90	0.513	0.550
1991	133.7	133.3	4.89	0.503	0.546
1992	66.6	133.1	4.89	0.498	0.544
1993	245.0	130.4	4.87	0.425	0.520
1994	170.2	130.4	4.87	0.425	0.520
1995	108.3	128.2	4.85	0.365	0.499
1996	124.0	124.8	4.83	0.269	0.466
1997	152.9	124.0	4.82	0.247	0.458
1998	257.0	123.7	4.82	0.238	0.455
1999	242.7	120.2	4.79	0.136	0.418
2000	161.1	119.0	4.78	0.101	0.405
2001	230.2	116.8	4.76	0.035	0.381
2002	133.1	113.8	4.73	-0.058	0.347
2003	103.6	113.6	4.73	-0.064	0.344
2004	123.7	109.7	4.70	-0.188	0.299
2005	136.0	108.3	4.68	-0.233	0.283
2006	199.3	105.5	4.66	-0.326	0.250
2007	182.4	103.6	4.64	-0.390	0.228
2008	133.3	103.0	4.63	-0.411	0.221
2009	180.7	101.8	4.62	-0.453	0.208
2010	154.0	98.4	4.59	-0.573	0.170

<b>2011</b>	80.3	98.2	4.59	-0.580	0.168
<b>2012</b>	105.5	81.0	4.39	-1.263	0.029
<b>2013</b>	113.6	80.3	4.39	-1.293	0.026
<b>2014</b>	116.8	66.6	4.20	-1.956	0.001
<b>2015</b>	194.7	65.6	4.18	-2.010	0.001
<b>2016</b>	119.0	53.0	3.97	-2.766	0.000

		ln(X)
X medio	144.90	4.914
Desv. Est x (Sx)	51.73	0.362

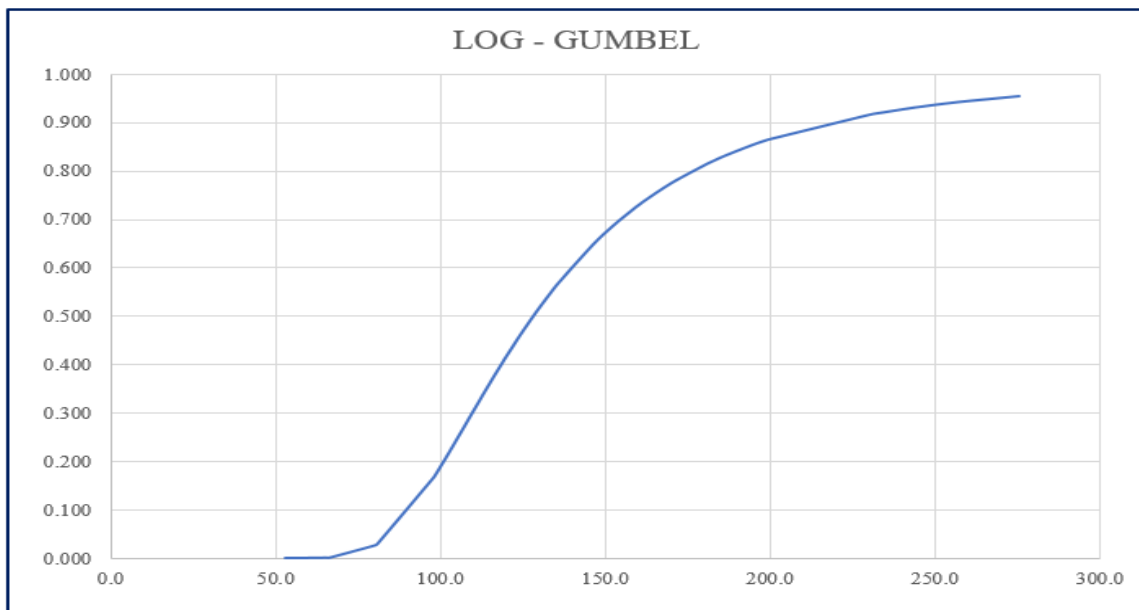
n = número de datos      49

Parámetros, según n

$$a = Sx / Sn = 0.2822$$

$$u = x - yn * a = 4.7507$$

La desviación estándar es 0.362 con la distribución log-Gumbel. Además, se realizó un histograma acumulado de acuerdo con las precipitaciones máximas ordenas de mayor a menor y la función F(x).



Distribución LogGumbel; Fuente: Propia (2023).

## 2.4E. Distribución Gamma

Análisis con Distribución Gamma de 2 parámetros

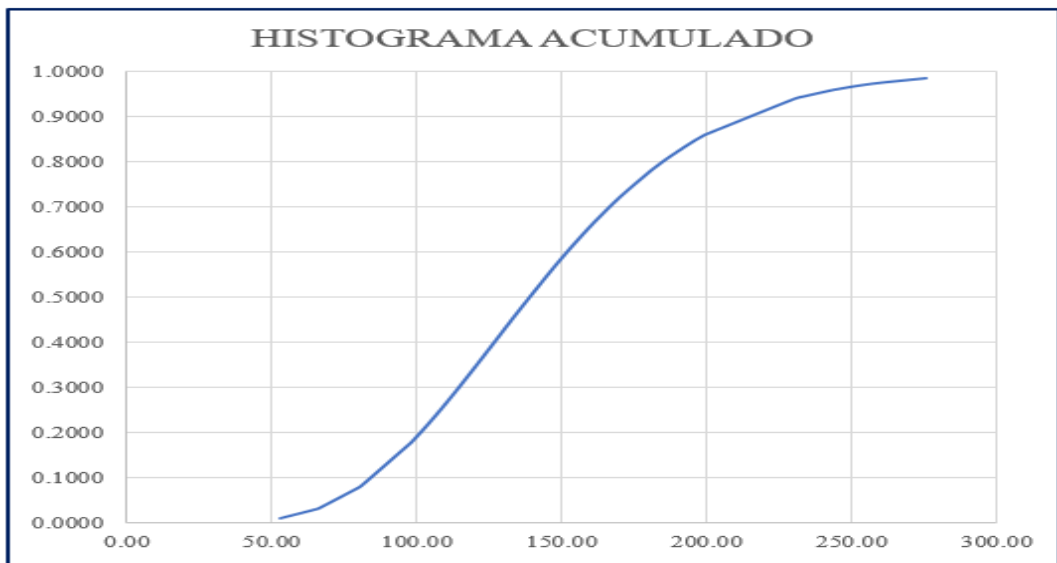
AÑO	PP (mm)	ORDENADOS	LN X	f(x)	F(x)
1968	81.00	275.70	5.6193	0.0005	0.9850
1969	162.00	257.00	5.5491	0.0009	0.9727
1970	103.00	245.00	5.5013	0.0012	0.9605
1971	275.70	242.70	5.4918	0.0013	0.9577
1972	113.80	233.60	5.4536	0.0016	0.9446
1973	98.40	230.20	5.4389	0.0018	0.9389
1974	128.20	199.40	5.2953	0.0036	0.8594
1975	199.40	199.30	5.2948	0.0036	0.8590
1976	130.40	194.70	5.2715	0.0039	0.8419
1977	146.40	186.50	5.2284	0.0046	0.8072
1978	65.60	182.40	5.2062	0.0049	0.7878
1979	159.70	180.70	5.1968	0.0050	0.7794
1980	130.40	170.20	5.1370	0.0059	0.7218
1981	186.50	162.00	5.0876	0.0066	0.6703
1982	124.80	161.10	5.0820	0.0067	0.6643
1983	151.60	159.70	5.0733	0.0068	0.6549
1984	233.60	158.80	5.0676	0.0069	0.6488
1985	53.00	154.00	5.0370	0.0072	0.6150
1986	120.20	152.90	5.0298	0.0073	0.6070
1987	98.20	151.60	5.0212	0.0074	0.5975
1988	109.70	146.40	4.9863	0.0077	0.5582
1989	158.80	136.00	4.9127	0.0082	0.4754
1990	101.80	133.70	4.8956	0.0082	0.4566
1991	133.70	133.30	4.8926	0.0082	0.4533
1992	66.60	133.10	4.8911	0.0082	0.4516
1993	245.00	130.40	4.8706	0.0083	0.4293
1994	170.20	130.40	4.8706	0.0083	0.4293
1995	108.30	128.20	4.8536	0.0083	0.4111
1996	124.00	124.80	4.8267	0.0083	0.3828
1997	152.90	124.00	4.8203	0.0083	0.3762
1998	257.00	123.70	4.8179	0.0083	0.3737
1999	242.70	120.20	4.7892	0.0082	0.3448
2000	161.10	119.00	4.7791	0.0082	0.3350
2001	230.20	116.80	4.7605	0.0081	0.3171
2002	133.10	113.80	4.7344	0.0080	0.2930
2003	103.60	113.60	4.7327	0.0079	0.2914
2004	123.70	109.70	4.6977	0.0077	0.2609
2005	136.00	108.30	4.6849	0.0076	0.2501
2006	199.30	105.50	4.6587	0.0074	0.2292
2007	182.40	103.60	4.6405	0.0072	0.2153
2008	133.30	103.00	4.6347	0.0072	0.2110
2009	180.70	101.80	4.6230	0.0070	0.2025

<b>2010</b>	154.00	98.40	4.5890	0.0067	0.1791
<b>2011</b>	80.30	98.20	4.5870	0.0067	0.1778
<b>2012</b>	105.50	81.00	4.3944	0.0044	0.0817
<b>2013</b>	113.60	80.30	4.3858	0.0043	0.0786
<b>2014</b>	116.80	66.60	4.1987	0.0024	0.0326
<b>2015</b>	194.70	65.60	4.1836	0.0023	0.0302
<b>2016</b>	119.00	53.00	3.9703	0.0010	0.0097

Media (ln(x))	4.91
ln(media)	4.98
y	0.06
$\gamma$	8.17
x (media)	144.90
<b>a</b>	8.17
<b>b</b>	17.74
C. Asime	0.175

Parámetros:  
 Forma:  $a = x/b > 0$   
 Escala:  $b = x/\gamma > 0$

El coeficiente de asimetría es 0.175 con la distribución Gamma 2 parámetros. Además, se realizó un histograma acumulado de acuerdo con las precipitaciones máximas ordenas de mayor a menor y la función F(x).



Distribución Gamma - Histograma Acumulado; Fuente: Propia (2023).

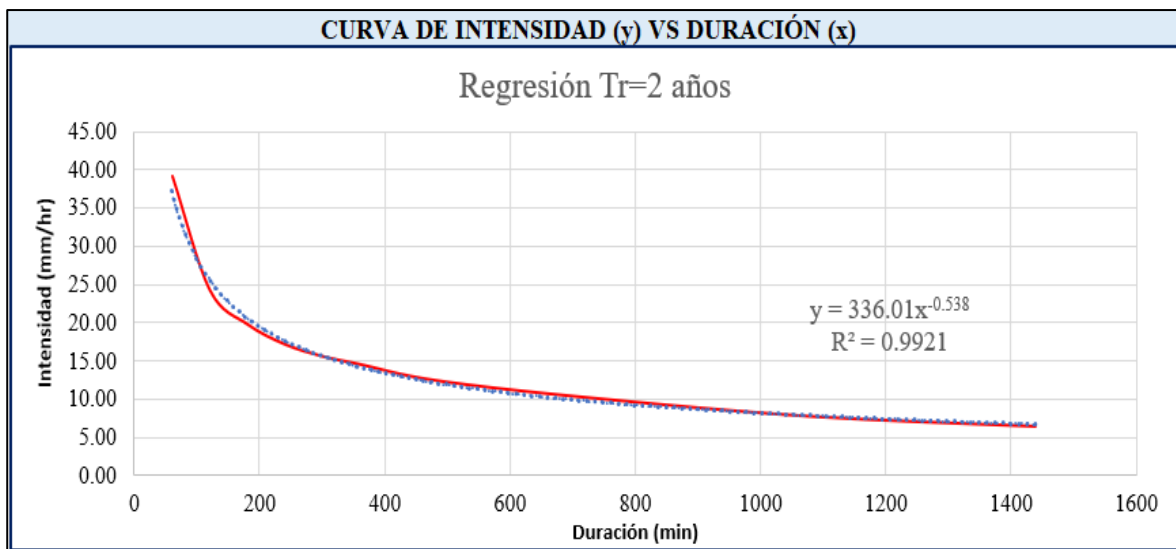
**2.5. REPRESENTACIONES MATEMÁTICAS DE LAS CURVAS IDF PARA CADA UNO DE LOS TIEMPOS DE RETORNO.**



**Tabla 42.**  
 Valores de la Representación Matemática IDF,  $Tr = 2$  años

Periodo de retorno para $Tr = 2$ años						
Nº	x (min)	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	6.5204	7.2724	1.8749	13.6353	52.8878
2	1080	7.8245	6.9847	2.0573	14.3693	48.7863
3	720	10.3022	6.5793	2.3324	15.3452	43.2865
4	480	12.5192	6.1738	2.5273	15.6028	38.1156
5	360	14.6057	5.8861	2.6814	15.7831	34.6462
6	300	15.6489	5.7038	2.7504	15.6877	32.5331
7	240	17.2138	5.4806	2.8457	15.5963	30.0374
8	180	19.8220	5.1930	2.9868	15.5103	26.9668
9	120	24.2559	4.7875	3.1887	15.2657	22.9201
10	60	39.1223	4.0943	3.6667	15.0127	16.7637
Total	4980	167.8349	58.1555	26.9115	151.8083	346.9435

Fuente: Propia (2023).



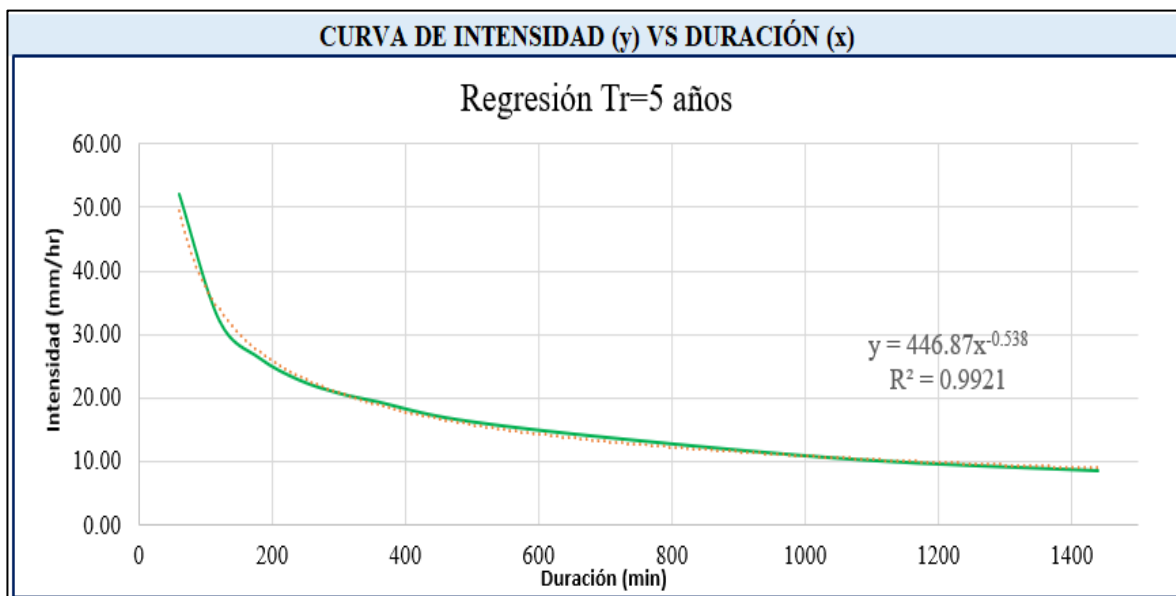
**Figura 55.** Regresión de la curva Intensidad (y) vs Duración (x) para un tiempo de retorno de 2 años; Fuente: Propia (2023).

**Tabla 43**

Valores de la Representación Matemática IDF,  $Tr = 5$  años.

Periodo de retorno para $Tr = 5$ años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	8.6718	7.2724	2.1601	15.7090	52.8878
2	1080	10.4062	6.9847	2.3424	16.3610	48.7863
3	720	13.7015	6.5793	2.6175	17.2212	43.2865
4	480	16.6499	6.1738	2.8124	17.3632	38.1156
5	360	19.4249	5.8861	2.9666	17.4615	34.6462
6	300	20.8124	5.7038	3.0355	17.3141	32.5331
7	240	22.8937	5.4806	3.1309	17.1591	30.0374
8	180	26.3624	5.1930	3.2719	16.9910	26.9668
9	120	32.2592	4.7875	3.4738	16.6308	22.9201
10	60	52.0310	4.0943	3.9518	16.1802	16.7637
Total	4980	223.2132	58.1555	29.7629	168.3912	346.9435

Fuente: Propia (2023).



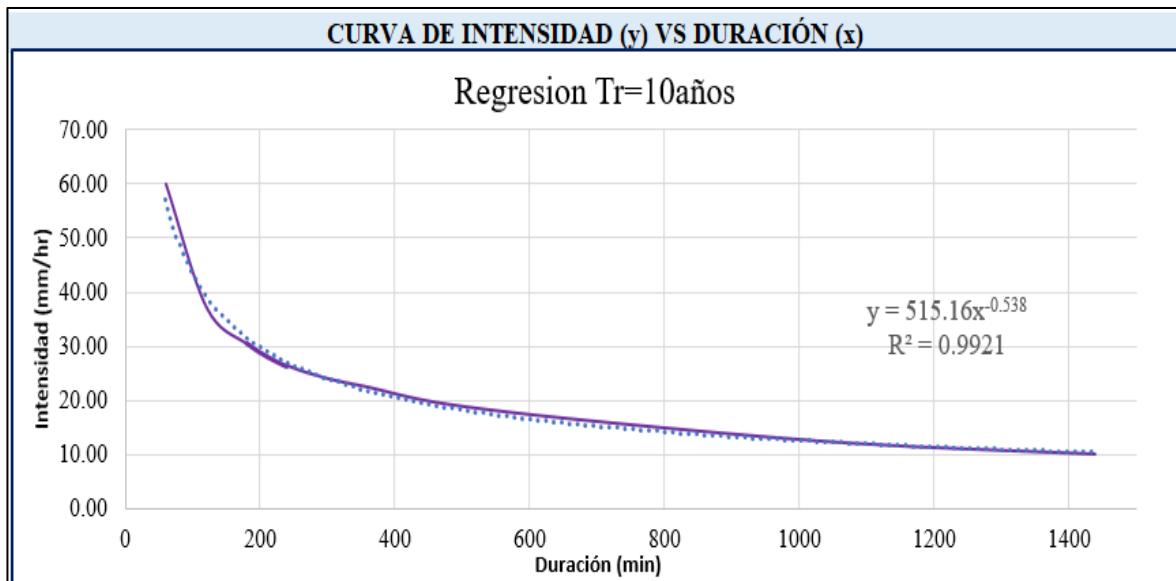
**Figura 56.** Regresión de la curva Intensidad (y) vs Duración (x) para un tiempo de retorno de 5 años; Fuente: Propia (2023).

**Tabla 44**

Valores de la Representación Matemática IDF,  $Tr = 10$  años.

Periodo de retorno para $Tr = 10$ años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	9.9970	7.2724	2.3023	16.7431	52.8878
2	1080	11.9964	6.9847	2.4846	17.3543	48.7863
3	720	15.7953	6.5793	2.7597	18.1568	43.2865
4	480	19.1942	6.1738	2.9546	18.2411	38.1156
5	360	22.3933	5.8861	3.1088	18.2985	34.6462
6	300	23.9928	5.7038	3.1778	18.1252	32.5331
7	240	26.3921	5.4806	3.2731	17.9385	30.0374
8	180	30.3909	5.1930	3.4141	17.7295	26.9668
9	120	37.1889	4.7875	3.6160	17.3116	22.9201
10	60	59.9820	4.0943	4.0940	16.7624	16.7637
Total	4980	257.3229	58.1555	31.1850	176.6611	346.9435

Fuente: Propia (2023).



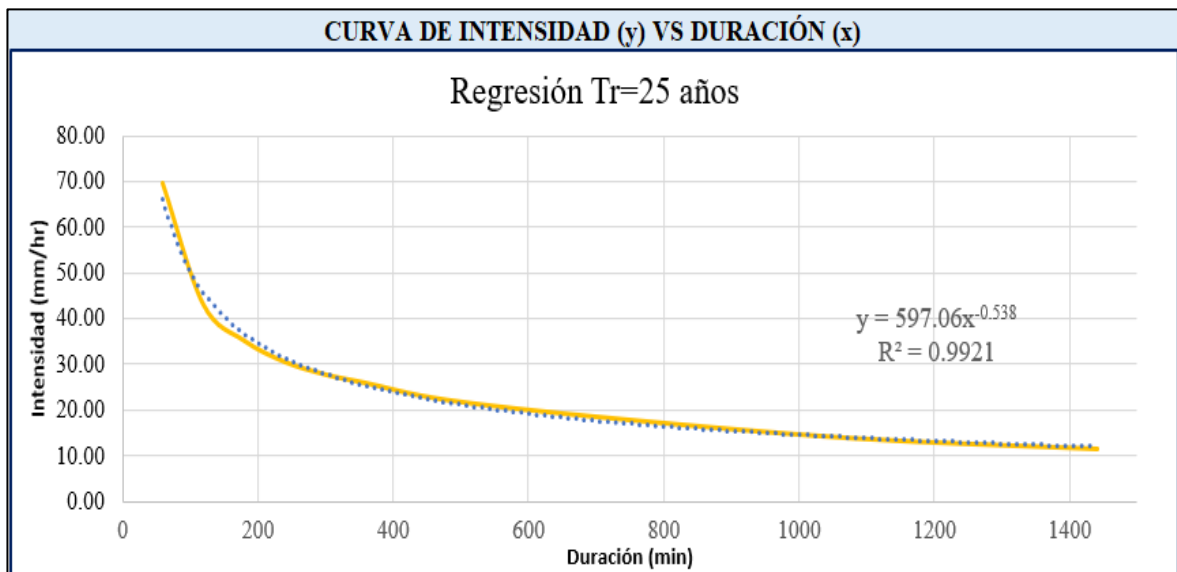
**Figura 57.** Regresión de la curva Intensidad (y) vs Duración (x) para un tiempo de retorno de 10 años; Fuente: Propia (2023).

**Tabla 45**

Valores de la Representación Matemática IDF,  $Tr = 25$  años.

Periodo de retorno para $Tr = 25$ años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	11.5863	7.2724	2.4498	17.8161	52.8878
2	1080	13.9036	6.9847	2.6321	18.3848	48.7863
3	720	18.3064	6.5793	2.9073	19.1275	43.2865
4	480	22.2457	6.1738	3.1022	19.1520	38.1156
5	360	25.9534	5.8861	3.2563	19.1669	34.6462
6	300	27.8072	5.7038	3.3253	18.9668	32.5331
7	240	30.5879	5.4806	3.4206	18.7471	30.0374
8	180	35.2224	5.1930	3.5617	18.4957	26.9668
9	120	43.1011	4.7875	3.7635	18.0180	22.9201
10	60	69.5180	4.0943	4.2416	17.3665	16.7637
Total	4980	298.2320	58.1555	32.6604	185.2414	346.9435

Fuente: Propia (2023).



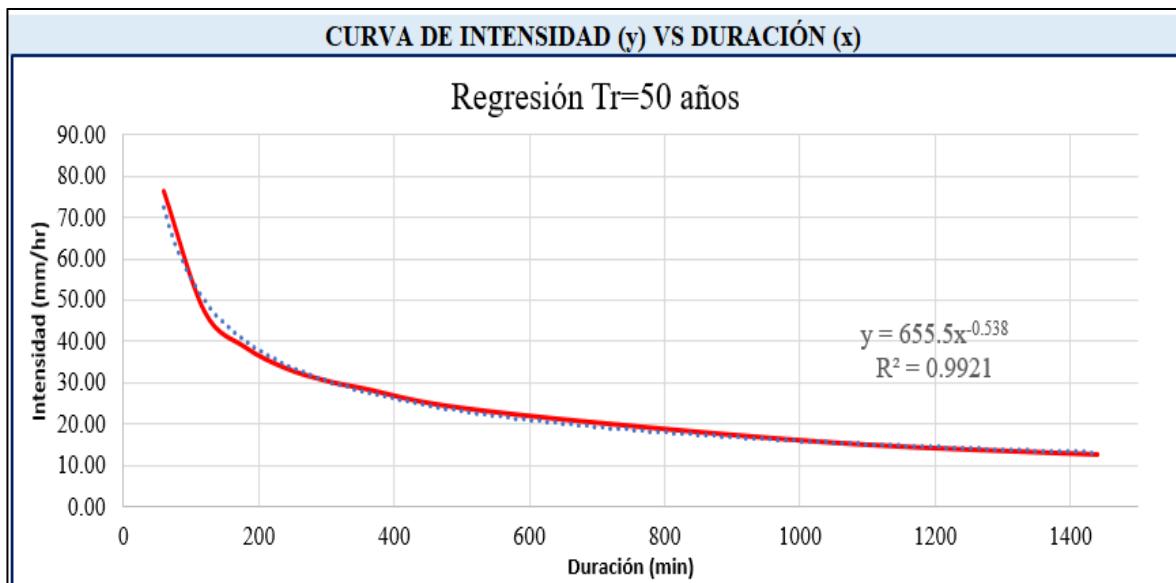
**Figura 58.** Regresión de la curva Intensidad (y) vs Duración (x) para un tiempo de retorno de 25 años; Fuente: Propia (2023).

**Tabla 46**

Valores de la Representación Matemática IDF,  $Tr = 50$  años.

Periodo de retorno para $Tr = 50$ años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	12.7203	7.2724	2.5432	18.4952	52.8878
2	1080	15.2644	6.9847	2.7255	19.0370	48.7863
3	720	20.0981	6.5793	3.0006	19.7419	43.2865
4	480	24.4230	6.1738	3.1955	19.7285	38.1156
5	360	28.4935	5.8861	3.3497	19.7165	34.6462
6	300	30.5288	5.7038	3.4187	19.4993	32.5331
7	240	33.5816	5.4806	3.5140	19.2589	30.0374
8	180	38.6698	5.1930	3.6551	18.9806	26.9668
9	120	47.3196	4.7875	3.8569	18.4650	22.9201
10	60	76.3219	4.0943	4.3350	17.7488	16.7637
Total	4980	327.4210	58.1555	33.5941	190.6717	346.9435

Fuente: Propia (2023).



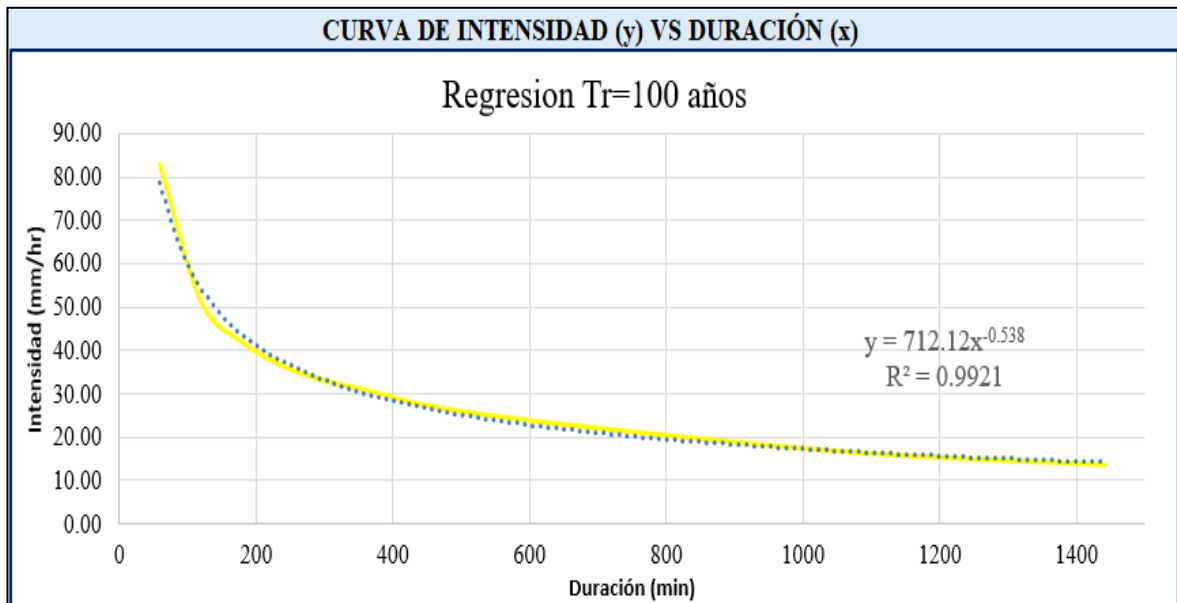
**Figura 59.** Regresión de la curva Intensidad (y) vs Duración (x) para un tiempo de retorno de 50 años; Fuente: Propia (2023).

**Tabla 47**

Valores de la Representación Matemática IDF,  $Tr = 100$  años.

Periodo de retorno para $Tr = 100$ años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	13.8190	7.2724	2.6260	19.0976	52.8878
2	1080	16.5828	6.9847	2.8084	19.6156	48.7863
3	720	21.8340	6.5793	3.0835	20.2869	43.2865
4	480	26.5325	6.1738	3.2784	20.2400	38.1156
5	360	30.9546	5.8861	3.4325	20.2042	34.6462
6	300	33.1656	5.7038	3.5015	19.9719	32.5331
7	240	36.4822	5.4806	3.5968	19.7129	30.0374
8	180	42.0098	5.1930	3.7379	19.4108	26.9668
9	120	51.4067	4.7875	3.9398	18.8616	22.9201
10	60	82.9140	4.0943	4.4178	18.0880	16.7637
Total	4980	355.7013	58.1555	34.4226	195.4895	346.9435

Fuente: Propia (2023).



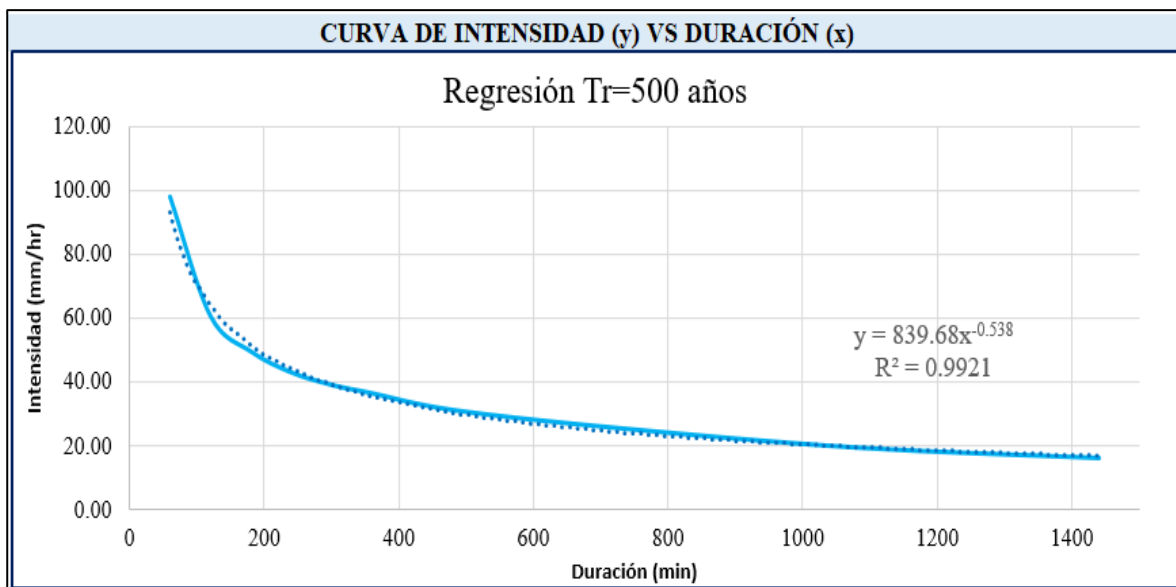
**Figura 60.** Regresión de la curva Intensidad (y) vs Duración (x) para un tiempo de retorno de 100 años; Fuente: Propia (2023).

**Tabla 48**

Valores de la Representación Matemática IDF,  $Tr = 500$  años.

Periodo de retorno para $Tr = 500$ años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	16.2945	7.2724	2.7908	20.2960	52.8878
2	1080	19.5534	6.9847	2.9732	20.7666	48.7863
3	720	25.7454	6.5793	3.2483	21.3711	43.2865
4	480	31.2855	6.1738	3.4432	21.2573	38.1156
5	360	36.4998	5.8861	3.5973	21.1741	34.6462
6	300	39.1069	5.7038	3.6663	20.9118	32.5331
7	240	43.0176	5.4806	3.7616	20.6160	30.0374
8	180	49.5354	5.1930	3.9027	20.2665	26.9668
9	120	60.6157	4.7875	4.1046	19.6505	22.9201
10	60	97.7672	4.0943	4.5826	18.7627	16.7637
Total	4980	419.4215	58.1555	36.0704	205.0727	346.9435

Fuente: Propia (2023).



**Figura 61.** Regresión de la curva Intensidad (y) vs Duración (x) para un tiempo de retorno de 500 años; Fuente: Propia (2023).



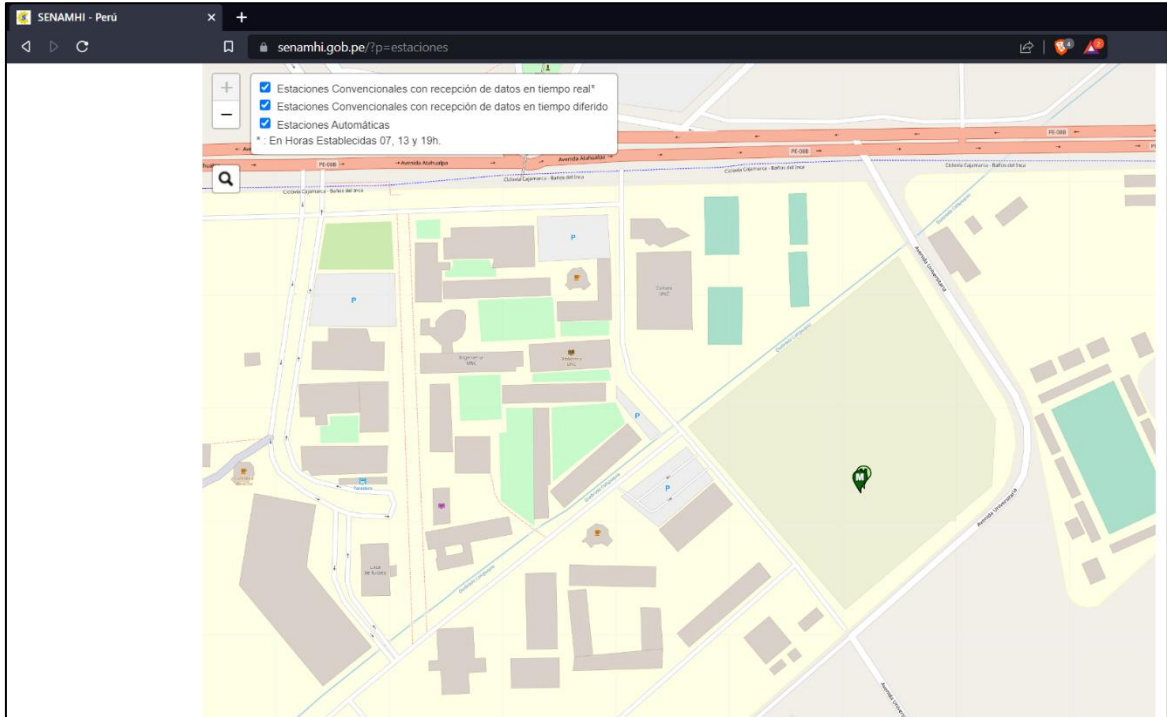
**2.6. DATOS PARA LA CREACION DE HIETOGRAMAS CON UN PERIODO DE RETORNO 10 Y 25 AÑOS.**

<b>HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 10 AÑOS</b>						
Duración de la tormenta (h)	2		120 min			
Intesidad de lluvia (mm/h)	28.71					
Precipitación en 24 horas (mm)	57.41					
Intervalos de tiempo (min)	5					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	204.91	17.08	17.08	204.91	1.48	17.78
10	141.17	23.53	6.45	77.44	1.56	18.69
15	113.53	28.38	4.85	58.24	1.65	19.75
20	97.26	32.42	4.04	48.47	1.75	21.00
25	86.27	35.95	3.52	42.29	1.88	22.51
30	78.22	39.11	3.16	37.95	2.03	24.39
35	72.00	42.00	2.89	34.68	2.23	26.78
40	67.01	44.67	2.68	32.10	2.50	30.01
45	62.90	47.17	2.50	30.01	2.89	34.68
50	59.44	49.53	2.36	28.27	3.52	42.29
55	56.47	51.76	2.23	26.78	4.85	58.24
60	53.89	53.89	2.13	25.50	17.08	204.91
65	51.62	55.92	2.03	24.39	6.45	77.44
70	49.60	57.87	1.95	23.40	4.04	48.47
75	47.80	59.75	1.88	22.51	3.16	37.95
80	46.17	61.56	1.81	21.72	2.68	32.10
85	44.69	63.31	1.75	21.00	2.36	28.27
90	43.33	65.00	1.70	20.35	2.13	25.50
95	42.09	66.65	1.65	19.75	1.95	23.40
100	40.95	68.25	1.60	19.20	1.81	21.72
105	39.89	69.80	1.56	18.69	1.70	20.35
110	38.90	71.32	1.52	18.22	1.60	19.20
115	37.98	72.80	1.48	17.78	1.52	18.22
120	37.13	74.25	1.45	17.37	1.45	17.37

<b>HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 25 AÑOS</b>						
Duración de la tormenta (h)	2		120 min			
Intensidad de lluvia (mm/h)	42.98					
Precipitación en 24 horas (mm)	85.96					
Intervalos de tiempo (min)	5					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	237.22	19.77	19.77	237.22	1.72	20.58
10	163.44	27.24	7.47	89.65	1.80	21.64
15	131.43	32.86	5.62	67.42	1.91	22.86
20	112.60	37.53	4.68	56.11	2.03	24.32
25	99.87	41.61	4.08	48.96	2.17	26.07
30	90.55	45.27	3.66	43.93	2.35	28.23
35	83.35	48.62	3.35	40.15	2.58	31.01
40	77.58	51.72	3.10	37.17	2.90	34.74
45	72.82	54.61	2.90	34.74	3.35	40.15
50	68.81	57.34	2.73	32.72	4.08	48.96
55	65.37	59.92	2.58	31.01	5.62	67.42
60	62.38	62.38	2.46	29.53	19.77	237.22
65	59.76	64.74	2.35	28.23	7.47	89.65
70	57.42	66.99	2.26	27.09	4.68	56.11
75	55.33	69.17	2.17	26.07	3.66	43.93
80	53.45	71.26	2.10	25.15	3.10	37.17
85	51.73	73.29	2.03	24.32	2.73	32.72
90	50.17	75.25	1.96	23.56	2.46	29.53
95	48.73	77.16	1.91	22.86	2.26	27.09
100	47.41	79.01	1.85	22.23	2.10	25.15
105	46.18	80.81	1.80	21.64	1.96	23.56
110	45.04	82.57	1.76	21.09	1.85	22.23
115	43.97	84.28	1.72	20.58	1.76	21.09
120	42.98	85.96	1.68	20.10	1.68	20.10

## 2.7. LINK PARA LOS DATOS DE LA PRECIPITACIONES ANUALES BRINDADOS POR EL SENAMHI.

<https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>



## 2.8. CAPACIDAD PORTANTE DE LAS DEMÁS CALLES DEL SECTOR

**Tabla 49**

*Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 6(g)*

Pavimento	Flexible	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s
Ancho de la calle	b	18.25	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.69	%
Pendiente transversal	Sx	1	%
Inundación permitida	y	8	cm
	Q/2	0.364	m3/s
	<b>Q</b>	<b>0.728</b>	<b>m3/s</b>

**Tabla 50**

*Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 6(h)*

Pavimento	Flexible	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s
Ancho de la calle	b	18.25	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.69	%
Pendiente transversal	Sx	1	%
Inundación permitida	y	8	cm
	Q/2	0.364	m3/s
	<b>Q</b>	<b>0.728</b>	<b>m3/s</b>

**Tabla 51**

*Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 6(b)*

Pavimento	Flexible	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s
Ancho de la calle	b	18.25	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.69	%
Pendiente transversal	Sx	1	%
Inundación permitida	y	8	cm
	Q/2	0.364	m3/s
	<b>Q</b>	<b>0.728</b>	<b>m3/s</b>

Como  $Q > Q_{es}$  entonces no se requiere de cunetas o colector

**Tabla 52**

*Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 7*

Pavimento	Flexible	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s

Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s
Ancho de la calle	b	24.37	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.38	%
Pendiente transversal	Sx	1	%
Inundación permitida	y	8	cm
Q/2		0.329	m3/s
<b>Q</b>		<b>0.658</b>	<b>m3/s</b>

Como  $Q > Qes$  entonces no se requiere de cunetas o colector

**Tabla 53**

Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 8

Pavimento	Flexible	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s
Ancho de la calle	b	28.30	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.14	%
Pendiente transversal	Sx	1	%
Inundacion permitida	y	8	cm
Q/2		0.299	m3/s
<b>Q</b>		<b>0.60</b>	<b>m3/s</b>

Como  $Q > Qes$  entonces no se requiere de cunetas o colector

**Tabla 54**

Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 9

Pavimento	Flexible	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s
Ancho de la calle	b	31.00	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.37	%
Pendiente transversal	Sx	1	%
Inundacion permitida	y	8	cm
Q/2		0.328	m3/s
<b>Q</b>		<b>0.655</b>	<b>m3/s</b>

Como  $Q < Qes$  entonces se requiere de cunetas o colector

**Tabla 55**

Capacidad hidráulica de la Av. San Martín de Porres – cuadra 12

Pavimento	Flexible	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s
Ancho de la calle	b	22.86	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.86	%
Pendiente transversal	Sx	1	%
Inundacion permitida	y	8	cm
Q/2		0.382	m3/s
<b>Q</b>		<b>0.764</b>	<b>m3/s</b>

Como  $Q > Qes$  entonces no se requiere de cunetas o colector

CALCULO DE LA CAPACIDAD HIDRAULICA Jr. JUAN BEATO MASÍAS 1-2

**Tabla 56**

*Capacidad hidráulica de Jr. Juan Beato Masías 1-2 – cuadra 1*

Pavimento	Rigido	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s
Ancho de la calle	b	9.86	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.04	%
Pendiente transversal	Sx	1.00	%
Inundacion permitida	y	10	cm
Qt	0.518 m3/s	Qf	0.085 m3/s
<b>Q</b>		<b>0.866 m3/s</b>	

Como  $Q > Qes$  entonces no se requiere de cunetas o colector

**Tabla 57**

*Capacidad hidráulica de Jr. Juan Beato Masías 1-2 – cuadra 2*

Pavimento	Rigido	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s
Ancho de la calle	b	9.40	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.04	%
Pendiente transversal	Sx	1.00	%
Inundacion permitida	y	10	cm
Qt	0.518 m3/s	Qf	0.095 m3/s
<b>Q</b>		<b>0.845 m3/s</b>	

Como  $Q > Qes$  entonces no se requiere de cunetas o colector

**Tabla 58**

*Capacidad hidráulica de Jr. Juan Beato Masías 1-2 – cuadra 3*

Pavimento	Rigido	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s
Ancho de la calle	b	9.78	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.3	%
Pendiente transversal	Sx	1.00	%
Inundacion permitida	y	10	cm
Qt	0.579 m3/s	Qf	0.097 m3/s
<b>Q</b>		<b>0.964 m3/s</b>	

Como  $Q > Qes$  entonces no se requiere de cunetas o colector

**Tabla 59**

*Capacidad hidráulica de Jr. Juan Beato Masías 1-2 – cuadra 4*

Pavimento	Rigido	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s

Ancho de la calle	b	9.78	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.3	%
Pendiente transversal	Sx	1.00	%
Inundacion permitida	y	10	cm
Qt	0.579	m3/s	Qf 0.097 m3/s
	<b>Q</b>	<b>0.964</b>	<b>m3/s</b>

Como  $Q > Q_{es}$  entonces no se requiere de cunetas o colector

**Tabla 60**

Capacidad hidráulica de Jr. Juan Beato Masías 1-2 – cuadra 5

Pavimento	Rigido	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s
Ancho de la calle	b	9.78	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.3	%
Pendiente transversal	Sx	1.00	%
Inundacion permitida	y	10	cm
Qt	0.579	m3/s	Qf 0.097 m3/s
	<b>Q</b>	<b>0.964</b>	<b>m3/s</b>

Como  $Q > Q_{es}$  entonces no se requiere de cunetas o colector

**Tabla 61**

Capacidad hidráulica de Jr. Juan Beato Masías 1-2 – cuadra 6

Pavimento	Rigido	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s
Ancho de la calle	b	9.78	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.3	%
Pendiente transversal	Sx	1.00	%
Inundacion permitida	y	10	cm
Qt	0.579	m3/s	Qf 0.097 m3/s
	<b>Q</b>	<b>0.964</b>	<b>m3/s</b>

Como  $Q > Q_{es}$  entonces no se requiere de cunetas o colector

**Tabla 62**

Capacidad hidráulica de Jr. Juan Beato Masías 1-2 – cuadra 7

Pavimento	Rigido	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s
Ancho de la calle	b	9.78	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.3	%
Pendiente transversal	Sx	1.00	%
Inundacion permitida	y	10	cm
Qt	0.579	m3/s	Qf 0.097 m3/s





Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s
Ancho de la calle	b	9.78	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.3	%
Pendiente transversal	Sx	1.00	%
Inundacion permitida	y	10	cm
Qt	0.579	m3/s	Qf 0.097 m3/s
<b>Q</b>		<b>0.964 m3/s</b>	

Como  $Q > Qes$  entonces no se requiere de cunetas o colector

**Tabla 67**

Capacidad hidráulica de Jr. Juan Beato Masías 1-2 – cuadra 12

Pavimento	Rigido	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s
Ancho de la calle	b	9.78	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.3	%
Pendiente transversal	Sx	1.00	%
Inundacion permitida	y	10	cm
Qt	0.579	m3/s	Qf 0.097 m3/s
<b>Q</b>		<b>0.964 m3/s</b>	

Como  $Q > Qes$  entonces no se requiere de cunetas o colector

**Tabla 68**

Capacidad hidráulica de Jr. Juan Beato Masías 1-2 – cuadra 13

Pavimento	Rigido	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s
Ancho de la calle	b	9.78	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.3	%
Pendiente transversal	Sx	1.00	%
Inundacion permitida	y	10	cm
Qt	0.579	m3/s	Qf 0.097 m3/s
<b>Q</b>		<b>0.964 m3/s</b>	

Como  $Q > Qes$  entonces no se requiere de cunetas o colector

**❖ CALCULO DE LA CAPACIDAD HIDRAULICA Jr. HEROES DEL  
CENEPa CUADRA 1-4**

**Tabla 69**

Capacidad hidráulica de Jr. Héroes del Cenepa 1-4 – cuadra 1

Pavimento	Rigido	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s

Ancho de la calle	b	11.77	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.25	%
Pendiente transversal	Sx	1.00	%
Inundacion permitida	y	10	cm

$$Q_t = 0.568 \text{ m}^3/\text{s} \qquad Q_f = 0.053 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 1.029 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como  $Q > Q_{es}$  entonces no se requiere de cunetas o colector

**Tabla 70**

*Capacidad hidráulica de Jr. Héroes del Cenepa 1-4 – cuadra 2*

Pavimento	Rigido	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m <sup>3</sup> /s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m <sup>3</sup> /s
Ancho de la calle	b	10.94	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.26	%
Pendiente transversal	Sx	1.00	%
Inundacion permitida	y	10	cm

$$Q_t = 0.570 \text{ m}^3/\text{s} \qquad Q_f = 0.069 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 1.002 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como  $Q > Q_{es}$  entonces no se requiere de cunetas o colector

**Tabla 71**

*Capacidad hidráulica de Jr. Héroes del Cenepa 1-4 – cuadra 3*

Pavimento	Rigido	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m <sup>3</sup> /s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m <sup>3</sup> /s
Ancho de la calle	b	10.10	metros
Pendiente longitudinal	S0	1.26	%
Pendiente transversal	Sx	1.00	%
Inundacion permitida	y	10	cm

$$Q_t = 0.570 \text{ m}^3/\text{s} \qquad Q_f = 0.087 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.965 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como  $Q > Q_{es}$  entonces no se requiere de cunetas o colector

### ❖ CALCULO DE LA CAPACIDAD HIDRAULICA AV. INDUSTRIAL CUADRA 1-3

**Tabla 72**

*Capacidad hidráulica de Av. Industrial 1-3 – cuadra 1*

Pavimento	Rigido	Acera	Concreto
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m <sup>3</sup> /s
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m <sup>3</sup> /s
Ancho de la calle	b	10.03	metros



	Inundacion permitida	y	10	cm
Qt	0.503 m3/s		Qf	0.112 m3/s
	<b>Q</b>			<b>0.781 m3/s</b>

Como  $Q > Q_{es}$  entonces no se requiere de cunetas o colector

**Tabla 76**

Capacidad hidráulica de Av. Martires de Uchuracay 1-18 – cuadra 2

Pavimento	Rigido	Acera	Concreto	
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s	
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s	
Ancho de la calle	b	8.96	metros	
Pendiente longitudinal	S0	0.98	%	
Pendiente transversal	Sx	1.00	%	
Inundacion permitida	y	10	cm	
Qt	0.503 m3/s		Qf	0.103 m3/s
	<b>Q</b>			<b>0.799 m3/s</b>

Como  $Q > Q_{es}$  entonces no se requiere de cunetas o colector

**Tabla 77**

Capacidad hidráulica de Av. Martires de Uchuracay 1-18 – cuadra 3

Pavimento	Rigido	Acera	Concreto	
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s	
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s	
Ancho de la calle	b	8.96	metros	
Pendiente longitudinal	S0	0.96	%	
Pendiente transversal	Sx	1.00	%	
Inundacion permitida	y	10	cm	
Qt	0.497 m3/s		Qf	0.102 m3/s
	<b>Q</b>			<b>0.791 m3/s</b>

Como  $Q > Q_{es}$  entonces no se requiere de cunetas o colector

**Tabla 78**

Capacidad hidráulica de Av. Martires de Uchuracay 1-18 – cuadra 4

Pavimento	Rigido	Acera	Concreto	
Q.escorrentia inicial	Qesi	0.000	m3/s	
Q.escorrentia final	Qesf	0.000	m3/s	
Ancho de la calle	b	8.96	metros	
Pendiente longitudinal	S0	0.96	%	
Pendiente transversal	Sx	1.00	%	
Inundacion permitida	y	10	cm	
Qt	0.497 m3/s		Qf	0.102 m3/s
	<b>Q</b>			<b>0.791 m3/s</b>

## **2.9. PLANOS**

### **2.9.1. PLANO CATASTRAL**

### **2.9.2. PLANO DE ÁREAS TRIBUTARIAS**

### **2.9.3. PLANO DEL ÁREA APORTANTE**

### **2.9.4. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

### **2.9.5. SECCIONES TÍPICAS DE CALLES**