



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“INFLUENCIA DE LA ESTRUCTURA DE
CONDUCCIÓN DE DRENAJE PLUVIAL EN LA AV.
SAN MARTIN DE PORRES Y JR. HISTORIA DE LA
CIUDAD DE CAJAMARCA, 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniera Civil

Autor:

Lilian Raquel Castañeda Lopez

Asesor:

Mg. Germán Sagastegui Vásquez

<https://orcid.org/0000-0003-3182-3352>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

| | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------|
| Jurado 1 Presidente(a) | CINTHYA ALVARADO RUIZ | 45275898 |
| | Nombre y Apellidos | Nº DNI |

| | | |
|----------|----------------------------|-----------------|
| Jurado 2 | LUIS ACOSTA SANCHEZ | 17921248 |
| | Nombre y Apellidos | Nº DNI |

| | | |
|----------|-----------------------|-----------------|
| Jurado 3 | LUIS AVA REYES | 71412783 |
| | Nombre y Apellidos | Nº DNI |

INFORME DE SIMILITUD

13.Tesis_Casta_eda_Lopez_Lilian_Raquel.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 4% |
| 2 | prezi.com Fuente de Internet | 4% |
| 3 | docplayer.es Fuente de Internet | 1% |
| 4 | sistemamid.com.ar Fuente de Internet | 1% |
| 5 | cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 6 | Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante | 1% |
| 7 | repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 8 | repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 9 | www.scribd.com Fuente de Internet | |

DEDICATORIA

A todo el ser celestial Dios por estar en todo este camino de esfuerzo y brindarme la salud necesaria.

A mis padres Miriam Lopez Carrillo y Belisario Castañeda Alfaro a ellos quienes son fortaleza en seguir y ser parte de la motivación en realizarme como profesional.

A mi hermano Héctor Andersen mi ancla de impulso de apostar por ser mejor cada día

A mis abuelos Hilda y Ricardo de quienes aprendí a proponerme metas en la vida y así decidir elegir esta carrera.

A mi gran amigo Maxmiller que me enseñó que en cada derrota ser objetivo y levantarse con mucha más fuerza.

A mis docentes por compartir su conocimiento de manera oportuna y amigos de la universidad por esa gran amistad leal.

Lilian Raquel Castañeda Lopez

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater mi querida Universidad Privada del Norte en donde me quedo con innumerables momentos de esfuerzo y dedicación. A mis profesores que me permitieron ser parte de sus enseñanzas, de sus consejos muy vitales durante mi vida universitaria.

A mi asesor, Ing. Germán Sagastegui Vásquez, por su orientación durante este camino hacia la meta y su paciencia en prestar atención a mis inquietudes para poder culminar esta investigación.

A mis grandes amigos por las horas interminables que compartimos para cumplir con ese anhelo de culminar nuestra carrera.

A todos ellos les hago presente que estoy muy agradecida.

Lilian Raquel Castañeda Lopez

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| JURADO EVALUADOR | 2 |
| INFORME DE SIMILITUD | 3 |
| DEDICATORIA | 4 |
| AGRADECIMIENTO | 5 |
| TABLA DE CONTENIDO | 6 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 8 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 9 |
| INDICE DE ECUACIONES | 11 |
| RESUMEN | 12 |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN | 13 |
| 1.1. Realidad problemática | 13 |
| 1.2. Antecedentes | 17 |
| 1.3. Definiciones conceptuales | 27 |
| 1.4. Formulación del problema | 57 |
| 1.5. Objetivos | 57 |
| 1.6. Hipótesis | 57 |
| CAPÍTULO II: METODOLOGÍA | 58 |
| 2.1. Tipo de investigación | 58 |
| 2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos) | 59 |
| 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos | 60 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4. Procedimiento | 63 |
| 2.5. Aspectos Éticos | 69 |
| CAPÍTULO III: RESULTADOS | 70 |
| 3.1. Estado actual de la estructura de conducción | 70 |
| CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES | 78 |
| REFERENCIAS | 84 |
| ANEXOS | 89 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1.Periodos de retorno asociados con diferentes niveles de riesgo y vida útil esperada de la obra..... | 42 |
| Tabla 2.Valores máximos recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje..... | 43 |
| Tabla 3. Velocidades Máximas del Agua..... | 44 |
| Tabla 4.Coeficiente de Manning de acuerdo al tipo de canal..... | 48 |
| Tabla 5.Coeficientes de escorrentia para ser utilizados en el Metodo Racional. | 50 |
| Tabla 6.Coeficientes de escorrentía promedio para áreas urbanas para 5 y 10 años de periodo de retorno. | 54 |
| Tabla 7.Coordenadas UTM del punto de referencia del lugar de estudio. | 67 |
| Tabla 8.Análisis Funcionalidad y Eficiencia en las cunetas del Jr.Historia. | 69 |
| Tabla 9.Tiempo de concentración en la zona de estudio. | 72 |
| Tabla 10.Variable de la estructura de sistema de conducción por el SWMM 5vE..... | 96 |
| Tabla 11.Parámetros de la estructura de conducción en la sección transversal C3- Jr. Historia..... | 97 |
| Tabla 12.Parámetros de la estructura de conducción en la sección transversal de la Av. San Martín de Porres... .. | 98 |
| Tabla 13.Cálculo de parámetros geomorfológicos de la Microcuenca Romero..... | 98 |
| Tabla 14.Cálculo del relieve de microcuenca en estudio. | 99 |
| Tabla 15.Evaluación del número de orden de la microcuenca en estudio..... | 100 |
| Tabla 16.Evaluación el criterio Alvord para determinar la pendiente de la microcuenca en estudio. | 102 |
| Tabla 17.Evaluación con el criterio Nash para determinar la pendiente de la microcuenca en estudio..... | 103 |
| Tabla 18.Selección de las precipitaciones máximas en 24 horas (1980 -2020) | 105 |
| Tabla 19.Precipitaciones máximas evaluadas análisis por el método de Smirov &Kolmogorov | 108 |
| Tabla 20.Máximo valor de la diferencia de frecuencia para los diversos métodos probabilísticos basados por la prueba de Smirov &Kolmogorov | 109 |
| Tabla 21.Máximo valor de la diferencia de frecuencia para los diversos métodos probabilísticos basados por la prueba de Smirov &Kolmogorov | 113 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Representación de Vensim de un modelo general de abastecimientos de agua urbano..... | 28 |
| Figura 2. Cuneta trapezoidal de sección transversal..... | 34 |
| Figura 3. Sección transversal de una cuneta triangular simétrica..... | 35 |
| Figura 4. Sección transversal de una cuneta triangular asimétrica..... | 36 |
| Figura 5. Parámetros de cunetas según el diseño de su tipo de sección..... | 36 |
| Figura 6. Sección transversal de cunetas..... | 37 |
| Figura 7. Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil..... | 39 |
| Figura 8. Tabla de diferentes secciones transversales de conductos disponibles en SWMM..... | 55 |
| Figura 9. Diseños de investigación..... | 58 |
| Figura 10. Ubicación de lugar de estudio Av. San Martín de Porres y el Jr. La Historia, Cajamarca – Perú..... | 58 |
| Figura 11. Diagrama de flujo de procedimiento de investigación..... | 59 |
| Figura 12. Plano Hidrológico de las microcuencas de la ciudad de Cajamarca..... | 61 |
| Figura 13. Puntos tomados desde el software Google Earth – Av. San Martín y el Jr. Historia..... | 63 |
| Figura 14. Ubicación de la estación meteorológica Augusto Weberbauer..... | 64 |
| Figura 15. Modelado en SWMM 5vE de cuenca urbana de estudio..... | 67 |
| Figura 16. Mapa de la delimitación de Microcuenca Romero..... | 68 |
| Figura 17. Evaluación de actual diseño de la sección transversal de la cuneta triangular simple..... | 70 |
| Figura 18. Perfil longitudinal de la lamina de Agua - Jr. Historia..... | 71 |
| Figura 19. Estimación del riesgo de inundación mediante el Modelo de Gestión de Aguas Pluviales SWMM 5vE..... | 71 |
| Figura 20. Curva Hipsométrica de las Áreas de Microcuenca Romero..... | 73 |
| Figura 21. Gráfico de la Evaluación de datos dudosos de la estación meteorológica Augusto Weberbauer (1980 - 2020)..... | 74 |
| Figura 22. Hietograma de las precipitaciones de diseño - Método de Dick & Peshcke..... | 75 |
| Figura 23. Levantamiento Topográfico Jr. Historia - Cuadra 4..... | 92 |
| Figura 24. Levantamiento Topográfico Jr. Historia Cuadra 3 - No Pavimentada..... | 92 |
| Figura 25. La conducción de las aguas pluviales en el Jr. Historia (Cuadra 2)..... | 93 |
| Figura 26. Se observa la tipología cunetas de sección triangular en el Jr. Historia..... | 93 |
| Figura 27. Puntos críticos en la Av. San Martín (Cuadra 8) se observa el colapso de cunetas en dirección a agua abajo durante la presencia de precipitaciones intensas..... | 94 |
| Figura 28. Presenta un estado severo la estructura de conducción de aguas pluviales en la intersección de la Av. San Martín de Porres y Jr. Historia..... | 94 |
| Figura 29. Puntos críticos en la estructura de conducción en la Jr. Historia – Cuadra 3, se observa el recorrido de altos volúmenes de escorrentía pluvial durante la presencia de precipitaciones intensas..... | 95 |
| Figura 30. Se observa el deterioro de la estructura de cunetas por presencia de patologías severas presentes en Jr. Historia (Cuadra 1)..... | 95 |
| Figura 31. Sección Transversal Cuadra 3 – Jr. La Historia..... | 96 |

| | |
|---|-----|
| Figura 32. Sección Transversal Cuadra 11 – Av. San Martín de Porres | 97 |
| Figura 33. Evaluación de actual diseño de la sección transversal de la cuneta triangular simple – Para TR 10 años | 98 |
| Figura 34. Estudio de la Fisiografía de la Red Hidrográfica de la Cuenca - Relación de Confluencias | 101 |
| Figura 35. Estudio de la Fisiografía de la Red Hidrográfica de la Cuenca - Segunda Ley | 101 |
| Figura 36. Estudio de la Fisiografía de la Red Hidrográfica de la Cuenca - Tercera Ley..... | 102 |
| Figura 37. Precipitaciones acumuladas por perímetros de año, meses y día..... | 104 |

INDICE DE ECUACIONES

| | |
|---|----|
| Ecuación 1. Capacidad hidráulica de una cuneta | 31 |
| Ecuación 2. Caudal Admisible | 33 |
| Ecuación 3. Caudal de diseño para una cuneta trapezoidal de sección transversal. | 34 |
| Ecuación 4. Caudal para el diseño de cunetas de sección triangular simétrica | 35 |
| Ecuación 5. Caudal para el diseño de cunetas de sección triangular asimétrica. | 36 |
| Ecuación 6. Periodo de retorno evaluar la probabilidad de riesgo. | 39 |
| Ecuación 7. Tiempo de concentración. | 42 |
| Ecuación 8. Tiempo de concentración - Ecuación de Kirpich. | 42 |
| Ecuación 9. Función de Distribución Normal | 43 |
| Ecuación 10. Función de Distribución Log Normal. | 43 |
| Ecuación 11. Función de Distribución Log Pearson tipo III | 44 |
| Ecuación 12. Función de Distribución Gumbel. | 44 |
| Ecuación 13. Función de distribución de probabilidad observada | 45 |
| Ecuación 14. Análisis de datos dudosos altos. | 46 |
| Ecuación 15. Análisis de datos dudosos bajos. | 46 |
| Ecuación 16. Precipitación total - Metodología de Dick Peschke. | 47 |
| Ecuación 17. Caudal Máximo en cuencas hidrográficas | 47 |

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo principal analizar la influencia de la estructura de conducción de drenaje pluvial en la Av. San Martín y el Jr. Historia de la ciudad de Cajamarca, la investigación de esta tesis es de diseño aplicada y del tipo no correlacional descriptiva; este estudio presenta un estado severo sustentando un diseño actual de cunetas no cumple su funcionalidad en la conducción de precipitaciones frente al riesgo de inundaciones; con el estudio hidrológico en la cuenca urbana con un área de 0.063 km²; se propuso un diseño de conducción de caudales de 0.19 m³/s y 0.22 m³/s con periodos de retorno de 2 y 10 años, evaluado mediante el Software de Hcanales y mediante la simulación SWMM 5vE evaluando la gestión y el manejo de las precipitaciones de aguas arriba hacia agua abajo para tramos longitudinales de 754m del Jr. Historia y Av. San Martín de 290m, se determinó un 89% de inundación. Se concluyó que el diseño propuesto es factible, porque permite que la sección de la cuneta tenga pendiente de hasta 1.80% con un espejo de agua de 0.60m y tirante de 0.20m, proponer un canal interno de descarga de sección rectangular de base 0.40m y su tirante 0.30m.

PALABRAS CLAVES: Estructura de conducción, periodos de retorno, cunetas

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A medida del paso de los años en el Perú las cuencas hidrológicas han sido alteradas por el crecimiento territorial desordenado sin considerar que vivimos en ciudades en donde aún no se evalúa el transporte de las aguas desde las zonas altas hacia las bajas, con la conducción de aguas superficiales que han ido incrementado la acumulación del volumen de agua que se transportan, es así que, debido al cambio climático, el diseño de la infraestructura hidráulica que no ha evaluado el riesgo a inundaciones en las calles, avenidas en zonas urbanas de manera que debe contar con un sistema de drenaje pluvial.

En la ciudad de Juárez – México, según Rosales et al., (2015) confirman que “Las zonas urbanas que carecen de planificación y urbanización eficiente que incluya el diseño y construcción de sistemas de drenaje pluvial, por eso se plantean estudios de campo y SIG para ubicar los mejores sitios de acopio que a su vez ayuden a la recarga del acuífero” (p. 5). Con el sellado gradual del suelo, el agua que no penetra en el suelo se deslizará a través de las superficies y alcanzará rápidamente los puntos más bajos, causando a menudo inundaciones (Perahia, R., & Lasanta, T. I, 2020, p. 4). Asimismo, Perales (2014) expone que en España el crecimiento de ciudades va modificando los flujos naturales así alterando en ciclo hidrológico que produce volúmenes de escorrentía, estos se incrementan con relación a reducir espacios naturales. En Colombia Villegas, et al., (2019) mencionan que “Se busca un plan de manejo del recurso pluvial urbano implementado sistemas para recolección y uso sostenible que incluya la existencia de proyectos que consideren no modificar cuencas hidráulicas desde su naturaleza” (pp. 8-12). Para el manejo del drenaje pluvial mediante control de la fuente de escurrimientos superficiales; Ojeda de la Cruz et al., (2020) exponen que es necesario un análisis estadístico de

precipitaciones de las lluvias máximas diarias de una serie anual de registro climático en la estación meteorológica para realizar el análisis de una tormenta. Así también mencionan Calzadilla et al., (2020) que, durante el estudio de las precipitaciones para el diseño de sistema de captación de agua de lluvia, se comprobó que las fuentes de agua permanentes son limitadas, sugirió reutilizar el agua pluvial que recaen en los techos de la vivienda para uso en tiempo de estiaje (p. 33).

La ingeniería a nivel internacional se enfoca en prevenir la contaminación en cambios bruscos de clima, destrucción de cuencas naturales explica Méndez de los Santos et al., (2018) que "La innovación en sistemas pluviales integrando colectores prefabricados capaces de retener los residuos finos y sólidos que son arrastrados por la escorrentía de agua pluviales, también presenta una resistencia al tránsito vehicular" (p. 16). El estudio de las metodologías para el diseño de sistemas de drenaje sanitario y pluvial, el desalojo de las aguas pluviales de manera segura se considera importante en el diseño del drenaje y en otras variables orientadas en su funcionamiento, residencia y estabilidad estructural (Sánchez et al., 2019). Soportar en la ciudad de México la presencia de lluvias intensas con adaptación de las ciudades al cambio climático se debe incluir el apoyo de financiamiento en las acciones de prevención, mitigación o reparación a partir del estado para contribuir en el desarrollo y bienestar del ciudadano (Ríos et al., 2019, pp. 118-119).

En España Trapote (2020) considera que es evidentemente empezar desde el análisis ante el riesgo de inundaciones enfocado en la evaluación del diseño hidráulico y estructural de conducción, a partir del periodo de retorno de las precipitaciones que viajan en las superficies impermeables, son sustituidos por SUDC (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible), dependiendo del caudal de escorrentía y el diámetro del colector de drenaje según lo que indica un estudio en la influencia de SUDS en la actualidad.

Estudios internacionales integran sistemas de gestión y modelización hidráulica para estudios de cuencas urbanas en las ciudades tal como Gutiérrez et al., (2022) ha afirmado que delimitar la zona es congruente examinar la reforestación y tomar acciones sobre el impacto del suelo en los picos altos la cuenca respecto al estudio de infiltración de agua con el del Modelo Iber (p. 18). Así también que el modelo SWMM enfocado en la simulación de cuencas urbanas de áreas impermeables. Guanipa, et al., (2020) sustenta la sensibilidad que evaluado en el programa SWMM respecto a los parámetros hidrológicos e hidráulicos de entrada del modelo considera para el estudio de precipitaciones para tiempos menores a 5 minutos sus curvas IDF tienden al infinito. Para Nuñez, et al., (2018) el manejo del programa SewerCAD mediante su cómputo y cálculo es posible evaluar parámetros de diseño de la estructura de conducción de aguas así examinar los estándares de calidad en su funcionamiento estructural (p. 100). El diseño hidráulico de la sección de canal de aguas pluviales es preciso el cálculo de coeficientes modificados de la resistencia al flujo n de Manning por la hidrodinámica y estimar el costo (Calero, et al., 2018, pp. 101-109).

En Colombia Ávila (2012) explica que, en la cuenca oriental, la ciudad presenta el déficit de no contar con drenajes pluviales, asumiendo que es necesario analizar el diseño hidráulico y estructural de conducción en un sistema de drenaje pluvial, es decir canalizar todas las calles es un propósito comprometedor, pero a la vez costoso, afirmado que las nuevas construcciones se debe establecer políticas y reglamentos incluyendo el estudio hidrológico del sitio. Al interpretar Martínez et al., (2012) explica que la mayoría de los sistemas de saneamiento existentes en España y Europa, al igual que en la ciudad de Murcia, son unitarios, dichas redes unitarias, en el caso de recibir una lluvia de carácter torrencial inusual, no serán capaces de transportar la totalidad de los caudales recogidos a lo largo de las ciudades y sufrirán

el fenómeno de desbordamiento que se denomina, en este caso, (DSU) Descarga de Sistema Unitario (p.1).

El cambio climático y el manejo del drenaje ahora se tiene que trabajar en armonía es por ello que se necesita de una gestión en el sistema de drenaje pluvial a partir del manejo de cuencas, la canalización y el control de contaminación de escorrentía pluvial, mediante el análisis de riesgo e impacto económico con el cierre de brechas; a una mejor calidad de vida de la población, ser analíticos en el manejo del aumento de la velocidad de flujo y la reducción de los tiempos de concentración en las superficies impermeables (calles, avenidas, etc.) En México Sánchez (2019) sostiene que el incremento poblacional en zona urbanas industrializadas y residenciales en las ciudades al paso excede la capacidad de la red colectora existente como se menciona en el área Metropolitana de Guadalajara (AMG), que han ido ejecutado sistema combinado de aguas residuales y aguas pluviales, examinando el diseño hidráulico y estructural de la conducción modificada que ha traído como consecuencias el encauzamiento, entubamiento e incluso la desaparición de cuerpos de agua, generados con el tiempo la disminución la capacidad en la conducción de estas; provocando inundaciones, debido al exceder la capacidad de los colectores, trayendo consigo problemas a los ciudadanos el peligro y pérdidas de vidas humanas, esto sería subsanado aplicando obras de ingeniería con sistemas de drenaje urbanos sostenibles que proporcionen un calidad de vida y una gestión integral de recursos hídricos.

En el Perú se muestra la dificultad en los alrededores de la ciudades la sobrepoblación, la invasión de terrenos que no cuentan con ningún tipo de servicios básicos como potabilización de agua, alcantarillado de aguas residuales, sin embargo esto es severo cuando al comienzo de épocas de inviernos las precipitaciones con intensidades fuertes provoca que calles, avenidas estén inundadas ocasionadas por montículos de basura, la falta de conservación y si le sumamos

además el inadecuado e ineficiente diseño hidráulico del sistema de drenaje pluvial o pero aún la falta de existencia de estas obras de ingeniería.

En la ciudad de Cajamarca se necesita un ordenamiento territorial, es devastador observar un desequilibrio en el crecimiento demográfico de la ciudad, en tiempo de precipitaciones, se genera intensas lluvias que se caracterizan por su duración e intensidad, es donde se observa grandes volúmenes de agua que se van transportando por las avenidas, calles; vivenciando el desbordamiento de las aguas pluviales de la estructura de conducción a causa de su inadecuado e ineficiente diseño hidráulico, por la falta de mantenimiento y mal uso que dan los ciudadanos arrojando basura, que con el tiempo impiden la funcionalidad de la estructura de conducción de las aguas pluviales.

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes Internacionales

Vanegas (2015) tuvo como objetivo general diseño de la alternativa técnica más favorable que permita implementar un Sistema Urbano de Drenaje Sostenible – SUDS, en el parque metropolitano San Cristóbal, y que cumpla con el objetivo de mitigar los efectos producidos por los caudales punta y los picos de las crecientes de la cuenca del río San Cristóbal, con el fin de reproducir de manera natural el ciclo hidrológico y que a su vez posibiliten reducir o minimizar los riesgos por inundación; considera que aumentar la capacidad hídrica de la estructura urbana de acuerdo con las disposiciones reglamentarias y los métodos de planificación del desarrollo de dicha ciudad así concluyo de que, analizando el comportamiento de las curvas IDF en la estación El Delirio, se obtienen valores de caudal más altos en un corto periodo de tiempo a los mismos valores de intensidad, en comparación con el

caudal calculado a tiempos de retorno más cortos. al aprobar el diseño del sistema de almacenamiento, señala una relación diferente, ya que se requeriría un mayor volumen para demostrar una mayor intensidad.

El aporte de esta tesis es considera que la determinación de caudales para el diseño de sistemas se realiza utilizando el método racional utilizando las curvas IDF, dado que se ha encontrado que al diseñar con período de retorno corto no se genera mayor atenuación en los casos en donde se tiene una presencia de altas lluvias. Además de estar diseñado para tiempos de recuperación más prolongados, no existe un almacenamiento efectivo para incidentes repetidos. Por estos motivos, en el diseño se han considerado dos periodos de retornos , uno de 3 años y el otro de 25 años. permite obtener los hidrogramas de tormentas comparativos entre las condiciones naturales del área de estudio y las condiciones modificadas, que a su vez se convierten en los hidrogramas de entrada y salida del sistema, rescata la necesidad de la implementación de sistemas de detención de aguas provenientes de las precipitaciones un sistema de pondaje para disminuir picos de caudal en las zonas urbanas.

Hernández (2016) tuvo como objetivo general diseñar los sistemas de alcantarillado y de alcantarillado pluvial para la comunidad El Durazno, del municipio de Chimaltenango, departamento de Chimaltenango, expone que se necesita admitir de la evaluación de impacto ambiental prescrita en la norma identifica, valora y evalúa los efectos positivos y negativos de su implementación así también menciona que gran parte de las aldeas y comunidades del departamento de Chimaltenango no cuentan con sistemas de alcantarillado sanitarios y pluviales, afirman que presentan contaminación visual y ambiental por aguas residuales que se transportan por las calles de esta comunidad, es así como es necesario contar con el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario y un sistema de drenaje pluvial para control de la circulación y evacuación de estas. Concluyo que la comunidad ese lugar de estudio no

necesariamente debería seguir con el mismo procedimiento de las condiciones de aguas pluviales y aguas residuales, ahora la edificación de un sistema de alcantarillado pluvial da solución en la condición de un drenaje adecuado y la alternativa evitar que contamine al medio ambiente y población, cuando se canaliza al sistema de alcantarillado. Esta tesis aporta que la necesidad de construir sistemas de alcantarillado pluvial que evita el estancamiento de aguas en las calles en tiempo de invierno.

Gómez et al., (2016) mencionan como objetivo general Diseñar un pondaje artificial mediante un sistema urbano de drenaje sostenible (SUDS) para un alcantarillado pluvial convencional existente en el barrio del Recodo de la localidad de Fontibón. Como resultado, en la red de alcantarillado pluvial existente en la simulación, se sintió que los caudales retenidos reducen el caudal bajo la red y el caudal de salida se desvía el alcantarillado de llegada, lo que indica que las precipitaciones durante los eventos disminuyen también observo que la tubería de la red pluvial actúa es insuficiente relacionado a la demanda hidráulica que provee la cuenca. Concluyo que al momento de instaurar el estancamiento de detención el flujo pluvial que recorre en la red hidráulica mutuamente se comprobó el funcionamiento durante la entrega regulada a la red existente y definiendo el volumen necesario para un evento específico.

Como aporte explica la existencia de técnicas no convencionales ante sistemas convencionales para la recolección y viaje de aguas pluviales, asociadas al desarrollo urbano (ciudades con superficies impermeables, limitación en los sistemas de drenaje pluvial) y el aumento de precipitaciones, a fin evitar inundaciones, esto implica proyectar simulaciones del modelo hidráulico de modo factible evaluar el funcionamiento del diseño del drenaje pluvial implantado en el estancamiento de detención, con provecho de simular el flujo de forma conjunta e interactiva en la red como en el depósito.

La introducción de la red usando SWMM de controles hidráulicos en la restauración de redes de drenaje, instalados en determinados puntos de la red, genera pérdidas de carga que ralentizan el flujo de agua, impidiendo su acumulación aguas abajo, el almacenamiento y la sobrecarga del sistema puede provocar inundaciones.

Bayas et al., (2020) tuvo objetivo el análisis hidráulico de la red mediante el modelo SWMM y con la ayuda de un Algoritmo Genético evaluar las soluciones obtenidas para encontrar la mejor solución que permita robustecer el sistema frente a eventos de lluvia extrema, concluyeron que incluyendo los controles hidráulicos en la rehabilitación de redes de drenaje mejora la eficiencia del drenaje en los niveles de inundación, su aporte nos manifiesta que se necesita identificar el estado actual del sistema que evacua las aguas pluviales, de ello partir si es necesario la sustitución de tuberías de mayor diámetro y que el uso de controles hidráulicos en el diseño de un sistema pluvial provocar una eficiencia en el manejo de las aguas arriba evitando que se genere colapso aguas abajo.

Méndez et al., (2019) su objetivo general fue analizar la efectividad de las técnicas LIDs para el control de inundaciones en un sistema de drenaje urbano usando SWMM 5.1 en la Microcuenca Mirador Sur - Quito. Concluyen las precipitaciones en la zona de estudio se dispersan de manera inestable así que se necesita incluir más estaciones pluviométricas para más precisión en el estudio de las precipitaciones, sostengo como aporte de esta tesis que al momento de diseñar un sistema pluvial examinar en incorporar zonas de áreas verdes para el manejo de volúmenes de escorrentía que permitan la infiltración de las aguas pluviales.

1.2.2. Antecedentes Nacionales

Carhuas (2018) sostuvo como objetivo general evaluar la incidencia del drenaje pluvial con el logro de la vida útil del pavimento flexible de la Avenida Leopoldo Krause - Villa Rica - Oxapampa 2018. Como resultado menciona que ha utilizado el software Hcanales que le permitió evaluar la sección propuesta que tendría la capacidad de conducción eficiente de cuneta para la Av. Leopoldo Krause de $H=0.50\text{m}$ y $B=0.40$ de sección rectangular con la pendiente más crítica evaluada que fue de 0.0149 m/m , considerando el coeficiente de rugosidad (n) 0.014 , de modo que observo que cumple la condición de que el $Q_{hidraulico}$ calculado es mayor que el caudal de diseño hidrológico estudiado es así que la orientación del flujo tiene una pendiente longitudinal favorable, sin embargo la pendiente transversal (bombeo) del pavimento flexible no es adecuada. Por tanto se afirma que la captación en zona vehicular - pista se relaciona con la vida útil del pavimento flexible, ya que para la evacuación del agua que cae sobre la plataforma del pavimento flexible es importante la pendiente y sección con la que se diseñan las cunetas. De los resultados concluyo que coincide con los autores citados en sus antecedentes, que para la elección del tipo de material con que se cubre la superficie de la cuenca y definir el tipo de sección de la cuneta urge que se evalúa la dirección y velocidad del flujo en el diseño del drenaje. Esta tesis contribuye en mi estudio de investigación por que recalca que en el diseño de un sistema de drenaje pluvial es de vitalidad su evaluación de la vida útil de la infraestructura vial que tiene relación que es indispensable no contar con el estudio hidrológico de la cuenca urbana a la que pertenece.

Robles (2020) tuvo como objetivo general diseñar el sistema de drenaje pluvial de la Av. Larco - Trujillo, se reconoce que obtuvo como resultados óptimos siguiendo los lineamientos de la Norma Técnica Peruana .OS.060 es así que en su diseño planteado durante el tiempo de precipitaciones, evacuaron 21.64Lts por el sistema de drenaje con el uso de tubos

de PVC reforzados con fibra de vidrio de 0.50m y 0.40m de diámetro, así este cuenta con sumideros situados estratégicamente, así concluyo que es necesario considerar un sistema de drenaje pluvial por que el alcantarillado sanitario no tiene la capacidad de evacuar todo en conjunto con la precipitaciones máximas presentes, es así que implemento en su diseño bombas tornillo de Arquímedes para la evacuación de estas, su aporte seria que para cumplir con las expectativas de crear un diseño de drenaje pluvial adecuado se necesita el estudio también de la topografía de modo que se identifique que si la pendiente son adecuadas para el recorrido del flujo de aguas abajo, de manera que se debe evaluar los puntos de depósito de evacuación y condiciones hidráulicas de descarga.

Quispe & Rojas (2015) su objetivo general diseñar un sistema de drenaje pluvial en la zona urbana de la Comunidad 3 de Mayo de Pucarumi para evitar daños que puedan ocasionar las precipitaciones pluviales de gran intensidad. Tuvo como resultados que al estimar la deshomogeneidad del periodo de retorno de 10 años de la Cuenca de cabecera con una 15.84% mayor a su área de la Cuenca Urbana, especifica contar con colectores que justifiquen su dimensión, a nivel de seguridad al momento que la cuenca mayor drene precipitaciones importantes considerando el crecimiento de áreas impermeable de la cuenca urbana, así concluyo en su estudio no hay presencia que la comunidad 3 de Mayo de Pucarumi cuente con sistema de drenaje pluvial debido a eso la existencia que el flujo de precipitaciones invadan las calles, de modo que plateo un diseño de sistema de drenaje pluvial que en sus estructura consta de sumideros similares a estructuras de captación, con colectores de tubería PVC, asegurad que en tramos de puntos críticos cuenten con depósitos de retención, como aporte tenemos que para reducir el volumen de la escorrentía que viajan de aguas arriba a aguas abajo debemos idear estructuras de retención en relación a su periodo de retorno con la presencia de picos altos en precipitaciones máximas.

Expone que un desarrollo urbano genera alteraciones en la morfología de una cuenca hidráulica, provocando acortar la suficiencia de desagüe de la red de drenaje de aguas pluviales en consecuencia aumento de caudales y volumen de escorrentía.

Carhuamaca (2018) tuvo como objetivo general determinar la influencia del rediseño de la red en el control de drenaje pluvial urbano, como resultados se sostuvo con la norma técnica peruana OS.060 en la evaluación del periodo de retorno de 2 años y 10 años, teniendo en cuenta en su coeficiente de escorrentía para superficie que constan el 95% para asfalto, concreto y techos de las viviendas (áreas impermeables) y 10% de permeabilidad en la zona del parque, se concluyó que al momento de evaluar su eficiencia basados en la normativa peruana OS.060, para el estudio ha sido seleccionado un tramo longitudinal como importante para discernir las estructuras de conducción de las aguas pluviales. Presenta como aporte que para identificar la problemática es necesario prestar de una simulación del lugar del estudio, usando softwares así que para el modelamiento hidráulico se necesita datos de tormenta durante el método de distribución probabilística Gumbel, para determinar la distribución de frecuencias de las precipitaciones máximas de 24 horas con datos pluviométricos de la estación meteorológica que fueron proporcionados por SENAMHI, por otro lado la utilización del software SWMMv5 nos permite evaluar LPS, el método de infiltración: Green. Ampt, el método de cálculo Kinware, gracias a ello se puede diagnosticar la gestión de las aguas pluviales en zonas impermeables de la ciudad.

Señalo que para llevar a cabo un apropiado rediseño de la red para el control de drenaje pluvial urbano de la Av. Ferrocarril en el distrito El Tambo, se necesita un estudio hidráulico en donde se necesita de los parámetros geomorfológicos de la cuenca, topografía de terreno, tipo de suelo, la intensidad, duración y frecuencia de las precipitaciones que son determinadas por el método racional y así mismos aplicados a las condiciones de diseño determinadas en la

norma técnica peruana OS.060 Drenaje pluvial Urbano. En este estudio se estimó una tormenta con una capacidad de 9188 m³ de volumen de agua debido se consideró utilizar tuberías de 500 mm, 600 mm y 1000 mm de diámetro, entre buzones de 3.00 m de altura, adecuada alternativa para mitigar el problema del colapso.

1.2.3. Antecedentes Locales

Análisis a partir de estudios que han sido ejecutados en obra; para determinar qué características en el diseño hidráulico y estructural de la conducción influyen en el transporte de las aguas pluviales, que en la actualidad presentan obstrucciones de las cunetas, así mismo el rebalse de las aguas a las viviendas, a partir de un análisis en el sistema pluvial en zonas urbanas.

Un sistema de alcantarillado pluvial es aquel conformado desde la red de conductos, estructura hasta estructuras complementarias, que implica el manejo, control y conducción de las aguas pluviales en los periodos de precipitaciones para evitar volúmenes de agua acumulados de este modo prevenir inundaciones en las superficies impermeables y edificaciones. (Alcantarillado Pluvial, 2014)

Abanto (2017) tuvo como objetivo Identificar y analizar las variables y circunstancias que conllevan que la escorrentía generada durante un evento pluvial permita problemas de inundación y anegamiento en la zona de estudio, de resultados menciona que serán basados a la simulación que expone el software computacional de SWMM, en el mapa señalan que los parámetros de seguridad sobrepasa el valor adecuado así de 47,67% del total de conductos lo incumplen de manera que el 41.01% supera el máximo parámetro de 1.88 m/. Concluye que

el riesgo de inundaciones y corrientes continuaban mientras no gestione la escorrentía superficial descontrolada.

Su aporte es motivar para crear proyectos preventivos en cuenca, subcuenca y hasta cuenca de unidad de zonas urbanas que son las más vulnerables al momento del manejo de las aguas pluviales, que se basen en simulaciones computacionales para dictaminar los parámetros en el diseño que tengan una conveniente operatividad de la estructura. Así también sostuvo en zonas con pendiente pronunciada a una pendiente mínima presenta ineficiencia de continuidad en los conductores al momento de evacuar la escorrentía, la infraestructura básica utilizada no funciona ya que colapsa en poco tiempo por las pendientes mínimas, debido no es suficiente un análisis por sectores.

Yañez (2014) considero como objetivo general determinar la eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa, obtuvo como resultado comprobó que las calles no cumplen en tener la capacidad hidráulica adecuada durante los eventos de lluvias intensas que provocan caudales de diseño de $0.289 \text{ m}^3/\text{s}$ que el caudal de $0.289 \text{ m}^3/\text{s}$ para 2 años de periodo de retorno y el de $0.374 \text{ m}^3/\text{s}$ para un periodo de retorno de 10 años, periodos evaluados bajo el sustento del reglamento nacional de edificaciones es así que concluye que al analizar el diseño hidráulico no cumple con la expectativas de funcionamiento actual es necesario ejecutar un software aplicando las tecnologías. En esta tesis resalta como un gran aporte distinguir la eficiencia en la estructura de conducción, que se vincula entre la cantidad de agua que desfoga en el tramo del canal de derivación y la cantidad de agua que sale de este, así mismo para los volúmenes distribuidos de la fuente o que se distribuyen en la estructura de conducción en ello evaluar la eficiencia de operación así observar si es adecuado el funcionamiento de la estructura.

Burgos (2019), tuvo de objetivo general determinar los riesgos de inundación producidos por aguas pluviales en el tajo Cerro Corona, unidad minera Gold Fields, Hualgayoc, Cajamarca. Concluyó que las únicas áreas de riesgo son corresponde a la cuenca colectora del sur. busca lo que hace el pantano ácido cuando se produce su máximo almacenamiento, evalúo su período de retorno 747 años de lluvia, por lo que se corre el riesgo de fallar la estructura tiene una vida de 10 años y una tasa de inundación de 1.33%.

Ahora bien esta tesis aporta dentro de una estructura hidráulica las líneas de conducción de aguas pluviales ya sea en una unidad minera se necesita de estudios del diseño de la estructura que conduce estas aguas pluviales el cálculo de descarga de escorrentía superficial utilizando el método racional basándose de datos de estaciones meteorológicas de SENAMHI para cualquier estudio en hidrología.

1.3. Definiciones conceptuales

1.3.1. Sistema Pluvial

A través de la historia, varias civilizaciones (entre ellas la hindú y la minoica) evidencian que los sistemas urbanos de drenaje fueron construidos con gran cuidado y que el objetivo de estos era el de coleccionar las aguas residuales y pluviales, Se mezclan en la misma tubería o se almacenan por separado durante la recolección y eliminación. (Rosales et al., 2015)

1.3.2. Superficies Impermeables

Las impermeables son las superficies del medio urbano, porque se impide la infiltración (que es el método natural de captar el agua de lluvia por el terreno) y se reduce la evapotranspiración. Las medidas orientadas a captar y utilizar el agua pluvial cerca del punto donde cae se integran dentro de las denominadas Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible (TDUS) en origen, que el gestor del ciclo integral del agua puede proponer a los responsables urbanísticos, alivian de un modo notable este problema. (Alcantarillado Pluvial, 2014).

1.3.3. Control de inundaciones pluviales

Según Suárez et al., (2014) en su artículo expone que el control de inundaciones se lo define al manejo de las precipitaciones de lluvia que para prevenir la contaminación de aguas entre la de lluvia y residuales para evitar el desbordamiento de estas se deberán estar dotados de elementos adecuados según su ubicación, antigüedad y tamaño de la zona de drenaje para reducir contaminación de esta manera. EL control de inundaciones respecto a las aguas de lluvias Es un plan del manejo, consiste en pretender simular las condiciones naturales de las cuencas hidrográficas para predecir o modificar resultados adversos. (Rosales et al., 2015).

Según Martínez-Austria & Vargas-Hidalgo (2016) menciona que para un control de inundaciones pluviales la alternativa de la modelación de sistemas dinámicos adaptivos es la

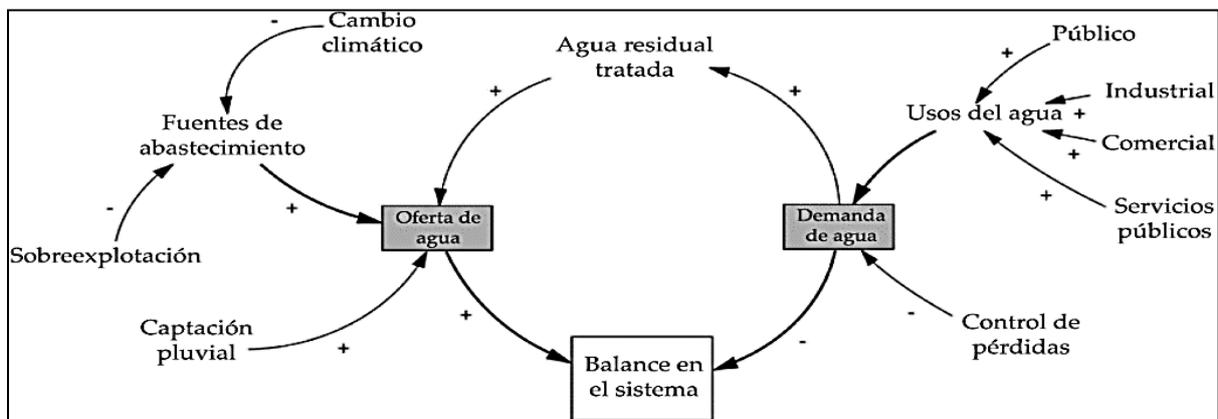
mejor alternativa para la creación de modelos de simulación empelados softwares que nos da la facultad en el diseño de escenarios, compuestos por diversas estrategias, y la valoración de sus resultados en el sistema.

1.3.4. Estimaciones de inundaciones a partir de la precipitación

Se analiza las descargas de inundaciones estimadas a partir de datos climáticos (lluvia y / o deshielo útil para las mediciones directas del caudal. Sin embargo, tales estimaciones requieren al menos datos climáticos adecuados y un modelo de cuenca válido para convertir la precipitación en descarga, así definiendo la estimación de inundaciones según sus parámetros que serán empleados para el estudio del peligro de inundación por intensas lluvias. (Domingos da Silva, 2015)

Figura 1.

Representación de Vensim de un Modelo General de Abastecimientos de Agua Urbano.



Nota: Martínez - Austria & Vargas - Hidalgo, 2016

En todo caso los modelos estén calibrados para las cuencas hidrográficas, producir tales estimaciones puede requerir un esfuerzo considerable. De esta forma, cree que las inundaciones son provocadas por diferentes tipos de eventos, como deshielos, lluvias o entre otros fenómenos propios de la naturaleza hídrica de una cuenca (Water Resources Council (US)., 1981).

Para realizar estimaciones de inundaciones a partir de la precipitación se considera según Water Resources Council (US), (1981)

- Fiabilidad de las estimaciones de caudal indica que la existencia de errores en los registros de caudal mayores en presencia de caudales máximos de inundación.
- Elección de serie se utiliza para analizar la serie anual en función del pico de crecida más grande para cada año o su duración, recuperando todos los picos de crecida iguales o mayores que una crecida base predeterminada.
- La Distribución para hacer manejable el problema de definir las probabilidades de inundación, es necesario asignar una distribución y otros estudios que la distribución de Pearson Tipo III con transformación logarítmica de los datos (distribución log-Pearson Tipo III) .m debería ser el método base para el análisis de datos de series anuales. utilizando un coeficiente de sesgo generalizado.
- Riesgo, probabilidad de que uno o más eventos excedan una magnitud de inundación determinada dentro de un período específico de tiempo (años). Si se supone que la curva de frecuencia de flujo refleja con precisión la probabilidad de inundación, se puede calcular una evaluación de riesgo para cualquier período de tiempo.

1.3.5. **Consideraciones para el diseño de la estructura de conducción en un sistema de drenaje**

- Condiciones para su funcionalidad

Los sistemas de drenaje deben cumplir las siguientes tareas fundamentales de interés público que es sustentado (Rosales et al., 2015).

- Asegurar una recolección segura e higiénica y transporte de todo el alcantarillado sanitario incluyendo aguas residuales domésticas e industriales.
- La protección de áreas densamente urbanizadas contra inundaciones.

- La protección de los receptores contra daño ambiental.

Según Cabrera et al., (2019) sustenta que en el diseño se requiere de la supervisión y mantenimiento de manera obligatoria, esto permitirá que los sistemas presenten infiltraciones de aguas subterráneas y ex filtraciones de las aguas conducidas en el drenaje.

Los conceptos básicos de hidráulica, útiles para el diseño y revisión de una red de alcantarillado abarcan los siguientes: tipos de flujo, ecuaciones fundamentales de conservación de masa (o de continuidad), cantidad de movimiento y energía, conceptos de energía específica, perfiles hidráulicos, salto hidráulico, pérdidas de carga por fricción y locales. Entre las variables hidráulicas más importantes se encuentran la velocidad media del flujo, el gasto y, el tirante del flujo con superficie libre o la presión en conductos trabajando a presión. Para su determinación puede requerirse el uso de ciertos parámetros hidráulicos básicos relativos a una sección transversal de una conducción (García et al., 2013).

➤ Consideraciones para su sección hidráulica

Estudios de Cabrera et al., (2019) explican que, en el diseño Hidráulico, los sistemas de drenajes deberán presentar únicamente flujo a superficies libre, presente flujo a gravedad y ventilado, es así como el flujo uniforme determinara el área de la sección hidráulica mínima requerida, considerando las siguientes condiciones:

- Aplicación de la ecuación de Manning, considerando el coeficiente de rugosidad, dependiendo el material, diámetro de tubería y velocidad del flujo.
- Aplicar el uso de Software de simulación para discernir en el diseño adecuado y más preciso.
- Es necesario tener en cuenta la deformación diferencial el suelo por hundimientos. de un perfil longitudinal, considerado para el escurrimiento de las aguas pluviales.

- Observa el material de uso, en previsión a su resistencia a cargas internas de presión y externas por enterramiento en suelos limo-arcilloso con baja resistencia a la compresión.

El diseño de cunetas en el tipo de canales abiertos sobre la superficie, los cuales pueden presentarse revestidos o sin revestir, lo aconsejable son revestidos para minimizar la infiltración adaptar una sostenibilidad de las sobrecargas en terrenos adyacentes al canal, RNE, 2018 indica que las cunetas en las calzadas o pavimentos están localizadas en los dos extremos o a uno solo, a lo largo de estas, destinadas con la finalidad de transportar y evacuar las aguas pluviales.

Cabe mencionar que la sección de la cuneta es aconsejable por su comportamiento a diferentes caudales de paso las trapezoidales, rectangulares y triangulares, así mismo esto será evaluado según el funcionamiento así lo menciona (Molina, 2015). Es así como se explica que las condiciones geométricas y textura superficial del pavimento un diseño adecuado en geometría; pendientes longitudinales y transversal óptimas, acompañadas de una de rodadura donde la profundidad media de textura sea mínima, evita el hidropilano, encharcamiento y excesivas salpicaduras.

1.3.6. Parámetros para evaluación de las cunetas

➤ Cuneta

La cuneta se describe como la zona longitudinal al final de la vía y paralela a la misma, destinadas al manejo de su conducción de las precipitaciones de la propia vía, que se desvían mediante bombeo y drenaje así está definido por MTC, M. D. (2008).

➤ Capacidad Hidráulica de una cuneta

Se define como capacidad de una cuneta a los parámetros que evalúan su estructura (forma, pendiente y rugosidad) este supere al caudal de diseño. Si se conocen las pendientes transversal y longitudinal de la calle, la cuneta puede representarse como un canal abierto de sección triangular y su capacidad hidráulica puede estimarse con la fórmula de Manning de flujo uniforme así lo explica (Molina, 2015).

Según la norma OS. (2006) establece que los predios ubicados en zonas que cuentan con edificaciones y servicios básicos en donde experimentan a menudo precipitaciones frecuentes con lluvias iguales o mayores a 10 mm en 24 horas, será indispensable que no cuente con un sistema de alcantarillado pluvial. Así también esto se refuerza con lo mencionado en su nueva actualización y denominación a Norma Técnica CE.040 Drenaje Pluvial expone como objeto manejar la presencia de grandes volúmenes de precipitaciones de agua que no superen ni obstruyan la estructura de conducción, generando una contaminación al momento de mezclarse con aguas residuales.

Según el MTC, M. D. (2008) la ecuación para el diseño hidráulico de cunetas considerando el principio del flujo en canales abiertos, en relación a la ecuación de Manning como se muestra.

Ecuación 1. Capacidad hidráulica de una cuneta

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

Donde los parámetros de la ecuación son los siguientes:

n = Coeficientes de Rugosidad de Manning

S = Pendiente Energética de la Calle

R = Radio Hidráulico

A = Area

➤ Descarga Admisible

Según el MTC, M. D. (2018), en su manual de carreteras: Diseño Geométrico DG 2018 teniendo en cuenta los cálculos hidráulicos, se derivan las dimensiones de la cuneta considerando su pendiente longitudinal, intensidad de lluvia, área de la cuenca y la naturaleza del terreno, etc. exponen lo siguiente:

- Para cunetas revestidas su pendiente longitudinal mínima absoluta será a 0.2 % debido a que en pendientes más bajas a menudo experimentan saturación y obstrucción a la deposición de sedimentos u objetos, lo que reduce la capacidad de escorrentía.
- Su diseño de su forma geométrica de la cuenta (sección transversal), su diseño debe cumplir su conducción de flujo pluvial, considerando en el caso de un vuelco accidental del vehículo traspase el borde exterior de la berma.
- Precaución en la zona de cruce, se explica considerar el manejo de los volúmenes de la escorrentía superficial en aguas abajo no impida o ponga en riesgo a los peatones.
- Prestar atención en la zona de descarga de la disposición final de la escorrentía superficial para evitar los efectos de colapso entre otros daños a la población como a la estructura de conducción pluvial. Para ello es necesario determinar el Caudal admisible utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación 2. Caudal Admisible

$$Q_{adm} = F \times Q_0 = F \times \left[0.375 \times l^{1/2} \times \left(\frac{Z}{n} \right) \times Y_0^{8/3} \right]$$

➤ Tipología de la sección de cunetas

Según la Autoridad Nacional del Agua (2010) expone los criterios de diseño de obras hidráulicas que considerar como los factores geométricos e hidráulicos de la tipología de la sección.

- La rugosidad esta depende del canal y la pendiente, teniendo en cuenta el material de las paredes laterales del canal. Así también el si hay presencia o su estado actual obstrucciones en su estructura de la cuneta o canal en estudio.
- Para velocidades máximas y mínimas permisible, se afirma que la estructura de los antiguos canales les permite soportar velocidades más altas en comparación con los nuevos canales; así mismo menciona que las precipitaciones en canales con el peralte profundo se transporta los volúmenes de escorrentías provocar un deterioro, que otros menos profundo.

Según Otálvaro (2016) concluyó que la estructura longitudinal, es necesario incluir el cálculo de caudal escorrentía de intercuenas y taludes de perfil durante el evento. Las precipitaciones se canalizan directamente a la carretera utilizando métodos sensibles.

La ecuación de Manning para el diseño hidráulico de cuneta trapezoidal de sección transversal. El diseño hidráulico de la cuneta trapezoidal en sección transversal se visualiza en la fig.2, sus elementos geométricos T=ancho superficial del agua, Y=profundidad de la lámina de agua, B=ancho de base de la cuneta, m1 y m²= taludes laterales de cuneta (Molina, 2015).

Ecuación 3. Caudal de diseño para una cuneta trapezoidal de sección transversal.

$$Q = \frac{\phi}{n} A \times R^{\frac{2}{3}} \times S_o^{\frac{1}{2}} = \frac{\phi}{n} \times \frac{A^{\frac{5}{3}}}{P^{\frac{2}{3}}} \times S_o^{\frac{1}{2}}$$

Donde los parámetros de la ecuación anterior son los siguientes:

Q = caudal de diseño, (m^3/s)

A = área mojada, (m^2)

P = perímetro mojado, (m)

R_H = radio hidráulico, (m)

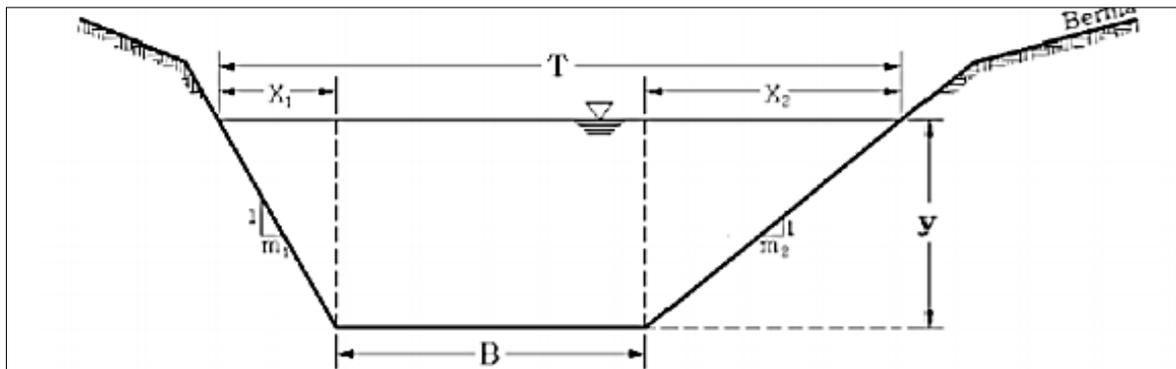
S_o = pendiente longitudinal de la cuneta, (m^3/s)

n = coeficiente de rugosidad de Mannig, (adimensional)

ϕ = coeficiente empírico, ($\phi = 1m^{1/3}/s$)

Figura 2

Cuneta Trapezoidal de Sección Transversal



Nota: Molina Lozano, 2015

Afirma que la sección trapezoidal tiene alta eficiencia y bajo caudal debido a medida que estas corrientes aumentan, su eficiencia comienza a disminuir, lo que se registra hasta la pendiente transversal del 3,5%, a partir de esta pendiente su eficiencia es máxima a un 100% (Molina, 2015).

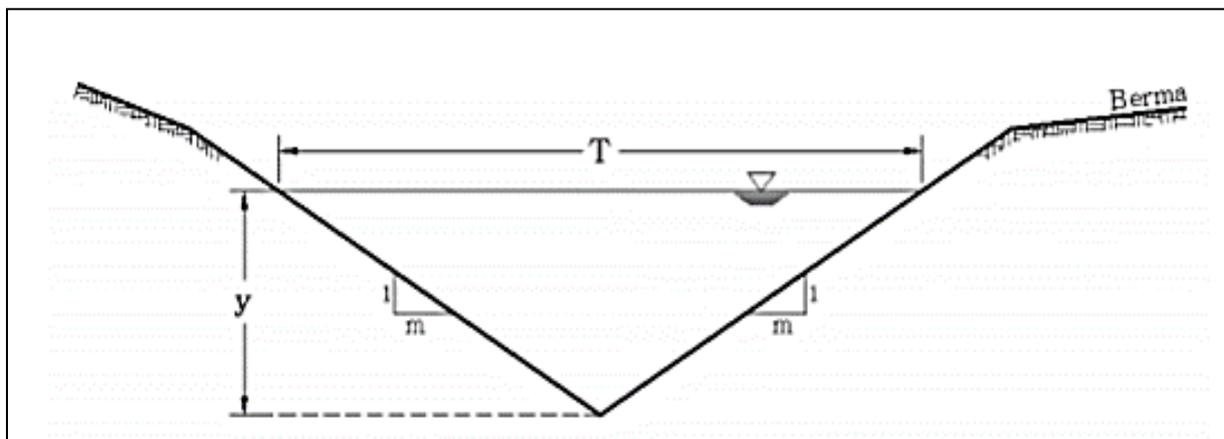
- La ecuación de diseño de cunetas de sección triangular simétrica se deduce haciendo $m_1 = m_2 = m$

Ecuación 4. Caudal para el diseño de cunetas de sección triangular simétrica

$$Q = \left(\frac{\phi S_0^{1/2}}{n} \right)^n \left[\frac{[m^5]^{1/3}}{(1 + m^2)} \right]^{1/3} \times y^8$$

Figura 3

Sección transversal de una cuneta triangular simétrica.



Nota: Molina Lozano, 2015

Confirma que el diseño de la cuenta triangular asimétrica de la estructura de conducción de agua, la ecuación de Darcy para flujo bajo, su rendimiento es mejor en comparación con lo que se encontró una sección hecha de acuerdo con la ecuación de Manning. Sin embargo si el flujo es mayor que el flujo previsto, su eficiencia se incrementa empleando la ecuación de Manning comparada con las ecuaciones encontradas en el diseño de la ecuación de Darcy-Colebrook (Bolaños & Jiménez, 2013).

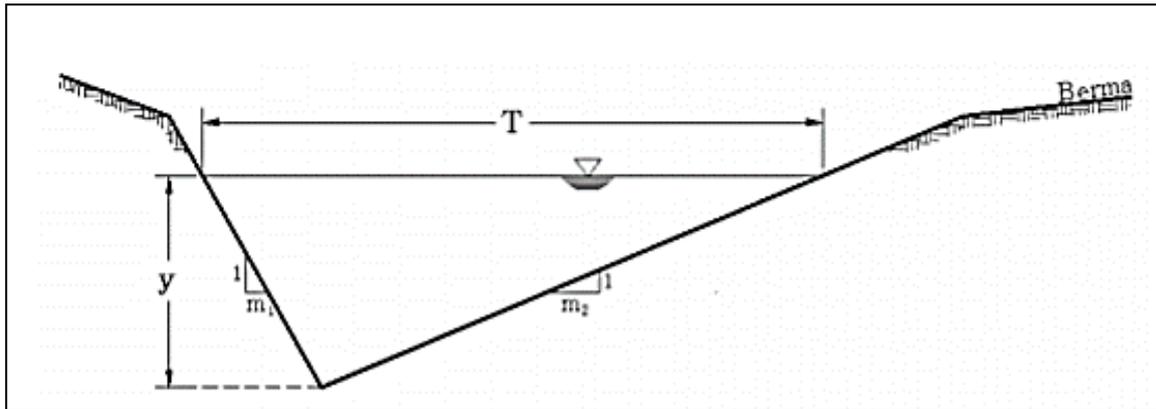
- La ecuación de diseño de cunetas de sección triangular asimétrica se deduce haciendo $m_1 = m_2 =$

Ecuación 5. Caudal para el diseño de cunetas de sección triangular asimétrica.

$$Q = \left(\frac{\phi S_0^{1/2}}{n} \right)^n \left[\frac{[m^5]^{1/3}}{(1+m^2)} \right]^{1/3} \times y^{8/3} \dots \dots (5)$$

Figura 4

Diseño de Cunetas de Sección Triangular Asimétrica.



Nota: Molina Lozano, 2015

Figura 5

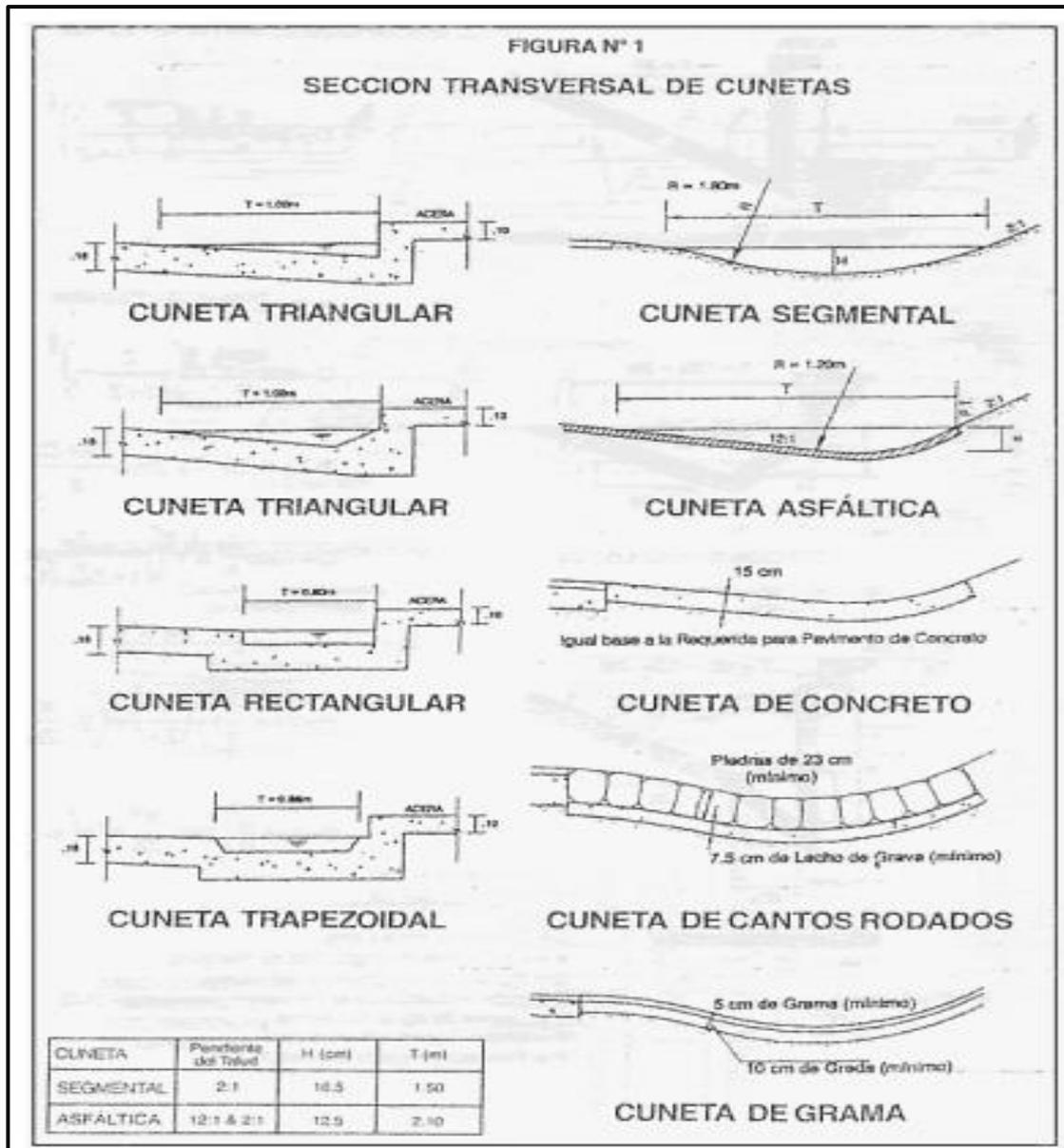
Parámetros de Cunetas según el Diseño de su Tipo de Sección

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

Nota: Autoridad Nacional Del Agua, (2010)

Figura 6

Sección Transversal de Cunetas.



Nota: Norma CE.060 – Drenaje Pluvial Urbano

1.3.7. Manejo de drenaje pluvial

En un sistema de drenaje urbano las inundaciones urbanas se producen por el rebosamiento de las tuberías en momentos de alta pluviosidad, sea porque el flujo de agua que excede la capacidad admisible permitida de las estructuras de conducción., o los fenómenos

meteorológicos y la obstrucción por basura, las tuberías tornando inútil así mencionadas las causas de proyectar inundación en superficies permeables para manejar de manera sostenible aplica la estrategia IV “Conducción superficial de aguas de lluvia” estrategias que permiten que el agua de lluvia penetre directamente en el suelo; reducir la velocidad o limitarlo a través de techos verdes; y considere almacenarla en tanques de agua de lluvia para su uso posterior en tareas domésticas no potables (Molina, 2016).

Para Acosta (2015) al lograr un tirante menor al establecido esto es un punto crítico al momento del manejo del drenaje pluvial es así mediante su estudio explica que en la existencia de pendientes altas se desarrolla una mayor velocidad ocasionaría un colapso del volumen de aguas que se transportan en las cuentas del modelo en estudio.

➤ Criterios para evacuación de las aguas pluviales de las viviendas

Según la Norma Técnica Peruana CE.040 Drenaje Pluvial (2021) indica consideraciones para seguir para la evacuación de las aguas pluviales provenientes de calzadas, veredas y viviendas nos indica emplear unidades de detención o retención u otro método bajo sustento.

➤ Periodo de retorno

En la hidrología es de importancia tratar con los conceptos de periodo de retorno y probabilidad de riesgo. El periodo de retorno o intervalo de recurrencia (en años), se define como el número de años en que en promedio y en el futuro un evento de una magnitud determinada puede ser igualado o excedido (Manual de instalaciones de agua potable, agua tratada, alcantarillado sanitario y pluvial, 2013).

La probabilidad R, llamada riesgo, de que X ocurra al menos una vez durante n años sucesivos o vida útil es:

Ecuación 6. Periodo de retorno evaluar la probabilidad de riesgo.

$$R = 1 - [Q_1(x)]^n = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Donde:

R : riesgo de falla admisible de la obra.

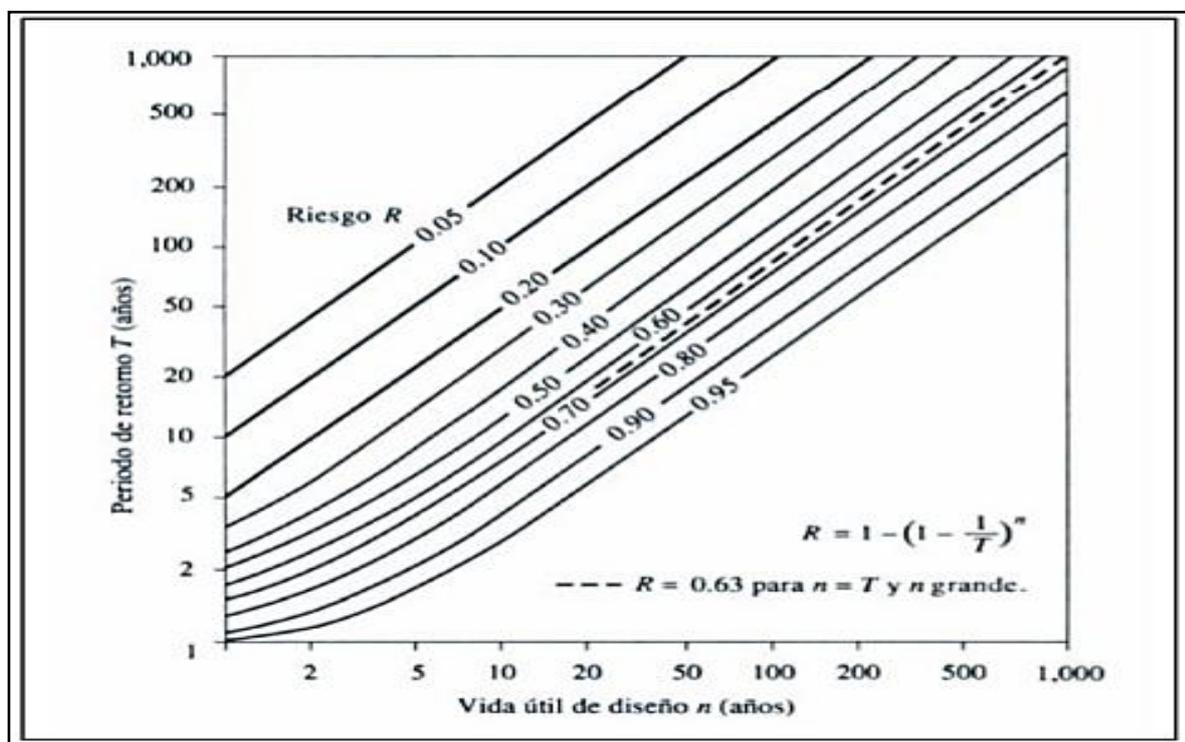
n : vida útil de la obra, en años.

T : valor del periodo de retorno, en años.

Según Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), en la selección del periodo de retorno, se analiza el riesgo de fijación que tener una probabilidad de que no ocurra un evento de magnitud superior dentro de su tiempo de vida útil de la obra diseñada para ello se utiliza la ecuación (6)

Figura 7

Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil.



Nota: Hidrología aplicada, Ven te chow (1988)

En la figura 7 se presenta el valor T para varios riesgos permisibles R y para la vida útil de la obra. Para efectos prácticos y considerando que gran parte del alcantarillado pluvial de los desarrollos se realiza por superficie, la CEA establece como periodo de retorno para el análisis y diseño de sus obras pluviales de captación y conducción un T = 10 años y para obras de cabeza T = 25 a 50 años.

Tabla 1

Periodos de Retorno Asociados con Diferentes Niveles de Riesgo y Vida Útil esperada de la Obra

| Riesgo (%) | Vida Útil de Diseño de la Obra T= Años | | | | | | | |
|------------|--|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 50 | 100 |
| 100 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 90 | 1.46 | 2.71 | 4.86 | 7.03 | 9.20 | 11.37 | 22.22 | 43.93 |
| 80 | 1.81 | 3.63 | 6.73 | 9.83 | 12.93 | 16.04 | 31.57 | 62.93 |
| 75 | 2.00 | 4.13 | 7.73 | 11.33 | 14.93 | 18.54 | 36.57 | 72.64 |
| 70 | 2.21 | 4.67 | 8.82 | 12.97 | 17.12 | 21.27 | 42.03 | 83.56 |
| 60 | 2.72 | 5.97 | 11.42 | 16.88 | 22.33 | 27.79 | 55.07 | 109.64 |
| 50 | 3.41 | 7.73 | 14.93 | 22.14 | 29.36 | 36.57 | 72.64 | 144.77 |
| 40 | 4.44 | 10.30 | 20.08 | 29.87 | 39.65 | 49.44 | 98.38 | 196.26 |
| 30 | 6.12 | 14.52 | 28.54 | 42.56 | 56.57 | 70.59 | 140.68 | 280.87 |
| 25 | 7.46 | 17.89 | 35.26 | 52.64 | 70.02 | 87.40 | 174.30 | 348.11 |
| 20 | 9.47 | 22.91 | 45.32 | 67.72 | 90.13 | 112.54 | 224.57 | 448.64 |
| 15 | 12.81 | 31.27 | 62.03 | 92.80 | 123.56 | 154.33 | 308.16 | 615.81 |
| 10 | 19.49 | 47.96 | 95.41 | 142.87 | 190.32 | 237.78 | 475.06 | 949.62 |
| 5 | 39.49 | 97.98 | 195.46 | 292.94 | 390.41 | 487.89 | 975.29 | 1950.07 |
| 2 | 99.50 | 247.99 | 495.48 | 742.97 | 990.47 | 1237.96 | 2475.42 | 4950.33 |

| | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 199.50 | 498.00 | 995.49 | 1492.99 | 1990.48 | 2487.98 | 4975.46 | 9950.42 |
|---|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|

Nota: Manual de normas y lineamientos para instalaciones de agua potable, agua tratada, alcantarillado sanitario y pluvial. Querétaro – México, 2013.

Tabla 2

Valores Máximos Recomendados de Riesgo Admisible de Obras de Drenaje

| Tipo de Obra | Riesgo Admisible (**) (%) |
|--|---------------------------|
| Puentes (*) | 25 |
| Alcantarillas de paso de Quebradas Importantes y Badenes | 30 |
| Alcantarillas de paso de Quebradas Menores y Descarga de Agua de Cunetas | 35 |
| Drenaje de la Plataforma (A Nivel Longitudinal) | 40 |
| Subdrenes | 40 |
| Defensas Ribereñas | 25 |

Nota: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

➤ **Tiempo de concentración**

Según Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) explican que el cálculo del tiempo de concentración sustenta que la duración de una tormenta está inversamente relacionada con su intensidad (cuanto más dura, menos intensa), se asume que la duración crítica es igual al tiempo de concentración.

- El tiempo de concentración se calcula con la siguiente ecuación 7.

Ecuación 7. Tiempo de concentración.

$$T_c = T_o + T_f$$

Donde

T_0 : es el tiempo de entrada, hasta alguna alcantarilla.

T_f : es el tiempo de flujo en los alcantarillados hasta el punto de interés $\sum L_i/V_i$

- Tiempo de concentración – método racional

Ecuación 8. Tiempo de concentración - Federal Aviation Administration

$$T_c = 0.7035 \times \frac{(1.1 - C) \times L^{0.50}}{S^{0.333}}$$

Donde:

L: longitud del flujo superficial, m

S = pendiente de la superficie , m/m

C = Coeficiente de escorrentía del método racional

➤ Velocidades máximas del agua

La pendiente (i) para la auto limpieza y su velocidad erosiva entre 0.5% < i < 2%, es así como se evalúa las aguas de precipitaciones (escorrentía superficial) que viajan en la superficie no exceden los límites especificados (Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017).

Tabla 3

Velocidades Máximas del Agua

| Tipo de Superficie | Máxima Velocidad Admisible (m/s) |
|---|----------------------------------|
| Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla) | 0.20 - 0.60 |
| Arena arcillosa dura, margas duras | 0.60 - 0.90 |
| Terreno parcialmente cubierto de vegetación | 0.60 - 1.20 |
| Arcilla, grava, pizarras blandas con cubierta vegetal | 1.20 - 1.50 |
| Hierba | 1.20 - 1.80 |

| | |
|---|-------------|
| Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas | 1.40 - 2.40 |
| Mampostería, rocas duras | 3.00 - 4.50 |
| Concreto | 4.50 - 6.00 |

Nota: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

➤ Ajustes de distribución de probabilidad para las variables

Para el estudio de eventos en tormentas se necesita de análisis probabilísticos como lo menciona Chow et al. (1988) al momento de analizar la frecuencia, para evaluar la relación entre su frecuencia y la magnitud de aplicando distribuciones de probabilidad.

- Función de Distribución Normal, Para Chow et al. (1988) define función:

Ecuación 9. Función de Distribución Normal

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{s}\right)^2}$$

Donde:

f(x): función densidad normal de la variable x.

(x): variable independiente.

μ: parámetro de localización, igual a la media aritmética de x.

S: parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x.

- Función de Distribución Log Normal, Para Chow et al. (1988) define función:

Ecuación 10. Función de Distribución Log Normal

$$P(x \leq x_1) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x_1} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{-(x-\bar{X})}{s}\right)^2} dx$$

Donde:

\bar{X} y S : parámetros de distribución

x : Variable independiente.

S : Parametro de escala, igual a la desviación estándar de x .

- Función de Distribución Log Pearson tipo III, Para Chow et a. (1988) define función:

Ecuación 11. Función de Distribución Log Pearson tipo III

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\lambda-1} e^{-\frac{\ln x - x_0}{\beta}}}{x \beta^\gamma \tau(\gamma)}$$

$$x_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty \leq x_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Donde:

x_0 : parámetro de posición

γ : parámetro de forma

β : parámetro de escala

- Función de Distribución Gumbel, Para Chow et a. (1988) define función:

Ecuación 12. Función de Distribución Gumbel.

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Utilizando el método de momentos, se obtiene las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma} \qquad \beta = \mu - 0.45\sigma$$

Donde:

α : parámetro de concentración

β : parámetro de localización

➤ Test de Kolmogorov - Smirnov

Explica La verde, et al., (2015) que aplicar la prueba de Kolmogórov-Smirnov, se utiliza para decidir si una muestra proviene de una población con una distribución específica. Esta prueba consiste en hacer la comparación del valor máximo absoluto de la diferencia D - máximo absoluto de la diferencia. Se deben ordenar de menor a mayor valor.

$F_0(xm)$ = función de distribución de probabilidad observada.

$F(xm)$ = función de distribución de probabilidad estima.

Estadístico de contraste: $|D = \max|F_0(xm) - F(xm)|$

Con un valor crítico “ d ” que depende del número de datos y el nivel elegido de la tabla 2, si $D < d$, se acepta la hipótesis nula. Según Aparicio (1992), la función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

Ecuación 13. Función de distribución de probabilidad observada

$$F_0(xm) = 1 - \frac{m}{(n + 1)}$$

Donde:

$F_0(xm)$: Frecuencia observada.

n : n° total de datos.

m : número de orden.

➤ Análisis de datos dudosos

Usando la metodología de Water Resources Council del análisis de datos dudosos estadísticos, consiste en constatar que los datos históricos de una estación meteorológica se

encuentren dentro de los rangos alto y bajo (Chow et al., 1988). Para detectar los datos dudosos altos y bajos, se utiliza las siguientes ecuaciones:

Ecuación 14. Análisis de datos dudosos altos.

$$y_H = \bar{y} + k_n \times S_y$$

Ecuación 15. Análisis de datos dudosos bajos.

$$y_L = \bar{y} - k_n \times S_y$$

Donde:

y_H : umbral de dato dudoso alto en unidades logarítmicas.

y_L : umbral de dato dudoso bajo en unidades logarítmicas.

\bar{y} : promedio de los logaritmos de las precipitaciones máximas.

k_n : Se puede obtener de la figura 11, para un tamaño de muestra n .

S_y : desviación estándar de los logaritmos de las precipitaciones máximas.

➤ Cálculo de la intensidad con el método de Dick y Peschke

En la Norma Técnica Peruana CE.040 Drenaje Pluvial (2021) expone que, la metodología de Dick y Peschke se emplea para análisis de tormentas utilizando las precipitaciones máximas en 24 horas, cuando no se dispone de información pluviógrafos se determina las intensidades en función de las máximas precipitaciones. Para su cálculo se emplea la siguiente fórmula:

Ecuación 16. Precipitación total - Metodología de Dick Peschke

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

Donde:

P_d : precipitación total, en mm.

P_{24h} : precipitaciones máximas en 24 horas, en mm.

d : duración en minutos.

1.3.8. Estimación del diseño de Caudal

➤ Método Racional

Según la Norma Técnica Peruana CE.040 Drenaje Pluvial (2021) expone que se puede utilizar un método racional en cuencas pequeñas con áreas de drenaje mayores que 0.5 km². En áreas urbanas, las cuencas hidrográficas pueden consistir en subregiones o subcuencas con diferentes características superficiales, y el caudal máximo se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

Ecuación 17. Caudal Máximo en cuencas hidrográficas

$$Q = 0.278 \times i \times \sum_{j=1}^m C_j \times A_j$$

Donde:

Q : caudal pico en m³/s.

i : intensidad de la lluvia en mm/hora.

A_j : área de drenaje de la j -ésima subcuenca en km².

C_j : coeficiente de escorrentía para la j -ésima subcuenca.

m : número de subcuencas drenadas por alcantarillas o canales.

1.3.9. Modelo de Gestión de aguas pluviales con SWMM 5.0Ve

Según de Fluidos (2005) indica que este software SWMM (Storm Water Management Model) proporciona el manejo y el modelo de gestión de aguas pluviales de la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos, este didáctico modelo de simulación de lluvia – escorrentía subsuperficial, centrado en un solo evento o período de lluvia continuo, en sistemas urbanos de drenaje de aguas pluviales de cuencas hidrológicas urbanas.

- Desarrollar estrategias de gestión de red para reducir el número de descargas por sistema.
- Evaluación de la efectividad de las BMP para reducir la carga de contaminantes durante una tormenta.

En este estudio se analizar la influencia de la estructura de conducción de aguas pluviales mediante el Software SWMM (Modelo de Gestión de Aguas Pluviales), a partir del análisis de subcuencas en superficie impermeables, enfocándonos el arrastre mediante una escorrentía superficial es necesario contar con los parámetros:

- La pendiente de la cuenca
- La anchura del flujo en superficie
- El valor del coeficiente de Manning (n) para el flujo superficial en áreas impermeables.

Tabla 4

Coeficiente de Manning de acuerdo con el Tipo de Canal.

| | | Tipo de Canal | Mínimo | Normal | Máximo |
|--|--------------|------------------|--------|--------|--------|
| A. Conducto Cerrado con Escurrimiento Parcialmente | A.1. Metales | a. Bronce Polido | 0.009 | 0.01 | 0.013 |
| | | b. Acero soldado | 0.010 | 0.012 | 0.014 |

| | | | | |
|--------------|--|-------|-------|-------|
| | con remaches | 0.013 | 0.016 | 0.017 |
| | c. Metal corrugado | | | |
| | sub - dren | 0.017 | 0.019 | 0.021 |
| | dren para aguas lluvias | 0.021 | 0.024 | 0.03 |
| | a. Concreto | | | |
| | tubo recto y libre de basuras | 0.010 | 0.011 | 0.013 |
| | tubo con curvas, conexiones | 0.011 | 0.013 | 0.014 |
| | afinado | 0.011 | 0.012 | 0.014 |
| | tubo de alcantarillado con cámaras, entradas | 0.013 | 0.015 | 0.17 |
| A.2 No Metal | tubo con moldaje de acero | 0.012 | 0.013 | 0.014 |
| | tubo con moldaje madera cepillada | 0.012 | 0.014 | 0.016 |
| | tubo con moldaje madera en bruto | 0.015 | 0.017 | 0.020 |
| | b. Madera | | | |
| | duelas | 0.010 | 0.012 | 0.014 |
| | Lamina y tratada | 0.015 | 0.017 | 0.020 |
| | c. Albañilería de piedra | | | |
| | a. Aceró liso | | | |
| | sin pintar | 0.011 | 0.012 | 0.014 |
| | pintado | 0.012 | 0.013 | 0.017 |
| | b. Corrugado | | | |
| | a. Madera | | | |
| | sin tratamiento | 0.01 | 0.012 | 0.014 |

Canales Revestidos

| | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|
| tratada | 0.011 | 0.012 | 0.015 |
| planchas | 0.012 | 0.015 | 0.018 |
| b. Concreto | | | |
| afinado con plana | 0.011 | 0.013 | 0.015 |
| afinado con fondo de grava | 0.015 | 0.017 | 0.020 |
| sin afinar | 0.014 | 0.017 | 0.020 |
| excavado en roca de buena calidad | 0.017 | 0.020 | |
| excavado en roca descompuesta | 0.022 | 0.027 | |
| c. Albañilería | | | |
| piedra con mortero | 0.017 | 0.025 | 0.03 |
| piedra sola | 0.023 | 0.032 | 0.035 |

Nota: Chow et al. (1994), “Hidrología aplicada”, McGraw-Hill Interamericana, traducido de la primera edición en inglés de “Applied Hydrology”, “Tabla 15.1.1”

Para el diseño de secciones hidráulicas en canales la aplicación de la ecuación de Manning es necesario estimar el tipo de material del cuerpo de canal, eficiente de rugosidad, velocidad máxima y mínima permitida, pendiente de canal, taludes, etc. (Autoridad Nacional del Agua, 2010, pág. 12).

Tabla 5

Coefficientes de Escorrentía para ser utilizados en el Método Racional.

| Característica de la Superficie | Periodo de Retorno (Años) | | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|---|----|----|----|-----|-----|
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 500 |
| Áreas Desarrolladas | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Asfáltico | 0,73 | 0,77 | 0,81 | 0,86 | 0,90 | 0,95 | 1,00 |
| Concreto/Techo | 0,75 | 0,80 | 0,83 | 0,88 | 0,92 | 0,97 | 1,00 |

Zonas Verdes (Jardines, parques etc.)

| Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área) | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|
| Plano, 0-2% | 0,32 | 0,34 | 0,37 | 0,40 | 0,44 | 0,47 | 0,58 |
| Promedio, 2 - 7 % | 0,37 | 0,40 | 0,43 | 0,46 | 0,49 | 0,53 | 0,61 |
| Pendiente superior a 7% | 0,40 | 0,43 | 0,45 | 0,49 | 0,52 | 0,55 | 0,62 |

| Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50 al 75 % del área) | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|
| Plano, 0 - 2% | 0,25 | 0,28 | 0,30 | 0,34 | 0,37 | 0,41 | 0,53 |
| Promedio, 2 - 7 % | 0,33 | 0,36 | 0,38 | 0,42 | 0,45 | 0,49 | 0,58 |
| Pendiente superior a 7% | 0,37 | 0,40 | 0,42 | 0,46 | 0,49 | 0,53 | 0,60 |

| 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 |

ÁREAS NO DESARROLLADAS

| Área de Cultivos | | | | | | | |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 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 |

| Pastizales | | | | | | | |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 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 |
| Bosques | | | | | | | |
| 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 |

Nota: Los valores de la tabla son los estándares utilizados en la ciudad de Austin, Texas. Utilizada con autorización.

Fuente: Fuente: Chow et al. (1994), “Hidrología aplicada”, McGraw-Hill Interamericana, traducido de la primera edición en inglés de “Applied Hydrology”, “Tabla 15.1.1”

Para el diseño mediante la ecuación de Manning de una sección transversal de canal, aplicable para flujo uniforme turbulento hidráulicamente rugoso para calcular el caudal del flujo (m^3/s) en relación de la estructura de conducción que evacua las aguas pluviales, es necesario calcular el flujo de la longitud del trayecto por tierra para la subcuenta así es mencionado el parámetro de anchura en el Software de SWMM (de Fluidos, G. M. D. M., 2005).

Según el manual de SWMM (Modelo de Gestión de Aguas Pluviales) los componentes físicos (Visual Objetos) empleados en el software SWMM (Storm Water Managemet Model) sus objetos que se emplean en la creación y la realización de la modelización del sistema de drenaje pluvial

- **Los Nudos**

En el Software SWMM (Modelo de Gestión de Aguas Pluviales), estas conexiones simbolizan la confluencia de canales superficiales, sus parámetros (de Fluidos, G. M. D. M., 2005).

- **Los Nudos de Vertido**

En el Software SWMM (Modelo de Gestión de Aguas Pluviales) este objeto representa el punto de descarga a lo largo del tiempo la escorrentía pluvial que viaja en la superficie impermeable, necesario configurar sus parámetros en ellos la cota de fondo (de Fluidos, G. M. D. M., 2005).

- **Estructura de Conducción**

En la estructura de conducción de cunetas, se parte de las consideraciones a partir de su sección transversal, dimensiones, pendiente del canal y el material presentado que influyen en su pérdida de fricción, es fundamental el análisis de aguas arriba para considerar el mejor control para obtener menos velocidad y flujo en la zona de aguas abajo (Florero, 2017)

Se estima para el diseño de cunetas, calzadas en zonas permeables. Las pendientes longitudinales mínima absolutas serán 0.2% para cunetas revestidas y 0.5% para cunetas sin revestir (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018, pág. 208).

- Talud: Relación de la distancia horizontal a la vertical en las paredes del canal, valor de acuerdo con las características resultantes del estudio de geotecnia del material en el que se excave el canal.
- Coeficiente de escorrentía de flujo pluvial.

Tabla 6

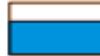
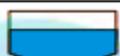
Coefficientes de Escorrentía Promedio para Áreas Urbanas para 5 y 10 años de Periodo de Retorno.

| Características de la Superficie | Coefficiente de Escorrentía |
|---|------------------------------------|
| Calle | |
| Pavimento asfáltico | 0,70 a 0,95 |
| Pavimento de concreto | 0,80 a 0,95 |
| Pavimento de adoquines | 0,70 a 0,85 |
| Veredas | 0,70 a 0,85 |
| Techos y azotea | 0,75 a 0,95 |
| Césped, suelo arenoso | |
| Pendiente plana (0 - 2%) | 0,05 a 0,10 |
| Pendiente promedio (2 - 7 %) | 0,10 a 0,15 |
| Pendiente pronunciada (>7%) | 0,15 a 0,20 |
| Césped, suelo arcilloso | |
| Pendiente plana (0 - 2%) | |
| Pendiente promedio (2 - 7 %) | |
| Pendiente pronunciada (>7%) | 0,25 a 0,35 |

Nota: Ponce (1989), “Engineering Hydrology – Principles and Practices”, Prentice-Hall, parte de “TABLE 4-1(a)”

Figura 8

Tabla de diferentes secciones transversales de conductos disponibles en SWMM.

| Nombre | Parámetros | Forma | Nombre | Parámetros | Forma |
|------------------------|--|---|--------------------------|---|---|
| Circular | Profundidad |  | Circular Relleno | Profundidad, profundidad del relleno |  |
| Rectangular Cerrado | Profundidad, ancho |  | Rectangular Abierto | Profundidad, ancho |  |
| Trapezoidal | Profundidad, ancho en la parte superior, pendiente lateral |  | Triangular | Profundidad, ancho en la parte superior |  |
| Elipse Horizontal | Profundidad |  | Elipse Vertical | Profundidad |  |
| Arco | Profundidad |  | Parabólica | Profundidad, ancho en la parte superior |  |
| Potencial | Profundidad, Ancho en la parte superior, exponente |  | Rectangular – Triangular | Profundidad, ancho |  |
| Rectangular Redondeada | Profundidad, ancho |  | Cesta de mano modificada | Profundidad, ancho |  |
| Huevo | Profundidad |  | Huella de caballo | Profundidad |  |
| Gótico | Profundidad |  | Catenaria | Profundidad |  |
| Semiéptica | Profundidad |  | Cesta de mano | Profundidad |  |
| Semicircular | Profundidad |  | | | |

Nota. Manual SWMM, 2005.

- **Hidrograma Unitarios**

Los Hidrograma Unitarios asociado data información de las precipitaciones que evalúa las respuestas a corto plazo, a medio plazo y a largo plazo, además se podría representar los meses de cada año con distintos periodos de tiempo de la precipitación con ayuda del software SWMM (de Fluidos, G. M. D. M., 2005).

1.4. Formulación del problema

¿En qué medida la estructura de conducción influye en el drenaje pluvial de la Av. San Martín de Porres y el Jr. Historia de la ciudad de Cajamarca, 2022?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Analizar la influencia de la estructura de conducción de drenaje pluvial en la Av. San Martín y Jr. Historia de la ciudad de Cajamarca, 2022.

1.5.2. Objetivos específicos

Analizar la estructura actual de la conducción de drenaje pluvial frente al riesgo de inundaciones en la Av. San Martín de Porres y Jr. Historia de la ciudad de Cajamarca, 2022.

Identificar los parámetros de diseño hidráulico para estimar un adecuado comportamiento frente a aguas pluviales en la estructura de conducción de drenaje pluvial en la Av. San Martín de Porres y Jr. Historia de la ciudad de Cajamarca, 2022.

Diseñar la nueva estructura de conducción de drenaje pluvial con los parámetros identificados durante el análisis de su estado actual.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis General

El análisis de la influencia de la estructura de conducción nos indica evaluar la propuesta de un nuevo diseño de drenaje pluvial evita el colapso de las cunetas a causa de las máximas precipitaciones evaluadas a periodos de retornos como alternativa de mejora significativa en el comportamiento del drenaje pluvial en la Av. San Martín de Porres y Jr. Historia de la ciudad de Cajamarca, 2022.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La investigación de esta tesis es de diseño aplicada y del tipo correlacional descriptiva, enfocada en la comparación de cuantificar las relaciones entre variables de estudio y determinar el estado actual del drenaje pluvial en la intersección de la Av. San Martín de Porres y el Jr. Historia de la ciudad de Cajamarca, según su nivel es una investigación descriptiva que fundamenta el comportamiento de las variables de estudio. Para Guevara et al.,(2020) la investigación descriptiva detalla características observables y verificables del objeto de estudio. Se denomina aplicada debido a que se sustenta a una investigación básica, pura o fundamental que surgen para resolver realidades problemáticas de la sociedad así lo explica Nicomedes (2018).

Padua (2018) explica que las investigaciones con nivel descriptivo sustentan como estudios específicos y organizados, conducidos en dar como resultado un diagnóstico del objeto en estudio. El tipo de diseño transversal en una investigación no experimental se enfoca en reunir la información o base de datos en un determinado tiempo. Según Hernández-Sampieri, & Torres, (2018) define que una investigación no experimental transversal o transeccional “La investigación se centra en analizar cuál es el nivel o estado de una o diversas variables en un momento dado, o bien en cuál es la relación entre un conjunto de variables en un punto en el tiempo”. Desde la postura Para Hernández-Sampieri, & Torres, (2018), se subdivide en diseños transeccionales correlacionales / causales y diseños transeccionales descriptivos, en este estudio nos inclinamos por transeccionales correlacionales define “Los diseños transeccionales correlacionales/causales tienen como objetivo describir relaciones entre dos o más variables en un momento determinado”

Figura 9

Diseños de investigación.



Fuente: Hernández-Sampieri, R., & Torres, C. P. M. (2018) (Metodología de la investigación)

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

Población

Todas las estructuras de conducción de drenaje pluvial del Barrio San Martín de Porres de la ciudad de Cajamarca en el año 2022.

Muestra

La muestra para la investigación se aplicó en la estructura de conducción del drenaje pluvial en la intersección de la Av. San Martín de Porres y el Jr. Historia que consta de un 1km delimitadas por coordenadas UTM, en la ciudad de Cajamarca en el año 2022. La microcuenca Ramiro en estudio cuenta de un área de 2.194 km² (0.21 Ha), con una topografía ondulada.

Figura 10

Ubicación de lugar de estudio Av. San Martín de Porres y el Jr. La Historia, Cajamarca –



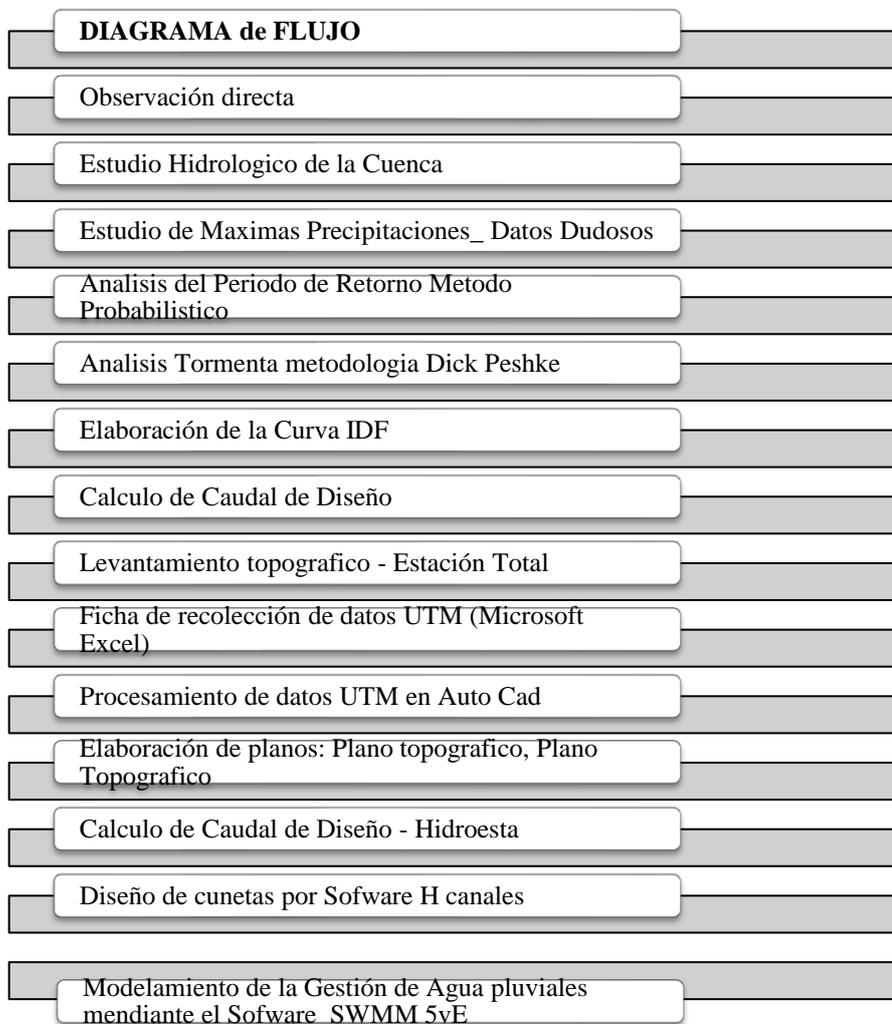
Fuente. Google Earth

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Este estudio enfocado en la técnica de la observación directa al drenaje pluvial en la zona urbana entre la Av. San Martín de Porres y el Jr. Historia, emplearemos como instrumento software SWMM, así mismo emplearemos guía elaborada para anotar las observaciones de la exposición de la infraestructura a fenómenos naturales de origen hidrometeorológico.

Figura 11

Diagrama de flujo de procedimiento de investigación.



Fuente. Elaboración Propia

Técnicas de recolección de datos

Según Torres et al., (2019) “Observación Directa es usada cuando se requieren encuestas que no requieren mediciones en las personas. Además, no existe una participación directa en el área en donde se encuentra la información”

Instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se realizó mediante los siguientes instrumentos.

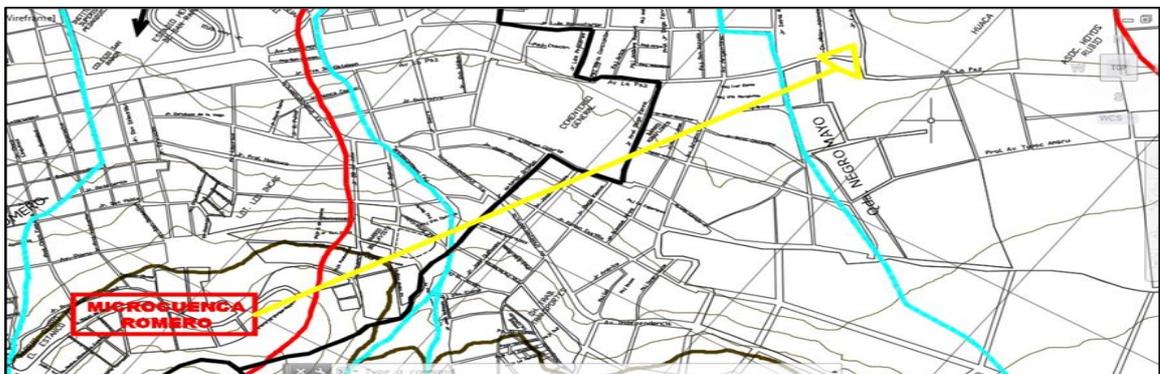
Software Google Earth: Con la ayuda de las coordenadas UTM en una ficha, estos datos sirvieron hacer el plano topográfico empleado el Software Google Earth además se utilizó para las capturas de imágenes satelitales del lugar de estudio.

Base de datos de Senamhi: los datos acerca de las precipitaciones obtenidas mediante la observación directa del tiempo en la data virtual de Senamhi de los últimos 40 años, así también se gestionó su verificación de la data de los últimos 10 años que fueron solicitados a Senamhi.

Plano Hidrológico de las microcuencas de la ciudad de Cajamarca: Mediante del cual se pudo realizar la delimitación de la cuenca de estudio para esta tesis, para luego ejecutar el estudio del comportamiento de la cuenca hidrológica.

Figura 12

Plano Hidrológico de las microcuencas de la ciudad de Cajamarca



Fuente. Municipalidad Provincial de Cajamarca

Técnicas e instrumentos de análisis de datos

- Técnicas de análisis de datos

Técnica empleada para el análisis de datos mediante métodos probabilísticos y estadísticos utilizados para determinar los parámetros necesarios para el diseño de la sección de la cuneta.

- Instrumentos de análisis de datos

Microsoft Excel: Se empleó para el estudio del comportamiento hidrológico de la cuenca Romero (Ver anexo 7), para estudio estadístico de las precipitaciones máximas en 24 horas de la estación convencional meteorológica MAP.A. WEBERBAUER, mediante los análisis estadísticos de datos dudosos (Ver anexo 7 – Tabla 18), de la metodología de Water Resources Council.

Se realizó el plano del perfil topográfico del lugar de estudio utilizando AutoCAD civil 2020 para realizar la identificación la longitud del sistema de drenaje pluvial de las cuadras del jr. La Historia. (Ver anexo 22)

Se realizó el diseño de secciones transversales del lugar de estudio, mediante el Softwares en versión educacional AutoCAD 2020. (Ver anexo 15)

Mediante el Software SWMM 5vE (Modelo de Gestión de Aguas Pluviales) se analizaron los parámetros hidrológicos del sistema de la estructura de conducción de área de estudio mediante la simulación de la conducción de la escorrentía superficial en la Av. San Martín de Porres y Jr. Historia. (Ver anexo 23)

Se realizó un estudio hidrológico de los parámetros de la microcuenca de estudio utilizando el plano topográfico del drenaje Pluvial. (Ver anexo 21)

Se ejecuto el diseño de la sección triangular según el tramo evaluado con el Software Hcanales. (Ver anexo 18)

2.4. Procedimiento

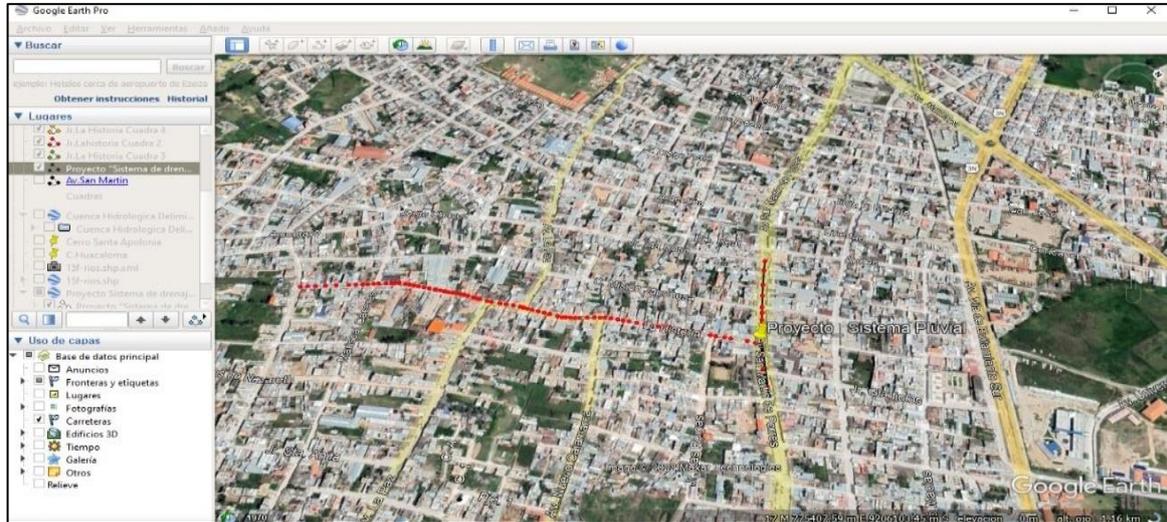
Procedimiento de recolección de datos

Como punto de partida, estuvo la identificación de la problemática en la estructurara de conducción (sección de cunetas) de aguas pluviales en la Av. San Martín de Porres y Jr. La historia, se planteó las alternativas de dar solución al problema.

Se presento el planteo del diseño de la estructura de conducción de un sistema de drenaje pluvial de la Av. San Martín de Porres y Jr. Historia de la ciudad de Cajamarca; para la mejor conducción y el manejo de las aguas pluviales, se inició con la recolección de datos (Coordenadas UTM) , se ejecutó un levantamiento topográfico del lugar de estudio usando el Software de Google Earth (Ver figura 13) y la Estación Total Leica modelo TS06; que sirvió para presentar el diseño de la estructura de conducción de las aguas pluviales en la Av. San Martín de porres y Jr. Historia en la ciudad de Cajamarca , así se contó con la base de datos de SEMNAHI remitidos, las precipitaciones máximas de últimos 42 años (Ver anexo 7- Tabla 18), además estos datos se procesaron en hojas de cálculo en Excel de elaboración propia, luego de obtener los parámetros necesarios para el diseño de la estructura de conducción del drenaje pluvial estos fueron exportados al Software SWMM (Modelo de Gestión de Aguas Pluviales), para su el análisis del diseño.

Figura 13

Puntos tomados desde el software Google Earth – Av. San Martín y el Jr. Historia



Fuente: Google Earth

Procedimiento de análisis de datos

➤ Topografía

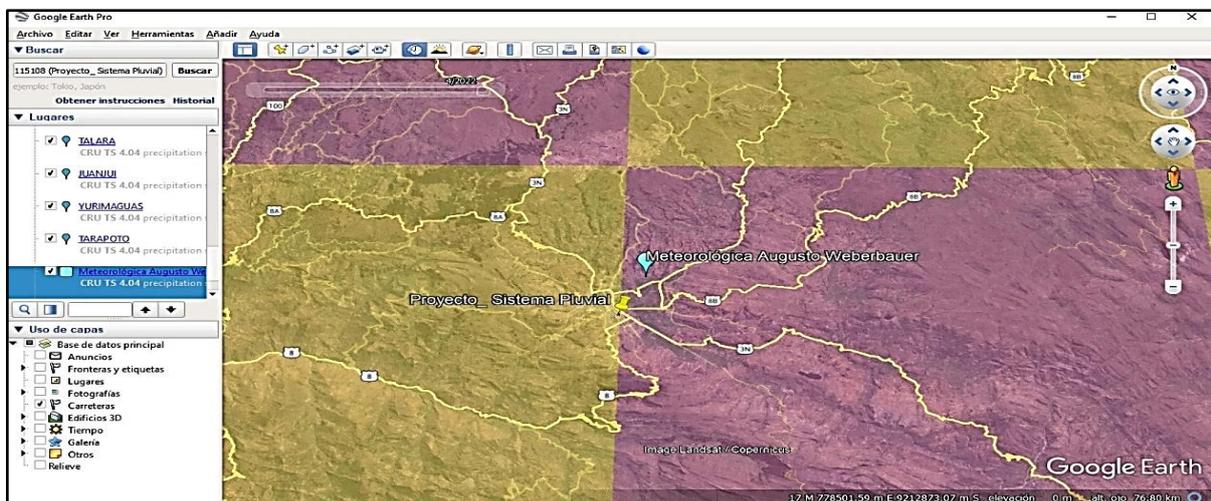
- Con la obtención de las coordenadas UTM obtenidos de Google Earth se procesó los datos en el Software AutoCAD2020. Teniendo como resultado la elaboración un plano de ubicación (Anexo 14) respecto a la zona de estudio.
- Se proceso la base da datos del levantamiento topográfico realizado en el Software AutoCAD2020, con ello se elaboró el plano de la línea de conducción pluvial (Anexo 20) del lugar de estudio.
- Con la utilización del plano pluvial de la ciudad de Cajamarca, se elaboró el plano de la delimitación de la cuenca de estudio (Anexo 21)

➤ Estudio de Precipitaciones Máximas 24h

Determinamos la ubicación de la estación meteorológica; para el estudio se identificó la ubicación de la estación de tipo convencional meteorológica MAP.A. WEBERBAUER ubicada en la universidad nacional de la ciudad de Cajamarca, contando con una ubicación geográfica de Altitud 2536 msnm de latitud 7°10'03" S y de longitud 78°29'35" W) de manera que está ubicada en la microcuenca Romero.

Figura 14

Ubicación de la Estación meteorológica Augusto Weberbauer.



Fuente: Google Earth

Usando la metodología de Water Resources Council del análisis de datos dudosos estadísticos, consiste en constatar que los datos históricos de una estación meteorológica se encuentren dentro de los rangos alto y bajo (Chow et al., 1988). Para detectar los datos dudosos altos y bajos. Para el estudio de esta investigación elaboramos la recolección de la información precipitaciones por periodo de año, mes y día; datos propios de la data o la existencia de datos dudosos en el registro de la base de SENAHMI se fue seleccionado las máximas precipitaciones mensuales de los últimos 42 años (1980-2022) de la estación meteorológica Augusto Weberbauer, ubicada en el departamento, provincia y distrito de la ciudad de Cajamarca

Para determinar las precipitaciones máximas de 24 horas ($P_{max\ 24}$), de las máximas precipitaciones mensuales de los últimos 42 años (1980-2022) de la estación meteorológica Augusto Weberbauer, a partir de ello se selecciona de los 12 meses, la precipitación máxima de 24 horas de cada mes y finalmente se elige la P_{max24} de cada año. (Ver tabla 19). Usando la tabla de valores K_n , para evaluar los datos atípicos dentro de las P_{max24} empleado las ecuaciones 14 y 15 respectivamente, así también permitir el cálculo del coeficiente de sesgo que permite detectar la existencia de los datos dudosos.

➤ Evaluación funcionalidad y eficiencia de estructura de conducción de aguas pluviales

Para evaluar el estado actual de la estructura de conducción de aguas pluviales del lugar de estudio se empleó las siguientes ecuaciones de Manning; además utilizo un coeficiente de rugosidad "n" de Manning.

Para la obtención de la pendiente, es el resultado del levantamiento topográfico en la zona de estudio con la Estación Total Leica modelo TS06 de manera que luego se plasmó mediante la elaboración de planos de perfil para el jr. Historia y la Av. San Martín, con la utilización del programa AutoCAD2020 (Ver anexo 22)

Para la selección del coeficiente de rugosidad con el método racional es necesario identificar la superficie de la sección de cunetas por donde viajan las precipitaciones, coeficiente de escorrentía en relación con su periodo de retorno y según sus características de la superficie de la estructura de conducción se eligió según la norma técnica peruana CE.040 Drenaje Pluvial. Así también para determinar, el periodo de retorno es necesario identificar la vida útil de la obra en relación con el valor del riesgo admisible para obras de drenaje que son de 20 años como menciona el Manual de Hidrología , Hidráulica y Drenaje (2008)

Ecuación 2: Determinación de la Eficiencia de Conducción

Con esta evaluación identificamos la eficiencia de su operatividad que presenta la estructura de conducción del flujo pluvial está dada por la relación entre el agua que entra al canal (V_S) o tramo de canal de derivación y la cantidad de agua que sale de este (V_E)

$$E_c = \frac{V_S}{V_E}$$

V_S : caudal que deriva de la fuente m³/s.

V_E : Caudal que distribuye en m³/s.

Ecuación 2: Determinación de la Eficiencia de Operación

Se evalúa la calidad de operación del sistema de drenaje se estima a partir de la relación entre los caudales distribuidos y los caudales de la fuente de agua determinada.

$$E_o = \frac{Q_n}{Q_e}$$

Donde:

Q_n : caudal que deriva de la fuente m³/s.

Q_e : Caudal que distribuye en m³/s.

➤ Modelamiento a SWMM

Para el ingreso del modelamiento a SWMM de nuestra cuenca urbana, que consta de la limitación de las cuadras C-8, C-9 Y C-10 de la Av. San Martín de Porres con intersección del Jr. Historia (Ver figura 15); presentado el fondo de mapa del lugar de estudio georreferenciado, así se ha observado que las cunetas son revestidas de concreto, definiendo el sentido con que viaja el escurrimiento superficial sobre estas, de acuerdo al lugar de estudio presenta pendientes de 2% a 3%, en este análisis las tormentas de diseño utilizados para eventos de 6 horas en periodos de retorno de 2 y 10 años según la normativa CE.040 con lo indica para precipitaciones de moderada frecuencia.

Tabla 7

Coordenadas UTM del punto de referencia del lugar de estudio.

| Coordenadas de Referencia | | Long. Vert | Long. Hora | Coordenadas Superior Derecho | | Coordenadas Inferior Izquierdo | |
|---------------------------|--------|------------|------------|------------------------------|------------|--------------------------------|------------|
| Norte | Este | | | Norte | Este (m) | Norte | Este |
| 9206550 | 775942 | 738.89 | 1417.42 | 9206736.561 | 776163.804 | 9206272.664 | 775609.180 |

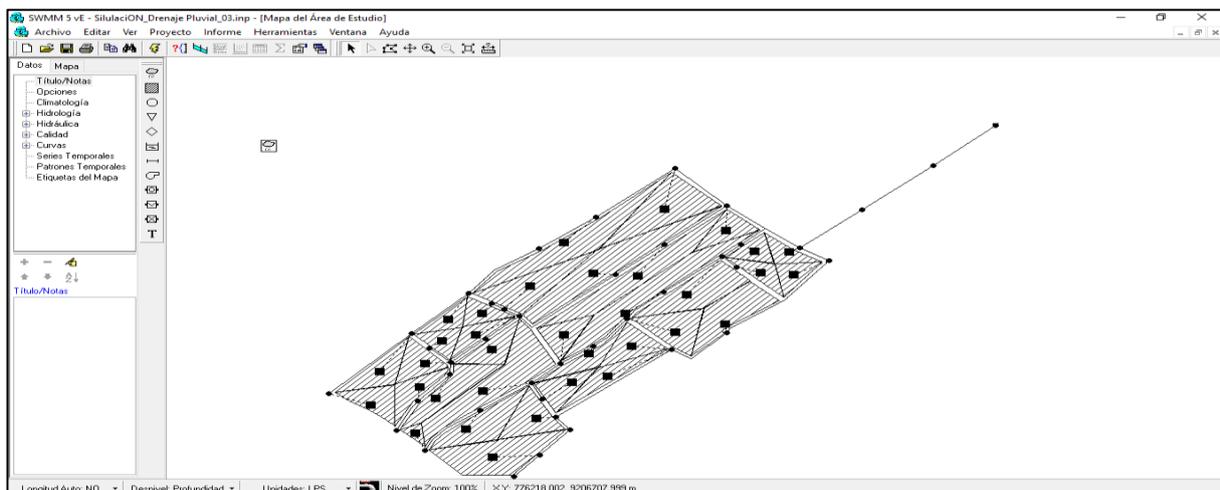
Para este modelamiento se necesitó ingresar los parámetros geométricos de las subcuencas que delimitan la cuenca urbana (Ver anexo13). Se considera identificar el coeficiente de Manning para escorrentías superficial, conservación de la depresión que se muestran en el anexo 12.

Ecuación 1: Ancho de la Subcuenca

$$Ancho (C_1) = \frac{Area (m^2)}{Longitud de flujo}$$

Figura 15

Modelado en SWMM 5vE de cuenca urbana de estudio.

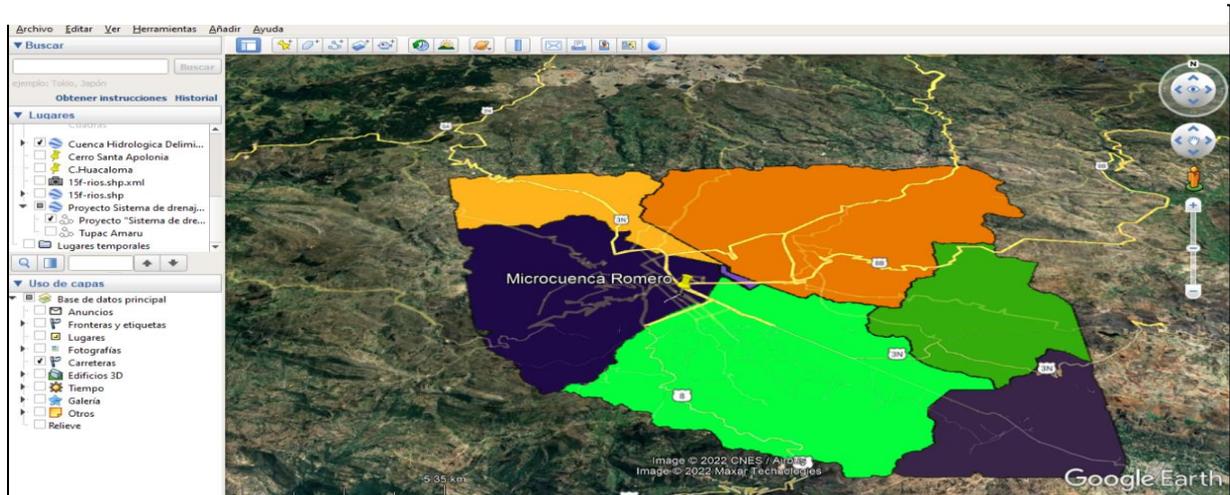


Nota: Elaboración Propia con SWMM 5vE

➤ Estudio Hidrológico de la cuenca

Figura 16

Mapa de la delimitación de Microcuenca Romero.



Nota: Elaboración Propia con Google Pro

Para la delimitación de la cuenca se utilizó las cartas nacionales de los ríos en donde se exportó al software de Google Earth Pro como se muestra en la figura 16, estas imágenes satelitales nos proporcionaron visualizar a la ubicación de la cuenca que constituye a las microcuencas de Calispuquio y Romero obtenido como datos el área que abarca la microcuenca Romero un área de 6, 057 hectáreas y un perímetro que oscila e 50.7 kilómetros.

2.5. Aspectos Éticos

En el presente estudio de investigación basada en la normativa modificada de la norma técnica OS.060 Drenaje Pluvial Urbano a la norma técnica CE.0.40 Drenaje Pluvial del reglamento nacional de edificaciones, utilizada en la evaluación del diseño de sistema pluvial urbano.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Estado actual de la estructura de conducción

A. Funcionalidad y eficiencia

De los cálculos realizados para evaluar su funcionalidad y eficiencia, para Jr. Historia C-1 (Lado Izquierdo) se obtuvo 0.152 m³/s como su capacidad hidráulica en comparación con su caudal máximo de diseño se obtuvo de 0.10 m³/s para un periodo de retorno de 2 años (Ver Tabla 8), se comprueba que el diseño actual de la estructura de conducción de aguas pluviales en el Jr. Historia nos cumplen con la capacidad hidráulica suficiente ya que los valores obtenidos de eficiencia esta superar el 100%, teniendo un exceso de 52.4% para la sección A1 (Cuadra 1) que influye bastante para el manejo de las aguas abajo debido que esta presenta un pendiente pronunciada en el talud de la sección de la cuneta de 3%. El estado actual del sistema de conducción es deteriorado con presencia de grietas y desprendimientos de la estructura (Ver anexo 3 – Figura 27, 29).

Tabla 8

Análisis de la eficiencia de conducción y operación en las cunetas del Jr. Historia.

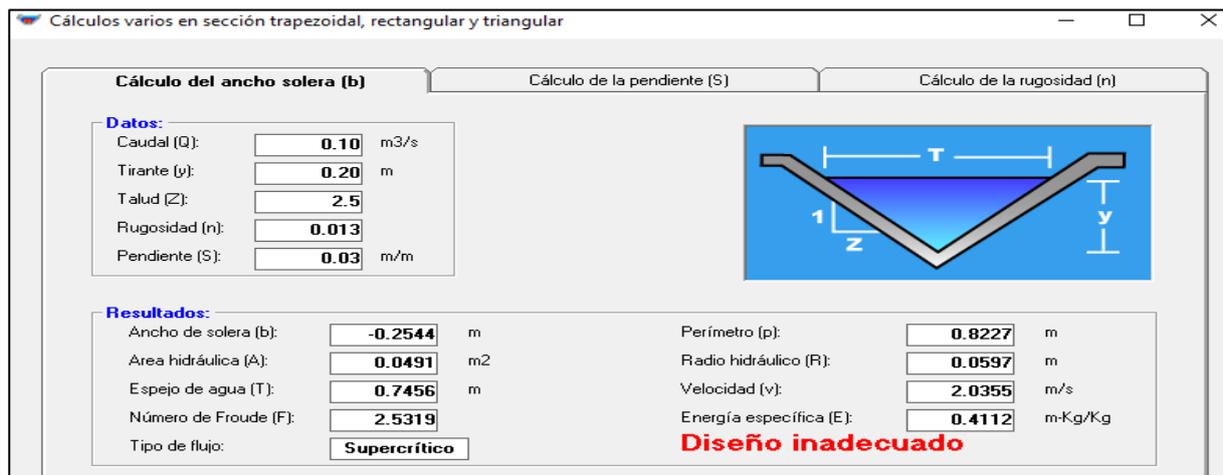
| Evaluamos la eficiencia de conducción y operación de la sección de la cuenta | | | | | | |
|--|---|--|------------------------|--------------------------|--------------------------------------|--|
| Sección de la cuneta | Caudal de retiro máximo (m ³ /s) | Capacidad Hidráulica (m ³ /s) | Velocidad Máxima (m/s) | Tiempo de duración (min) | % Excede en Eficiencia de Conducción | % Excede en la Eficiencia de Operación |
| Cuadra 1 | 0.10 | 0.152 | 2.53 | 15 | 52.4% | 34.4% |
| Cuadra 2 | | 0.124 | 2.07 | | 24.4% | 19.6% |
| Cuadra 3 | | 0.107 | 1.8 | | 7.7% | 7.1% |
| Cuadra 4 | | 0.124 | 2.07 | | 24.4% | 19.6% |
| Cuadra 5 | | 0.096 | 1.61 | | 3.6% | 3.7% |

De los cálculos realizados aplicado el método racional para nuestra cuenca urbana de estudio tenemos un caudal de diseño máximo de $0.12 \text{ m}^3/\text{s}$ para el Jr. Historia en tiempo de retorno de 10 años, con presencia de intensidades máximas de 43.079 mm/h . En la actualidad tenemos precipitaciones con intensidades máximas de registro que oscilan entre 17 mm/h (Ver Anexo 7 – Tabla 18), eventos con tiempo de duración de 15 minutos en presencia de estos valores el sistema nos demuestra el colapso que afecta a viviendas. (Ver Anexo 3 – Figura 27)

- Analizamos el estado actual de la estructura de conducción

Figura 17

Evaluación de actual diseño de la sección transversal de la cuneta triangular simple.



Como resultado al dimensionar el canal de conducción que transporta las aguas pluviales, se empleó las curvas IDF (Intensidad, Duración y Frecuencia) de las precipitaciones (Ver anexo 11) que estime tener la capacidad de transportar la lluvia de un periodo de retorno de 2 años y 10 años. La geometría de su sección transversal del canal actual tuvo como resultado que el diseño actual es inadecuado respecto a que dimensiones de su tirante es de 0.20 m, su talud (Z) es de 2.5, con pendiente (S) de 0.03 m/m obtuvimos un espejo de agua de 0.74 m aún superando al actual de 0.50m con velocidades de 2.03 m/s que genera un ahogamiento en la sección de cuneta para caudales próximos a 2 años de retorno respecto al actual.

- Evaluamos la conducción del drenaje pluvial frente al riesgo de inundaciones en la Av. San Martín de Porres y Jr. Historia de la ciudad de Cajamarca

Figura 18.

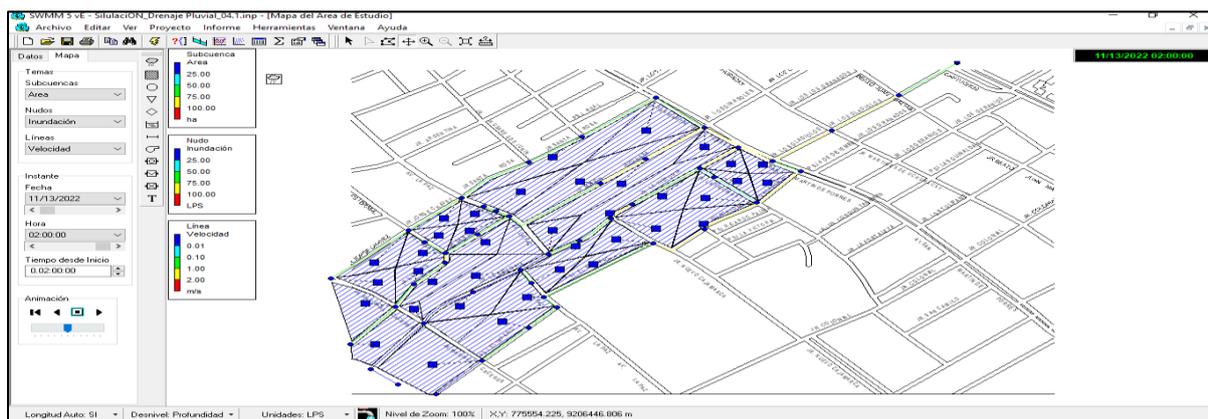
Perfil longitudinal de la lámina de Agua - Jr. Historia



Los resultados de la simulación en el Software de SWMM 5 vE obtuvimos el perfil de recorrido de la escorrentía superficial como se observa en la figura 18, en las secciones transversales de las cunetas de sección triangular simple, se observa las pendientes que oscilan de 1.2% hasta 3% en el tramo longitudinal del Jr. Historia de 754 m de longitud.

Figura 19

Estimación del riesgo de inundación mediante el Modelo de Gestión de Aguas Pluviales SWMM



Los resultados de la simulación con se puede visualizar en la figura 19 en lo que se refiere a la evaluación del riesgo de inundación en las líneas de conducción del drenaje pluvial se observa que el Jr. Historia en la cuadra 1 y 2 su velocidad de 2 m/s es alta debido a presenta

pendientes en sus secciones de cunetas entre 2.5 a 3% y la cuadra 3 y 4 su velocidad oscila entre 1.5 m/s a 2m/s así obtenido como resultados la existencia del de la congestión en los volúmenes de escorrentía.

Tabla 9

Tiempo de concentración en la zona de estudio.

| Subcuenca | Dimensión Transversal | Evaluación del Tiempo de Concentración | | | | Coeficiente de Manning | Tiempo de concentración (min) |
|------------------------------------|-----------------------|--|-----------------------------------|------------------------|-------|------------------------|-------------------------------|
| | | Dimensión Longitudinal | Pendiente Transversal (s critica) | Pendiente Longitudinal | | | |
| Sección transversal Jr. Historia | 12 m | 754 | 3% | 2%-3% | 0.013 | 12.62 min | |
| Sección transversal Av. San Martín | 16.72m | 290 | 1.5% | 1% 1.5% | 0.013 | 9.16 min | |

De los cálculos realizados de nuestra cuenca hidrológica urbana de 0.063 km² de área total evaluada, tenemos que nuestro tiempo de concentración para la Av. San Martín de porres es de 9.16 min se evaluó con la fórmula de Federal Aviation Administration (1970), estipulada en la normativa CE.040, así con un tramo de longitud de 290 m con relación a las intensidades máximas obtenidas de 35.639 mm /hr en un periodo de retorno de 2 años como se observa en el anexo 24 y para el jr. Historia es de 12.62 min este parámetro para un tramo longitudinal de 754 m

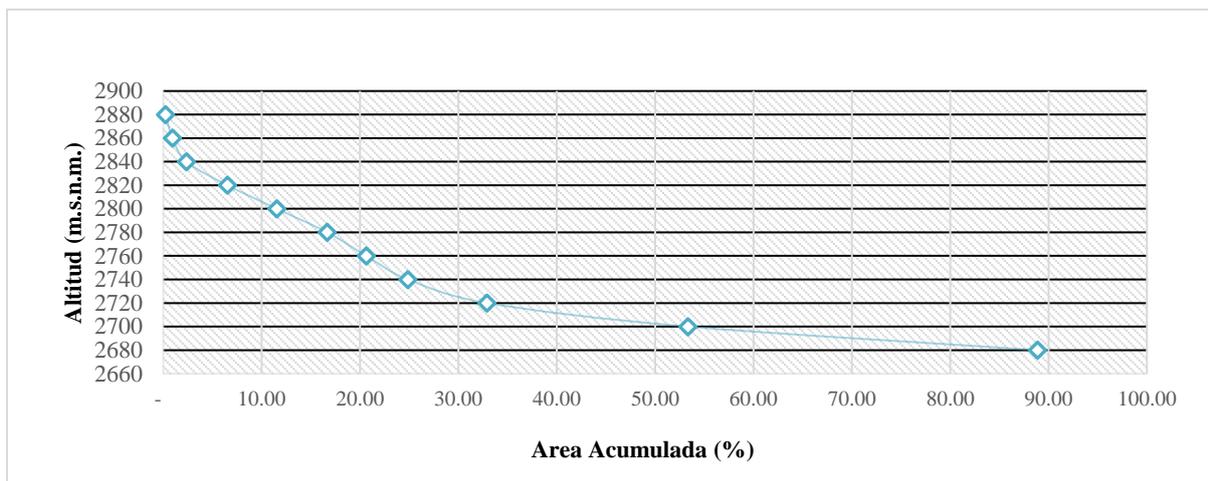
3.2. Estudio Hidrológico de la cuenca urbana.

Como resultado de la evaluación de la morfometría de la cuenca de estudio se ubica en la zona 17S (Hemisferio sur). El área de la microcuenca Romero siendo de 2.194 km², la longitud de la línea divisora de la cuenca calculado es de 6.478 km, Se obtuvo como dato que pendiente media del cauce de esta cuenca de estudio es de 10.09 %, se clasifica de tipo unidad.

Se calculo el índice de compacidad o índice de Gravelius nos permite discernir la geometría de la cuenca como resultado tenemos que el coeficiente de compacidad es 1.233 y está ubicado entre 1.0 a 1.25, entonces pertenece a la clase Kc1, siendo la forma de la cuenca: redonda a oval-redonda. El factor de forma (Kf) obtenido es de 0.462 implica que es de forma alargada, baja susceptibilidad a las crecientes cuando se presenta lluvias intensas en toda la cuenca se observa en el anexo6 – tabla 13.

Figura 20

Curva Hipsométrica de las Áreas de Microcuenca Romero.



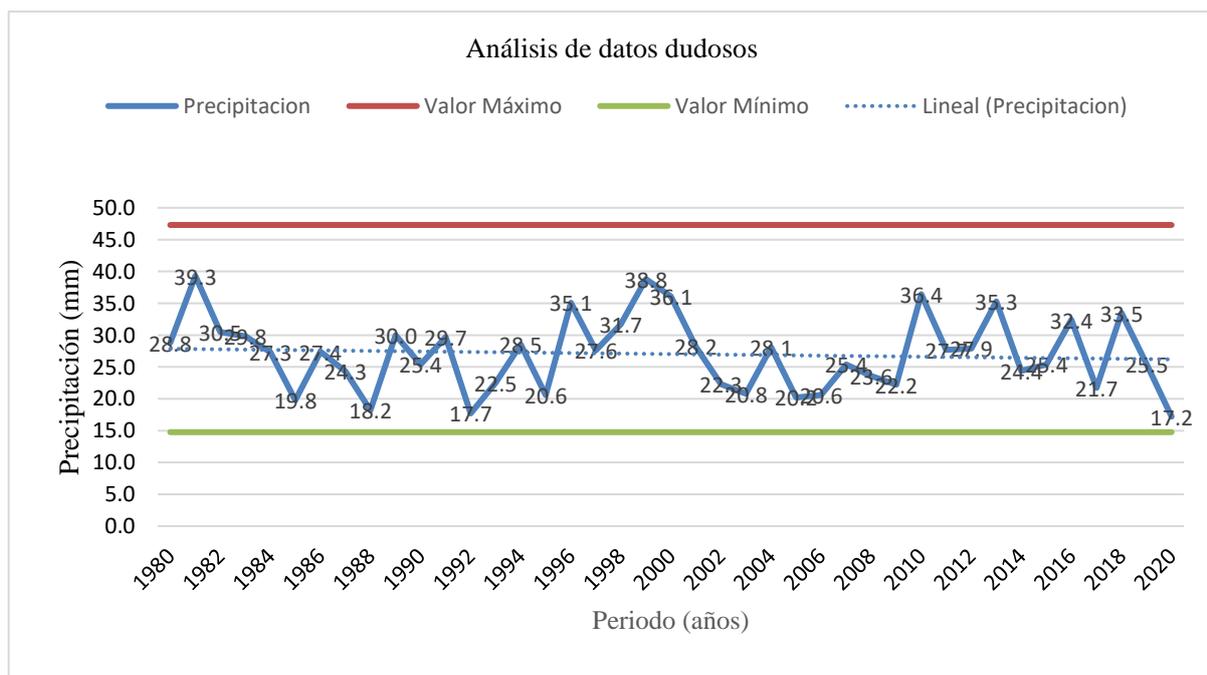
En la curva hipsométrica de la figura 20, tenemos como resultados la gráfica de una curva inferior, típica de una cuenca sedimentada que se encuentra con un tipo de río viejo, con una fase actividad baja, según Strahler (1964). La climatología a la que pertenece la cuenca, este dato nos proporciona el cálculo de elevación media de la cuenca de estudio que es de 2749.27m.s.n.m, este resultado nos indica que pertenecemos a la región Quechua, con temperaturas que oscilas entre 15° y 0°, con presencia de vientos fuertes en dirección al Sur-Este, presentado escasa humedad atmosférica según (MIDAGRI, 2015)

3.3. Estudio Probabilísticos de la cuenca

Durante la evolución de datos dudosos se observó el dato atípico de la precipitación máxima en 24 hrs de 51.8 mm, que se registró en estación Meteorológica Convencional Augusto Weberbauer ubicada en la ciudad de Cajamarca, en el año 2017 en mes de diciembre precipitación máxima en 24hrs (Anexo 7 – tabla 19), debido a eso se anuló ese dato y se eligió nuevamente Pmax24 hrs, siendo el dato de 21.7 mm, así apreciado la no existencia de datos dudosos en la estación meteorológica evaluada con ser observa en la figura 21.

Figura 21.

Gráfico de la Evaluación de datos dudosos de la estación meteorológica Augusto Weberbauer (1980 -2020)

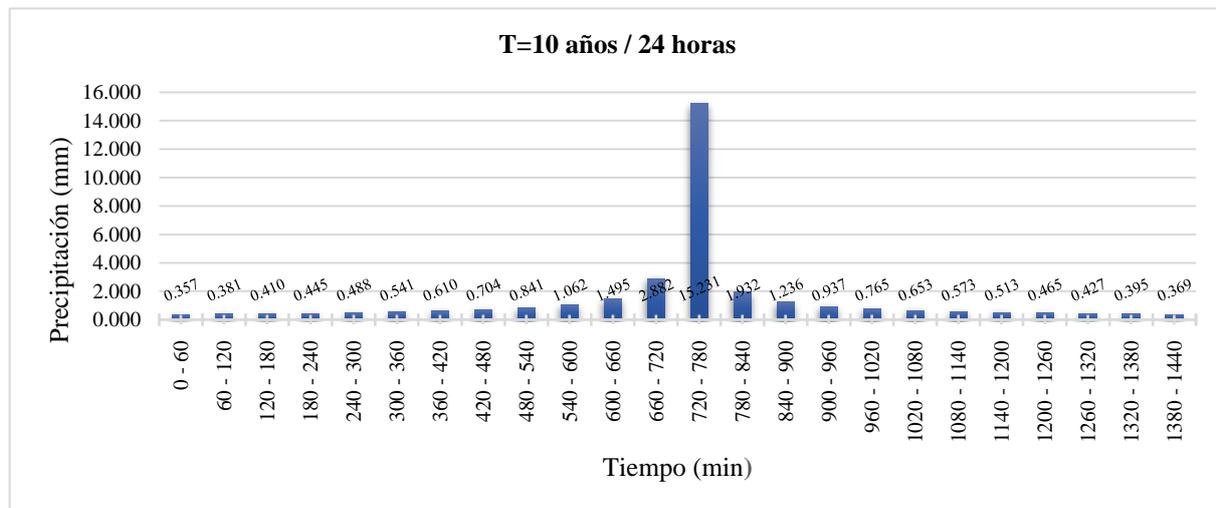


Se obtuvo como resultado en la evaluación de la prueba de bondad de Smirnov & Kolmogorov el mejor ajuste es de Pearson III cumpliendo el ajuste en relación $D_{critico} > D_{máx}$; el $D_{critico}$ es de 0.2123 y el $D_{máx}$ (Teórico) de 0.0684 para más información ver anexo7 – tabla20.

Así también evaluado por el criterio del análisis visual tenemos el que mejor se ajusta es el del método probabilístico de Gumbel, por último aplicando el test de bondad de ajuste con el software Hydrogonomon tenemos que en el test Kolmogorov Smirnov tiene como mejor función a la Pearson III con un 99.33% seguidamente EV1 – Max Gumbel con un 63.48%; por último evaluado con la prueba de CHI cuadrados obtuvimos que Gumbel tiene un 53.77% mientras que Pearson III tiene 45.26% , así que se concluye que la mejor función es la de Pearson III por su mejor ajuste el test de Kolmogorov – Smirnov como se observa en el anexo 7- tabla 19; con este dato calcular el caudal de diseño para la estructura de conducción de las cuentas de nuestro estudio.

Figura 22

Hietograma de las precipitaciones de diseño - Método de Dick & Peshcke.



Como resultado del hietograma de diseño de la figura 22, tenemos los cálculos para la distribución temporal de la tormenta mediante el método de los bloques alternos de bloqueo tenemos como resultados para una tormenta de duración de 10 minutos y su recurrencia de diseño de 10 años y la evolución de la lámina acumulada para distintos intervalos de tiempo.

Como resultado de la evaluación de la curvas IDF, aplicar la regresión lineal múltiple para la elaboración de las curvas IDF, se determinó la distribución de intensidades desde 60 a

1440 minutos se observa un comportamiento exponencial determinando un aumento de la intensidad según se aumenta el periodo de duración de las precipitaciones, esto implica la existencia de intensidades mayores según tenemos que $TR=10$ años nuestra intensidad máxima es de 15.231 mm/hr y para $TR=20$ años una intensidad de 16.527mm/hr

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

De los resultados obtenidos se establece que la propuesta de diseño de cunetas rectangulares para la conducción del agua pluvial y escorrentía superficial para la Av. San Martín de Porres y Jr. Historia cumple con el funcionamiento adecuado en su conducción y acertado una eficiencia de 89 %. Ya que la estructura de conducción satisface la demanda del caudal de diseño para periodos de retornos en 2 años y 10 años.

De lo investigado Yañez Portal (2014) en sus estudios “Nivel de Eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y Jr. Santa Rosa”; en su capacidad hidráulica adecuada durante los eventos de lluvias intensas que provocan caudales de diseño de 0.289 m³/s para 2 años de periodo de retorno y el de 0.374 m³/s para un periodo de retorno de 10 años las cunetas actuales no son eficientes. Mientras que en esta tesis tenemos para precipitaciones intensas un caudal de 0.19 m³/s para periodo de retorno de 2 años y el de 0.22 m³/s para periodo de retorno de 10 años para el Jr. Historia y para la Av. San Martín de Porres 0.42 m³/s, estas cunetas actuales no cumplen su funcionalidad, cuyos valores se difieren por que dependen de los parámetros de cada proyecto. Siendo el en su tesis generaliza un pendiente de 2% a todas sus subcuencas en cambio en este estudio las pendientes fueron específicas en cada zona del estudio teniendo pendientes 2% a 3.5% en jr. Historia y para la Av. San Martín de 2%.

Burgos Flores (2019), obtuvo como resultado al determinar los riesgos de inundación producidos por aguas pluviales, evaluó su período de retorno 747 años de lluvia, por lo que se corre el riesgo de fallar la estructura que tiene una vida útil de 10 años y una tasa de inundación de 1.33%. Mientras que en esta investigación en el anexo se evidencia como resultado en sus simulación para determinar los riesgos producidos en la estructura actual por aguas pluviales

son severas, evaluado un periodo de retorno por ser estructuras de conducción de 20 años (cunetas), por se manifiesta la falla de la estructura actual, si la evaluamos para una vida útil de 10 años más, tendrá un 85 % de inundación.

Carhuas Mallqui (2018) utilizando el software Hcanales evaluó la sección propuesta rectangular de $H=0.50\text{m}$ y $B=0.40$, con la pendiente más crítica de 0.0149 m/m , considerando el coeficiente de rugosidad (n) 0.014 , cumpliendo la condición de que el Q hidráulico calculado es mayor que el caudal de diseño hidrológico estudiado es así que la orientación del flujo tiene una pendiente longitudinal favorable, la pendiente transversal (bombeo) del pavimento flexible no es adecuada. Mientras que en esta investigación se sostiene una propuesta que se adecua al % de bombeo de vía con precipitaciones $>500\text{ mm/año}$ del 2.5% en relación a lo estipulado en el manual de carretera DG 2018, así el diseño propuesto de sección triangular ubicada en el punto más crítico (Cudra 1 del Jr. Historia) se identificó que como pendiente máxima que se debe considerar para sección es de 18.5% con ayuda del software Hcanles, para un caudal $0.22\text{ m}^3/\text{s}$ evaluado para el diseño de tormenta de 10 años, asumiendo que su espejo de agua (T) será de 0.60m y su tirante (y) de 0.20m , empleado un coeficiente de rugosidad de 0.013 .

4.1.1. Limitaciones

Como limitaciones se tienen que por motivos de la pandemia mundial de COVID-19 la restricción a la toma de datos en contar con los equipos topográficos necesario que pudiera haber facilitado mi alma mater, Universidad Privada de norte, tuve que agenciarme de quipos en alquiler.

En la recolección de datos pluviométricos de la época de lluvia intensas no logré recopilar debido a que el trámite vía correo no se gestiona de igual manera que en persona ya que para solicitud de datos requiere unos 10 a 15 días y para la espera aun unos 15 días más

retardando así el estudio de investigación y eso sí que estos documentos no han sido proporcionado a otros solicitantes, debido que estos datos no contienen copias.

Considero una limitación mas al momento de contar con trabajos esporádicos que se dieron y tener cumplir con las actividades en su momento me limito de tiempo.

4.1.2. Implicancias

En cuanto a las implicancias, en esta investigación presenta la obtención de resultados, me conllevo a la revisión de otras investigaciones que me sirvieran para fundamentar una relación de comparación. Por ese motivo la vinculación que se dio en relación con mis antecedentes me ayudo a resaltar la importancia del análisis de mi estudio. Esta investigación se adapta para otros sistemas estructurales de conducción de aguas, es así como a raíz de los resultados alcanzados se necesite adquirir información actualizada de las NTP, MTC, al momento de sustentar mis resultados.

4.2. Conclusiones

Se concluye en consideración al análisis de la influencia en la estructura de conducción, su funcionalidad de las cunetas está en grado severo debido a que el diseño actual no puede gestionar escorrentías con caudales máximos de $0.15\text{m}^3/\text{s}$, asumen que tiene la capacidad hidráulica más crítica en la sección 1 (C1) del Jr. La historia debido a que cuenta con pendientes de talud de 3%, eso genera que la energía de desgaste sea mayor y por ello colapse el volumen de agua a que su sección de la cuneta, que no cuenta con un diseño adecuado que cumpla con el desfogue de aguas abajo.

Se logró determinar los parámetros para el nuevo diseño de la estructura de conducción (sección transversal de cunetas) del Jr. Historia como resultados tuvimos para un adecuado comportamiento frente a las aguas de precipitaciones así que para un tiempo de retorno de 2 años con un caudal de $Q = 0.19\text{ m}^3/\text{s}$ la escorrentía superficial viaja con una velocidad de 2.06 m/s , así obtenido un número de Froude (F) 1.68 indicándonos que flujo tiene un régimen de supercrítico por lo que su profundidad hidráulica es de 0.20 m

Se logró calcular el diseño de la nueva estructura de conducción de drenaje pluvial aparte de su estado actual, mediante el análisis de hietogramas de precipitaciones de diseño con la metodología de Dick &Peschke, obtenido como resultados para periodos de retorno de 2 años ,una sección transversal de una cuneta triangular simple, así considerando un tirante (y) de 0.35 m , su espejo de agua de 0.60m trabajando con una pendiente 1.29 m/m redondeado 1.30% , con un talud (Z) de 0.70 ; así también el diseño para un periodo de retorno de 10 años se utilizará las mismas dimensiones excepto que la pendiente para sección transversal de cuneta puede oscilar de 1.30% a 1.86% como máximo de lo contrario el diseño no será adecuado.

Se concluye dado como solución , proponer un canal interno de descarga de sección rectangular de base 0.40m y su tirante 0.30m apoyado a los costados con un geotextil no regido

para impermeabilizar el suelo que está en contacto con el canal y poder captar la mayor cantidad posible de agua pluvial de las calles intersección del Jr. Historia y la Av. San Martín de Porres, para evitar el colapso del sistema, mejorando su conducción a la vertiente del río San Lucas para su evacuación y por último evitar el rediseño de la Av. San Martín.

4.3. Recomendaciones

Se recomienda a las futuras investigaciones que es necesario partir siempre del estudio hidrológico de la cuenca urbana o rural para de esta forma nos permita evaluar el caudal máximo que drena, así acceder en el diseño de obras hidráulicas, nos conlleva a estimar un periodo de retorno de precipitaciones severas que afectaría a la población.

Se recomienda ejecutar estudios que investiguen el impacto que se genera el crecimiento territorial desordenado de cuencas urbanas en conjunto al manejo de las escorrentías pluviales con pendientes mayores a 3% en sus tramos longitudinales del canal.

REFERENCIAS

- Abanto Plasencia, C. A. (2017). *Evacuación del riesgo de inundaciones mediante modelo de gestión de aguas pluviales del sector sur de la ciudad de Cajamarca*. (Tesis grado). Cajamarca - Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Autoridad Nacional del Agua. (2010). *Manual: Criterios de diseño de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos*, 12.
- Ávila, H. (2012). Perspectiva del manejo del drenaje pluvial frente al cambio climático - Caso de estudio: Ciudad de Barranquilla, Colombia. *Revista de Ingeniería*, (36), 54-59.
- Bayas Jiménez, L., Martínez Solano, F. J., & Iglesias Rey, P. L. (2020). Metodología de rehabilitación de redes de drenaje mediante la inclusión de elementos de control hidráulico. *Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes*, 863-871.
- Bolaños Solarte, C. R., & Jiménez Castañeda, C. C. (2013). *Comparación de la eficiencia en cunetas de sección triangular usando las ecuaciones de Manning y Darcy-Colebrook en un modelo físico*. Bogotá, Colombia: Universidad de La Salle.
- Burgos Flores, E. D. (2019). *Riesgos de inundaciones por aguas pluviales: Tajo Cerro Corona, unidad minera Gold Fields, Hualgayoc, Cajamarca (Tesis Grado Titulo)*. Cajamarca - Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Cabrera Delgadillo, M. M., Sánchez Campos, G., Mejía Suárez, J. C., & Hernández Pastor, C. (2019). Metodología par el diseño de Sistemas de Drenaje Sanitario y Pluvial. *Aqua-LAC*, 11(2), 84-96.
- Calero Proaño, L., & Calero Amores, M. S. (2018). Modelación del factor hidráulico de sección para diseñar canales regulares. *Yachana Revista Científica*, 7(3).
- Carhuamaca Gonzáles, D. (2018). *Rediseño de la Red para el Control de Drenaje Pluvial Urbano en el Distrito de El Tambo (Doctoral dissertation, Tesis de Pregrado, Universidad Peruana de los Andes)*. Huancayo, Perú: Repositorio Institucional UPLA. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/777>.

- Carhuas Mallqui, J. M. (2018). *Mejoramiento del drenaje pluvial para lograr la vida útil del pavimento flexible de la Av. Leopoldo Krause-Villa Rica-2018*. Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- Carmona, R. P. (2013). *Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras*. Ecoe Ediciones.
- CE.040 Drenaje Pluvial. (24 de Abril de 2021). *Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento*. Obtenido de El Peruano: <https://elperuano.pe/NormasElperuano/2021/04/24/1947021-1/1947021-1.htm>
- de Fluidos, G. M. D. M. (2005). *SWMM Modelo de Gestión de Aguas Pluviales. Manual del Usuario*.
- Domingos da Silva, D. (2015). *Estrategia para el diseño de redes de drenaje pluvial, empleando la modelación matemática, para su aplicación en la ciudad de Luanda*. La Habana, Cuba: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría - Facultad de Ingeniería Civil.
- Forero Buitrago, G. A. (2017). Dimensionamiento de canales y embalses para conducir y almacenar agua lluvia para abastecer la población de altos de cazucá (Soacha-Colombia) utilizando DEM. *Revista de Tecnología*, 16(1), 113-128.
- Formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico. (2010). *Autoridad Nacional del Agua*, 14.
- García Hernández, Y. C., Montoya López, N. J., & Rodríguez Hernández, D. I. (2013). *Diseño del sistema de drenaje pluvial para el caso urbano del municipio de la concepción - Masaya*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.
- Guanipa Rivero, K. J., Lugo Aguilar, A. L., & Rincón Ortiz, J. C. (2020). Análisis de sensibilidad de parámetros hidrológicos e hidráulicos del modelo SWMM y su aplicación en sistemas de drenaje urbano. *Gaceta Técnica*, 21(1), 44-63.
- Guevara Alban, G. P., Verdesoto Arguello, A. E., & Castro Molina, N. E. (2020). 173 Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 163-173.

- Gutiérrez García, J. V., Rubiños Panta, J. E., Fernández Reynoso, D. S., Ramírez Ayala, C., Roblero Hidalgo, R., Gutiérrez García, F. G., & Romero Sánchez, M. E. (2022). Modelación hidráulica en Iber para prevención de inundaciones en la cuenca Tesechoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(71).
- Hernández Miculax, E. E. (2016). *Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario y un sistema de alcantarillado pluvial para la comunidad El Durazno, Chimaltenango, Chimaltenango*". Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2018). *Metodología de la investigación*. Sexta edición.
- Laverde, P., & Rivera, M. E. (2015). Bochalema sistema de alerta temprana. *Bistua Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 13(2), 91-111.
- Martínez - Austria, P. F., & Vargas - Hidalgo, A. (2016). Modelo dinámico adaptativo para la gestión del agua en el medio urbano. *Tecnología y ciencias de agua*, 7(4) 139-154.
- Martínez Solano, P. D., & Nevado Santos, S. (2012). Estudio de las Descargas de Sistemas Unitarios (DSUs) durante episodios de lluvia en la ciudad de Murcia. *Red de Laboratorios de Hidráulica de España*.
- Méndez de los Santos, N., Rodríguez Jiménez, C., & López Ocaña, G. (2018). La innovación alternativa Inminente en los sistemas de drenaje pluvial para minimizar las inundaciones. *Kuxulkaab*, 24(49), 05-17.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). (2015). *Climatología en el Perú*. Perú: INEI.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). *MANUAL DE CARRETERAS: DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2018*. 208.
- Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento. (2017). *Manual de operación y Mantenimiento: Programa para la Amazonia Rural*.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (24 de Abril de 2021). *NORMA OS.060 DRENAJE PLUVIAL URBANO*. Obtenido de El Peruano: <https://elperuano.pe/NormasElperuano/2021/04/24/1947021-1/1947021-1.htm>

- Molina Lozano, F. A. (2015). Comparación de eficiencia hidráulica en cunetas de secciones triangulares, trapezoidal, y circular, usando proyectos de la Universidad de La Salle.
- Molina- Prieto, L. F. (2016). Resiliencia a inundaciones: nuevo paradigma para el diseño urbano. *Revista de Arquitectura*, Vol. 18, no. 2.
- Nicomedes Teodoro, E. N. (2018). *Tipos de investigación*. Lima, Peru: Universidad Santo Domingo de Guzmán.
- Núñez Rivadeneira, J., Barzola Montes, J., & Ullauri, A. (2018). Diagnóstico, modelación y determinación de la capacidad hidráulica de sistemas de alcantarillado. *Ciencia e Investigación*, 3(3), 88-101.
- Ojeda de la Cruz, A., Álvarez Chávez, C. R., & Orona LLano, D. (2020). Drenaje pluvial sostenible. Una alternativa de gestión del agua de lluvia en la Universidad de Sonora. *CONTEXTO. Revista de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Nuevo León*, 14(20).
- Otálvaro Barco, M. (2016). *Consideraciones generales para realizar el diseño hidrológico e Hidráulico de obras de drenaje para vías de bajos volúmenes de tránsito - caso de estudio pistade prueba urrao - Antioquia*. Bogota - Medellín: Universidad de Medellín.
- Padua, J. (2018). *Técnicas de investigación aplicadas a las ciencias sociales*. Mexico: Fondo de cultura económica.
- Perahia, R., & Lasanta, T. (2020). Manejo sustentable del agua de lluvia.
- Perales Momparler, S. (2014). *Sistemas urbanos de drenajes sostenibles: Una Alternativa a la Gestión del Agua de lluvia*. Valencia, España.
- Ricardo Calzadilla, M. P., Gómez Arias, A., Martín Fernández, R., Cutie Cansino, V., & Martínez Díaz, O. (2020). Estudio de las precipitaciones para el diseño de sistema de captación de agua de lluvia. *Ingeniería Agrícola*, 10(2), 28-36.
- Ríos Aguilar, R. C., Rodríguez Vidal, R., & Díaz Torres, G. (2019). Aplicación del método de valoración contingente para explorar. *Equilibrio Económico*, 48, 95-120.
- Robles Chavéz, N. P. (2020). *Diseño del sistema de drenaje para la evacuación de aguas pluviales de la Av. Larco-Trujillo*. Trujillo, Perú: Universidad César Vallejo.

- Robles Morales, M. S., Salas Plata, J. A., & Rodríguez Esparza, A. (2015). Manejo del drenaje pluvial mediante control de la fuente de escurrimientos superficiales. *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica*, 12(56), 5-14.
- Sánchez Altamirano, J. I. (2019). *Influencia de la intensidad pluvial para el diseño de un sistema de drenaje del caserío de Cedro Pampa – Lamas, 2018*. Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- Sánchez Ramírez, M. (2019). Manejo sustentable de los escurrimientos pluviales en el Fraccionamiento Jardines del Bosque, ubicado en la microcuenca arroyo Del Arenal, en Guadalajara, Jal. *ITESO*.
- Sánchez, L. A. (2009). Modelo hidrológico-hidráulico para evaluar un sistema de drenaje urbano en zonas planas. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 30(3), 3-10.
- Suárez López, J. J., Puertas, J., Anta, J., Jácome, A., & Álvarez Campana, J. M. (2014). Gestión integrada de los recursos hídricos en el sistema agua urbana: Desarrollo Urbano Sensible al Agua como enfoque estratégico. *Ingeniería del agua*, 18(1), 111-123.
- Torres, M., Paz, K., & Salazar, F. (2019). *Metodos de recolección de datos para una investigación*. Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar.
- Trapote Jaume, A. (2020). Influencia de los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) en el diseño de colectores y en el riesgo de inundación. *Dialnet*, 787-796.
- Villegas Rodríguez, E., Sandoval Betancour, G., Casas Matiz, E. I., Cortés Cely, O. A., & Molina Prieto, L. F. (2019). Gestión estratégica del recurso pluvial urbano: condición actual en Colombia. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 12(24).
- Yañez Portal, E. P. (2014). *Nivel de Eficiencia del sistema de drenaje pluvial en Av. Angamos y Jr. Santa Rosa (Tesis grado)*. Cajamarca - Perú: Universidad Privada del Norte.

ANEXOS

Anexo N°1. Matriz de operacionalización de variables

| MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | | | | | | |
|---|--|---|--|--|--------------------|---------|
| ESTUDIANTE | Lilian Raquel Castañeda Lopez. | | | | | |
| TÍTULO: | Influencia de la estructura de conducción de drenaje pluvial en la av. San Martín de porres y jr. Historia de la ciudad de cajamarca,2020. | | | | | |
| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | ESCALA DE MEDICIÓN | |
| VARIABLE DEPENDIENTE: Sistema de drenaje pluvial en zonas urbanas | El Sistema de drenaje pluvial consta de brocales - cuneta para conducir el agua superficialmente, sumideros de ventana en aceras para la captación, colectores secundarios (tuberías de conexión), y un colector enterrado para transportar el agua hacia la descarga final. (Sánchez, 2009) | Se diseña mediante métodos de medición de las precipitaciones y construye para recibir, conducir y depositar las aguas lluvias producto de la precipitación (Carmona, 2013) Todo proyecto de sistemas de alcantarillado pluvial deberá contar con la información hidrológica indicada de fuentes oficiales como el SENAMHI, Municipalidades, Ministerio de Vivienda, Construcción Saneamiento (Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano 2021) | Alternativas de sistemas de alcantarillado o pluvial | Periodo de Retorno de las precipitaciones | Nominal | |
| | | | Tipología respecto al material constructivo | Funcionalidad Mantenimiento | | |
| Control de Inundaciones Pluviales | Sistemas de evacuación | Impacto Ambiental | | | | |
| VARIABLE INDEPENDIENTE: Diseño hidráulico y estructural de conducción | Son todas aquellas estructuras que transportan las aguas recolectadas por las estructuras de captación hasta el sitio de vertido o descarga. Se pueden | Los conductos se diseñarán a flujo libre empleando la ecuación de Manning y para casos especiales a presión. (Pérez Carmona, 2013) La determinación de la escorrentía superficial dentro del área de drenaje urbano o residencial producida por la | Diseño Hidráulico | Análisis de la sección transversal de cunetas | | Nominal |
| | | | | Análisis del diseño de velocidad y pendiente | | |
| | | | | Análisis de tormenta en relación a intensidad, duración y frecuencia | | |

| | | | | | |
|--|---|---|--------------------|---|--|
| | clasificar de acuerdo con la importancia del conducto dentro del sistema de drenaje o según el material y método de construcción. (SIAPA, 2014) | precipitación generada por una tormenta referida a un cierto periodo de retorno nos permitirá utilizando la ecuación de Manning que determinar la capacidad de la tubería capaz de conducir dicho caudal fluyendo a tubo lleno. (Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano, 2021) | Diseño Estructural | Análisis de la eficiencia en su funcionalidad y operación | |
| | | | | Evaluación de las líneas de conducción ante riesgo de inundaciones con SWMM 5vE | |

Anexo N°2. Matriz de Consistencia

| MATRIZ DE CONSISTENCIA | | | | | |
|---|--|---|---|--|---|
| ESTUDIANTE(S): | Lilian Raquel Castañeda Lopez. | | | | |
| TÍTULO: | Influencia de la estructura de conducción de drenaje pluvial en la av. San Martín de porres y jr. Historia de la ciudad de cajamarca,2020. | | | | |
| PROBLEMA | HIPOTESIS | OBJETIVOS | VARIABLES | METODOLÓGIA | POBLACIÓN /MUESTRA |
| ¿En qué medida la estructura de conducción influye en el drenaje pluvial en la Av. San Martín de Porres y Jr. Historia de la ciudad de Cajamarca ,2022? | El análisis de la influencia de la estructura de conducción da alternativa de mejora significativamente en el comportamiento del drenaje pluvial en la Av. San Martín de Porres y Jr. Historia de la ciudad de Cajamarca ,2022 | <p>Objetivo General: Analizar la influencia de la estructura de conducción de drenaje pluvial en la Av. San Martín y Jr. Historia de la ciudad de Cajamarca,2022.</p> <p>Objetivos Específicos: Analizar la estructura actual de la conducción de drenaje pluvial frente al riesgo de inundaciones en la Av. San Martín de Porres y Jr. Historia de la ciudad de Cajamarca, 2022.</p> <p>Identificar los parámetros de diseño hidráulico para estimar un adecuado comportamiento frente aguas pluviales en la estructura de conducción de</p> | <p>Variable Fáctica: Drenaje Pluvial.</p> <p>Variable Estructural de conducción</p> | El tipo de investigación según su nivel es descriptivo porque hace uso de la teoría para dar solución a un problema, además de ser de naturaleza correlacional – transversal, enfocada en la comparación de cuantificar las relaciones entre variables de estudio y determinar el estado actual del drenaje pluvial en la intersección de la Av. San Martín de Porres y el Jr. Historia de la ciudad de Cajamarca, | <p>La Población: Todas las estructuras de conducción de drenaje pluvial del Barrio San Martín de Porres de la ciudad de Cajamarca en el año 2022.</p> <p>La Muestra: Estructura de conducción del drenaje pluvial en la intersección de la Av. San Martín de Porres y el Jr. Historia de la ciudad de Cajamarca en el año 2022.</p> |

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| | | <p>drenaje pluvial en la Av. San Martín de Porres y Jr. Historia de la ciudad de Cajamarca, 2020.</p> <p>Diseñar la nueva estructura de conducción de drenaje pluvial con los parámetros identificados durante el análisis de su estado actual.</p> | | |
|--|--|---|--|--|

Anexo N°3. Panel Fotográfico

Figura 23

Levantamiento Topográfico Jr. Historia - Cuadra 4



Figura 24

Levantamiento Topográfico Jr. Historia Cuadra 3 - No Pavimentada.



Figura 25

La conducción de las aguas pluviales en el Jr. Historia (Cuadra 2)



Figura 26

Se observa la tipología cunetas de sección triangular en el Jr. Historia.



Figura 27

Puntos críticos en la Av. San Martin (Cuadra 8) se observa el colapso de cunetas en dirección a agua abajo durante la presencia de precipitaciones intensas.



Figura 28

Presenta un estado severo la estructura de conducción de aguas pluviales en la intersección de la Av. San Martin de Porres y Jr. Historia



Figura 29

Puntos críticos en la estructura de conducción en la Jr. Historia – Cuadra 3, se observa el recorrido de altos volúmenes de escorrentía pluvial durante la presencia de precipitaciones intensas.



Figura 30

Se observa el deterioro de la estructura de cunetas por presencia de patologías severas presentes en Jr. Historia (Cuadra 1)



Anexo N°4. Comportamiento de cuenca hidrológica

Tabla 10

Variables de la Estructura de Sistema de Conducción por el SWMM 5vE

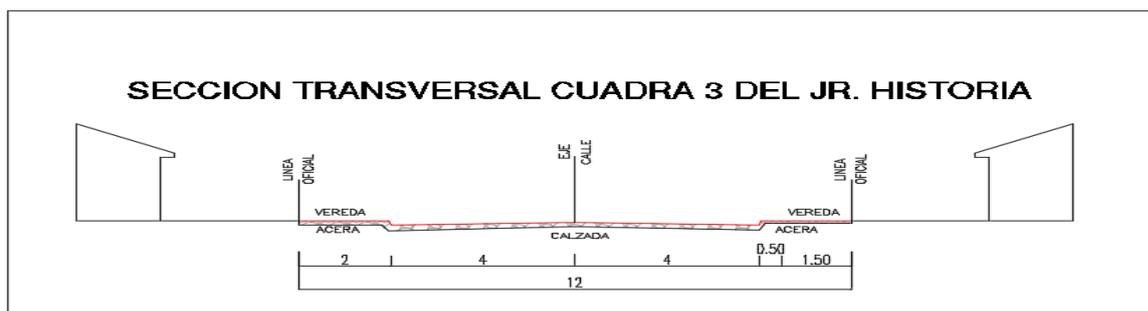
| Estructura del sistema de conducción | | | | |
|---|-----------------------------------|------------------|------------------------|-------------|
| Ubicación | Av. San Martín - Jr. Historia C-1 | | | |
| Coordenada UTM -17M | Este | 775981.286 | Norte | 9206963.688 |
| Parámetros de la Estructura de Conducción -1 | | | | |
| Área de la subcuenca | 1.53 hect | % | Escorrentía transporte | 100% |
| Ancho de la cuenca | 500 m | Dato de análisis | | |
| Pendiente % de cunetas | 0.50% | | | |
| Coef. Rugosidad (tabla) | 0.02 | | | |

Nota. Propia

Anexo N°5. Funcionalidad y Eficiencia del Diseño actual de la Estructura de Conducción de Aguas Pluviales

Figura 31

Sección Transversal Cuadra 3 – Jr. La Historia



$$Q = A \cdot V = \frac{A \times R_h^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}{n} = \frac{0.06 \times 0.0832^{\frac{2}{3}} \times 0.015^{\frac{1}{2}}}{0.013} = 0.107$$

$$R_{h-Jr.Historia} = \frac{z \times y}{2\sqrt{1 + z^2}} = \frac{1.5 \times 0.20}{2\sqrt{1 + 1.5^2}} = 0.0832 \text{ m}$$

$$A_{-Jr.Historia} = z \times y^2 = 1.5 \times 0.20^2 = 0.06 \text{ m}$$

Tabla 11

Parámetros de la Estructura de Conducción en la Sección Transversal C3- Jr. Historia

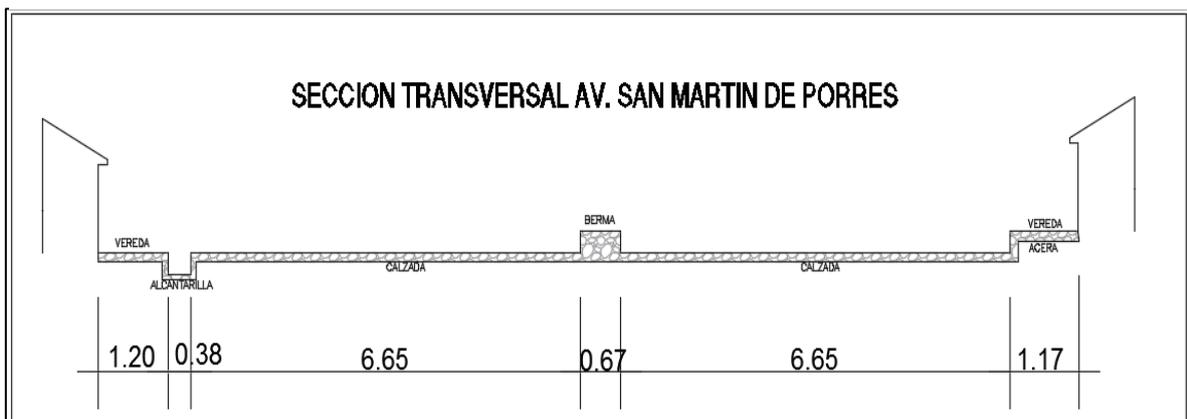
| | | | | |
|-----------|---|---|---|----------------------------|
| n | = | Coefficiente de Rugosidad de Manning | = | 0.02 |
| So | = | Pendiente Energética de la Calle | = | 0.02 |
| R | = | Radio Hidráulico | = | 0.056 m |
| A | = | Área | = | 0.026 m² |

Fuente: Elaboración Propia.

La capacidad Hidráulica Actual de la sección trasversal de la Av. San Martín de Porres

Figura 32

Sección Transversal Cuadra 11 – Av. San Martín de Porres



Fuente. Propia con AutoCAD 2020

$$Q = A \cdot V = \frac{A \times R_h^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}{n} = \frac{0.36 \times 0.2^{\frac{2}{3}} \times 0.02^{\frac{1}{2}}}{0.013} = 1.34 \text{ m}^3/\text{s}$$

Radio Hidráulico

$$R_{hAv.San\ Martin\ de\ Porres} = \frac{by}{b + 2y} = \frac{0.60 \times 0.60}{0.60 + 2 \times 0.60} = 0.2 \text{ m}$$

$$A_{Av.San\ Martin\ de\ Porres} = by = 0.60 \times 0.60 = 0.36 \text{ m}^2$$

Tabla 12

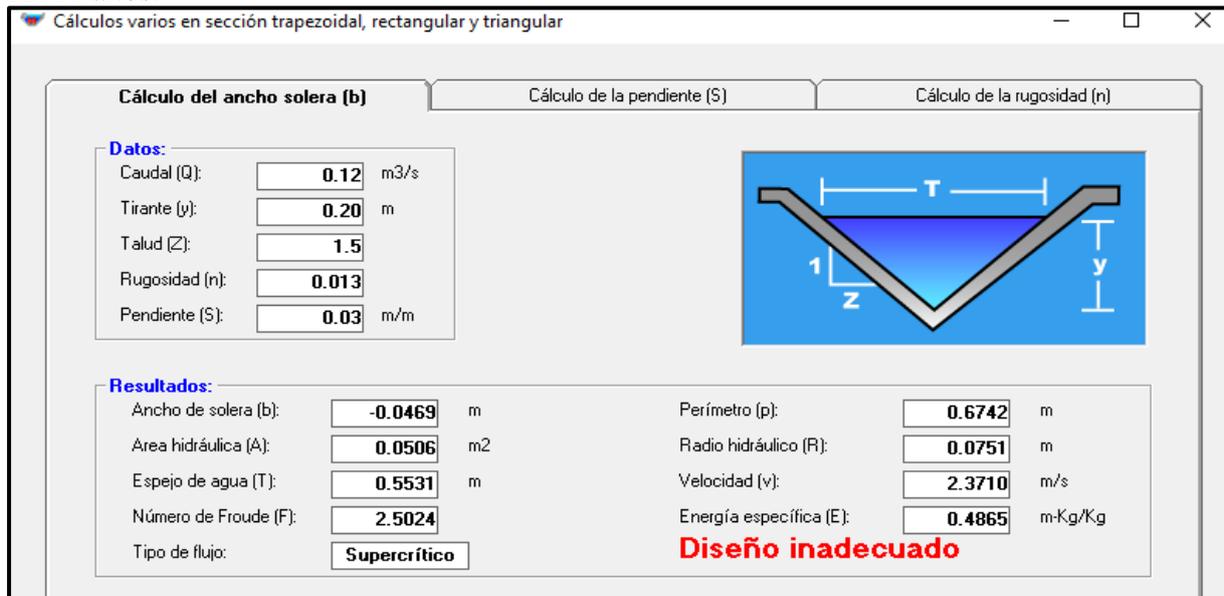
Parámetros de la estructura de conducción en la sección transversal de la Av. San Martín de Porres.

| | | | | |
|-----------|---|---|---|---------------------------|
| n | = | Coefficiente de Rugosidad de Manning | = | 0.017 |
| So | = | Pendiente Energética de la Calle | = | 0.02 |
| R | = | Radio Hidráulico | = | 0.12 m |
| A | = | Área | = | 0.12 m² |

Nota. Elaboración Propia con Microsoft Excel

Figura 33

Evaluación de actual diseño de la sección transversal de la cuneta triangular simple – Para TR 10 años.



Nota. Propia con Hcanales

Anexo N°6. Comportamiento de cuenca hidrológica

Tabla 13

Cálculo de parámetros geomorfológicos de la Microcuenca Romero.

Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca Romero

A. Área de la Cuenca (a) **Área Total:** 2.194Km²

B. Perímetro de la Cuenca (p) **Perímetro:** 6.478 Km

B.1. Longitud del Cauce Principal (l): Long. Cauce: 2.179Km

$$B = \frac{Area}{Long. del cauce}$$

C. Ancho Promedio de la Cuenca (b):

B = 1.007 Km

$$F = \frac{Ancho promedio (B)}{Long. del cauce}$$

D. Factor de Forma (f):

F = 0.462

E. Coeficiente de Compacidad (kc) o Índice de Gravelius

$$K_C = \frac{Per. Cuenca}{Per. círculo} = 0.282 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Kc = 1.233

Como el coeficiente de compacidad es 1.233 y está ubicado entre 1.0 a 1.25, entonces pertenece a la clase Kc1, siendo la forma de la cuenca: redonda a oval-redonda.

Nota. Elaboración Propia con Microsoft Excel

Tabla 14

Cálculo del relieve de microcuenca en estudio.

| Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca Romero | | |
|--|----------------------|------------------------|
| Relación entre la Altitud Media del Relieve (Curva Hipsométrica) | | |
| A. Coeficiente de Masividad (CM) | $cm = \frac{H}{A}$ | cm = 0.00125286 |
| B. Coeficiente Orográfico (CO) | $Co = \frac{H^2}{A}$ | Co = 3.444 |

Nota. Elaboración Propia con Microsoft Excel

Tabla 15*Evaluación del número de orden de la microcuenca en estudio*

| Numero de Orden | | |
|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------|
| Numero de Orden | Numero de Ríos | Longitud Prom. (Km) |
| 1 | 3 | 2.521 |
| 2 | 2 | 1.999 |
| 3 | 1 | 0.419 |
| Entonces la cuenca es de tercer orden | | |

Nota. Elaboración Propia con Microsoft Excel

Figura 34

Estudio de la Fisiografía de la Red Hidrográfica de la Cuenca - Relación de Confluencias.

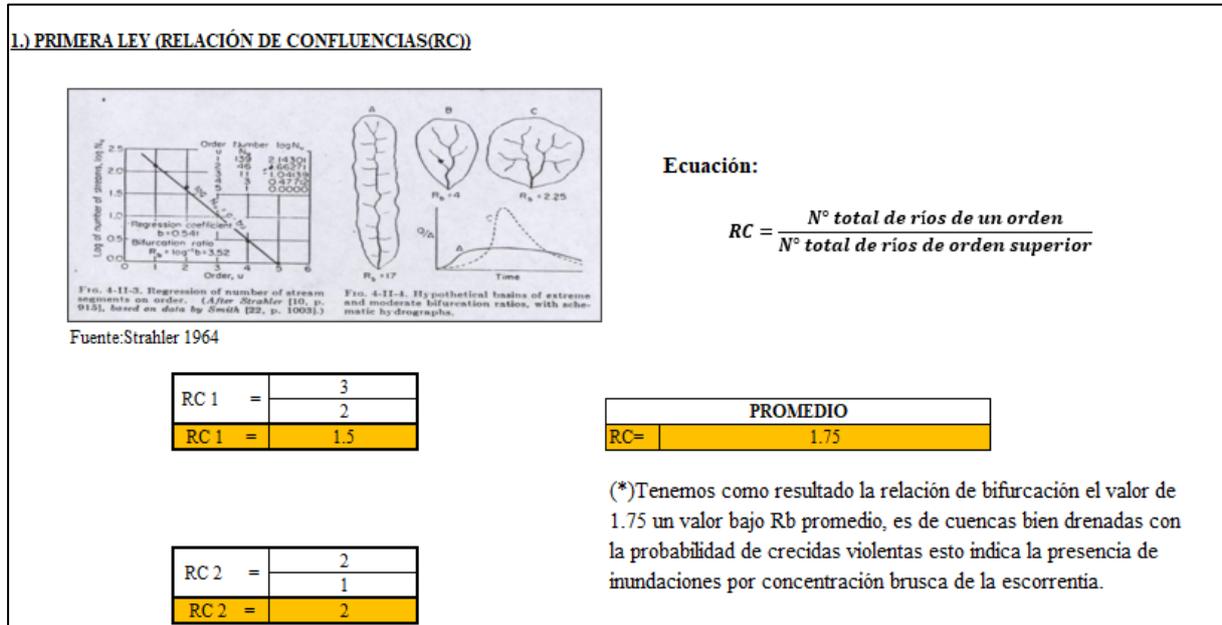


Figura 35

Estudio de la Fisiografía de la Red Hidrográfica de la Cuenca - Segunda Ley.

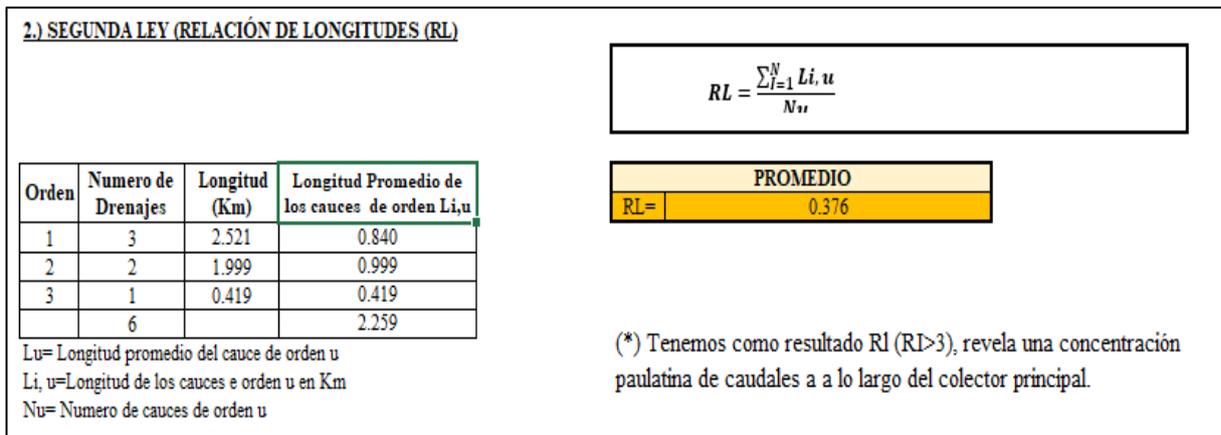


Figura 36

Estudio de la Fisiografía de la Red Hidrográfica de la Cuenca - Tercera Ley.

3.) TERCERA LEY (DENSIDAD DE DRENAJE (Dd))

Relación entre la longitud total de todos los cauces y el área de la cuenca en estudio.

| | | |
|------|--------|--------------------|
| Dd = | 4.939 | |
| Dd = | 2.194 | |
| Dd = | 2.2507 | Km/km ² |

$$D = \frac{\text{Longitud Total}}{\text{Área de la Cuenca}}$$

(*) Tenemos como resultado que la densidad de drenaje es alta, esto indica una respuesta hidrológica rápida es decir la cuenca drena bien las tormentas.

(**) Se considera que esta cuenca cuenta con un suelo de materiales resistentes a la erosión, vegetación dispersa y relieve montañosa.

| Densidad de Drenaje (Km/Km ²) | Categoría |
|---|-----------|
| < 1 | Baja |
| 1 a 2 | Moderada |
| 2 a 3 | Alta |
| > 3 | Muy Alta |

Fuente: Delgado y Páez (2008)

Tabla 16

Evaluación el criterio Alvord para determinar la pendiente de la microcuenca en estudio.

| Criterio de Alvord | | | | | |
|--|--------------|---|-----------------------|----------------|-------------------|
| $S_{mc} = \frac{D_1 \times L_1 + (D \times \sum L_j) + D_n \times L_n}{A}$ | | | | | |
| | Cotas | | Longitud (Km) | Di (Km) | Li*Di (Km) |
| | 2680 | - | 2700 | 0.000 | 0.000 |
| | 2700 | - | 2720 | 1.025 | 0.020 |
| | 2720 | - | 2740 | 2.098 | 0.042 |
| | 2740 | - | 2760 | 1.186 | 0.024 |
| | 2760 | - | 2780 | 1.057 | 0.021 |
| | 2780 | - | 2800 | 1.282 | 0.026 |
| | 2800 | - | 2820 | 1.441 | 0.029 |
| | 2820 | - | 2840 | 1.457 | 0.029 |
| | 2840 | - | 2860 | 1.447 | 0.029 |
| | 2860 | - | 2880 | 0.602 | 0.012 |
| | 2880 | | 2900 | 0.369 | 0.007 |
| | 2900 | - | 2920 | 0.190 | 0.004 |
| | | | | Total | 0.243 |
| | | | S_{mc} | = 0.111 | = 11.1% |

Tabla 17

Evaluación con el criterio Nash para determinar la pendiente de la microcuenca en estudio.

| Criterio de Nash | | | | | | |
|--|-------------|------|-------------------------------------|--------------------------|---------------|--------------|
| Intersección | Coordenadas | | Distancia (m) | Distancia Mínima (Km) | Equidistancia | Pendiente |
| | x | y | | | | |
| 1 | 21x | 28y | 69.64 | 0.070 | 0.020 | 0.287 |
| 2 | 15 x | 26y | 81.47 | 0.081 | 0.020 | 0.245 |
| 3 | 9 x | 27 y | 165.22 | 0.165 | 0.020 | 0.121 |
| 4 | 6 x | 27 y | 55.95 | 0.056 | 0.020 | 0.357 |
| 5 | 7 x | 27 y | 113.38 | 0.113 | 0.020 | 0.176 |
| 6 | 8 x | 26 y | 107.13 | 0.107 | 0.020 | 0.187 |
| 7 | 9 x | 26 y | 213.61 | 0.214 | 0.020 | 0.094 |
| 8 | 11 x | 25 y | 215.74 | 0.216 | 0.020 | 0.093 |
| 9 | 13 x | 24 y | 201.94 | 0.202 | 0.020 | 0.099 |
| 10 | 14 x | 24 y | 62.30 | 0.062 | 0.020 | 0.321 |
| 11 | 16 x | 23 y | 53.21 | 0.053 | 0.020 | 0.376 |
| 12 | 24 x | 23 y | 140.60 | 0.141 | 0.020 | 0.142 |
| 13 | 4 x | 25 y | 69.67 | 0.070 | 0.020 | 0.287 |
| 14 | 9 x | 25 y | 143.68 | 0.144 | 0.020 | 0.139 |
| 15 | 12 x | 23 y | 412.40 | 0.412 | 0.020 | 0.048 |
| 16 | 18 x | 19 y | 94.17 | 0.094 | 0.020 | 0.212 |
| 17 | 8 x | 24 y | 298.94 | 0.299 | 0.020 | 0.067 |
| 18 | 10 x | 23 y | 459.13 | 0.459 | 0.020 | 0.044 |
| 19 | 11 x | 22 y | 209.133 | 0.209 | 0.020 | 0.096 |
| 20 | 12 x | 21 y | 193.276 | 0.193 | 0.020 | 0.103 |
| 21 | 16 x | 18 y | 350.71 | 0.351 | 0.020 | 0.057 |
| 22 | 19 x | 16 y | 242.642 | 0.243 | 0.020 | 0.082 |
| 23 | 23 x | 15 y | 293.121 | 0.293 | 0.020 | 0.068 |
| 24 | 6 x | 23 y | 477.085 | 0.477 | 0.020 | 0.042 |
| 25 | 8 x | 22 y | 562.069 | 0.562 | 0.020 | 0.036 |
| Sabemos Que: | | | Pendiente Media de la Cuenca | | | 3.781 |
| Donde: n=25 | | | | | | |
| | | | ENTONCES: | | | |
| $S_c = \frac{\sum S_i}{n}$ | | | S _c | | = | 15.1% |
| Pudiéndose concluir que la pendiente de la cuenca, estimada con el criterio Nash | | | | | 15.1% | |
| es del | | | | | | |

Anexo N°7. Análisis de Pmax24 horas

Figura 37

Precipitaciones acumuladas por perímetros de año, meses y día.

| Estación : AUGUSTO WEBERBAUER, Tipo Convencional - Meteorológica | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|----------------------|-----------------------------|------|------|-------------------------------|------|------|--------------------|------|--------------------------|--------------------------------|
| Departamento : CAJAMARCA | | | Provincia : CAJAMARCA | | | Distrito : CAJAMARCA | | | Ir: 2020-12 | | | |
| Latitud : 7° 10' 2.98" | | | Longitud : 78° 29' 35.14" | | | Altitud : 2673 | | | | | | |
| Día/mes/año | Temperatura Max (°c) | Temperatura Min (°c) | Temperatura Bulbo Seco (°c) | | | Temperatura Bulbo Humedo (°c) | | | Precipitación (mm) | | Dirección del Viento 13h | Velocidad del Viento 13h (m/s) |
| | | | 07 | 13 | 19 | 07 | 13 | 19 | 07 | 19 | | |
| 01-Dic-2020 | 22.2 | 11.6 | 12.9 | 20.6 | 15 | 12.5 | 11.5 | 11.9 | 5.1 | 1 | E | 1 |
| 02-Dic-2020 | 20.6 | 11.8 | 12.6 | 19 | 14.1 | 11.9 | 11.9 | 12.3 | .4 | -888 | SE | 4 |
| 03-Dic-2020 | 21 | 9.9 | 11.8 | 14.3 | 13.4 | 10.9 | 13.5 | 13.2 | 0 | 13.7 | W | 1 |
| 04-Dic-2020 | 20.9 | 11.4 | 12.3 | 17 | 13 | 12.1 | 13.5 | 12.7 | .6 | 7 | NW | 2 |
| 05-Dic-2020 | 18.6 | 11.6 | 12.2 | 17.6 | 12.7 | 11.6 | 12.5 | 12 | 7.4 | 5.2 | SE | 2 |
| 06-Dic-2020 | 21.5 | 11.7 | 12.4 | 21 | 13.5 | 11.8 | 13.5 | 12.9 | .7 | 10 | S | 2 |
| 07-Dic-2020 | 21 | 11.3 | 13.4 | 21 | 13.2 | 13 | 14.8 | 12.5 | .2 | 7.6 | E | 1 |
| 08-Dic-2020 | 19 | 11.4 | 13.3 | 18.5 | 12.8 | 12.8 | 14.8 | 12.2 | 6.7 | 7.7 | E | 1 |
| 09-Dic-2020 | 20.4 | 11.1 | 13 | 20.4 | 13.6 | 12.5 | 13 | 12.7 | .2 | 3.5 | S | 1 |
| 10-Dic-2020 | 22.1 | 9.7 | 10.9 | 21.1 | 15 | 10.3 | 13 | 13 | 0 | 0 | SE | 3 |
| 11-Dic-2020 | 20.5 | 11.4 | 13.3 | 19.4 | 13.2 | 12 | 12.8 | 12.5 | 4.8 | 3.2 | SE | 2 |
| 12-Dic-2020 | 19.3 | 9.6 | 11.2 | 17.2 | 13.8 | 10.6 | 13.6 | 12.8 | 0 | 6.2 | C | |
| 13-Dic-2020 | 20.3 | 11.7 | 12.8 | 16.8 | 13.5 | 12.2 | 12.6 | 12.7 | 1.9 | 3.5 | SE | 1 |
| 14-Dic-2020 | 22.5 | 9 | 11 | 21.6 | 13.4 | 10.7 | 11.5 | 12.7 | .1 | 1.1 | SE | 3 |
| 15-Dic-2020 | 22.4 | 10.8 | 11.6 | 21.9 | 12.4 | 11.3 | 12.7 | 12 | .2 | 8 | S | 5 |
| 16-Dic-2020 | 22 | 9 | 10.6 | 20.2 | 13.4 | 10.3 | 11.9 | 12.6 | 1.6 | 1 | SE | 3 |
| 17-Dic-2020 | 22.6 | 8.9 | 9.4 | 21 | 13.2 | 9.1 | 11.9 | 12.7 | .4 | 2.6 | SE | 4 |
| 18-Dic-2020 | 20.9 | 12.1 | 12.5 | 18.3 | 12.8 | 11.9 | 12.4 | 11.9 | 1.3 | 12.6 | C | 2 |
| 19-Dic-2020 | 21.1 | 11.4 | 12.4 | 19.6 | 13 | 12 | 13 | 12 | .5 | 1.5 | SE | 2 |
| 20-Dic-2020 | 21.3 | 10.2 | 10.6 | 16.8 | 14 | 10.3 | 11.7 | 13.1 | 10.2 | 1.5 | E | 2 |
| 21-Dic-2020 | 20.6 | 11.3 | 12 | 19.3 | 15.3 | 11.4 | 11.8 | 12 | .3 | 1.2 | SE | 3 |
| 22-Dic-2020 | 21 | 8.9 | 10 | 19.4 | 14.8 | 9.6 | 12.7 | 12.3 | 0 | -888 | SW | 3 |
| 23-Dic-2020 | 19.3 | 12.2 | 12.5 | 18.3 | 15.3 | 12 | 12.5 | 12 | 4.5 | .3 | S | 1 |
| 24-Dic-2020 | 22.6 | 6.8 | 8.2 | 21.6 | 15.6 | 7.9 | 11.9 | 11.9 | 0 | 0 | NE | 4 |
| 25-Dic-2020 | 20.9 | 12.6 | 13.1 | 19.4 | 13.5 | 12.2 | 13.1 | 12.6 | 0 | 0 | SE | 2 |
| 26-Dic-2020 | 21.2 | 7.8 | 9.1 | 20.8 | 13.7 | 8.6 | 10.9 | 7.8 | 0 | 0 | SW | 6 |
| 27-Dic-2020 | 15.8 | 8.6 | 9.2 | 15.4 | 12.9 | 8.4 | 8.6 | 7 | 0 | -888 | E | 4 |
| 28-Dic-2020 | 18.2 | 8 | 9.2 | 17.4 | 12.7 | 8.5 | 9.9 | 7.9 | 0 | 0 | S | 2 |
| 29-Dic-2020 | 22.2 | 4 | 6.4 | 22 | 14.1 | 5.9 | 10 | 10.4 | 0 | 0 | SE | 6 |
| 30-Dic-2020 | 22.9 | 4.8 | 7.4 | 22.1 | 15 | 6.8 | 10.5 | 11.4 | 0 | 0 | S | 3 |
| 31-Dic-2020 | 22.5 | 5.6 | 7.6 | 21 | 14.4 | 7.1 | 10 | 10.2 | 0 | 0 | SE | 3 |

* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadística
 * Información sin Control de Calidad
 * El uso de esta Información es bajo su entera Responsabilidad

Fuente: Senamhi

Tabla 18

Selección de las precipitaciones máximas en 24 horas (1980 -2020)

| Precipitación Máxima de 24 Horas (mm) | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|------|------|------|------|------|------------------|---------------|------|------|------|--------------|-------------|
| Estación: | Meteorológica Augusto Weberbauer | | | | | | Latitud: | 7°10' 2.98" | | | | Dpto: | Cajamarca |
| Parámetro: | Precipitación Máxima 24 hr (mm) | | | | | | Longitud: | 78°29' 35.14" | | | | Prov: | Cajamarca |
| | | | | | | | Altitud | 2673 | | | | Dist: | Cajamarca |
| Año | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dic | Pmax24 |
| 1980 | 9.8 | 7.8 | 13.3 | 8.1 | 1.8 | 10.7 | 2.1 | 2.3 | 2.2 | 28.8 | 16.7 | 19.2 | 28.8 |
| 1981 | 21.4 | 23.1 | 39.3 | 12.2 | 4.9 | 2.3 | 2.6 | 4.8 | 8 | 15.2 | 11.9 | 29.5 | 39.3 |
| 1982 | 29.9 | 25.1 | 17.1 | 28.2 | 13.2 | 3.6 | 1.1 | 6.4 | 7.6 | 18.5 | 20.7 | 30.5 | 30.5 |
| 1983 | 19.4 | 11.8 | 28.1 | 16.8 | 8.2 | 4.7 | 6.5 | 1.2 | 8.9 | 18.9 | 6.8 | 29.8 | 29.8 |
| 1984 | 6.8 | 25.1 | 23.3 | 13.3 | 21.2 | 9.5 | 10.8 | 13.9 | 16.5 | 16.3 | 27.3 | 23.5 | 27.3 |
| 1985 | 7.7 | 4.7 | 11.2 | 11.9 | 19.8 | 0.4 | 3.4 | 5.9 | 13.3 | 16.2 | 5.4 | 8.3 | 19.8 |
| 1986 | 13.2 | 10.1 | 27.4 | 16.7 | 4.5 | 0.5 | 1 | 5.1 | 1.1 | 11.6 | 10.1 | 7.4 | 27.4 |
| 1987 | 12.5 | 14.9 | 9.6 | 17.2 | 2.8 | 2.6 | 4 | 10.1 | 9.8 | 12.8 | 24.3 | 18.2 | 24.3 |
| 1988 | 15.8 | 18.2 | 11 | 7.5 | 2.4 | 3.3 | s/n | 0.4 | 5.4 | 10.5 | 11.2 | 11.9 | 18.2 |
| 1989 | 14.7 | 30 | 13.5 | 16.6 | 15.5 | 4.8 | 1.4 | 2.8 | 11.5 | 13.1 | 16.3 | 1.1 | 30 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| 1990 | 18 | 24.7 | 11.7 | 6.5 | 9.5 | 7.1 | 0.8 | 6.2 | 13.2 | 14.6 | 20.5 | 25.4 | 25.4 |
| 1991 | 10.4 | 29.7 | 20.5 | 19.4 | 7.1 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 3.7 | 9.7 | 9.3 | 18.7 | 29.7 |
| 1992 | 10.8 | 9.7 | 12 | 11.9 | 6.7 | 12.8 | 2.3 | 3.8 | 10.5 | 17.7 | 7.9 | 6.7 | 17.7 |
| 1993 | 9.2 | 13.9 | 20.6 | 12.8 | 8 | 1.5 | 3.3 | 1.9 | 22.5 | 17 | 20.2 | 13.9 | 22.5 |
| 1994 | 14.2 | 18.7 | 24.5 | 22.7 | 4.9 | 1.4 | S/N | 0.2 | 3.1 | 8.7 | 21.3 | 28.5 | 28.5 |
| 1995 | 8.3 | 19.3 | 16.4 | 20.6 | 3.9 | 1.3 | 7.8 | 2.3 | 3 | 16.1 | 19.5 | 16 | 20.6 |
| 1996 | 11.3 | 25.6 | 16.6 | 15.7 | 7.6 | 0.4 | 0.4 | 6.4 | 3.7 | 11.5 | 35.1 | 10.5 | 35.1 |
| 1997 | 16.3 | 16.3 | 7.1 | 8.3 | 7.5 | 6.6 | 0.2 | S/N | 7.6 | 10.2 | 27.6 | 23.8 | 27.6 |
| 1998 | 12.5 | 16.5 | 31.7 | 22.3 | 6.3 | 4.1 | 1.3 | 3.5 | 4.6 | 17.7 | 14.6 | 9.8 | 31.7 |
| 1999 | 15.9 | 38.8 | 13.5 | 10.4 | 13.9 | 6.4 | 11.6 | 0.5 | 21.8 | 14.3 | 18.6 | 13.1 | 38.8 |
| 2000 | 17.3 | 36.1 | 18.6 | 19.7 | 14.4 | 5.3 | 1.8 | 4.1 | 10.9 | 3.3 | 5.8 | 20.4 | 36.1 |
| 2001 | 27.6 | 17.7 | 28.2 | 14.3 | 14.7 | 1 | 6.9 | 0.1 | 5.7 | 14.7 | 20.3 | 15.9 | 28.2 |
| 2002 | 8.2 | 10.8 | 15.7 | 18.2 | 12.7 | 5.4 | 4.7 | 3.4 | 7.7 | 22.3 | 16.8 | 10.6 | 22.3 |
| 2003 | 18.7 | 18.4 | 20.1 | 8.8 | 6.7 | 6.6 | 1.6 | 6.1 | 8.9 | 19.2 | 17.1 | 20.8 | 20.8 |
| 2004 | 11.9 | 21.5 | 10.5 | 12.4 | 6.5 | 0.9 | 3.5 | 10.2 | 3.8 | 9.5 | 28.1 | 22.7 | 28.1 |
| 2005 | 20.2 | 8.8 | 19.7 | 10.8 | 3.6 | 3.5 | 0.3 | 3.5 | 14.3 | 9.3 | 11.6 | 15.3 | 20.2 |
| 2006 | 15.2 | 13.5 | 18.8 | 10.5 | 2.2 | 4.3 | 1.6 | 5.4 | 10.2 | 2.5 | 20.6 | 12.3 | 20.6 |
| 2007 | 15.6 | 6.8 | 25.4 | 13.7 | 5.2 | 1.4 | 2.9 | 0.9 | 10.2 | 17.1 | 15.7 | 16.7 | 25.4 |
| 2008 | 20.2 | 17.1 | 23.6 | 17.1 | 7.4 | 6 | 1.3 | 4.8 | 11.6 | 10.8 | 19.7 | 1 | 23.6 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|------|------|------|------|-------------|
| 2009 | 21.9 | 16.4 | 20.5 | 17.8 | 18.2 | 9.1 | 5.3 | 0.9 | 5.2 | 18.1 | 22.2 | 12.6 | 22.2 |
| 2010 | 14.6 | 36.4 | 34 | 21.6 | 12.6 | 2.8 | 2.2 | 1.3 | 10.5 | 16.8 | 12.8 | 21.9 | 36.4 |
| 2011 | 14.9 | 16.4 | 25.5 | 22.4 | 9.7 | 0.4 | 5.1 | 0 | 12.7 | 9.3 | 5.2 | 27.7 | 27.7 |
| 2012 | 18 | 27.9 | 26.7 | 11.3 | 10.8 | 0.3 | 0 | 1.9 | 12.8 | 24.2 | 27.3 | 17.6 | 27.9 |
| 2013 | 11.7 | 13.1 | 35.3 | 15.9 | 10.2 | 4.5 | 2.5 | 5.7 | 1.9 | 19.4 | 6.1 | 9.6 | 35.3 |
| 2014 | 13.7 | 15.3 | 22.1 | 24.4 | 6.8 | 2.4 | 2 | 1.7 | 5.8 | 13.5 | 11.1 | 20.2 | 24.4 |
| 2015 | 23.3 | 14 | 25.4 | 11.9 | 19.5 | 2.3 | 3.2 | 0.1 | 25.2 | 4.6 | 20.5 | 10.7 | 25.4 |
| 2016 | 13.1 | 16.7 | 32.4 | 12.6 | 2.6 | 0.7 | 1.4 | 1.1 | 17.9 | 17.3 | 4.5 | 11.9 | 32.4 |
| 2017 | 12.9 | 11.6 | 14.3 | 14.1 | 9.6 | 6.3 | 2.3 | 8.2 | 10.4 | 21.7 | 18.2 | 51.8 | 51.8 |
| 2018 | 16.9 | 33.5 | 18.3 | 12.1 | 8.7 | 5 | 0.4 | 0 | 11.2 | 13.7 | 14 | 16.2 | 33.5 |
| 2019 | 14.6 | 14.8 | 25.5 | 12.9 | 8.5 | 4.9 | 4.4 | 0 | 3 | 19 | 15.7 | 20.2 | 25.5 |
| 2020 | 11.4 | 6.5 | | | | | 10.9 | 0.4 | 5.1 | 14.6 | 17.2 | 14.4 | 17.2 |
| 2021 | 15.5 | 24.9 | 29 | 31.5 | 9.8 | 2.7 | 1.4 | 4.7 | 5.7 | 20.6 | 23.2 | 11.9 | 31.5 |
| 2022 | 12 | 27.4 | 40 | 22.3 | 20.7 | 3.4 | 4.4 | 9.2 | 7.8 | 9.6 | 5.9 | 15.5 | 40.4 |

Nota. Elaboración Propia con datos de Senamhi

Tabla 19

Precipitaciones máximas evaluadas análisis por el método de Smirnov & Kolmogorov

| Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias | | | | | |
|---|------------------------------------|---------------------------------|----------------|----------------------------|---------------------------------|
| Factor de ajuste | 1.13 | Numero de Observaciones por día | | 1 | |
| (*) Como trabajamos con precipitaciones máximas en 24 horas, registro de información de un día elegimos el factor de 1.13 | Numero de Intervalo de Observación | | Relación | _____ | |
| | 1 | | 1.13 | | |
| | 2 | | 1.04 | | |
| | 3 a 4 | | 1.03 | | |
| | 5 a 8 | | 1.02 | | |
| | 9 a 24 | | 1.01 | | |
| (*) Fuente Hidrología para Ingenieros | | | | | |
| Periodo de Retorno (PR) | T(años) | Hydrognomon Pmax (mm) | | Pmax 24 hrs Corregido (mm) | Probabilidad de no Excedencia P |
| | | Pearson | Gumbel | | |
| | 2 | 26.7173 | 26.0695 | 29.459 | 0.500000 |
| | 5 | 31.7896 | 31.1932 | 35.248 | 0.800000 |
| | 10 | 34.6176 | 34.5855 | 39.082 | 0.900000 |
| | 25 | 37.7697 | 38.8717 | 43.925 | 0.960000 |
| | 50 | 39.8818 | 42.0515 | 47.518 | 0.980000 |
| | 100 | 41.8330 | 45.2078 | 51.085 | 0.990000 |
| | 200 | 43.6618 | 48.3525 | 54.638 | 0.995000 |
| | 500 | 45.9336 | 52.5014 | 59.327 | 0.998000 |
| | 1000 | 47.5637 | 55.6371 | 62.870 | 0.999000 |
| | 10000 | 52.5763 | 66.048 | 74.634 | 0.999900 |

Nota. Elaboración Propia

Tabla 20

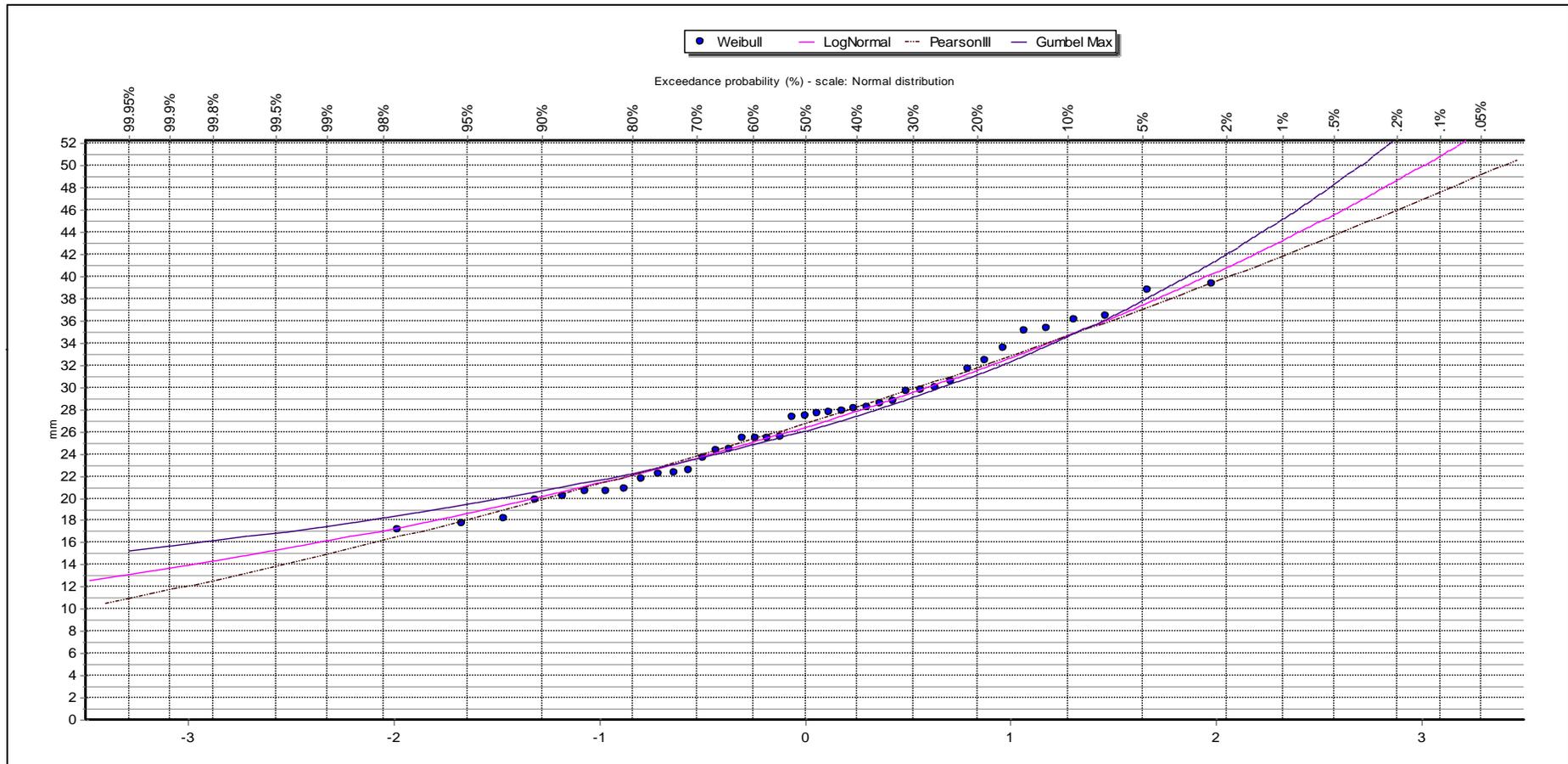
Máximo valor de la diferencia de frecuencia para los diversos métodos probabilísticos basados por la prueba de Smirov & Kolmogorov.

| Prueba de Ajuste de Bondad de Smirnov & Kolmogorov | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|--------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|------------|------------------------|---------------------------|-----------------|--------------------------|------------------------------|--------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|--|
| m | P= X(m) | P(X)= m/m+ 1 | z=x- xm/S | F(xm) Normal | F(xm)- F(xm) Normal | Y=Ln X | F(xm) LogN ormal | F(xm)-F(xm) LogNormal | (x- X0) | F(xm) Pears on III | Fo(xm)-F(xm) Pearson III | Ln(x)=Xo | F(xm) LogP earson III | Fo(xm)-F(xm) LogPearson III | F(x m) Gu mbe I | Fo(xm)-F(xm) Gumbel | F(xm) LogG umbe I | Fo(xm)-F(xm) LogGumbel | |
| 1 | 17.20 | 0.0238 1 | - 1.694 7 | 0.0451 | 0.0213 | 2.844 9 | 0.023 66 | 0.0001 | 26. 867 9 | 0.034 3 | 0.0105 | 3.86 32 | 0.020 8 | 0.0030 | 0.00 | 0.0166 | 0.000 8 | 0.0230 | |
| 2 | 17.70 | 0.0476 2 | - 1.608 5 | 0.0539 | 0.0062 | 2.873 6 | 0.032 1 | 0.0155 | 27. 367 9 | 0.043 1 | 0.0045 | 3.89 18 | 0.029 1 | 0.0186 | 0.01 21 | 0.0356 | 0.002 4 | 0.0452 | |
| 3 | 18.20 | 0.0714 3 | - 1.522 2 | 0.0640 | 0.0074 | 2.901 4 | 0.042 5 | 0.0289 | 27. 867 9 | 0.053 6 | 0.0178 | 3.91 97 | 0.039 4 | 0.0320 | 0.01 91 | 0.0523 | 0.006 0 | 0.0654 | |
| 4 | 19.80 | 0.0952 4 | - 1.246 1 | 0.1064 | 0.0111 | 2.985 7 | 0.091 3 | 0.0039 | 29. 467 9 | 0.099 4 | 0.0041 | 4.00 39 | 0.089 0 | 0.0062 | 0.06 23 | 0.0330 | 0.044 9 | 0.0503 | |
| 5 | 20.20 | 0.1190 5 | - 1.177 1 | 0.1196 | 0.0005 | 3.005 7 | 0.107 4 | 0.0116 | 29. 867 9 | 0.114 0 | 0.0051 | 4.02 40 | 0.105 6 | 0.0134 | 0.07 88 | 0.0403 | 0.063 6 | 0.0555 | |
| 6 | 20.60 | 0.1428 6 | - 1.108 1 | 0.1339 | 0.0089 | 3.025 3 | 0.125 1 | 0.0177 | 30. 267 9 | 0.129 9 | 0.0129 | 4.04 36 | 0.123 9 | 0.0190 | 0.09 77 | 0.0451 | 0.086 0 | 0.0568 | |
| 7 | 20.60 | 0.1666 7 | - 1.108 1 | 0.1339 | 0.0328 | 3.025 3 | 0.125 1 | 0.0415 | 30. 267 9 | 0.129 9 | 0.0367 | 4.04 36 | 0.123 9 | 0.0428 | 0.09 77 | 0.0690 | 0.086 0 | 0.0806 | |
| 8 | 20.80 | 0.1904 8 | - 1.073 6 | 0.1415 | 0.0490 | 3.035 0 | 0.134 6 | 0.0559 | 30. 467 9 | 0.138 4 | 0.0521 | 4.05 32 | 0.133 6 | 0.0568 | 0.10 81 | 0.0824 | 0.098 6 | 0.0919 | |
| 9 | 21.70 | 0.2142 9 | - 0.918 3 | 0.1792 | 0.0351 | 3.077 3 | 0.181 6 | 0.0327 | 31. 367 9 | 0.180 5 | 0.0338 | 4.09 56 | 0.182 3 | 0.0320 | 0.16 15 | 0.0528 | 0.164 9 | 0.0493 | |
| 10 | 22.20 | 0.2381 0 | - 0.832 0 | 0.2027 | 0.0354 | 3.100 1 | 0.210 7 | 0.0274 | 31. 867 9 | 0.206 6 | 0.0315 | 4.11 84 | 0.212 4 | 0.0257 | 0.19 55 | 0.0426 | 0.207 1 | 0.0310 | |
| 11 | 22.30 | 0.2619 0 | - 0.814 8 | 0.2076 | 0.0543 | 3.104 6 | 0.216 8 | 0.0451 | 31. 967 9 | 0.212 1 | 0.0499 | 4.12 29 | 0.218 6 | 0.0433 | 0.20 26 | 0.0593 | 0.215 9 | 0.0460 | |
| 12 | 22.50 | 0.2857 1 | - 0.780 2 | 0.2176 | 0.0681 | 3.113 5 | 0.229 1 | 0.0566 | 32. 167 9 | 0.223 2 | 0.0626 | 4.13 18 | 0.231 3 | 0.0544 | 0.21 71 | 0.0686 | 0.233 6 | 0.0521 | |
| 13 | 23.60 | 0.3095 2 | - 0.590 4 | 0.2774 | 0.0321 | 3.161 2 | 0.301 1 | 0.0084 | 33. 267 9 | 0.288 8 | 0.0207 | 4.17 95 | 0.305 3 | 0.0042 | 0.30 20 | 0.0075 | 0.334 3 | 0.0248 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------------|-----------------|--------|--------|------------|------------|--------|-----------------|------------|--------|------------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|
| 14 | 24.30 | 0.3333 3 | - 0.469 7 | 0.3193 | 0.0140 | 3.190 5 | 0.349 7 | 0.0163 | 33. 967 9 | 0.334 0 | 0.0007 | 4.20 87 | 0.355 0 | 0.0216 | 0.35 86 | 0.0253 | 0.398 0 | 0.0646 |
| 15 | 24.40 | 0.3571 4 | - 0.452 4 | 0.3255 | 0.0317 | 3.194 6 | 0.356 7 | 0.0004 | 34. 067 9 | 0.340 7 | 0.0165 | 4.21 29 | 0.362 2 | 0.0050 | 0.36 67 | 0.0096 | 0.406 9 | 0.0497 |
| 16 | 25.40 | 0.3809 5 | - 0.279 9 | 0.3898 | 0.0088 | 3.234 7 | 0.428 0 | 0.0470 | 35. 067 9 | 0.408 6 | 0.0276 | 4.25 30 | 0.434 3 | 0.0534 | 0.44 76 | 0.0666 | 0.492 3 | 0.1113 |
| 17 | 25.40 | 0.4047 6 | - 0.279 9 | 0.3898 | 0.0150 | 3.234 7 | 0.428 0 | 0.0232 | 35. 067 9 | 0.408 6 | 0.0038 | 4.25 30 | 0.434 3 | 0.0296 | 0.44 76 | 0.0428 | 0.492 3 | 0.0875 |
| 18 | 25.40 | 0.4285 7 | - 0.279 9 | 0.3898 | 0.0388 | 3.234 7 | 0.428 0 | 0.0006 | 35. 067 9 | 0.408 6 | 0.0200 | 4.25 30 | 0.434 3 | 0.0058 | 0.44 76 | 0.0190 | 0.492 3 | 0.0637 |
| 19 | 25.50 | 0.4523 8 | - 0.262 6 | 0.3964 | 0.0560 | 3.238 7 | 0.435 1 | 0.0173 | 35. 167 9 | 0.415 5 | 0.0369 | 4.25 69 | 0.441 5 | 0.0108 | 0.45 55 | 0.0031 | 0.500 4 | 0.0480 |
| 20 | 27.30 | 0.4761 9 | 0.048 0 | 0.5191 | 0.0429 | 3.306 9 | 0.560 3 | 0.0842 | 36. 967 9 | 0.540 0 | 0.0638 | 4.32 52 | 0.566 8 | 0.0906 | 0.58 98 | 0.1136 | 0.629 9 | 0.1537 |
| 21 | 27.40 | 0.5000 0 | 0.065 2 | 0.5260 | 0.0260 | 3.310 5 | 0.567 0 | 0.0670 | 37. 067 9 | 0.546 8 | 0.0468 | 4.32 88 | 0.573 4 | 0.0734 | 0.59 66 | 0.0966 | 0.636 2 | 0.1362 |
| 22 | 27.60 | 0.5238 1 | 0.099 7 | 0.5397 | 0.0159 | 3.317 8 | 0.580 2 | 0.0564 | 37. 267 9 | 0.560 3 | 0.0365 | 4.33 61 | 0.586 5 | 0.0627 | 0.61 01 | 0.0863 | 0.648 5 | 0.1247 |
| 23 | 27.70 | 0.5476 2 | 0.117 0 | 0.5466 | 0.0011 | 3.321 4 | 0.586 7 | 0.0391 | 37. 367 9 | 0.567 1 | 0.0194 | 4.33 97 | 0.592 9 | 0.0453 | 0.61 68 | 0.0692 | 0.654 5 | 0.1068 |
| 24 | 27.90 | 0.5714 3 | 0.151 5 | 0.5602 | 0.0112 | 3.328 6 | 0.599 6 | 0.0282 | 37. 567 9 | 0.580 4 | 0.0090 | 4.34 69 | 0.605 7 | 0.0342 | 0.62 98 | 0.0584 | 0.666 1 | 0.0947 |
| 25 | 28.10 | 0.5952 4 | 0.186 0 | 0.5738 | 0.0215 | 3.335 8 | 0.612 3 | 0.0171 | 37. 767 9 | 0.593 6 | 0.0017 | 4.35 40 | 0.618 2 | 0.0230 | 0.64 25 | 0.0473 | 0.677 5 | 0.0822 |
| 26 | 28.20 | 0.6190 5 | 0.203 3 | 0.5805 | 0.0385 | 3.339 3 | 0.618 6 | 0.0005 | 37. 867 9 | 0.600 1 | 0.0189 | 4.35 76 | 0.624 4 | 0.0053 | 0.64 88 | 0.0297 | 0.683 0 | 0.0639 |
| 27 | 28.50 | 0.6428 6 | 0.255 0 | 0.6007 | 0.0422 | 3.349 9 | 0.637 1 | 0.0058 | 38. 167 9 | 0.619 5 | 0.0233 | 4.36 82 | 0.642 6 | 0.0003 | 0.66 71 | 0.0242 | 0.699 0 | 0.0561 |
| 28 | 28.80 | 0.6666 7 | 0.306 8 | 0.6205 | 0.0462 | 3.360 4 | 0.655 1 | 0.0116 | 38. 467 9 | 0.638 5 | 0.0282 | 4.37 86 | 0.660 3 | 0.0064 | 0.68 47 | 0.0180 | 0.714 2 | 0.0476 |
| 29 | 29.70 | 0.6904 8 | 0.462 1 | 0.6780 | 0.0125 | 3.391 1 | 0.705 8 | 0.0154 | 39. 367 9 | 0.692 8 | 0.0023 | 4.40 94 | 0.709 9 | 0.0195 | 0.73 31 | 0.0427 | 0.755 4 | 0.0650 |
| 30 | 29.80 | 0.7142 9 | 0.479 3 | 0.6842 | 0.0301 | 3.394 5 | 0.711 2 | 0.0031 | 39. 467 9 | 0.698 5 | 0.0158 | 4.41 28 | 0.715 1 | 0.0009 | 0.73 81 | 0.0238 | 0.759 6 | 0.0454 |
| 31 | 30.00 | 0.7381 0 | 0.513 9 | 0.6963 | 0.0418 | 3.401 2 | 0.721 6 | 0.0164 | 39. 667 9 | 0.709 8 | 0.0283 | 4.41 95 | 0.725 3 | 0.0128 | 0.74 79 | 0.0098 | 0.767 8 | 0.0297 |
| 32 | 30.50 | 0.7619 0 | 0.600 1 | 0.7258 | 0.0361 | 3.417 7 | 0.746 7 | 0.0152 | 40. 167 9 | 0.737 1 | 0.0248 | 4.43 60 | 0.749 7 | 0.0122 | 0.77 10 | 0.0091 | 0.787 0 | 0.0251 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-------------|--------------------|--------------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|------------|---------------------|--------------------------------|-----------------|-----------|---------------------|--------------------------------|-----------------|----------|-----------------|--------------------------------|-----------------|-------------|----------------|--------------------------------|-----------------|
| 33 | 31.70 | 0.7857 1 | 0.807 2 | 0.7902 | 0.0045 | 3.456 3 | 0.800 2 | 0.0145 | 41. 367 9 | 0.796 0 | 0.0103 | 4.47 46 | 0.801 7 | 0.0160 | 0.81 92 | 0.0335 | 0.826 5 | 0.0408 | | | | | | | |
| 34 | 32.40 | 0.8095 2 | 0.928 0 | 0.8233 | 0.0138 | 3.478 2 | 0.827 3 | 0.0177 | 42. 067 9 | 0.825 9 | 0.0164 | 4.49 64 | 0.827 8 | 0.0183 | 0.84 30 | 0.0335 | 0.845 8 | 0.0363 | | | | | | | |
| 35 | 33.50 | 0.8333 3 | 1.117 8 | 0.8682 | 0.0348 | 3.511 5 | 0.863 8 | 0.0305 | 43. 167 9 | 0.866 5 | 0.0332 | 4.52 98 | 0.863 2 | 0.0299 | 0.87 47 | 0.0414 | 0.871 6 | 0.0383 | | | | | | | |
| 36 | 35.10 | 0.8571 4 | 1.393 8 | 0.9183 | 0.0612 | 3.558 2 | 0.905 5 | 0.0483 | 44. 767 9 | 0.912 2 | 0.0551 | 4.57 65 | 0.903 6 | 0.0464 | 0.91 03 | 0.0532 | 0.901 1 | 0.0439 | | | | | | | |
| 37 | 35.30 | 0.8809 5 | 1.428 3 | 0.9234 | 0.0425 | 3.563 9 | 0.909 8 | 0.0289 | 44. 967 9 | 0.917 0 | 0.0360 | 4.58 22 | 0.907 8 | 0.0269 | 0.91 40 | 0.0331 | 0.904 2 | 0.0232 | | | | | | | |
| 38 | 36.10 | 0.9047 6 | 1.566 4 | 0.9414 | 0.0366 | 3.586 3 | 0.925 5 | 0.0208 | 45. 767 9 | 0.933 8 | 0.0291 | 4.60 46 | 0.923 1 | 0.0184 | 0.92 75 | 0.0227 | 0.915 6 | 0.0108 | | | | | | | |
| 39 | 36.40 | 0.9285 7 | 1.618 1 | 0.9472 | 0.0186 | 3.594 6 | 0.930 8 | 0.0022 | 46. 067 9 | 0.939 4 | 0.0108 | 4.61 28 | 0.928 2 | 0.0003 | 0.93 20 | 0.0034 | 0.919 5 | 0.0091 | | | | | | | |
| 40 | 38.80 | 0.9523 8 | 2.032 3 | 0.9789 | 0.0266 | 3.658 4 | 0.962 2 | 0.0098 | 48. 467 9 | 0.971 3 | 0.0189 | 4.67 67 | 0.959 3 | 0.0069 | 0.95 94 | 0.0070 | 0.944 1 | 0.0083 | | | | | | | |
| 41 | 39.30 | 0.9761 9 | 2.118 5349 2 | 0.9829 | 0.0067 44628 | 3.671 2 | 0.966 8 | 0.0094 | 48. 967 9 | 0.975 6 | 0.0005 | 4.68 95 | 0.964 0 | 0.0122 | 0.96 36 | 0.0126 | 0.948 1 | 0.0281 | | | | | | | |
| Medi a (x) | 27.02 20 | | | Dmáx (Teóric o) | 0.0680 9 | Medi a (x) | 3.274 0 | Dmáx (Teóric o) | 0.084 15 | α | 40.07 78785 | Dmáx (Teóric o) | 0.063 84 | α | 393.5 71949 | Dmáx (Teóric o) | 0.090 62 | α | 4.5 188 | Dmáx (Teóric o) | 0.113 60 | α | 0.1 68 7 | Dmáx (Teóric o) | 0.153 7 |
| Dev. Stand | 5.795 5 | | | Dcrítico >Dmáx | Si se ajusta | Dev. Stand | 0.216 4 | Dcrítico >Dmáx | Si se ajusta | β | 0.915 4642 | Dcrítico >Dmáx | Si se ajusta | β | 0.010 90602 | Dcrítico >Dmáx | Si se ajusta | μ | 24. 414 0 | Dcrítico >Dmáx | Si se ajusta | μ | 3,1 76 7 | Dcrítico >Dmáx | Si se ajusta |
| Coef. Sesgo | 0.315 9 | | | Mejor Ajuste | 2 | Coef. Sesgo | - 0.100 8 | Mejor Ajuste | 3 | Xo | - 9.667 91178 | Mejor Ajuste | 1 | Xo | - 1.018 26775 | Mejor Ajuste | 4 | | | Mejor Ajuste | 5 | | | Mejor Ajuste | 6 |
| n | 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a | 0.05 | | | | | | | | 0.085 13 | | | | | | 0.084 15 | | | | | | | 0.113 61 | | | |
| Δ Critic o | 0.212 3963 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo N°8. Gráfico de la prueba de ajuste de bondad de Smirnov & Kolmogorov mediante el Software Hygromonon



Anexo N°9. Cálculo probabilístico de la prueba de ajuste de bondad de Smirnov & Kolmogorov mediante el Software Hygromonon

Tabla 21

Evaluación de la prueba de ajuste de bondad de Smirnov & Kolmogorov con el Software Hygromonon

Prueba Kolmogorov-Smirnov Test

| Kolmogorov-Smirnov test for:All data | a=1% | a=5% | a=10% | Attained a | DMax |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| GEV-Min | Accept | Accept | Accept | 99.50% | 0.06231 |
| Normal (L-Moments) | Accept | Accept | Accept | 99.35% | 0.06363 |
| Galton | Accept | Accept | Accept | 99.34% | 0.06376 |
| Pearson III | Accept | Accept | Accept | 99.33% | 0.06384 |
| Pareto (L-Moments) | Accept | Accept | Accept | 98.82% | 0.06707 |
| GEV-Max | Accept | Accept | Accept | 98.77% | 0.06734 |
| Normal | Accept | Accept | Accept | 98.61% | 0.06809 |
| GEV-Min (L-Moments) | Accept | Accept | Accept | 98.60% | 0.06812 |
| Gamma | Accept | Accept | Accept | 97.79% | 0.07130 |
| GEV-Max (L-Moments) | Accept | Accept | Accept | 97.63% | 0.07184 |
| EV3-Min (Weibull, L-Moments) | Accept | Accept | Accept | 97.37% | 0.07264 |

| | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| EV3-Min (Weibull) | Accept | Accept | Accept | 96.14% | 0.07587 |
| Pareto | Accept | Accept | Accept | 91.86% | 0.08373 |
| GEV-Min (kappa specified) | Accept | Accept | Accept | 91.78% | 0.08384 |
| Log Pearson III | Accept | Accept | Accept | 91.58% | 0.08415 |
| LogNormal | Accept | Accept | Accept | 90.91% | 0.08513 |
| EV1-Max (Gumbel, L-Moments) | Accept | Accept | Accept | 64.73% | 0.11245 |
| EV1-Max (Gumbel) | Accept | Accept | Accept | 63.48% | 0.11361 |
| EV1-Min (Gumbel, L-Moments) | Accept | Accept | Accept | 60.29% | 0.11658 |
| EV1-Min (Gumbel) | Accept | Accept | Accept | 54.49% | 0.12205 |
| GEV-Max (kappa specified, L-Moments) | Accept | Accept | Accept | 26.86% | 0.15356 |
| EV2-Max | Accept | Accept | Accept | 25.73% | 0.15524 |
| GEV-Max (kappa specified) | Accept | Accept | Accept | 24.99% | 0.15637 |
| EV2-Max (L-Moments) | Accept | Accept | Accept | 23.51% | 0.15871 |
| Exponential (L-Moments) | Accept | Accept | Accept | 16.81% | 0.17095 |
| Exponential | Accept | Accept | Accept | 15.78% | 0.17316 |

Nota. Elaboración Propia.

Anexo N°10. Cálculo de las intensidades para tiempos de retorno

Intensidad de Precipitaciones

D=Duración de precipitación en horas

PD= Precipitación máxima de duración D, en mm

$$I = \frac{P_D}{D}$$

(* Precipitación ya discretizada)

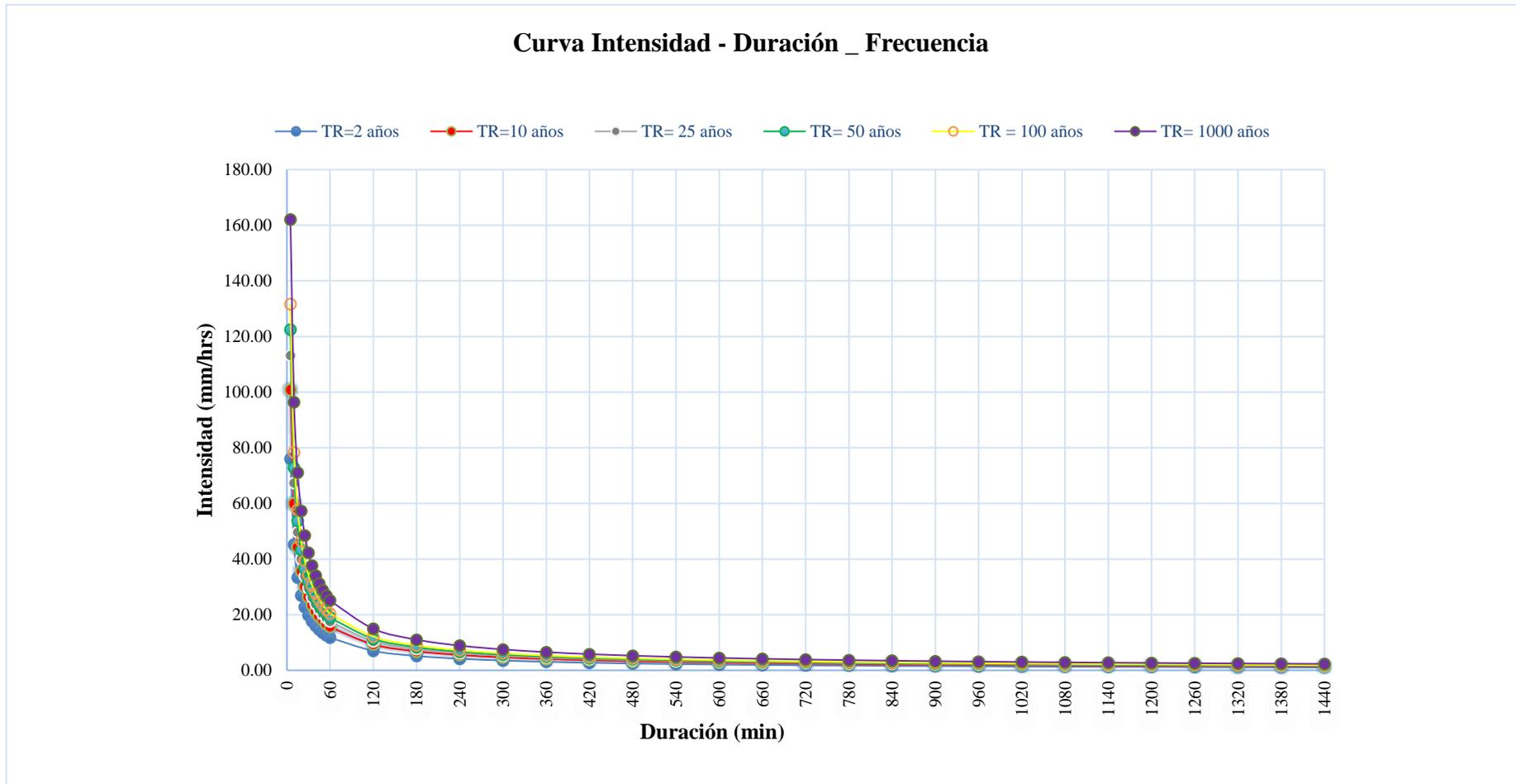
| Duración (Hrs) | Periodo de Retorno (Años) | | | | | | | | | |
|----------------|---------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|-----------|
| | Duración (min) | 2 años | 5 años | 10 años | 25 años | 50 años | 100 años | 200 años | 500 años | 1000 años |
| 0.083 | 5 | 76.03 | 90.86 | 100.75 | 113.23 | 122.49 | 131.69 | 140.85 | 152.93 | 162.07 |
| 0.167 | 10 | 45.21 | 54.03 | 59.90 | 67.33 | 72.84 | 78.31 | 83.75 | 90.94 | 96.37 |
| 0.250 | 15 | 33.35 | 39.86 | 44.20 | 49.67 | 53.74 | 57.77 | 61.79 | 67.09 | 71.10 |
| 0.333 | 20 | 26.88 | 32.13 | 35.62 | 40.03 | 43.31 | 46.56 | 49.80 | 54.07 | 57.30 |

| | | | | | | | | | | |
|---------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.417 | 25 | 22.74 | 27.17 | 30.13 | 33.86 | 36.63 | 39.39 | 42.12 | 45.74 | 48.47 |
| 0.500 | 30 | 19.83 | 23.70 | 26.28 | 29.54 | 31.95 | 34.35 | 36.74 | 39.89 | 42.28 |
| 0.583 | 35 | 17.67 | 21.11 | 23.41 | 26.31 | 28.46 | 30.60 | 32.73 | 35.54 | 37.66 |
| 0.667 | 40 | 15.98 | 19.10 | 21.18 | 23.80 | 25.75 | 27.69 | 29.61 | 32.15 | 34.07 |
| 0.750 | 45 | 14.63 | 17.49 | 19.39 | 21.79 | 23.57 | 25.34 | 27.11 | 29.43 | 31.19 |
| 0.833 | 50 | 13.52 | 16.16 | 17.92 | 20.14 | 21.78 | 23.42 | 25.05 | 27.20 | 28.82 |
| 0.917 | 55 | 12.59 | 15.04 | 16.68 | 18.75 | 20.28 | 21.80 | 23.32 | 25.32 | 26.83 |
| 1.000 | 60 | 11.79 | 14.09 | 15.63 | 17.56 | 19.00 | 20.43 | 21.85 | 23.72 | 25.14 |
| 2.000 | 120 | 7.01 | 8.38 | 9.29 | 10.44 | 11.30 | 12.15 | 12.99 | 14.10 | 14.95 |
| 3.000 | 180 | 5.17 | 6.18 | 6.85 | 7.70 | 8.33 | 8.96 | 9.58 | 10.41 | 11.03 |
| 4.000 | 240 | 4.17 | 4.98 | 5.52 | 6.21 | 6.72 | 7.22 | 7.72 | 8.39 | 8.89 |
| 5.000 | 300 | 3.53 | 4.21 | 4.67 | 5.25 | 5.68 | 6.11 | 6.53 | 7.09 | 7.52 |
| 6.000 | 360 | 3.08 | 3.68 | 4.08 | 4.58 | 4.96 | 5.33 | 5.70 | 6.19 | 6.56 |
| 7.000 | 420 | 2.74 | 3.27 | 3.63 | 4.08 | 4.41 | 4.75 | 5.08 | 5.51 | 5.84 |
| 8.000 | 480 | 2.48 | 2.96 | 3.28 | 3.69 | 3.99 | 4.29 | 4.59 | 4.99 | 5.28 |
| 9.000 | 540 | 2.27 | 2.71 | 3.01 | 3.38 | 3.66 | 3.93 | 4.20 | 4.56 | 4.84 |
| 10.000 | 600 | 2.10 | 2.51 | 2.78 | 3.12 | 3.38 | 3.63 | 3.88 | 4.22 | 4.47 |
| 11.000 | 660 | 1.95 | 2.33 | 2.59 | 2.91 | 3.15 | 3.38 | 3.62 | 3.93 | 4.16 |
| 12.000 | 720 | 1.83 | 2.19 | 2.42 | 2.72 | 2.95 | 3.17 | 3.39 | 3.68 | 3.90 |

| | | | | | | | | | | |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 13.000 | 780 | 1.72 | 2.06 | 2.28 | 2.57 | 2.78 | 2.98 | 3.19 | 3.46 | 3.67 |
| 14.000 | 840 | 1.63 | 1.95 | 2.16 | 2.43 | 2.63 | 2.82 | 3.02 | 3.28 | 3.47 |
| 15.000 | 900 | 1.55 | 1.85 | 2.05 | 2.30 | 2.49 | 2.68 | 2.87 | 3.11 | 3.30 |
| 16.000 | 960 | 1.47 | 1.76 | 1.95 | 2.20 | 2.37 | 2.55 | 2.73 | 2.97 | 3.14 |
| 17.000 | 1020 | 1.41 | 1.68 | 1.87 | 2.10 | 2.27 | 2.44 | 2.61 | 2.83 | 3.00 |
| 18.000 | 1080 | 1.35 | 1.61 | 1.79 | 2.01 | 2.17 | 2.34 | 2.50 | 2.71 | 2.88 |
| 19.000 | 1140 | 1.30 | 1.55 | 1.72 | 1.93 | 2.09 | 2.24 | 2.40 | 2.61 | 2.76 |
| 20.000 | 1200 | 1.25 | 1.49 | 1.65 | 1.86 | 2.01 | 2.16 | 2.31 | 2.51 | 2.66 |
| 21.000 | 1260 | 1.20 | 1.44 | 1.59 | 1.79 | 1.94 | 2.08 | 2.23 | 2.42 | 2.56 |
| 22.000 | 1320 | 1.16 | 1.39 | 1.54 | 1.73 | 1.87 | 2.01 | 2.15 | 2.34 | 2.47 |
| 23.000 | 1380 | 1.12 | 1.34 | 1.49 | 1.67 | 1.81 | 1.94 | 2.08 | 2.26 | 2.39 |
| 24.000 | 1440 | 1.09 | 1.30 | 1.44 | 1.62 | 1.75 | 1.88 | 2.01 | 2.19 | 2.32 |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo N°11. Cálculo de la Curva de Intensidad – Duración – Frecuencia del análisis de una tormenta.



Anexo N°12. Cálculo para la gráfica del hietograma con el modelo de Dyck & Peschke

Hietogramas - Modelo Dyck & Peschke

| Duración (min) | Tiempo de Retorno | | | | | | | |
|----------------|-------------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|---------------|
| | Tr= 2 años | Tr= 5 años | Tr= 10 años | Tr= 25 años | Tr= 50 años | Tr= 100 años | Tr= 500 años | Tr= 1000 años |
| 60 min | 0.295 | 0.329 | 0.357 | 0.397 | 0.431 | 0.468 | 0.566 | 0.614 |
| 120 min | 0.316 | 0.351 | 0.381 | 0.425 | 0.461 | 0.500 | 0.605 | 0.656 |
| 180 min | 0.340 | 0.378 | 0.410 | 0.457 | 0.496 | 0.538 | 0.651 | 0.706 |
| 240 min | 0.368 | 0.410 | 0.445 | 0.496 | 0.538 | 0.584 | 0.706 | 0.766 |
| 300 min | 0.403 | 0.449 | 0.488 | 0.543 | 0.589 | 0.639 | 0.773 | 0.839 |
| 360 min | 0.447 | 0.498 | 0.541 | 0.602 | 0.654 | 0.709 | 0.857 | 0.930 |
| 420 min | 0.505 | 0.562 | 0.610 | 0.680 | 0.737 | 0.800 | 0.967 | 1.049 |
| 480 min | 0.582 | 0.649 | 0.704 | 0.784 | 0.851 | 0.923 | 1.116 | 1.211 |
| 540 min | 0.696 | 0.775 | 0.841 | 0.937 | 1.017 | 1.103 | 1.333 | 1.447 |
| 600 min | 0.879 | 0.979 | 1.062 | 1.183 | 1.284 | 1.393 | 1.684 | 1.827 |
| 660 min | 1.237 | 1.378 | 1.495 | 1.665 | 1.807 | 1.961 | 2.370 | 2.571 |
| 720 min | 2.384 | 2.656 | 2.882 | 3.210 | 3.483 | 3.780 | 4.569 | 4.957 |
| 780 min | 12.600 | 14.037 | 15.231 | 16.967 | 18.410 | 19.977 | 24.147 | 26.201 |
| 840 min | 1.599 | 1.781 | 1.932 | 2.153 | 2.336 | 2.534 | 3.063 | 3.324 |

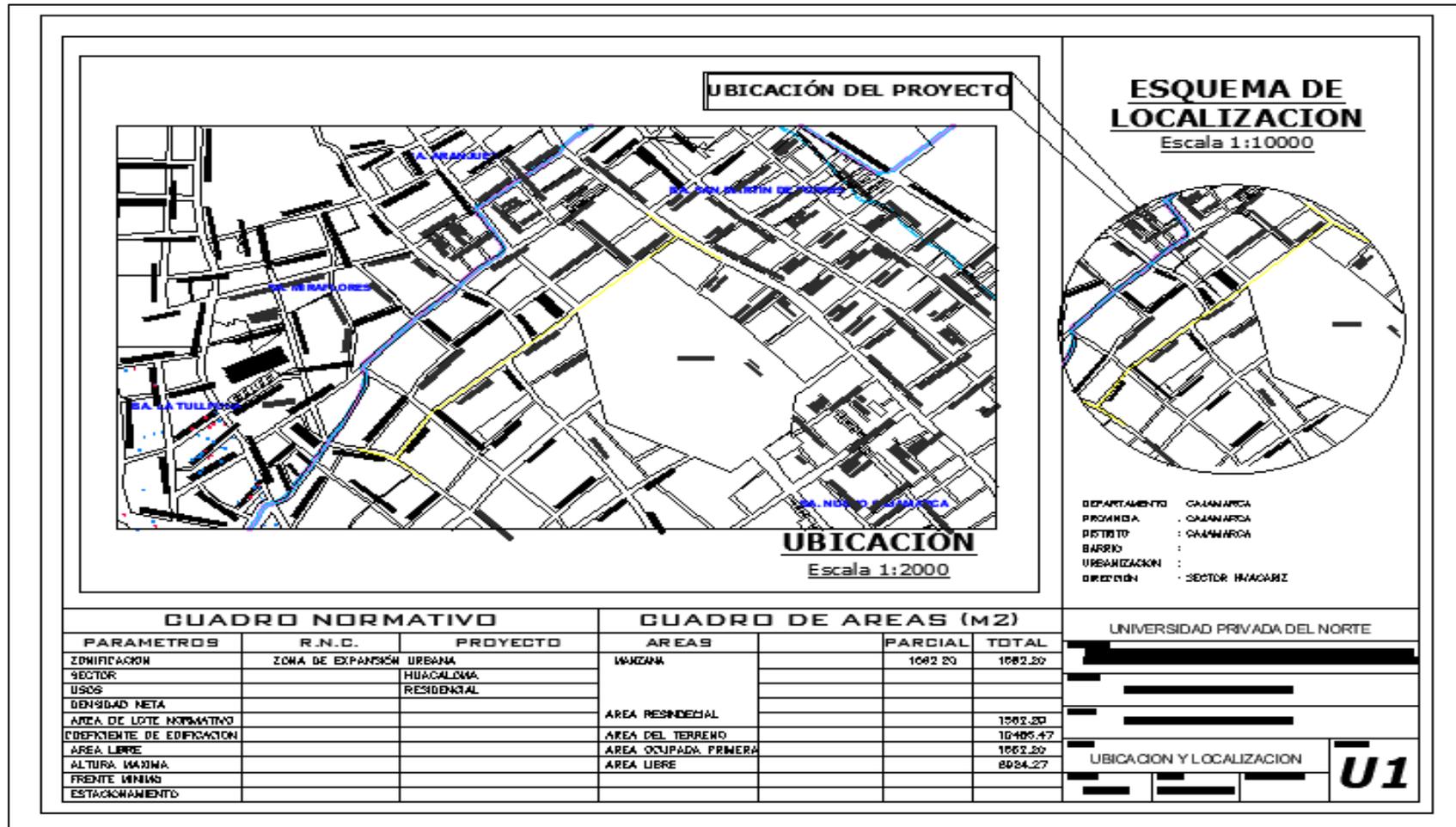
| | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 900 min | 1.022 | 1.139 | 1.236 | 1.377 | 1.494 | 1.621 | 1.959 | 2.126 |
| 960 min | 0.775 | 0.863 | 0.937 | 1.043 | 1.132 | 1.228 | 1.485 | 1.611 |
| 1020 min | 0.633 | 0.705 | 0.765 | 0.853 | 0.925 | 1.004 | 1.214 | 1.317 |
| 1080 min | 0.540 | 0.602 | 0.653 | 0.728 | 0.789 | 0.857 | 1.035 | 1.124 |
| 1140 min | 0.474 | 0.528 | 0.573 | 0.638 | 0.693 | 0.752 | 0.908 | 0.986 |
| 1200 min | 0.424 | 0.472 | 0.513 | 0.571 | 0.620 | 0.672 | 0.813 | 0.882 |
| 1260 min | 0.385 | 0.429 | 0.465 | 0.518 | 0.562 | 0.610 | 0.738 | 0.800 |
| 1320 min | 0.353 | 0.393 | 0.427 | 0.476 | 0.516 | 0.560 | 0.677 | 0.734 |
| 1380 min | 0.327 | 0.364 | 0.395 | 0.440 | 0.478 | 0.518 | 0.627 | 0.680 |
| 1440 min | 0.305 | 0.340 | 0.369 | 0.411 | 0.446 | 0.483 | 0.584 | 0.634 |

Anexo N°13. Parámetros geométricos de las subcuencas para el modelamiento en SWMM 5vE

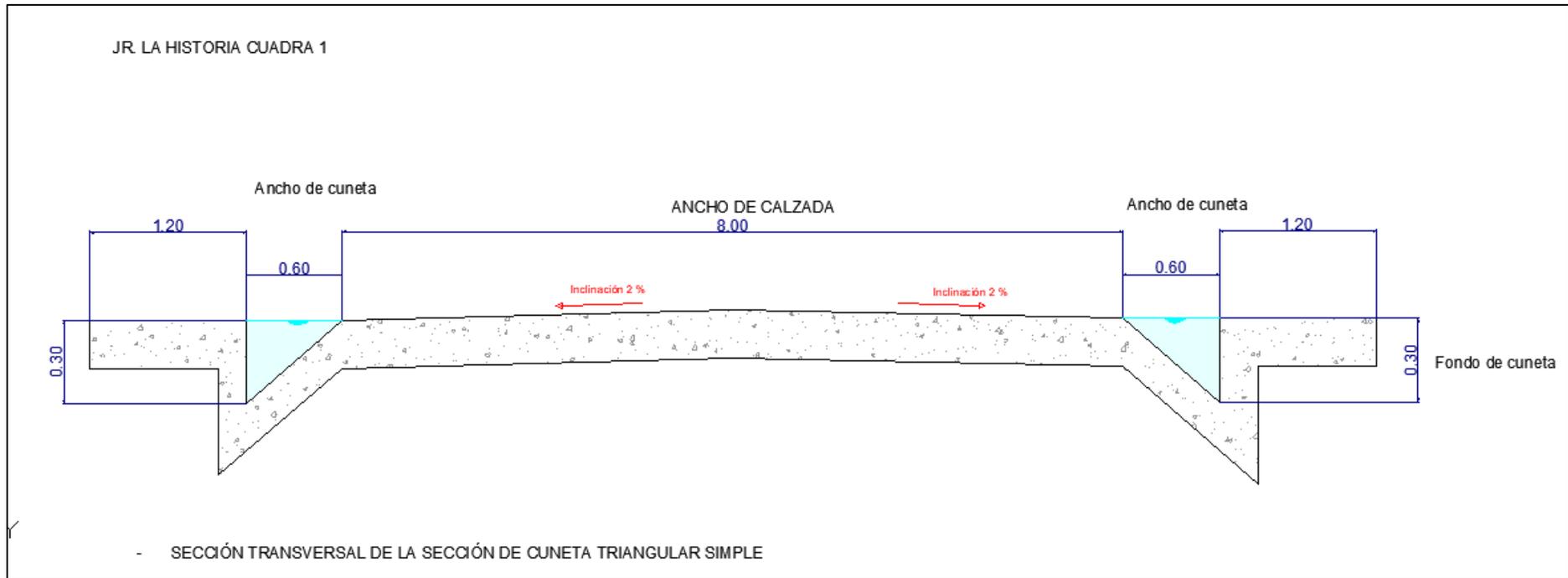
| Parámetros Geométricos de las Subcuencas | | | | |
|---|-------------------------|------------------------------|------------------|----------------------|
| Sub- Cuenca | Área (Hectáreas) | Longitud de flujo (m) | Ancho (m) | Pendiente (%) |
| C-1 | 0.29 | 61.379 | 4.72 | 0.02 |
| C-2 | 0.36 | 224.34 | 1.6 | 0.02 |
| C-3 | 0.31 | 216.658 | 1.43 | 0.02 |
| C-4 | 0.21 | 52.456 | 1.45 | 0.02 |
| C-5 | 0.07 | 50.111 | 1.4 | 0.02 |
| C-6 | 0.07 | 64.928 | 1.08 | 0.02 |
| C-7 | 0.07 | 47.503 | 1.47 | 0.02 |
| C-8 | 0.07 | 75.725 | 0.92 | 0.02 |
| C-9 | 0.11 | 55.31 | 1.99 | 0.02 |
| C-10 | 0.1 | 91.379 | 1.09 | 0.02 |
| C-11 | 0.11 | 69.7 | 1.58 | 0.02 |
| C-12 | 0.13 | 94.189 | 1.38 | 0.02 |
| C-13 | 0.1 | 39.913 | 2.51 | 0.02 |
| C-14 | 0.31 | 225.418 | 1.38 | 0.02 |
| C-15 | 0.1 | 45.365 | 2.2 | 0.02 |
| C-16 | 0.29 | 210.878 | 1.38 | 0.02 |
| C-17 | 0.1 | 63.196 | 1.58 | 0.02 |
| C-18 | 0.36 | 146.051 | 2.46 | 0.02 |
| C-19 | 0.02 | 30.989 | 0.65 | 0.02 |

| | | | | |
|-------------|------|---------|------|------|
| C-20 | 0.18 | 34.165 | 5.27 | 0.02 |
| C-21 | 0.06 | 65.154 | 0.92 | 0.02 |
| C-22 | 0.07 | 64.373 | 1.09 | 0.02 |
| C-23 | 0.07 | 66.479 | 1.05 | 0.02 |
| C-24 | 0.07 | 47.579 | 1.47 | 0.02 |
| C-25 | 0.24 | 105 | 2.29 | 0.02 |
| C-26 | 0.16 | 72.626 | 2.2 | 0.02 |
| C-27 | 0.22 | 138.617 | 1.59 | 0.02 |
| C-28 | 0.12 | 71.261 | 1.68 | 0.02 |
| C-29 | 0.11 | 120.431 | 0.91 | 0.02 |
| C-30 | 0.1 | 70.748 | 1.41 | 0.02 |
| C-31 | 0.11 | 122.073 | 0.9 | 0.02 |
| C-32 | 0.15 | 59.119 | 2.54 | 0.02 |
| C-33 | 0.09 | 107.165 | 0.84 | 0.02 |
| C-34 | 0.15 | 61.822 | 2.43 | 0.02 |
| C-35 | 0.19 | 116.64 | 1.63 | 0.02 |
| C-36 | 0.09 | 39.697 | 2.27 | 0.02 |
| C-37 | 0.3 | 153.719 | 1.95 | 0.02 |

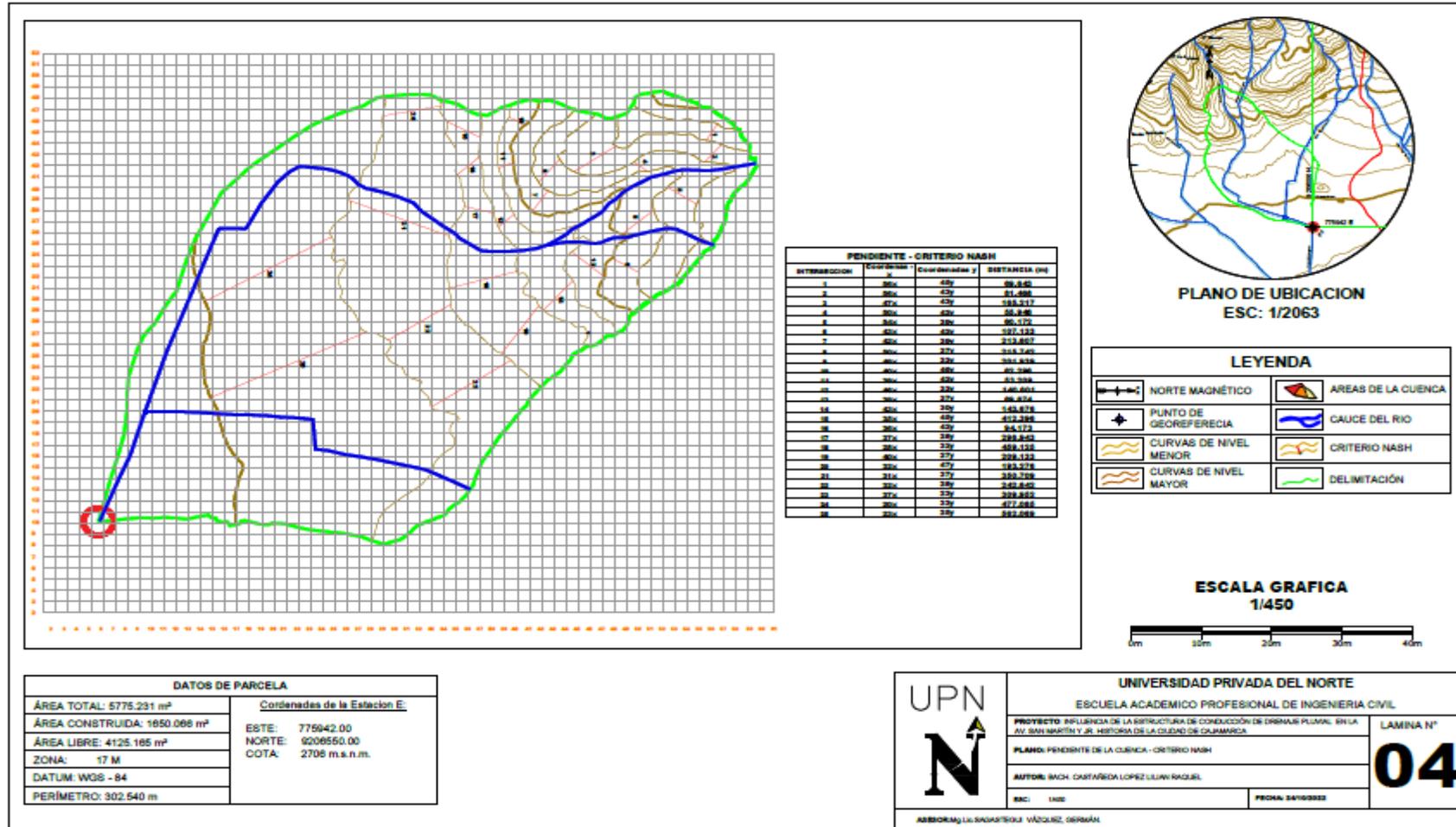
Anexo N°14. Plano de ubicación de lugar de estudio



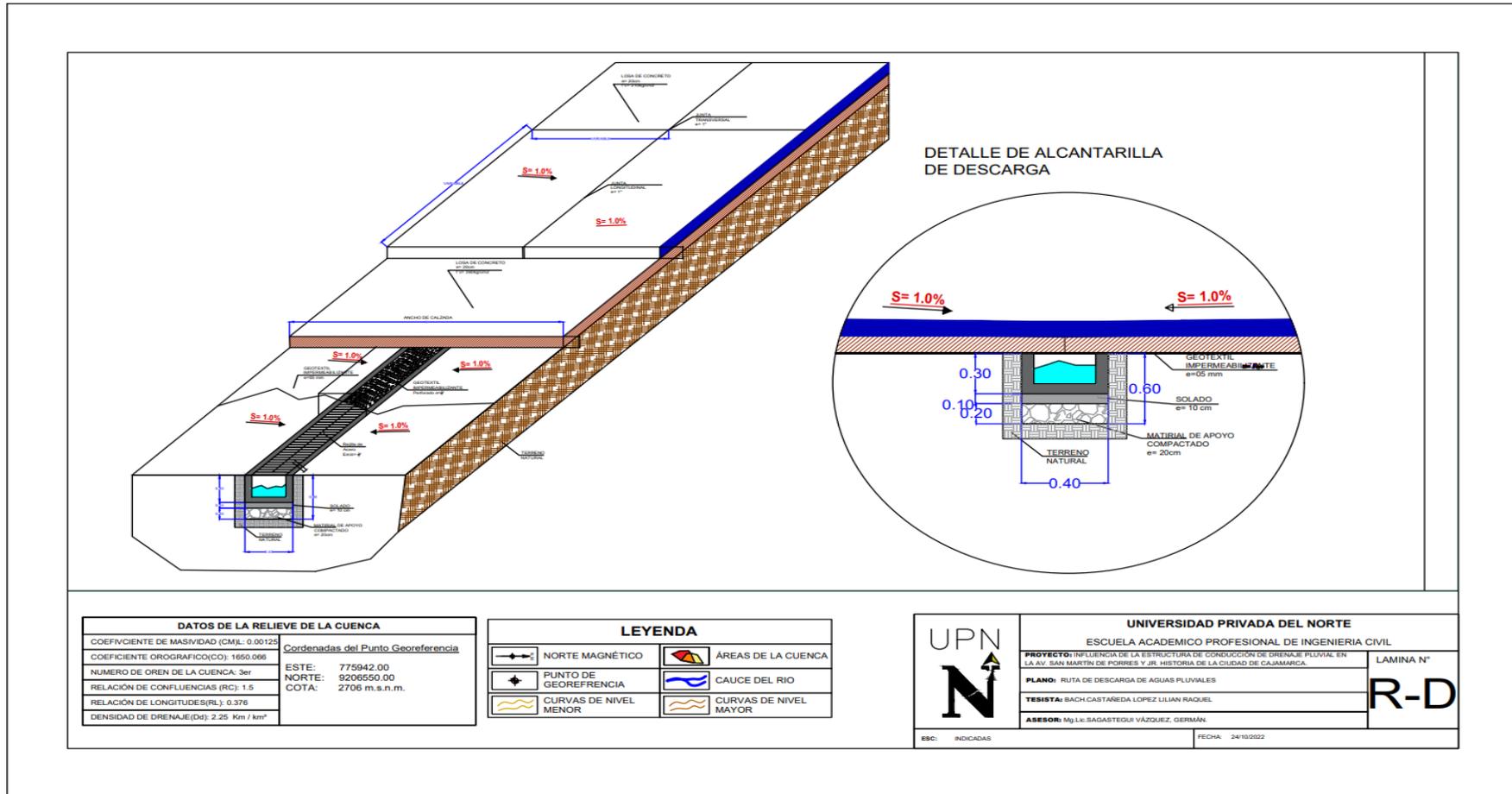
Anexo N°15. Planos del diseño de secciones transversales de las cunetas



Anexo N°16. Parámetros de la pendiente de la Cuenca Urbana Hidrológica.



Anexo N°17. Plano de la ruta de descarga de aguas pluviales propuesta para el Jr. Historia y la Av. San Martín de Porres.



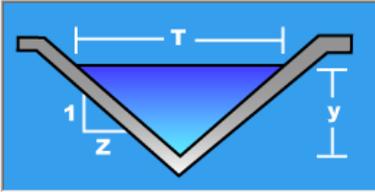
Anexo N°18. Diseño propuesto de la sección triangular en el Jr. Historia según el tramo evaluado con el Software Hcanales

Cálculos varios en sección trapezoidal, rectangular y triangular

Cálculo del ancho solera (b) | Cálculo de la pendiente (S) | Cálculo de la rugosidad (n)

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Tirante (y): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Ancho de solera (b): m
 Área hidráulica (A): m²
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo:

Perímetro (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Diseño inadecuado

Calcular | Limpiar Pantalla | Imprimir | Menú Principal | Calculadora

Anexo N°19. Diseño actual de la sección triangular en el Jr. Historia, evaluado con el Software Hcanales

Cálculos varios en sección trapezoidal, rectangular y triangular

Cálculo del ancho solera (b) | Cálculo de la pendiente (S) | Cálculo de la rugosidad (n)

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Tirante (y): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m

Resultados:

Ancho de solera (b): m | Perímetro (p): m
 Área hidráulica (A): m² | Radio hidráulico (R): m
 Espejo de agua (T): m | Velocidad (v): m/s
 Número de Froude (F): | Energía específica (E): m·Kg/Kg
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Calculador | Limpiar Pantalla | Imprimir | Menú Principal | Calculadora

Cálculos varios en sección trapezoidal, rectangular y triangular

Cálculo del ancho solera (b) | Cálculo de la pendiente (S) | Cálculo de la rugosidad (n)

Datos:

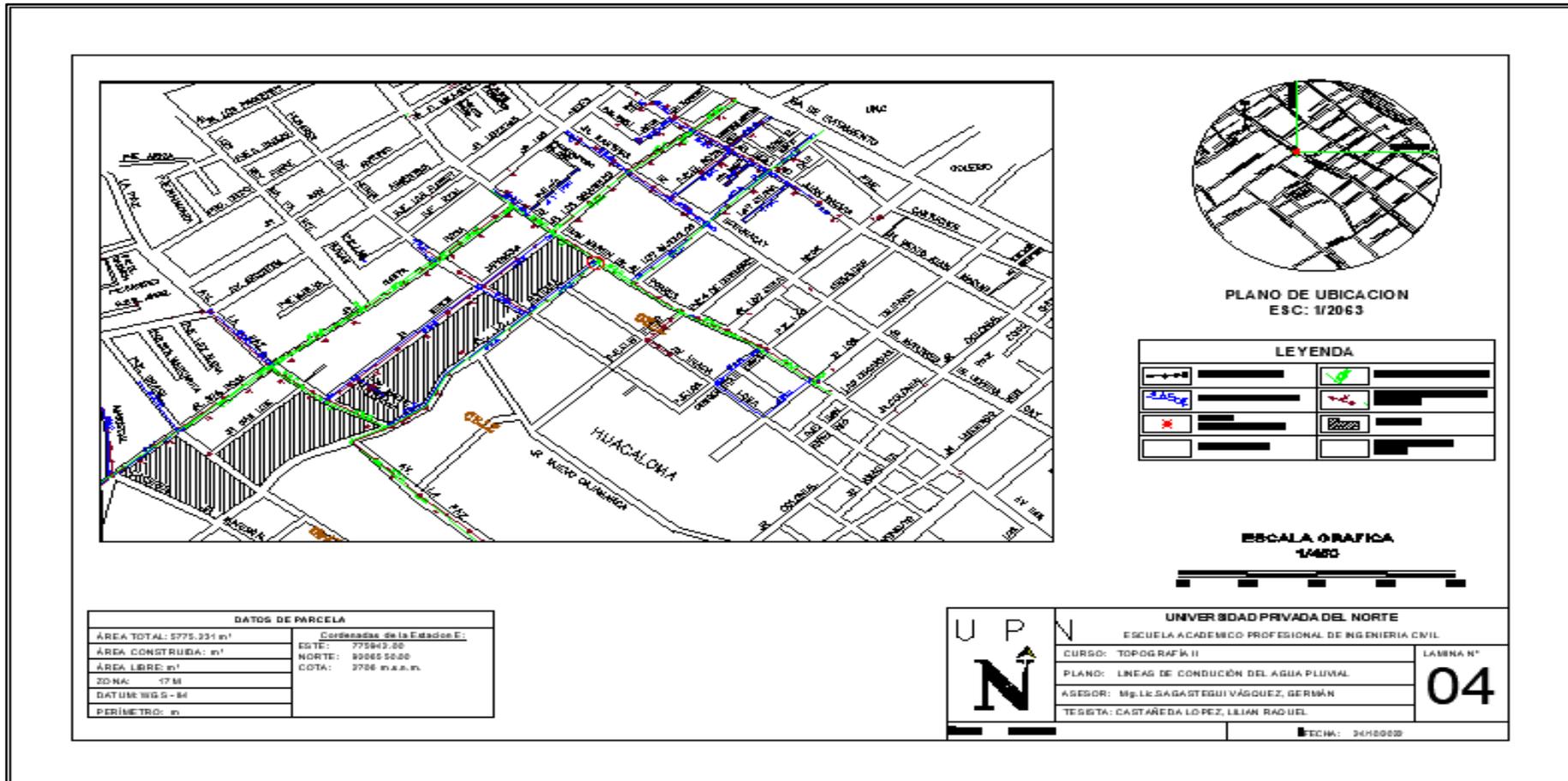
Caudal (Q): m³/s
 Tirante (y): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m

Resultados:

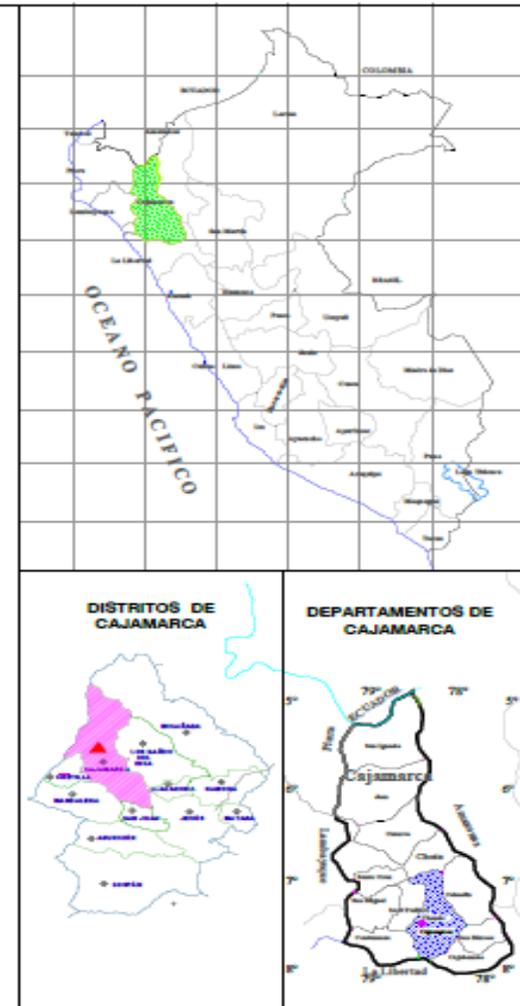
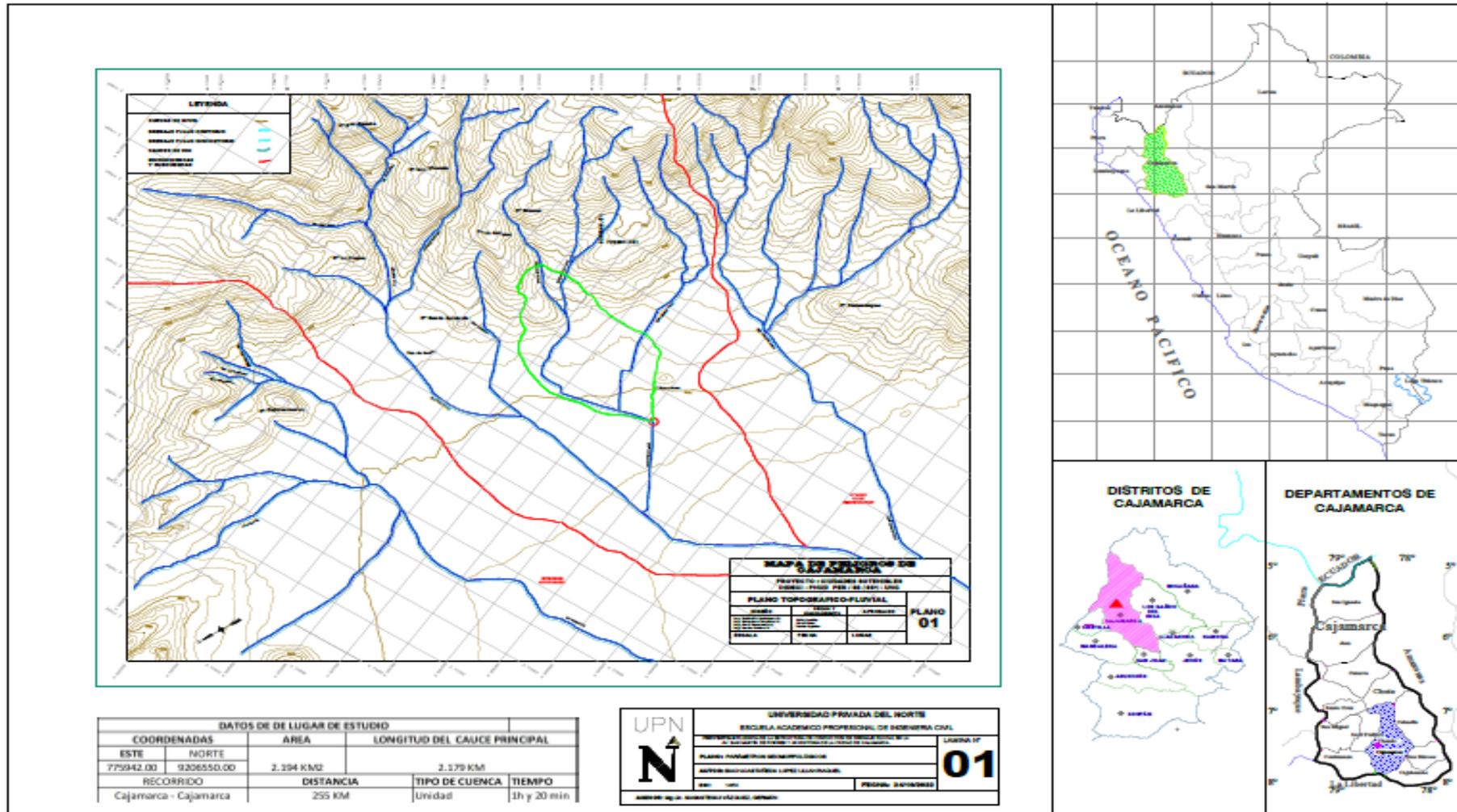
Ancho de solera (b): m | Perímetro (p): m
 Área hidráulica (A): m² | Radio hidráulico (R): m
 Espejo de agua (T): m | Velocidad (v): m/s
 Número de Froude (F): | Energía específica (E): m·Kg/Kg
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Calculador | Limpiar Pantalla | Imprimir | Menú Principal | Calculadora

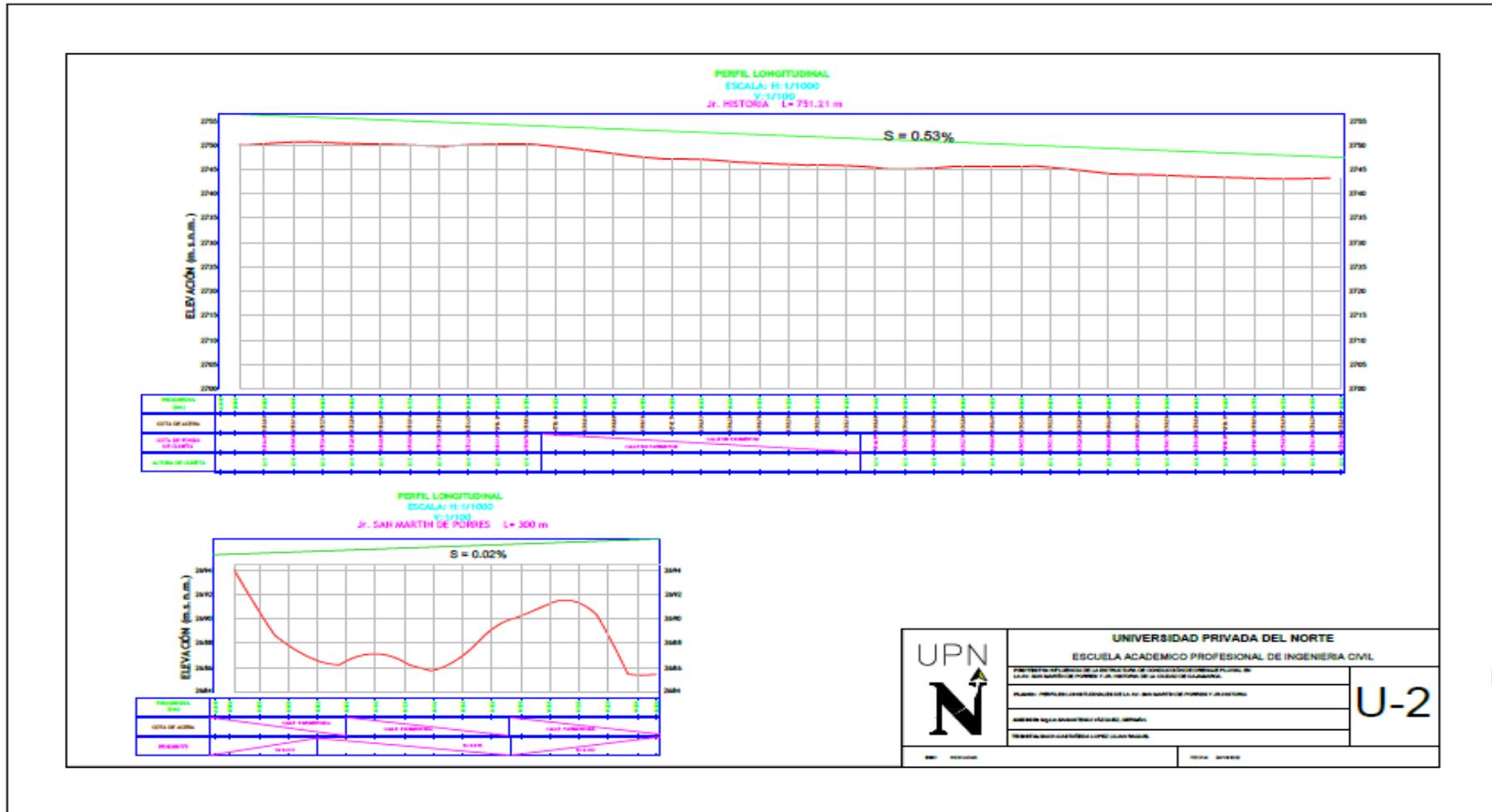
Anexo N°20. Plano de la línea de conducción pluvial del lugar de estudio



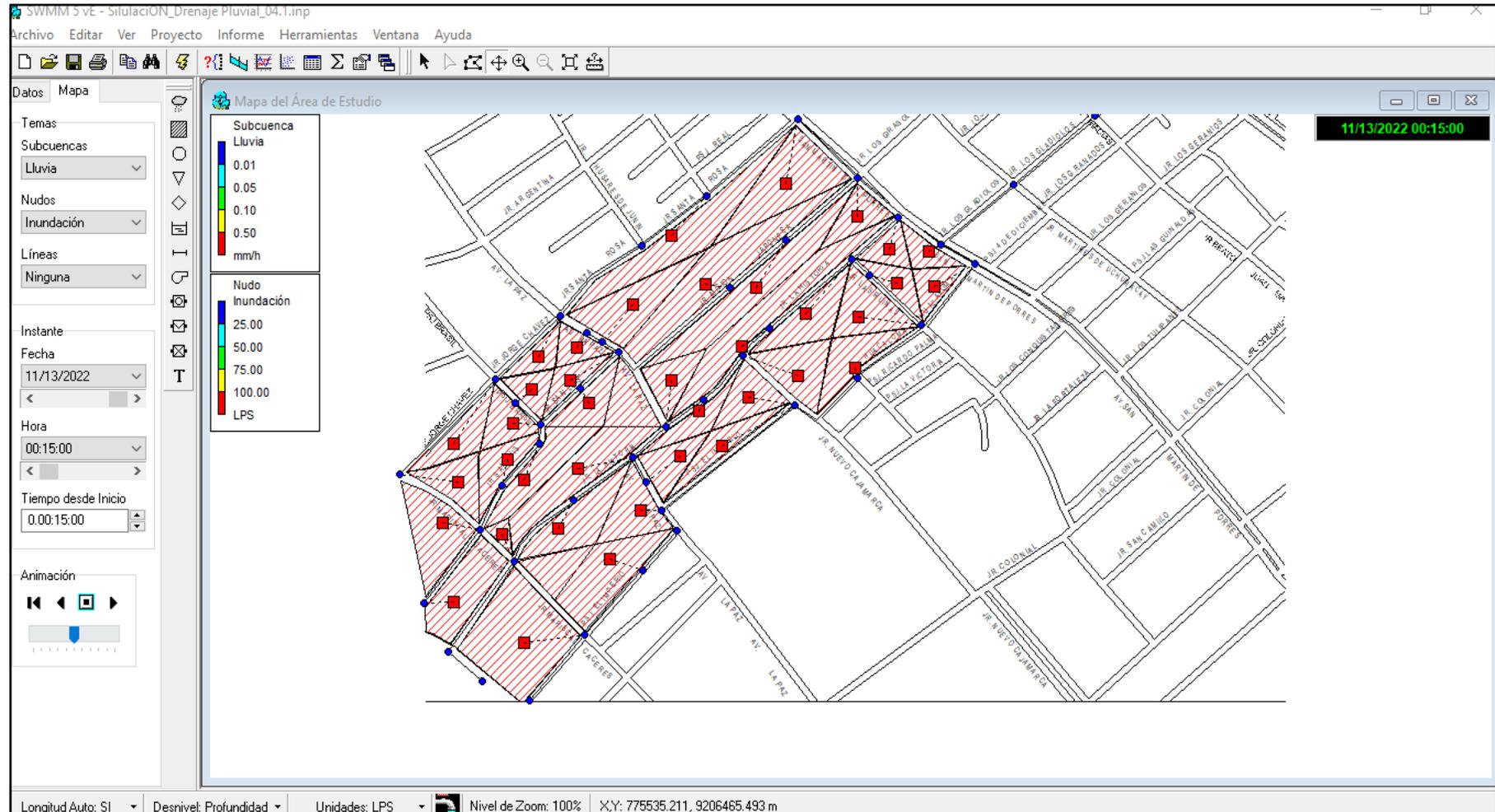
Anexo N°21. Plano de la delimitación de la cuenca de estudio



Anexo N°22. Plano del perfil longitudinal de la Av. San Martín de Porres y Jr. Historia.



Anexo N°23. Plano de la Modelación de gestión ante riesgo de inundaciones con SWMM 5vE



Anexo N°24. Método Racional

Método Racional

| | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| I. Intensidad Máxima (Mm/Hr) | 35.639 Mm/Hr |
| | T= Tiempo De Duración (Min) 15 |
| | Tr=Tiempo De Retorno (Años) 2 |
| | K= 250.344 |
| | M= 0.1178 |
| | N= 0.75 |

$$I = \frac{K \times T^M}{Dn}$$

| | |
|---|-----------------|
| II. Tiempo De Concentración - Normativa Peruana Ce.040 | 9.16 Min |
| Federal Aviation Administration (1970) | |

$$\tau_c = \frac{0.7035 \times (1.1 - C) \times L^{0.50}}{\zeta^{0.333}}$$

Tc= Tiempo De Concentración (Min)

L= Máxima Longitud Del Recorrido (M)

| Av. San Martín Longitudinal De La Cuneta | Sección | Tramo (M) | Dif. Alturas (Δ H) | Pendiente (%) | Coef. Escorrentía | Tc (Min) |
|---|---------|-----------|-----------------------|------------------|----------------------|----------|
| Long - Cuadra 8 | | 100 | 1.25 | 0.013 | 0.800 | 9.08 |
| Long - Cuadra 9 | | 25.9 | 1.27 | 0.049 | | 2.93 |
| Long - Cuadra 10 | | 102 | 1.28 | 0.013 | | 9.16 |

Método Racional

| | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|----------------|
| I. Intensidad Máxima (Mm/Hr) | 43.079 Mm/Hr | |
| $I = \frac{K \times T^M}{Dn}$ | T= Tiempo De Duración (Min) | 15 |
| | Tr=Tiempo De Retorno (Años) | 10 |
| | K= | 250.344 |
| | M= | 0.1178 |
| | N= | 0.75 |

| | |
|---|--------------------------------------|
| II. Tiempo De Concentración - Normativa Peruana Ce.040 | 12.62 Min |
| Federal Aviation Administration (1970) | |
| $T_c = \frac{0.7035 \times (1.1 - C) \times L^{0.50}}{S^{0.333}}$ | Tc= Tiempo De Concentración (Min) |
| | L= Máxima Longitud Del Recorrido (M) |

| Av. San Martin Sección Longitudinal De La Cuneta | Tramo (M) | Dif. Alturas (Δ H) | Pendiente (%) | Coef. Escorrentía | Tc (Min) |
|---|-----------|--------------------|---------------|-------------------|----------|
| L5 - Cuadra 5 | 117 | 3.5 | 0.030 | 0.750 | 8.57 |
| L4- Cuadra 4 | 184 | 3.4 | 0.018 | | 12.62 |
| L3 - Cuadra 3 | 178 | 3.2 | 0.018 | | 12.52 |
| L2- Cuadra 2 | 170 | 2.8 | 0.016 | | 12.60 |
| L1 - Cuadra 1 | 65 | 0.95 | 0.015 | | 8.11 |