



**Universidad  
Científica del  
Perú**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“PROPUESTA DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE  
ALCANTARILLADO DE AGUAS PLUVIALES EN LAS  
CALLES BELLO HORIZONTE, LOS HUAYRUROS,  
GUEPPI Y LOS PAUJILES, A.H. BELLO HORIZONTE,  
DISTRITO DE SAN JUAN BAUTISTA - MAYNAS –  
LÓRETO, 2021”**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR (es):**

**BACH. JAZHELL ALEXIS FLORES RODRÍGUEZ  
BACH. SEBASTIÁN RUIZ PINCHE**

**ASESOR:**

**ING. JUAN JESÚS OCAÑA APONTE MG.**

**IQUITOS – PERÚ**

**2023**

  
Ing. JUAN JESÚS OCAÑA APONTE  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 125103

## **DEDICATORIA**

Dedicamos esta tesis a Dios por permitirnos tener vida, salud, ser el inspirador y darnos fuerzas para continuar durante todo este proceso por cumplir nuestra anhelada meta.

A nuestros padres, quienes hicieron todo esto posible a base de esfuerzo y sacrificio, buscando siempre nuestro bienestar, acompañándonos y brindándonos apoyo moral a lo largo de esta etapa.

A todas las personas que han apoyado y han hecho posible la realización del presente trabajo con éxito.

**Jazhell Alexis Flores Rodríguez**

**Sebastián Ruiz Pinche**

## **AGRADECIMIENTO**

Al concluir una etapa muy importante y de gran aprendizaje en mi vida quiero extender un gran agradecimiento, a quienes hicieron posible este logro, quienes me impulsaron a seguir adelante y me dieron su apoyo incondicional. Esta mención en especial para Dios y mis padres a quienes agradezco siempre, que, con su sabiduría han sabido guiarme y enseñarme que con fe, esfuerzo y dedicación, todo es posible.

Mi gratitud también a la Facultad de Ciencias e Ingeniería y mi agradecimiento al asesor de esta tesis, Ing. Juan Jesús Ocaña Aponte Mgr., dar gracias también a los docentes que con sus enseñanzas contribuyeron en la base de mi vida profesional.

Bach. Jazhell Alexis Flores Rodríguez

Agradezco a Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fortalezas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy. Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar.

A mis docentes de la universidad por brindarme todas las enseñanzas obtenidas durante toda mi carrera universitaria.

Bach. Sebastián Ruiz Pinche

*“Año de la Unidad, la paz y el desarrollo”*

## **CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP**

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

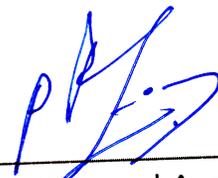
La Tesis titulada:

**“PROPUESTA DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO  
DE AGUAS PLUVIALES EN LAS CALLES BELLO HORIZONTE, LOS  
HUAYRUROS, GUEPPI Y LOS PAUJILES, A.H. BELLO HORIZONTE,  
DISTRITO DE SAN JUAN BAUTISTA - MAYNAS – LORETO, 2021”**

De los alumnos: **JAZHELL ALEXIS FLORES RODRÍGUEZ Y SEBASTIÁN RUIZ PINCHE** de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **3% de similitud**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 24 de Abril del 2023.



Dr. César J. Ramal Asayag  
Presidente del Comité de Ética – UCP

## Document Information

Analyzed document	UCP_IngenieríaCivil_2023_Tesis_JazhellFlores_SebastianRuiz_V1.pdf (D164917434)
Submitted	4/24/2023 4:57:00 PM
Submitted by	Comisión Antiplagio
Submitter email	revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Similarity	3%
Analysis address	revision.antiplagio.ucp@analysis.urkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>Examen Parcial- Zamata Pancca Alexander.docx</b> Document Examen Parcial- Zamata Pancca Alexander.docx (D145304792)	 7
<b>SA</b>	<b>2014Yañez Portal Eric Paul.pdf</b> Document 2014Yañez Portal Eric Paul.pdf (D139685391)	 5
<b>SA</b>	<b>TESIS AL 100 % - Luis Guillermo Tarrillo Vásquez..pdf</b> Document TESIS AL 100 % - Luis Guillermo Tarrillo Vásquez..pdf (D159794526)	 1
<b>SA</b>	<b>1A - Huamán Mesías, Robert Enmanuel - Titulo Profesional - 2023.docx</b> Document 1A - Huamán Mesías, Robert Enmanuel - Titulo Profesional - 2023.docx (D157843072)	 3
<b>SA</b>	<b>Campuzano-Ponce urkund.pdf</b> Document Campuzano-Ponce urkund.pdf (D110045236)	 2
<b>SA</b>	<b>TFT_JS_Johnso_Hernán_Sánchez_Macas.pdf</b> Document TFT_JS_Johnso_Hernán_Sánchez_Macas.pdf (D160379504)	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.redalyc.org/journal/3832/383257036005/383257036005.pdf">https://www.redalyc.org/journal/3832/383257036005/383257036005.pdf</a> Fetched: 4/24/2023 4:58:00 PM	 1
<b>SA</b>	<b>lopez Orellana rev 03 de Julio 2021.docx</b> Document lopez Orellana rev 03 de Julio 2021.docx (D110193641)	 2
<b>SA</b>	<b>T_007_N°70046485_T_17-02-2023.docx</b> Document T_007_N°70046485_T_17-02-2023.docx (D158946256)	 1
<b>SA</b>	<b>TSP-SANTILLAN LUCRECIA_f.docx</b> Document TSP-SANTILLAN LUCRECIA_f.docx (D157404636)	 1
<b>SA</b>	<b>Tesis Suds.pdf</b> Document Tesis Suds.pdf (D161594337)	 1
<b>SA</b>	<b>Tesis_Anderson Gómez Veliz.pdf</b> Document Tesis_Anderson Gómez Veliz.pdf (D158549264)	 1

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

**FACULTAD DE  
CIENCIAS E  
INGENIERÍA**

### FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal **Nº518-2021-UCP-FCEI** de fecha 16 de Agosto de 2023, La FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- |   |            |
|---|------------|
| • Ing. Carmen Patricia Cerdeña del Águila, Dra. | Presidente |
| • Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera, M. Sc.   | Miembro    |
| • Ing. Keuson Saldaña Ferreyra, Mg.             | Miembro    |

Como Asesor: **Ing. Juan Jesús Ocaña Aponte, M. Sc.**

En la ciudad de Iquitos, siendo las 19:30 horas del día Miércoles 22 de Noviembre del 2023, de manera presencial supervisado por el secretario académico del programa académico de Ingeniería civil de la facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **“PROPUESTA DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS PLUVIALES EN LAS CALLES BELLO HORIZONTE, LOS HUAYRUIROS, GUEPPI Y LOS PAUJILES, A.H. BELLO HORIZONTE, DISTRITO DE SAN JUAN BAUTISTA - MAYNAS – LORETO, 2021”**.

Presentado por los sustentantes:

**JAZHELL ALEXIS FLORES RODRÍGUEZ y  
SEBASTIAN RUIZ PINCHE**

Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS**

El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR UNANIMIDAD**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Presidente



Miembro



Miembro

## HOJA DE APROBACIÓN

Tesis sustentada en acto publico el día Miércoles 22 de Noviembre del 2023, a las 19:30 Horas, en las instalaciones de la UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ.



---

PRESIDENTE DEL JURADO

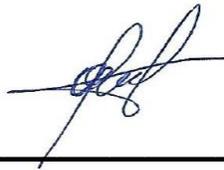
Ing. Carmen Patricia Cerdeña del Águila, Dra.



---

MIEMBRO DEL JURADO

Ing. Ulises Octavio Irigoín Cabrera, M. Sc.



---

MIEMBRO DEL JURADO

Ing. Keuson Saldaña Ferreyra, Mg.



---

ASESOR

Ing. Juan Jesús Ocaña Aponte, M. Sc.

## INDICE DEL CONTENIDO

	Páginas
DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
<b>CAPITULO I: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
1.1. Antecedentes de Estudio. ....	9
1.2. Bases Teóricas.....	22
1.2.1. Cuenca Hidrográfica .....	22
1.2.2. Parámetros geomorfológicos de la cuenca.....	24
1.2.3. Precipitación .....	33
1.2.4. Tiempo de concentración .....	36
1.2.5. Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF) de precipitación .....	38
1.2.6. Drenaje pluvial urbano .....	41
1.2.7. Periodo económico del diseño .....	52
1.2.8. Análisis hidrológico .....	54
1.2.9. Criterios de diseño de infraestructura sanitaria.....	55
1.2.10. Colectores de aguas pluviales .....	56
1.2.11. Componentes no estructurales para el drenaje .....	56
1.2.12. Criterios de diseño hidráulico de colectores de agua de lluvia .....	56
2.3. Definición de Términos Básicos.....	65
<b>CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....</b>	<b>70</b>
2.1. Descripción del Problema. ....	70
2.2. Formulación del Problema. ....	72
2.2.1. Problema General.....	72
2.2.2. Problemas Específicos .....	72
2.3. Objetivos. ....	72
2.3.1. Objetivo General .....	72
2.3.2. Objetivos Específicos.....	73
2.4. Hipótesis. ....	73
2.4.1. Hipótesis general.....	73
2.4.2. Hipótesis específicas. ....	73
2.5.1. Identificación de las variables. ....	73
2.5.2. Definición conceptual y operacionalización de variables .....	74
2.5.2.1. Definición Conceptual de variables.....	74

2.5.2.2. Operacionalización de las variables .....	74
<b>CAPITULO III: METODOLOGÍA .....</b>	<b>75</b>
3.1. Tipo y diseño de la Investigación.....	75
3.1.1. Tipo de Investigación.....	75
3.1.2. Diseño de Investigación.....	76
3.2. Población y muestra.....	76
3.2.1. Población.....	76
3.2.2. Muestra.....	76
3.3. Técnicas, Instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	77
3.3.1. Técnicas.....	77
3.3.2. Instrumentos de recolección de datos .....	77
3.4. Procesamiento para el análisis de datos.....	77
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>78</b>
4.1. Resultados.....	78
4.2. Discusión de resultados .....	95
<b>Dirección Electrónica.....</b>	<b>99</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
1. Cuadro N° 01: Definición conceptual y operacionalización.....	11
2. Cuadro N° 02: Operacionalización de las variables.....	12
3. Cuadro N° 03: Validez de constructor .....	16
4. Cuadro N° 04: Cronograma de actividades .....	18
5. Cuadro N° 05: Presupuesto general.....	18
6. Cuadro N° 06: Presupuesto analítico .....	19

## ÍNDICE DE GRAFICOS

	<b>Página</b>
7. Gráfico N° 01: Mapa de ubicación del lugar de estudio .....	08

## Resumen

Esta investigación es del tipo aplicada y de nivel descriptivo, tiene como objetivo evaluar el diseño del sistema de alcantarillado pluvial de las calles Bello Horizonte, los Huayruros, Güeppi y los Paujiles del A.H Bello Horizonte en el distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas al año 2021; y, alternativamente proponer la alternativa de diseño más apropiada.

En la investigación, se realizó el análisis hidrológico para el diseño de dos sistemas de drenaje pluvial urbano, con tiempos de retorno de 50 y 100 años, para identificar las deficiencias hidráulicas del sistema. El análisis estadístico de las precipitaciones, el tiempo de concentración y la determinación del caudal de escorrentía fue mediante el software HEC 4, Hydrognomon y Phytia. Los principales resultados del estudio fueron que la microcuenca de 7.7525 Has genera caudales máximos de hasta 0,185 m<sup>3</sup>/s para periodo de retornos de 100 años.

**Palabra clave:** precipitación, hidrología urbana, hidráulica, drenaje pluvial

## **Abstract**

This descriptive cross-sectional research aims to evaluate the design of the storm sewerage system of Bello Horizonte, Los Huayruros, Güeppi and Los Pajiles streets of the AH Bello Horizonte in the district of San Juan Bautista, province of Maynas; and, alternatively, propose the most appropriate design alternative.

In the investigation, the hydrological analysis was carried out for the design of two urban storm drainage systems, with return times of 20 and 25 years, to identify the hydraulic deficiencies of the system. The statistical analysis of the precipitations, the time of concentration and the determination of the runoff flow was through the software HEC 4, Hydrognomon and SPSS v7. The main results of the study were that the 10-hectare micro-basin generates maximum flows of up to 1.05 m<sup>3</sup>/s for a return period of 25 years.

**Key word:** precipitation, urban hydrology, hydraulics, storm drainage

## CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes de Estudio.

#### 1.1.1. Antecedentes locales

**Díaz y Fonseca (2017)**, en su tesis titulada “Análisis comparativo de los diseños de drenaje pluvial en las calles Nauta y los Periodistas con el escurrimiento superficial - Punchana 2017”, señalan que el tipo de investigación fue no experimental correlacional, y que la población conformada es infinita o finita muy grande.

Estos investigadores concluyen: “El diseño del drenaje pluvial en cunetas de la calle Nauta entre el pasaje Cóndor y la calle Rosa Merino, lado izquierdo, no permite un escurrimiento superficial adecuado de las precipitaciones pluviales, esto quiere decir que sí existe relación o dependencia entre el diseño del drenaje pluvial y el escurrimiento superficial”. (7).

**Geldres (2020)** en su tesis “Propuesta del sistema de drenaje pluvial urbano del distrito de Iquitos” señala que, en esta ciudad donde las lluvias son bastante comunes, es necesario que se construya un drenaje pluvial para la disposición de las aguas pluviales que se depositan en el área urbana la ciudad desarrolló un estudio que tuvo como objeto plantear un sistema de drenaje a fin de drenar oportunamente las aguas pluviales que se localizan en la ciudad. Metodológicamente, permitió la descripción del fenómeno de estudio y el diseño se vio enmarcado en uno no experimental. Destacó que el sistema ya existente, “es un sistema combinado, que intenta drenar aguas residuales y pluviales, y dada la cantidad de agua pluvial que se puede depositar, el sistema actual no es suficiente para el correcto drenaje, por lo que ocurren inundaciones cuando una lluvia supera la capacidad del sistema”. El sistema de drenaje propuesto busca drenar el agua incautada por la lluvia previniendo las inundaciones que se generan por precipitación de alta intensidad, para ello se propuso diseñar el sistema, empleando un modelamiento por computadora. Concluyó que es necesario

el diseño de un plan de mantenimiento y limpieza para garantizar el drenaje continuo. (11).

**Pantigozo (2021):** Con el objetivo de evaluar las propuestas de solución contenidas en el Estudio de Pre Inversión a nivel de Factibilidad del proyecto “Mejoramiento, Ampliación del Sistema de Drenaje Pluvial de la Ciudad de Iquitos”, formuló el “diagnóstico del actual sistema de drenaje pluvial, se identificó y caracterizaron las cuencas de aporte, las intensidades de lluvias, identificación de las áreas de riesgo e infraestructura existente, identificación de los factores que generan la ineficiencia del sistema, etc.; luego en función del análisis y evaluación de cada uno de ellos, se evaluó la Factibilidad Técnica para la implementación del proyecto denominado “Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Drenaje Pluvial de la Ciudad de Iquitos”, a un corto o mediano plazo” (17).

“La investigación es del tipo descriptiva, cuantitativa y con propuesta. La muestra es del mismo tamaño de la población y la estadística utilizada es la descriptiva y se aplicaron las medidas de distribución normal. Se utilizaron la historia de datos estadísticos de precipitaciones, máximas avenidas, periodos de retorno. Para el diseño de las secciones hidráulicas de cada elemento en cada área de drenaje, se tomó en cuenta, el tiempo de concentración, coeficiente de escorrentía, intensidad de la lluvia, pendientes” (17).

“El presente trabajo también es relevante porque, propone a partir del diseño propuesto, alternativas técnicas de mejora; una de ellas sugiere, para zonas planas donde se están proyectando desarenadores, éstas deben de ser eliminadas del proyecto y en su lugar, considerar su inclusión en los presupuestos de la Municipalidad Provincial de Maynas, como actividades de limpieza y mantenimiento permanentes. Como bondades del proyecto “Mejoramiento, Ampliación del Sistema de Drenaje Pluvial de la Ciudad de Iquitos” se indican que cobertura con calidad y continuidad del servicio del drenaje evitando aniegos en las calles y los recurrentes daños a las propiedades en los sectores identificados como de zonas de Riesgo”. (17).

### 1.1.2. Antecedentes nacionales

**Carhuamanca (2018)**, en su tesis titulada “Rediseño de la red para el Control de drenaje pluvial Urbano en el distrito de El Tambo”, con relación a la elaboración del estudio hidrológico refiere que, ha sido elaborado considerando la información de precipitación mensual de la estación del Shullcas, pero para el modelamiento hidráulico resulta obligatorio datos de tormenta es por esto que se empleó el método de distribución probabilística Gumbel como lo refiere el reglamento vigente: “Si para la zona de estudio solo se cuenta con información pluviométrica, se hallará la distribución de frecuencias de la precipitación máxima en 24 horas de dicha estación”, la distribución Gumbel al igual que en este estudio ha sido empleada en investigaciones similares tales como las expuestas por Chávez (2006), Granda (2013) y Rojas (2018); en las Tablas 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19 se muestra el proceso matemático de dicha distribución pasando de la interpretación mensual, diaria, horaria a minutos y para finalizar, en la Tabla 20 y en la Figura 14 se aprecian los valores de IDF para un tiempo de retorno de 2 y 10 años. (1).

**Delgado y Gonzales (2019)**, en su trabajo de tesis titulada “Diseño Del Sistema de drenaje pluvial y pavimentación para el área urbana del Centro Poblado de Pampa Grande, distrito de Chongoyape, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, 2017”, concluyen que la ausencia de drenaje pluvial en las calles de la zona, trae como consecuencia que en varias áreas de la ciudad se concentren las aguas de lluvia, y, que la ausencia de planificación y un sistema de drenaje pluvial provoca un ineficiente drenaje superficial de las aguas pluviales. (2).

**Gamboa y Chuquilin (2019)**, en su tesis titulada “Diseño hidráulico y estructural para el sistema de alcantarillado pluvial urbano de la urbanización popular La Unión, distrito de Soritor, provincia de Moyobamba – región San Martín”, estos investigadores concluyen que, “Para el diseño de los Drenes, tanto principales como secundarios, se ha tomado el coeficiente del valor de rugosidad como  $n = 0.016$  (para cunetas

revestidas), pudiendo decir que este valor resulta bastante conservador para dar mayor eficiencia y seguridad al momento de realizar los cálculos”. (3).

**Del Águila (2019):** En su tesis titulada “Diseño de un sistema de alcantarillado pluvial para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal del sector Chontamuyo Banda de Shilcayo - San Martín. 2018”, indica que, “el trabajo de investigación es de tipo Pre- Experimental porque relacionó la necesidad de los pobladores de diseñar un alcantarillado pluvial y se realizó estudios de mecánica de suelos a base de ensayos, topográficos y estudios hidráulicos, con la finalidad de evacuar el agua pluvial que presentan ante las lluvias”. Su población estuvo conformada por 1000 pobladores de un área determinada en el sector bajo Chontamuyo con 65 viviendas. (4).

**Corrales (2018):** En su tesis titulada “Evaluación y diseño del sistema de alcantarillado para mejorar la evacuación de aguas pluviales en el sector San Blas del distrito de Cusco” el tipo de investigación es descriptiva su población de la ciudad del Cusco es de 454,563 habitantes según los datos del INEI al 2016 (INEI, [www.infogob.jne.gob.pe](http://www.infogob.jne.gob.pe), 2018).

El investigador concluye: “Se logró demostrar la Sub Hipótesis N° 01 afirmando que el transporte de sólidos de arrastre obstruye el sistema de alcantarillado existente por lo que el 87% de sumideros estas colmatados, el 46% de canales peatonales están colmatados y el 99% de cámaras rompe presión de los canales peatonales están colmatados. También se logra demostrar que el coeficiente de escorrentía tiene alto grado de impermeabilidad ya que tiene valor de 0.91 para toda la cuenca de San Blas puesto que el 74.01% corresponde a superficie techada, el 8.44 % recae en superficie de calles adoquinadas, 7.14% recae en superficie de calles de concreto, 2.22% recae en superficie de calles asfaltadas y solo el 8.19% es superficie de área verde con incidencia a la infiltración”. (5)

**Sopan y Soto (2020):** En su tesis titulada “Propuesta de diseño de pavimento, utilizando concreto permeable para el control del drenaje pluvial en el Jr. Malecón Germán Aliaga de la ciudad de Tocache”, indican que su

trabajo de investigación es del tipo mixto cualitativo y cuantitativo, su población estuvo conformada por todos los jirones de la ciudad de Tocache. En sus conclusiones señalan que, “Se realizaron diseños de mezcla de concreto permeable para 15%, 20%, 24% y 25% de vacíos, para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>, obteniendo los valores de 233.29 kg/cm<sup>2</sup>, 220.22 kg/cm<sup>2</sup>, 210.15 kg/cm<sup>2</sup> y 208.36 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. De los cuales solo los diseños de 20%, 24% y 25% de vacíos cumplieron con la resistencia requerida de diseño. Analizando estos 3 diseños de mezcla concluimos que el diseño para 24% de vacíos es el óptimo, debido a que es el que más se acerca a la resistencia requerida de diseño teniendo solo una diferencia de 0.15 kg/cm<sup>2</sup>”. (6).

**Surco y Mendoza (2021)** desempeñaron un estudio que se centró en diseñar un mejoramiento de sistema de drenaje vial en una vía ubicada en la provincia de Talara. Metodológicamente, el diseño se vio enmarcado dentro de uno experimental. Se llevó a cabo una descripción geológica y geográfica del área a participar en dicho proyecto. Concluyeron que se identifica un caudal de diseño se 18.80 m<sup>3</sup> /s, lo cual indica el mayor caudal presentado en el último tiempo, a consecuencia de las lluvias motivo del fenómeno del niño y 0.1 m<sup>3</sup> /s. del menor caudal. Del mismo modo, se dio a conocer que el diseño llevado a cabo tuvo un tirante del canal de 0.60m y un talud de 1:1. Asimismo, el ancho del fondo del canal fue de 17.00 m. y el costo referencial para la implementación del mencionado proyecto fue de S/.1'595,974.41. (8).

**Ramos (2021)** efectuó una investigación que tuvo como propósito llevar a cabo un diseño de sistema de drenaje pluvial urbano en la ciudad de Huánuco. Metodológicamente, el diseño se vio enmarcado en uno no experimental. Para tal diseño se realizó una inspección detallada de la conducta de la lluvia, así como estudios específicos de topografía, hidrología, hidráulico y de suelos. Concluyó que es posible el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano, con el objeto de atender un caso de lluvia que pueda abarcar hasta 7,275 m<sup>3</sup> de agua pluvial, de tal manera que el sistema contemplará tuberías de material PVC con diámetros de 500mm,

600mm y 700mm, unidos por medio de sumideros, sedimentadores de dimensiones variables y buzones de registro con el objeto de regular los caudales presentados y prevenir inundaciones. (9).

**Ramírez (2021)** ejecutó una investigación que tuvo como intención estudiar la repercusión de la precipitación en lo respectivo del diseño del sistema de drenaje pluvial de calles del distrito Puquio en Ayacucho. Metodológicamente se basó en la descripción del objeto de estudio y el diseño se vio englobado dentro de uno no experimental. Se pudo estudiar la precipitación pluvial en el diseño del sistema de drenaje, se tomó en cuenta un lapso de retorno de 10 años, en donde una precipitación diaria sería de 41.89mm con 74.76mm/h de intensidad máxima.

Esta investigadora, concluyó: “que es necesario que el cálculo del caudal se realice teniendo presente los escenarios más catastróficos de precipitaciones”. (10).

**Rojas (2018)** puso en práctica una investigación que tuvo como intención dar a conocer los cálculos de precipitaciones, así como caudales de diseños de sistemas de drenajes. Metodológicamente, se basó en la descripción del fenómeno de estudio y el diseño se vio enmarcado dentro de uno no experimental. Destacó que para el cálculo del caudal se manipuló el método de hidrograma unitario adimensional, puesto que las áreas de las subcuencas analizadas eran elevadas a 3 km<sup>2</sup> y por ende un método racional no era aplicado en este caso. Concluyó que es necesario tener presente que, para llevar a cabo un oportuno estudio de sistema de drenaje, se debe iniciar de los valores de las precipitaciones registradas en las estaciones pluviométricas con el objeto de identificar los gastos de diseño y poder dimensionar oportunamente las obras de alcantarillado. (12).

**Hernández (2018)**. Con su tesis “Diseño del drenaje pluvial y evaluación de impacto ambiental en Urb. El Chilcal de la ciudad de Piura”. El estudio tuvo como objetivo plantear una red de drenaje pluvial ubicado en la urbanización el Chilcal en la ciudad de Piura, la zona fue elegida por presentar una topografía en depresión, en el cual se analiza el posible

impacto ambiental que se originaría durante la instalación del sistema de drenaje pluvial culminando con la presentación del costo que representaría la ejecución y mantenimiento de un proyecto de tal envergadura. Una de las conclusiones de la investigación es que los conductos de sección transversal circular utilizados han sido definidos debido a sus características de forma, para asegurar una velocidad de flujo adecuada, de tal manera que se permita un correcto arrastre partículas en suspensión, evitando su sedimentación aún ante caudales menores, es decir para los casos en donde las precipitaciones no sean de la intensidad de fenómenos El Niño. La investigación demuestra que existe un beneficio para los habitantes de la zona, siendo este estar exentos de todo tipo de enfermedades por transmisión de mosquitos originadas por la acumulación de agua de lluvia y por la putrefacción de materia orgánica que se encuentra presente en estas mismas. (13).

**Rojas & Humpiri (2016).** La tesis “Evaluación, diseño y modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca con la aplicación del software SWMM”.

Presenta la necesidad de la población de Juliaca de contar con una infraestructura urbana para dotar del servicio de drenaje de aguas pluviales con la ejecución del proyecto llamado “DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD DE JULIACA” que quedó estancado por encontrarse irregularidades en el proceso de aprobación del expediente técnico. Por esa razón en la investigación se evalúa los componentes primordiales del expediente técnico; como son, estudio de topografía e hidrología para analizar la realidad existente y diagnosticar la problemática. No obstante, los resultados obtenidos determinaron que los estudios realizados en la elaboración del expediente técnico fueron realizados con un sustento técnico insuficiente, el análisis hidrológico fue desarrollado para un periodo de retorno de 10 años mediante el método racional, el cual tiene ciertas limitaciones con el resultado de su diseño a comparación del software SWMM.

Como resultado del análisis se obtuvo un diseño del proyecto mediante el modelamiento digital con el software SWMM, realizando la verificación con

las normas y reglamentos que se debe regir para el diseño de un proyecto de tal envergadura. (14).

**Yañez (2014).** En la investigación “Eficiencia del Sistema de Drenaje Pluvial en la Av. Angamos y Jr. Santa Rosa”. Se determinó el estado presente del sistema hidráulico y la capacidad con respecto al mantenimiento y operación del sistema en la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa, para determinar las causas de la ineficiencia del sistema; debido a que en temporadas donde las precipitaciones pluviales son altas, las estructuras del sistema llegan al 100% de su capacidad, ocasionando problemas e incomodidad para la población de Cajamarca.

Las zonas que se encuentran topográficamente bajas son las más perjudicadas ante este tipo de eventos climatológicos, sumado esto a la ineficiente del sistema antes mencionado favorece a que ocurran inundaciones, erosiones en el curso del agua por el acrecentamiento de la velocidad de escorrentía, perjudicando de manera desfavorable en las áreas expuestas de viviendas y estructuras. Condición crítica, visto que a causa de la acumulación de las aguas pluviales y la insuficiente capacidad de drenaje se origina la alteración de la capa asfáltica; por ello, es necesario analizar el comportamiento hidráulico de las precipitaciones pluviales para un periodo de retorno de 2 años y de 10 años, para con los resultados definir el diseño más óptimo que se acomode a nuestra realidad. En este panorama, la actual investigación tiene como objetivo la determinación de la eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la zona geográfica seleccionada para la investigación. (15).

**Pesantes (2017).** La presente investigación “Análisis del comportamiento hidráulico del sistema de drenaje fluvial en la carretera central KM 473.50 al KM 486.70 Junín 2017”. Expone la problemática que muestra el departamento de Junín. En los distritos de Mazamari a San Martín de Pangoa; ya que, debido a la frecuente presencia de grandes precipitaciones torrenciales, esto habitualmente perjudica hacia la carretera, siendo un problema para el flujo adecuado de vehiculos que transitan por la vía; por esto, es de menester establecer un adecuado y conveniente sistema de

drenaje, buscando con esto disminuir el caudal asignándole una salida rápida para prevenir que pueda llegar hasta la carretera, plantear que se realice un adecuado mantenimiento para la infraestructura que correspondería al control y operación de un correcto diseño. El poco o nulo interés que se le ha dado para un adecuado mantenimiento de la infraestructura; teniendo en cuenta, que estas presentan fallas y en efecto, generan molestia e incomodidad en los usuarios en su trayecto por esta carretera; por lo antes mencionado la mayoría de estos sistemas de drenaje han perdido su capacidad de duración.

Esperando que en el futuro se realice parte del sistema de drenaje pluvial en las zonas más críticas e importante, y además, se pueda reducir el congestionamiento vehicular en ese tramo de la vía y con esto poder obtener resultados favorables para la satisfacción de los usuarios, del mismo modo creando oportunidades de puestos de trabajo que se requiere para una adecuada operación y funcionamiento de un proyecto tan importante. (16).

**Cebrián y García (2022)**, en su trabajo de investigación referido a la “Propuesta del Sistema de drenaje vial para mejorar la estructura del pavimento rígido en la Av. Unión, Anco Huallo – Chincheros – Apurímac, 2022”, propusieron el diseño de un sistema de drenaje de canto rodado o francés para solucionar la aglutinación y filtrado de agua en la estructura del pavimento rígido evitando así el deterioro de la vía. Indica: “El presente estudio fue de tipo aplicado; al respecto Hernández y Mendoza (2018) señalaron que los estudios en este contexto se denominan de tipo aplicado, dado que, como dice su nombre, se aplican los conocimientos aprendidos en la carrera para el logro de los propósitos planteados. En este caso se utilizaron los conocimientos para analizar el comportamiento de la estructura de pavimento”. “En cuanto al diseño de investigación, este fue experimental. De acuerdo con Hernández y Mendoza (2018), estos estudios se caracterizan porque una o más variables relacionadas con el objetivo de la investigación son manipuladas de manera intencional y controlada con el fin de medir el efecto que tienen sobre otra variable de interés”. (18)

“Asimismo, la presente investigación fue de nivel explicativa dado que su base consta en el entendimiento de un problema a profundidad, para así poder describir los factores que intervienen en él. Según Hernández y Mendoza (2018), un estudio explicativo es aquél que plantea entender la relación causal entre las variables de estudio, es decir, no solo se enfoca en describir un problema si no en entender las causas del mismo”. (18)

“Además, fue cuantitativa porque se recogieron y analizaron datos numéricos. Hernández y Mendoza (2018) indicaron que el enfoque cuantitativo es aquel que utiliza la recusación y el análisis de datos para dar respuesta a las interrogantes del estudio y poner a prueba hipótesis determinadas; además, se basa en mediciones numéricas, cálculos y, a menudo, en el empleo de datos estadísticos para modelar de forma precisa el comportamiento de la población”. (18).

“Como explica Carrasco (2019), en un estudio transversal se recogen datos de una muestra extraída de elementos de la población. Su objetivo es describir las variables e interpretar su influencia y relación en un momento determinado”. (18).

**Escudero y Pérez (2019)**, en su investigación “Análisis hidrológico para el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano en el sector Parco Chico, ciudad de Pomabamba, Ancash – Perú”, realizó el análisis hidrológico para el diseño de dos sistemas de drenaje pluvial urbano, con tiempos de retorno de 10 y 25 años, con el fin de identificar cuál de los dos sistemas es el recomendable teniendo en consideración la avenida de lluvias máximas que afectan la provincia; en su trabajo, también se busca confirmar si el análisis hidrológico, utilizando el software Sewergems, influye en el diseño de las obras superficiales (recolección) y subterráneas (transporte y evacuación) del sistema en dicho sector. En sus resultados indica que el diseño del sistema para un tiempo de retorno de 25 años, es el más recomendable. (19).

**Mandujano (2022)**, en su trabajo de tesis “Estudio de mejora del sistema de drenaje pluvial como solución a las inundaciones en el Jr. Chanchamayo de la ciudad de Tarma”, según la norma vigente Norma Técnica CE. 040

(2021). “Para el levantamiento topográfico se utilizó el Dron phantom 4 pro v2, softwares AutoCAD Civil 3D, ArcGIS Pro 1.2. Se analizó las precipitaciones diarias de los años 2001 a 2020 de la estación Meteorológica - Automática Tarma”. “El análisis estadístico de las precipitaciones fue mediante el software HEC 4, Hydrognomon y SPSS v26. Se aplicaron 21 criterios para el tiempo de concentración y métodos hidrológicos de SCS, Snyder y Clark para el caudal de esorrentía. La modelación del sistema de drenaje fue por el Software SewerGEMS v10”. “Los principales resultados del estudio fueron que la microcuenca de 0,275 km<sup>2</sup> genera caudales máximos de 0,71 a 1,05 m<sup>3</sup>/s para periodos de retorno de 2 a 30 años, respectivamente. La red de drenaje propuesta funcionará por gravedad para una longitud de total de tuberías de 2 476,50 m, diámetros desde 250 mm a 500 mm, 32 buzones y 96 sumideros que en condiciones periodo estático y extendido, cumplen estrictamente la norma vigente. Con la matriz Leopold se obtuvo que más del 68 % de los impactos son pocos significativos y el costo efectividad de 828,30 soles por cada habitante”. (20)

### **1.1.3. Antecedentes internacionales**

**Rivadeneira (2012).** La investigación “Diseño del sistema de Alcantarillado Pluvial del barrio “La Campiña del Inca” Canton Quito, Provincia de Pichincha”, Plantea la necesidad de contar con infraestructuras de servicios básicos en la Parroquia San Isidro del Inca en el barrio la Campiña del Inca, y con esto la falta de un sistema de alcantarillado pluvial que reduzca los problemas de acumulación y estancamiento de estas aguas, mejorando la calidad de vida de la población de la zona de estudio, reduciendo de esta manera los problemas de enfermedades gastrointestinales como diarrea, paludismo, cólera, tifus, entre otras que son causados por la concentración de las aguas pluviales. Por lo expuesto, se analizaron diferentes aspectos como los naturales, físicos y espacios económicos de la Parroquia; realizando además estudios de topografía y análisis de suelo para con la

información y data necesaria posteriormente elaborar el diseño del alcantarillado pluvial para la Parroquia San Isidro del Inca. (21).

**Gálvez (2004).** La presente investigación “Planificación y Diseño de los Sistemas de Drenaje Sanitario y Pluvial de la Cabecera Municipal de Pasaco, Jutiapa”. Fue realizada en el pueblo de Pasaco, del municipio de Pasaco en Jutiapa; desde los últimos años el pueblo de Pasaco se encuentra con un mayor crecimiento de población, pero lamentablemente carecen de mucho servicio de infraestructura básica; por ello se eligió el estudio de la investigación en la zona antes mencionada, el desarrollo de la presente se empezó analizando la realidad actual y determinando el problema que aqueja a la población, brindando como resultado del estudio, el proyecto de sistemas de drenaje sanitario y pluvial que por los diferentes factores contemplados se diseñó el alcantarillado con tubería de concreto, siendo esta una de las más económicas. Cabe indicar que se efectuó la investigación considerando las normas y especificaciones para realizar los cálculos que se debe contemplar en un proyecto de tal envergadura, considerando que la ejecución del proyecto ofrecerá la oportunidad de trabajo para los habitantes de la región; asimismo, se incorpora una pequeña historia y los actuales detalles del municipio de Pasaco, del mismo modo los planos que se elaboró para este proyecto del diseño de los sistemas de drenaje sanitario y pluvial. (22).

**Elhamid et al. (2020),** llevaron a cabo una investigación que tuvo como objeto valorar el impacto de transformar el coeficiente de escorrentía motivado al aumento urbano en la elaboración de un sistema de drenaje vial. Metodológicamente, permitió la descripción del universo de estudio y el diseño se vio englobado dentro de uno no experimental. Destacaron que una comparación entre el caudal estimado y el caudal medido evidencia que la ecuación empírica puede pronosticar el caudal máximo para diversas cuencas con exactitud alta. Los resultados indican que un coeficiente de escorrentía creciente motivado a un crecimiento urbano permite una elevada descarga del emisario, así como la velocidad de los sistemas de drenaje de aguas pluviales. Concluyeron que el precio aumenta dependiendo del aumento de la urbanización. (23).

**Nguyen y Nguyen (2020)** desarrollaron una investigación que tuvo como objeto plantear un enfoque nuevo de mitigación de escala estadística a fin de establecer la relación entre las lluvias extremas del día a día a escala regional. Metodológicamente se basó en la descripción del objeto de estudio y el diseño se vio envuelto en uno no experimental. Se analizaron 7 pluviómetros y conclusiones de simulación climática de 21 GCM que posteriormente la NASA ha mitigado a una escala regional para RCP 4.5 guion de 25km. Los resultados indicaron exactitud y viabilidad del enfoque SD planteado. Se evidenciaron incrementos importantes del 8% al 18% en las lluvias críticas de retorno hasta de 25 años, así como incrementos poco importantes del 3% al 8% en las lluvias de 50 y 100 años para diversos lugares. Concluyeron que se calcularon intervalos de confianza de 5% al 22% para dichas precipitaciones. (24).

**Rey (2019)** presentó un estudio que se basó en proponer un drenaje urbano sostenible. Metodológicamente permitió la descripción del universo de estudio y el diseño se vio enmarcado dentro de uno no experimental. Destacó que, en Manizales, las inundaciones pluviales se encuentran vinculadas con lo correspondiente a topografía abrupta. Para la aplicación del análisis hidráulico se descubrió que dicha distribución de la precipitación de diseño más intensa se constituye a la distribución del percentil del 5% de Manizales, en donde tuvo como duración 25 minutos. Concluyó que las inundaciones son complejas de mitigar por las elevadas velocidades de precipitación y la respuesta por las altas pendientes de las subcuencas y las pequeñas distancias para el acceso a la red. (25).

**Laouacheria et al. (2019)** efectuaron un estudio que tuvo como finalidad entender y pronosticar la conducta de la red de aguas pluviales para buscar soluciones eficaces a las complejidades operativas. Metodológicamente, se centró en la descripción del fenómeno de estudio y el diseño se vio englobado dentro de uno no experimental. Destacaron que el sistema de drenaje es oportuno para las vías urbanas y puede ejecutar la modelización hidráulica para diversos casos de lluvia y distintos tiempos de retorno. Las comparaciones respecto a los resultados de la modelización hidráulica en estados de lluvia manifestaron que la manera del doble triángulo con el

poco tiempo y los distintos lapsos de retorno incrementan el caudal al máximo y reducen el volumen total. Concluyeron que las lluvias críticas permiten valorar el rendimiento de los sistemas de aguas pluviales, lo que conlleva a cambiar criterios de diseño para que la red de aguas pluviales conserve su capacidad hasta finalizar su vida útil. (26).

**Balbastre et al. (2019)** pusieron en práctica un estudio que se centró en una comparación sistemática de tormentas para implementación de sistemas de drenaje urbano. Metodológicamente, se basó en una revisión documental y el diseño se vio enmarcado en uno no experimental. Respecto a la comparación, el tiempo de la tormenta se determinó en una hora y el lapso de retorno duró 25 años en cada uno de los casos. La comparación se optimiza a través del empleo de cada una de las tormentas como inicio de lluvia para un modelo de lluvia-escorrentía de hidrología urbana calibrado. Concluyeron que 7 de las tormentas aprobadas evidenciaron un desempeño general parecido, comprobando diferencias poco significativas en la práctica. (27).

## **1.2. Bases Teóricas.**

### **1.2.1. Cuenca Hidrográfica**

“Los sistemas de drenaje han cambiado de zanjas primitivas a complejas redes de alcantarillas y conductos superficiales y subterráneos” (Mexicano).

Las fórmulas empíricas tradicionales empleadas durante las últimas décadas, resultan hoy día inadecuadas. La aproximación a través de gastos máximos promedio, calculados a partir de frecuencias relativas no es suficiente para la mayoría de los diseños actuales.

Ahora bien, para manejar satisfactoriamente los elementos básicos, es necesario actualizarse con el desarrollo de nuevas técnicas.

Asimismo, es necesario combinar los procesos hidrológicos fundamentales con modelos matemáticos de forma tal que produzcan resultados confiables en puntos de interés en el tiempo y espacio.

Además, las demandas de la sociedad para implantar mejores controles sobre el medio ambiente, requiere que las consideraciones sobre calidad del agua se sobrepongan a las estimaciones de cantidad, para un manejo integral del recurso agua.

Objeciones fundamentales sobre los métodos que se han aplicado para diseñar sistemas de drenaje urbano:

- Las fórmulas empíricas utilizadas, han sido calibradas en zonas con condiciones diferentes a las del problema específico que se pretende resolver.
- El sustituir la distribución de una característica por un valor promedio, impide tomar en cuenta el ordenamiento que dicha característica presenta en el sistema.
- El integrar los tres elementos de un sistema de drenaje urbano en un todo, impide ver con claridad los efectos que se producen cuando se modifica una de ellas y dificulta por consiguiente el dilucidar, las consecuencias que tiene el establecimiento de una nueva zona urbanizada sobre el drenaje general de una ciudad.

Las limitaciones de los métodos tradicionales de análisis han propiciado un desarrollo anárquico de los sistemas de drenaje urbano en las principales urbes del mundo, provocando un estado crítico en la mayoría de las metrópolis.

La crisis anterior, ha motivado la revisión de los métodos de diseño y la aparición de un gran número de publicaciones en los que se desarrollan nuevas herramientas de cálculo cubriendo un espectro muy amplio en cuanto al grado de subdivisión de los elementos que integran el sistema de drenaje” (Mexicano).

“En un extremo de este espectro están los métodos tradicionales que, como ya se vio, consideran al sistema de drenaje como un todo. En el otro extremo se encuentran métodos que utilizan una subdivisión detallada en cada uno de los elementos del sistema, pero que requieren para ello

información excesiva que en muchas ocasiones no es posible contar.” (Gutiérrez et al., 2011)

Una cuenca hidrográfica es una superficie terrestre en donde las aguas pluviales son drenadas hacia un solo punto de salida.

Según Villón (2002), La cuenca de drenaje de una corriente es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de su recorrido. (p.21), citado en (Geldres, 2020, p.17-18).

La cuenca es uno de los factores hidrológicos más importantes, Hernández (2018) describió que: “La superficie de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación, se agrupan para formar un solo curso de agua. En ese espacio se desarrolla un sistema de drenaje superficial con la finalidad de dirigir la escorrentía hacia zonas con cotas bajas hasta depositarse en ríos, lagos o mar”. (p.20), citado en (Mandujano, 2022, p.15).

Otras interpretaciones vendrían siendo las cuencas urbanas como límites específicos, según Agredo (2013) afirma que: “Es la cuenca hidrográfica donde se originan procesos urbanísticos de asentamientos humanos, con actividades sociales, económicas, políticas y culturales, apoyadas en sistemas tecnológicos artificiales que se desarrollan a expensas del sistema natural”. (p.124), citado en (Mandujano, 2022, p.15).

### **1.2.2. Parámetros geomorfológicos de la cuenca**

En la literatura internacional la geomorfología de una cuenca hidrográfica queda definida por sus parámetros forma, parámetros de relieve y parámetros de red hidrográfica, formulados con ecuaciones matemáticas, para la clasificación, comparación e interpretación de sus condiciones tanto físicas y químicas. (Cahuana y Weimar, 2009), citado en (Mandujano, 2022, p.15)

### 1.2.2.1. Parámetros de forma

**Factor de forma de la cuenca:** El factor de forma fue planteado por Horton (1932) que se representa mediante la siguiente expresión:

$$F_f = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

$F_f$  : Factor de forma (adimensional)

L : Longitud de la cuenca en (km)

A : Área de la cuenca en (km<sup>2</sup>)

Mandujano (2022), cita a Fuentes (2004, p.16) y muestra la clasificación del factor de forma de la cuenca en función de la forma de la propia cuenca:

Tabla 1. Factor de forma y forma de la cuenca

<b>F<sub>f</sub></b>	<b>Forma de la cuenca</b>
0,01 – 0,18	Muy poco achatada
0,18 – 0,36	Ligeramente achatada
0,36 – 0,54	Moderadamente achatada

Fuente: Fuentes (2004) en Mandujano (2022)

Llamas (1993) citado en Díaz et al. (1999), indica: “Para determinar la forma de una cuenca se utilizan los coeficientes que a continuación se describen:”

### **Coefficiente de compacidad**

El coeficiente de compacidad definido por Gravelius como la relación entre el perímetro y la circunferencia del círculo que tenga la misma superficie o área de la cuenca. Se representa mediante la siguiente expresión:

$$K_c = 0,282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

Kc : Coeficiente de compacidad (adimensional)

P : Perímetro en (km)

A : Área de la cuenca en (km<sup>2</sup>)

Este coeficiente es igual a uno (1) cuando la cuenca es perfectamente circular y es igual a 1.128 si la cuenca es cuadrada. Este coeficiente puede alcanzar el valor de tres (3) en el caso de una cuenca muy alargada.

Villón (2012), describe el coeficiente de compacidad de la cuenca en función de la forma de la cuenca.

Tabla 2. Coeficiente de compacidad y forma de la cuenca

Kc	Forma de la cuenca
1 – 1,25	Oval redonda
1,25 – 1,50	Oval oblonga
1,50 – 1,75	Oblonga alargada

Fuente: Villón (2012)

### **El índice de circularidad o factor de circularidad**

Según Cerignoni y Rodrigues (2015): El índice de circularidad propicia la comparación de la forma de la cuenca con la geometría del círculo. Se representa mediante la siguiente ecuación.

$$I_c = 12,57 \frac{A}{P^2} \pi r^2$$

Donde:

Ic: coeficiente de compacidad (adimensional)

P: perímetro de la cuenca (km)

A: área de drenaje de la cuenca (km<sup>2</sup>).

El coeficiente de compacidad ( $K_c$ ) se refiere también a la forma de la cuenca con un círculo, de acuerdo a Villela & Mattos (1975) en Cerignoni, F.J. et al (2015), este coeficiente es un número adimensional que varía con la forma de la cuenca, independientemente de su tamaño. Se determina con la siguiente ecuación:

$$K_c = 0,28 \left(\frac{P}{\sqrt{A}}\right)$$

Donde:

P: Perímetro en m.

A: Área de drenaje en  $m^2$

Según Cerignoni y Rodríguez e Cuando los resultados de factor de forma, el coeficiente de compacidad y el índice de circularidad son iguales o cercanos a 1.0, la cuenca se acerca a la forma circular con alta tendencia a inundar. Cuando el coeficiente de compacidad es mayor que 1.7, corresponde a una cuenca alargada con mayor tendencia a la conservación del medio ambiente.

Tabla 3. Factor de forma (Ff), índice de circularidad (Ic) y coeficiente de compacidad (Kc) de la cuenca

Ff	Ic	Kc	Forma de cuenca	Interpretación ambiental
1 - 0,75	1 - 0,8	1 - 1,25	Circular	Alta tendencia a inundaciones
0,75 - 0,50	0,8 - 0,6	1,25 - 1,50	Ovalada	Mediana tendencia a inundaciones
0,50 - 0,30	0,6 - 0,4	1,50 - 1,70	Oblongo	Baja tendencia a la inundación
<0,3	< 0,40	>1,70	Largo	Propensa a la conservación

Fuente: Cerignoni y Rodríguez (2015)

### 1.2.2.2. Parámetros de relieve

De acuerdo con Cerignoni y Rodríguez (2015) la evaluación del relieve se obtiene por la amplitud altimétrica (H) en metros, que es la diferencia entre la cota más elevada aguas arriba y la cota más baja aguas abajo de la cuenca. (p.6). Además, se obtiene la razón de alivio (Ra) que según Schumm (1956), es la relación entre la diferencia de la altitud de los puntos extremos de la cuenca y su mayor longitud (L), y permite la comparación

de la altimetría de las regiones. En cuanto mayor sea el valor de la razón de alivio, más heterogéneo y desigual es el relieve predominante en la región, siendo ésta más susceptible a la erosión (Rodrigues et al., 2013) en (Cerignone y Rodrigues, 2015). Se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$R_a = \frac{H}{L}$$

Donde:

L: Longitud de la cuenca en m.

La pendiente media es la suma de la longitud de las cotas multiplicadas por la equidistancia entre ellas y dividida por el área de la cuenca. Para su obtención, en Lima (1986) citado por (Rodrigues et al., 2013) se recomienda la siguiente ecuación:

$$D \% = \frac{\sum Ln \cdot \Delta H}{A} \times 100$$

Donde:

D%: pendiente media de la cuenca, expresada en %.

Ln: longitud de las cotas en m.

H: equidistancia entre las elevaciones en m y A

A: área en km.

En Mandujano (2022), se indica, la existencia de otros criterios para determinar la pendiente media de la cuenca; pero los métodos más usados son el de Nash, Alvord, y Horton, y el método del rectángulo equivalente. El más representativo viene dado por la siguiente ecuación:

$$S_c = \frac{H_M - H_m}{1000 \cdot L}$$

Donde:

Sc: pendiente media de la cuenca (%)

HM : altitud mayor (m).

Hm : altitud menor (m)

L : longitud de la cuenca medida (km).

Las cuencas que presentan pendientes fuertes causan mayor aceleración de las escorrentías ante las precipitaciones que repercute en el fenómeno de erosión hídrica (Horton, 1945; Strahler, 1964) citado por (Mandujano, 2022).

Ortiz (2004) clasifica las pendientes medias de los tipos de relieve reconocidos:

Tabla 4. Clasificación de las pendientes medias

<b>Pendiente (%)</b>	<b>Tipo de relieve</b>
0-3	Plano
3-7	Suave
7-12	Mediano
12-35	Accidentado
35-50	Fuerte
50-75	Muy Fuerte
>75	Escarpado

Fuente: Ortiz (2004)

Existen otros parámetros que caracterizan a las cuencas y, sirven para la comprensión de la hidrología y drenaje urbanos; aunque, su estudio más corresponde al campo de los ríos, su comprensión, permiten caracterizar el drenaje. Se listan a continuación: curva hipsométrica y elevación media; relación de elongación; rectángulo equivalente; pendiente; orientación. Ciertos parámetros, sin embargo, como los ríos, riachuelos y cauces naturales se han convertido en parte del drenaje urbano, parcialmente, se lo trata en el ítem siguiente.

### **1.2.2.3. Parámetros de la red hidrográfica**

Los parámetros de la red hidrográfica, contribuyen a la caracterización del drenaje y son los más imprescindibles a determinar por su elevado grado de importancia para las obras hidráulicas, entre éstos están: la orden de

corrientes y relación de bifurcación, pendiente media del río, longitud media de la corriente, relación media de bifurcación, frecuencia de flujo, densidad de drenaje, densidad hidrográfica, textura de drenaje.

Horton, en 1945, en Díaz, et al. (1999), desarrolló un sistema para ordenar las redes de ríos; el cual fue mejorado por Strahler en 1964, sistema que es conocido como Horton-Strahler y hasta hoy en día es el método más comúnmente utilizado (Chow et al., 1994). (Díaz, et al., 1999).

Por otro lado, Horton también introdujo el concepto de relación de bifurcación ( $R_b$ ) para definir el cociente entre el número de cauces de cualquier orden ( $N_u$ ) y el número de corrientes del siguiente orden superior.

$$(N_{u+1}), \text{ con } R_{b_u} = \frac{N_u}{N_{u+1}}, \text{ y } \overline{Rb} = \frac{\sum_{i=1}^n Rb_i(N_i + N_{i+1})}{\sum_{i=1}^n (N_i + N_{i+1})}$$

Tabla 5. Relación de bifurcación y número de cauces

	U (Orden)				
	1	2	3	4	5
$N_u$	1622	403	88	29	1
$R_{b_u}$	4.02	4.58	3.03	29	

Fuente: (Díaz, et al., 1999).

“De acuerdo con Campos (1992), las relaciones de bifurcación varían entre 3.0 y 5.0 para cuencas en las cuales las estructuras geológicas no distorsionan el modelo de drenaje. (Díaz, et al., 1999)” (p.130)

Campos (1992) en Mandujano (2022), estableció el siguiente procedimiento para ordenar las corrientes:

“La de orden 1: las que corresponden a los afluentes sin ramificación de los cauces.

La de Orden 2: las que corresponden a los afluentes que reciben corrientes de orden 1.

Las de Orden 3: las que corresponden a los afluentes que reciben corrientes de orden 2; pero también pueden tomar corrientes de orden inferiores y sucesivamente” (Mandujano, 2022).

### **Longitud media de la corriente**

Según Mandujano (2022): Longitud media de la corriente: La longitud media de la corriente fue definida por Strahler (1964) mediante la siguiente ecuación:

$$L_{mr} = \frac{L_u}{N_u}$$

Donde:

“ $L_{mr}$  es la longitud media de la corriente (km);  $u$  el orden del río;  $L_u$  la longitud del cauce (km);  $N_u$  el número total de cauces de orden  $u$ ” (Mandujano, 2022, p.20).

### **Relación de bifurcación**

Según Mandujano (2022): La relación de bifurcación fue definida por Schumn (1956) mediante la siguiente ecuación:

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

Donde:

“ $R_b$  es la relación de bifurcación de cauces de orden  $u$  (adimensional);  $N_u$  el número total de cauces de orden  $u$ ;  $N_{u+1}$  el número de cauces de orden  $u+1$  (orden superior)” (Mandujano, 2022, p.20).

### **Relación media de bifurcación**

Para Mandujano (2022): “La relación media de bifurcación fue definida por Schumn (1956) mediante la siguiente ecuación:

$$R_{mb} = \frac{\sum R_b}{N_{TB}}$$

Donde  $R_{mb}$  es la relación media de bifurcación (adimensional);  $N_{TB}$  el número total de bifurcaciones” (Mandujano, 2022, p.20).

### **Frecuencia de flujo**

Mandujano (2022) afirma: “La frecuencia de flujo fue definida por Horton (1945) mediante la siguiente ecuación:

$$F_S = \frac{N_u}{A}$$

Donde  $F_S$  es la frecuencia del flujo;  $A$  es el área de la cuenca ( $\text{km}^2$ );  $N_u$  el número total de cauces de orden  $u$ ” (Mandujano, 2022, p.21).

### **Densidad de drenaje**

Mandujano (2022) afirma: “La densidad de drenaje fue definida por Horton (1945) mediante la siguiente ecuación:

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^N L_u}{A_c}$$

Donde:  $D_d$  es la densidad de drenaje ( $\text{km}/\text{km}^2$ ),  $\sum L_u$  es la longitud total de todos los cauces (km);  $A$  el área de la cuenca ( $\text{km}^2$ ) (Mandujano, 2022, p.21).

### **Textura de drenaje**

Mandujano (2022) afirma: “La textura de drenaje fue definida por Horton (1945). Luego, cinco años posteriores Smith (1950) clasificó en 5 clases diferentes de texturas: (i) muy gruesa ( $<2$ ); (ii) gruesa (2 a 4); (iii) moderada (4 a 6); (d) fina (6 a 8); y (e) muy fino ( $> 8$ ). El indicador puede expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$T_d = \frac{\sum N_u}{P}$$

Donde:  $T_d$  es la textura de drenaje,  $P$  el perímetro de la cuenca (km);  $N_u$  el número total de cauces de orden  $u$ . (Mandujano, 2022, p.21).

### 1.2.3. Precipitación

Cahuana y Weimar (2009) afirmó que: “la precipitación es la fuente principal de agua en la superficie terrestre, y su conocimiento desde las mediciones, análisis de distribución espacial y temporal es el punto de partida para los estudios de un uso sostenible de los recursos hídricos y obras hidráulicas necesarias a proyectar para dicho fin (p.41)” (Mandujano, 2022). La precipitación es cualquier forma de humedad que llega a la superficie terrestre, ya sea lluvia, nieve, granizo, niebla, rocío, etc. (Del Águila, 2019).

Los elementos necesarios para la formación de las precipitaciones son: Humedad atmosférica; radiación solar; mecanismos de enfriamiento del aire; presencia de núcleos higroscópicos para que haya condensación. (Del Águila, 2019).

El proceso de formación se puede resumir como sigue:

El aire húmedo de los estratos bajos es calentado por conducción. El aire húmedo se torna más leve que el de su alrededor y experimenta una ascensión adiabática. El aire húmedo se expande y se enfría a razón de 1°C por cada 100 m (expansión adiabática seca) hasta llegar a una condición de saturación para llegar a la condición de condensación. Las gotas de agua se forman cuando la humedad se condensa en pequeños núcleos higroscópicos. Dichas gotas quedan en suspensión y crecen por diversos motivos hasta que por su peso precipitan. (Del Águila, 2019).

“Las investigaciones de drenaje pluvial inician por los estudios hidrológicos para lograr estimar los caudales de máximas avenidas según los periodos de retorno en análisis y con estos permite dimensionar las obras de

drenaje”. El primer procedimiento una vez obtenida las precipitaciones en las estaciones meteorológicas es aplicar un análisis crítico a la calidad de sus datos. (Rojas y Humpiri, 2026) en (Mandujano, 2022).

“El conocimiento de las distribuciones teóricas de las precipitaciones tomando en consideración el tiempo y el espacio para posteriormente aplicar los métodos estadísticos es sumamente importante para conocer el comportamiento de las mismas (Segeber y Villodas, 2006)”. (Mandujano, 2022).

#### **1.2.3.1. Periodo de retorno**

Es la cantidad de tiempo para la cual la probabilidad de ocurrencia se distribuye uniformemente en los periodos que componen dicha cantidad de tiempo. Es decir es el lapso o número de años que en promedio, se espera que será igualado o excedido, o mejor dicho es la frecuencia con la que se presenta un evento extremo de lluvias torrenciales. Así, un periodo de retorno de 50 años corresponde a una probabilidad de excedencia de  $1/50=0.02$  o 02% para un año cualquiera (Gutiérrez et. al 2011).

#### **1.2.3.2. Análisis estadístico de las precipitaciones**

“Las observaciones del régimen de lluvias y escurrimientos de una cuenca, resultan válidos sólo en el caso en que se empleen serie homogéneas. Además, es necesario predecir su ocurrencia mediante análisis de probabilidad con series de comportamiento aleatorio (Peralta, 2013). Por lo que cualquier estudio hidrológico debe comenzar con la comprobación de la homogeneidad y aleatoriedad de las series de observaciones que pretenden utilizar” (Mandujano, 2022).

“El análisis de consistencia de las precipitaciones según Aliaga (1983) planteó que la inconsistencia es el sinónimo de error sistemático (naturales o artificiales) y se presenta como saltos y tendencias, y no homogeneidad. La inconsistencia y no homogeneidad se manifiesta en saltos o tendencias

en las series historias de las precipitaciones. Además, se refleja en los parámetros estadísticos como la media, desviación estándar y correlación. (Salas, 2014, p.17)". (Mandujano, 2022).

Entre los métodos existentes para demostrar homogeneidad de los datos de acuerdo con González et al., (2000) en Mandujano (2022), son:

- Métodos gráficos (Curvas simple y doble masa)
- Pruebas paramétricas (Student, Fischer, Cramer)
- Pruebas no paramétricas (Spearman, Kruskal-Wallis, Helmer, Secuencias)
- Pruebas de aleatoriedad (Coeficientes de autocorrelación)

“El análisis de consistencia de las series históricas de la precipitación más frecuente utilizado es la curva doble masa. Es utilizado para la interpolación y relleno de datos faltantes para algunas extrapolaciones para series incompletas, pero más que todo identificar incongruencias en los datos. Aparicio (1992) señala que la curva doble masa es de gran utilidad debido a que muchos de los errores son compensados. El propio autor plantea que, la correlación para que sea correcta, en la estación base y la estación en cuestión, la curva doble masa debe ser una línea relativamente recta, y su pendiente no cambie. En la figura 4, se muestra un ejemplo de la curva de doble masa”. (Mandujano, 2022).

### **1.2.3.3. Modelos de distribuciones teóricas**

Mandujano (2022) señala: “Fundamentalmente las obras hidráulicas se diseñan con los caudales máximos a su vez son obtenidos de las transformaciones de las precipitaciones máximas. Por tanto, los análisis de datos son recolectados mediante los valores máximos de un conjunto de una serie histórica de precipitaciones. Estos extremos son distribuidos probabilísticamente cuando el conjunto de datos es grande (Segeer y Villodas, 2006)”. (Mandujano, 2022).

“El MTC (2014) expone las distribuciones más recomendables cuando utilizan variables hidrológicas como son: Log normal, Gumbel y Log Pearson tipo III; así como que, en el mismo sentido ya había sido planteado por Chow (1954)” (Mandujano, 2022).

#### **1.2.3.3.1. Distribución Gumbell**

Se aplicará la distribución de Gumbel

#### **1.2.4. Tiempo de concentración**

Mandujano (2022) expresa: “El tiempo de concentración se interpreta como el tiempo que cae una gota en un punto del área de la cuenca hasta que llega la salida de esta (Villón, 2002). Este depende de la geometría de planta, pendiente, área, características del suelo, cobertura vegetal entre otros factores. El tiempo de concentración está definido como:

$$t_c = t_0 + t_f$$

Donde  $t_c$  es el tiempo de concentración;  $t_0$  el tiempo requerido para que todo el escurrimiento llegue a la entrada del sistema o sumidero;  $t_f$  el tiempo en que el flujo recorre el sistema.

Mandujano (2022) indica: “Para determinar el tiempo de entrada existen un gran número de autores que han propuesto ecuaciones empíricas. La Norma Técnica CE.040 (2021) y el MTC (2018) propone las siguientes ecuaciones de:

**Ecuación de Kirpich:**

$$t_c = 0,0194L^{0.770} S^{-0.385}$$

**Ecuación de California Culverts Practice:**

$$t_c = 0,0195 \left( \left[ \frac{L^3}{H} \right] \right)^{0,385}$$

**Ecuación de Izzard:**

$$t_c = \frac{[0,000027i+c]L^{0,33}}{s^{0,333} i^{0,667}}$$

**Ecuación Federal Aviation Administration:**

$$t_0 = \frac{0,7035(1,1-C)L^{0,5}}{s^{0,333}}$$

**Ecuación de onda cinemática por Morgali y Linsley:**

$$t_c = \frac{7[L^{0,6} n^{0,6}]}{i^{0,4} s^{0,3}}$$

**Ecuación de retardo:**

$$t_c = \frac{\left[ \left( \frac{100}{CN} - 9 \right)^{0,7} \right]}{s^{0,5}}$$

Donde:

$t_c$  : tiempo de concentración (min),

$L$  : longitud del curso de agua más largo (m),

$S$  : pendiente promedio de la cuenca (m/m),

$H$  : diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (m),

$i$  : intensidad de lluvia (mm/h),

$c$  : coeficiente de retardo,

$C$  : coeficiente de escorrentía del método racional,

$n$  : coeficiente de rugosidad de Manning,

CN: número de curva SCS". (Mandujano, 2022, p.28-29)

**Tiempo de recorrido en cada tramo del conducto de drenaje**

Se calculó por la siguiente ecuación:

$$t_f = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{V_i}$$

Donde:

$T_f$ : tiempo en que el flujo recorre el sistema (min),

$L_i$ : longitud del conducto a,

$V_i$ : velocidad del flujo

Según la Norma Técnica CE.040 (2021) de Drenaje Pluvial el tiempo de concentración para el dimensionamiento del drenaje pluvial no debe considerarse valor inferior a 10 minutos.

### **1.2.5. Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF) de precipitación**

“Pizarro, Abarza & Flores (2001) plantean que las Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) “simbolizan la intensidad media en intervalos de diferente duración, a una misma curva para el mismo período de retorno” (p.66)” (Mandujano, 2022, p.29).

“Un primer proceso de análisis de la información de lluvia en forma de hietogramas existentes es el establecimiento de una curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF). Una curva IDF supone una relación entre las intensidades medias máximas esperables, para cada duración de precipitación, con un periodo de retorno considerado. El proceso de obtención está suficientemente descrito en muchos textos de hidrología (Chow, 1988). La ventaja de trabajar en cuencas urbanas es que los periodos de retorno que se suelen considerar en zonas urbanas (5, 10 años) son bajos, por lo que la longitud de la serie temporal para obtener una curva IDF fiable puede ser de tan solo 20 a 30 años, mientras que estudios para periodos de retorno altos (100 a 500 años) recurren necesariamente a extrapolaciones de tipo estadístico que pueden ser en algún caso arriesgadas.” (Gómez, 2007, p.46)

Según Gómez (2007): Para obtener las curvas IDF se debe realizar el siguiente proceso:

- (i) considerar todas las precipitaciones registradas a lo largo de un gran número de años, a nivel de hietograma y en intervalos de registro de al menos 10 minutos,
- (ii) ordenar estas precipitaciones, clasificándolas en base a los diferentes intervalos de referencia (10, 15, 20, 25, 30 minutos, etc.),
- (iii) obtener, para cada intervalo de referencia, la serie de Intensidades Medias Máximas Anuales para cada año de registro,
- (iv) obtener a partir de una distribución de extremos, como por ejemplo una ley tipo Gumbel, para cada intervalo de referencia, las Intensidades Medias Máximas Anuales para cada periodo de retorno, y finalmente
- (v) en base a los datos anteriores definir la familia de curvas Intensidad-Duración-Frecuencia de la estación de estudio, a partir de los puntos con igual periodo de retorno. (p.48)

“En la serie de máximos anuales estamos obligados a considerar para cada intervalo de tiempo de referencia el valor máximo de cada año, mientras que sería posible en vez de considerar un valor máximo por año el considerar para el total de años de que se disponen datos,  $N$ , los  $N$  máximos valores observados, pudiéndose darse el caso de que dos o más de los valores considerados se produjeran en un mismo año que puede haber sido extraordinariamente lluvioso, y que en algún otro año no haya ningún valor incluido en los datos empleados para la serie de máximos. En este caso deberemos emplear en el cálculo la metodología de series parciales. De todos modos, para periodos de retorno de 10 años o mayores, las diferencias entre el cálculo con series anuales o con series parciales son poco importantes”. (Gómez, 2007, p.46-47)

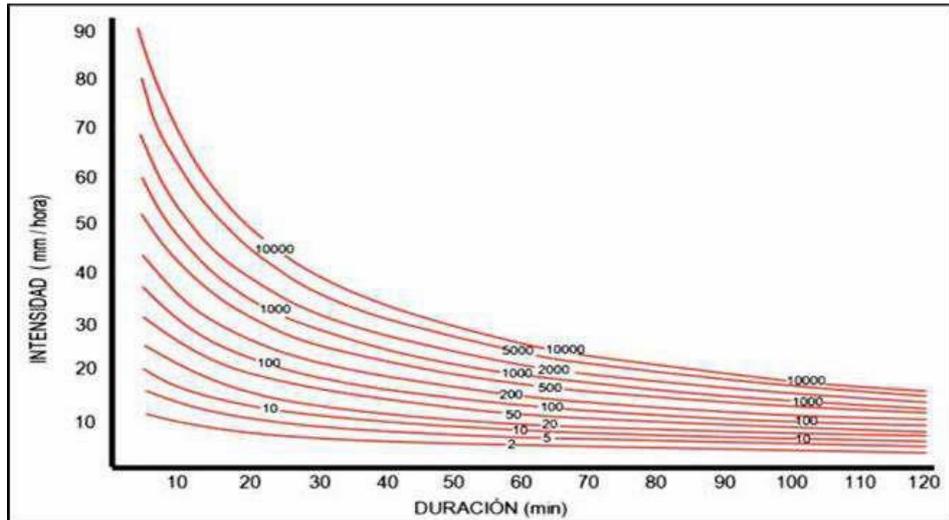


Figura 1. Intensidad de lluvia vs duración: Curvas IDF.

Fuente: *Manual de drenaje urbano, Chile, 2015* citado en (Mandujano, 2022, p.29).

La representación gráfica de las curvas IDF, expresan las intensidades de las lluvias en función de la duración, por lo que responden para cierto periodo de tiempo para los cuales se diseñan las obras hidráulicas.

(Mandujano, 2022): Si una estación pluviográfica contiene una base de datos histórica sobre precipitaciones se pueden realizar curvas de intensidad /duración para distintas frecuencias (Segeber y Villodas, 2006). La intensidad se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{P}{T}$$

Donde **i** es la intensidad de lluvia (mm/h); **P** la precipitación (mm); **T** la duración de lluvia (h).

La Norma Técnica CE.040 (2021) recomienda obtener los parámetros antes mencionados mediante el “Estudio de la hidrología del Perú” (IILA-SENAMHI-UNI, 1983), y su expresión matemática es:

$$i_{t,T} = \frac{P_{24,T}}{t_g} \left[ \left( \frac{t+b}{t_g+b} \right)^{n-1} \right]$$

Donde  $P_{24,T}$  es la precipitación máxima en 24 horas para ciertos años de período de retorno,  $t$  la duración en horas;  $t_g$  la duración con la cual se iguala la precipitación de 24 horas, en promedio;  $b$  y  $n$  los parámetros de tiempo y de duración.

Existen varios modelos matemáticos para la obtención de las curvas de Intensidad Duración y Frecuencia como los propuestos por Témez (1978), EULA (1993), Chow et al., (1994), Aparicio (1997) y el modelo Potencial de Talbot, que a su vez integran el Modelo de Dick y Peschke en el año 1978 que en su forma general pueden expresarse como:"

$$P_d = \left[ P_{24h} \left( \frac{d}{1440} \right)^{0,25} \right]$$

$$i = \frac{cT^m}{T_d^{e+f}}$$

Donde:

$i$ : intensidad de la lluvia de diseño,

$T_d$ : duración de la tormenta,

$c$ ,  $e$ ,  $f$ : son coeficientes determinados por regresión.

$P_d$ : lluvia máxima de duración de 5 min a 1440 min;

$d$ : la duración de la lluvia (min);  $P_{24h}$  la precipitación máxima en 24 horas.

## 1.2.6. Drenaje pluvial urbano

### 1.2.6.1. Generalidades

“La NC 1239 (2018) sobre el diseño y construcción de alcantarillado explica que las obras de saneamiento en las ciudades y poblaciones consistente en cunetas, badenes, la propia calle y una red soterrada de conductos a las cuales se les va incorporando la escorrentía de los techos y calles. La solución más simple para evitar una inundación es que exista suficiente capacidad para conducir los volúmenes de agua producto de la lluvia hasta

su disposición final, esto se consigue con la construcción del drenaje pluvial. (p.5)” (Mandujano, 2022).

“En CE.040 (2021) indica que los sistemas de drenaje urbano se clasifican en sistemas de evacuación pluvial por gravedad, bombeo o mixto. Se fundamenta en diversos autores las ventajas que brinda el sistema a gravedad, siempre y cuando la topografía lo permita. Este viene siendo el conjunto de estructuras para llevar el agua por su propio peso desde los colectores hacia el punto de vertido, donde deben cumplir que el sistema de evacuación debe descargar libremente mayor a 1.00 m sobre los máximos niveles de agua esperados para evitar la obstrucción del sistema de drenaje pluvial”. (Mandujano, 2022).

#### **1.2.6.2. Importancia del drenaje pluvial urbano**

“Es necesario en las ciudades evacuar el agua de lluvia para evitar las inundaciones. Las obras civiles modifican el entorno natural en que habita el hombre, teniendo como consecuencia superficies poco permeables y la eliminación de los cauces de las corrientes naturales (Dias, 2015).” (Mandujano, 2022).

“Los sistemas de alcantarillado pluvial se encargan de evacuar las precipitaciones captadas en las cuencas y microcuencas en los asentamientos humanos. La evacuación de esta agua es un problema de importancia creciente, conforme el mundo se vuelve cada vez más urbano.” (Mandujano, 2022)

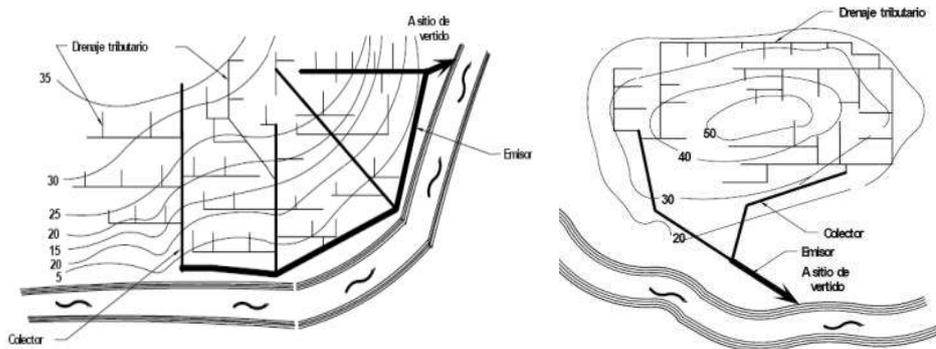
“Por lo que surge la necesidad de una red de alcantarillado que funcione en la mayoría de ocasiones por gravedad (Cabrera et al., 2014).” (Mandujano, 2022)

“Un sistema de alcantarillado está constituido por una red de conductos permiten la operación, mantenimiento y reparación del mismo (CONAGUA, 2007). El objetivo principal es la evacuación de las aguas pluviales que

escurren sobre calles, evitando las inundaciones. (Alegría, 1985).”  
 (Mandujano, 2022)

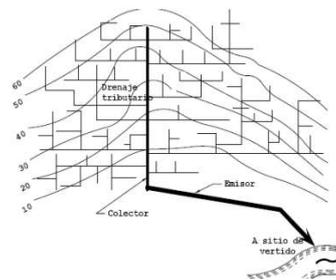
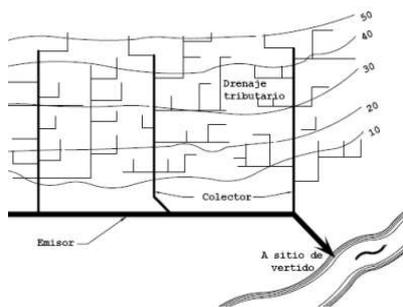
### 1.2.6.3. Trazo de la red de drenaje

“Por razones económicas el trazo de una red de drenaje debe mantener el drenaje superficial natural con respecto al subterráneo y por gravedad. Aunque pueden existir zonas donde sea necesario el bombeo (Cabreras 2014). Alfaro et al., (2012) plantearon que no existe una regla general para la disposición de la red del alcantarillado, En la figura 6 se muestra los modelos de configuración de colectores y emisores por grupos.”  
 (Mandujano, 2022).



**a) Modelo perpendicular**

**b) Modelo radial**



**c) Modelo de interceptores**

**d) Modelo en abanico**

Figura 2. Tipo de trazado de la red de alcantarillado

Fuente: Alfaro et al., (2012)

“La ubicación y alineación de los conductos del drenaje pluvial urbano son los de mayor diámetro con respecto a los otros conductos utilizados en las zonas urbanas como se muestra en la figura 7. NC 1239 (2018)”  
 (Mandujano, 2022)



Figura 3. Esquema de las redes hidráulicas urbanas  
Fuente: NC 1239 (2018).

#### **1.2.6.4. Componentes de una red de drenaje urbana**

##### **1.2.6.4.1. Estructuras de captación**

“Estas estructuras recogen las aguas de escorrentía utilizando sumideros o coladeras pluviales (boca de tormenta), del mismo modo hay conexiones domiciliarias donde se vierte el agua de las precipitaciones pluviales que cae en los techos y patios, haciendo posible que estas sean captadas por cunetas además de las bocas de tormenta para posteriormente ser encausadas hacia el sistema de drenaje”. (Escudero y Pérez, 2019)

##### **1.2.6.4.2. Estructuras de conducción**

“La finalidad de estas estructuras es de trasladar las aguas de escorrentía pluvial almacenadas por las estructuras de captación hasta ser evacuadas, estos representan la parte medular del sistema de alcantarillado que por su naturaleza están formados por conductos cerrados como tuberías y abiertos como canales”. (Escudero y Pérez, 2019).

##### **1.2.6.4.3. Estructuras de conexión y mantenimiento**

“Estas estructuras permiten la conexión que de igual manera hace posible el mantenimiento de los conductos que conforman el sistema de alcantarillado, siendo posible la conexión de varias tuberías con diferentes

diámetros o que incluso pueden ser de material diferente, asimismo dispone de un espacio suficiente para que un hombre pueda bajar hasta el nivel de tuberías para llevar a cabo la inspección y/o limpieza de estos conductos, las estructuras mencionadas son conocidas como pozos de visita”. (Escudero y Pérez, 2019).

#### **1.2.6.4.4. Estructuras de descarga**

“Estas son estructuras terminales que como finalidad principal es la de proteger y mantener libre de obstáculos la descarga final del sistema de alcantarillado, siendo estas las que evitan posibles daños que pueda ocurrir en el último tramo de la tubería, siendo estos causados por la corriente a donde descarga el sistema”. (Escudero y Pérez, 2019).

#### **1.2.6.4.5. Disposición final**

“Esta etapa contempla la disposición última de las aguas que son captadas por un sistema de alcantarillado, esta no forma parte de la estructura del sistema; no obstante, representa una parte importante del sistema de alcantarillado, el valor fundamental que se le otorga a esta es que, si no fue definida en la etapa de diseño o ejecución del proyecto, el destino de las aguas pluviales podría ocasionar graves daños al ambiente, considerando también la población a la que se pretende servir”. (Escudero y Pérez, 2019).

#### **1.2.6.5. Estimación del caudal de diseño**

“Los conceptos básicos de hidráulica, útiles para el diseño de una red de drenaje pluvial más importantes se encuentran la velocidad media del flujo, el caudal y el tirante del flujo interno en el conducto. (GEIPI, 2007). Por tanto, el primer procedimiento es el caudal máximo que deberá conducir el sistema de drenaje pluvial y luego se propone una geometría.” (Mandujano, 2022, p.40).

“Existen diferentes métodos para determinar los caudales producidos por la lluvia como son los métodos directos que involucran al método racional y método gráfico alemán; Métodos Road Research Laboratory; el hidrograma unitario; métodos de Chicago; método de la curva S, método del hidrograma unitario; método de Chow; y método del hidrograma unitario triangular. (CNA, 2007).” (Mandujano, 2022, p.40)

“Como se ha demostrado existen diversos métodos para obtener el caudal máximo en la cuenca. Al respecto, el diseño del sistema de drenaje pluvial debe realizar con el método que proporcionen eficientes resultados, éste siendo el que más se acerque a la realidad objetiva. (CNA, 2007).” (Mandujano, 2022, p.41)

“La CE.040 (2021) propone el método racional siempre y cuando el área de la cuenca de drenaje sea inferior a 3 km<sup>2</sup>, lo cual puede ser calculado mediante la siguiente ecuación:” (Mandujano, 2022, p.41)

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

“Donde: Q = caudal (m<sup>3</sup>/s); i = intensidad de la lluvia (mm/hora); A<sub>j</sub> = área de drenaje km<sup>2</sup>; m = número de subcuencas drenadas; C<sub>j</sub> = coeficiente de escorrentía. Los valores más usuales del coeficiente de escorrentía se muestran en la tabla siguiente:” (Mandujano, 2022, p.41)

Tabla 6. Valores más usuales del coeficiente de escorrentía.

CARACTERÍSTICA DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>ÁREAS DESARROLLADAS</b>							
<b>Asfáltico</b>	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
<b>Concreto/Techo</b>	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
<b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</b>							
<i>Condición pobre</i> (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
<i>Condición promedio</i> (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
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0 - 2%	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Promedio, 2 – 7%	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Pendiente superior a 7%	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
<b>ÁREAS NO DESARROLLADAS</b>							
<b>Área de Cultivos</b>							
Plano, 0 - 2%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Promedio, 2 – 7%	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Pendiente superior a 7%	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
<b>Pastizales</b>							
Plano, 0 - 2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Promedio, 2 – 7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente superior a 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
<b>Bosques</b>							
Plano, 0 - 2%	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Promedio, 2 – 7%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Pendiente superior a 7%	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Fuente: Norma Técnica CE.040 (2021)

#### 1.2.6.6. Criterios del diseño del sistema de drenaje pluvial

“El dimensionamiento del sistema de drenaje pluvial se calcula con el caudal máximo, que permita evacuar las aguas pluviales drenadas en el menor tiempo posible para que no ocurran las inundaciones en la cuenca. El diseño obtenido debe ser capaz de cumplir estrictamente con las restricciones hidráulicas y económicas. (Torres, 2013).” (Mandujano, 2022, p.41)

Existen en la literatura internacional diferentes criterios de diseño de drenaje pluvial. Entre los más mencionado es la tensión tractiva y el criterio de velocidad que consecuentemente respondería a la pendiente mínima. (Nogales y Quispe 2009)” (Mandujano, 2022, p.41)

##### 1.2.6.6.1. Criterio de la tensión tractiva

“Es la fuerza de arrastre que representa un valor medio de la tensión a lo largo del perímetro mojado de la sección transversal (Nogales y Quispe 2009; OS07, 2019). La que se representa mediante la siguiente expresión:” (Mandujano, 2022, p.41)

$$\tau = \rho g R_H S$$

“Donde  $\tau$  = tensión tractiva media (Pa);  $\rho$  = densidad del agua (1 000 kg/m<sup>3</sup>);  $g$  = aceleración de la gravedad (9,81 m/ s<sup>2</sup>);  $R_H$  = el radio hidráulico (m);  $S$  = pendiente del tramo de tubería (m/m).” (Mandujano, 2022, p.41).

“Los tramos de la tubería deben ser verificado por el criterio de tensión tractiva con valor mínimo 1,0 Pa. La fuerza tractiva mínima es capaz de transportar el 95 % del material granular que se inserta en el sistema de tubería pluvial. A su vez, las pendientes de las tuberías deben cumplir la

condición de autolimpieza (OS07, 2019). La autolimpieza se logra, cuando el flujo es capaz de transportar las partículas finas y los sedimentos depositados en la tubería. (Butler et al., 2003).” (Mandujano, 2022, p.41)

“Existe un análisis granulométrico del material sedimentable para definir más adecuado el parámetro y aplicar a la ecuación de Shields como:” (Mandujano, 2022, p.41)

$$\tau = f(\gamma_a - \gamma_w)d_{90\%-95\%}$$

“Donde  $\tau$  = tensión tractiva referida a la resistencia del sedimento al movimiento en (kg/m<sup>2</sup>); f = constante entre 0,04- 0,8;  $\gamma_a$  = peso específico del material de fondo de fondo (arena) (kg/m<sup>3</sup>);  $\gamma_w$  = peso específico del agua (kg/m<sup>3</sup>); d90 % - 95 % = diámetro específico (m).” (Mandujano, 2022, p.41)

#### 1.2.6.6.2. Criterio de velocidad, ecuación de Manning

“El criterio de la velocidad concede el escurrimiento en régimen permanente uniforme en una determinada longitud del conducto NC 1239 (2018). Este criterio debe cumplir las condiciones de velocidad mínima de 0,9 m/s definido por la Norma Técnica CE.040 (2021).” (Mandujano, 2022, p.42)

“El cálculo hidráulico se realiza mediante la fórmula de Manning como se muestra a continuación:” (Mandujano, 2022, p.42)

$$V = \frac{1}{n} R_H^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{n} \left[ \frac{r}{2} \left[ 1 - \frac{\text{sen}\Phi}{\Phi} \right]^{\frac{2}{3}} \right]$$

“Donde: V = velocidad del flujo (m/s); R<sub>H</sub> = radio hidráulico (m); S = pendiente (m/m);  $\Phi$  = ángulo indicado en radianes en radianes, n = coeficiente de rugosidad” (Mandujano, 2022, p.42)

$$\phi = 2 \arccos \left( 1 - \frac{h}{r} \right)$$

$$h = r \left[ 1 - \cos \frac{\phi}{2} \right]$$

$$P = r\phi$$

$$T = 2r \operatorname{seno} \left( \frac{\phi}{2} \right)$$

$$A = \frac{r^2}{2} (\phi - \operatorname{seno}\phi)$$

$$R_H = \frac{r}{2} \left( 1 - \frac{\operatorname{seno}\phi}{\phi} \right)$$

“Donde: h = el tirante (m); P = el perímetro mojado (m); A = área (m<sup>2</sup>); R<sub>H</sub> = el radio hidráulico (m).” (Mandujano, 2022, p.43)

En las figuras siguientes se muestran los elementos hidráulicos de la sección circular y las propiedades hidráulicas de la sección circular.

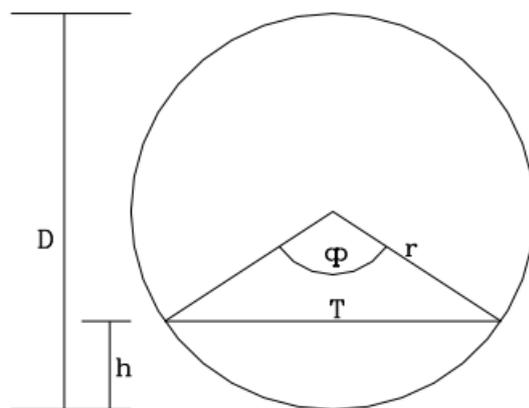


Figura 4. Elementos hidráulicos, sección circular

Fuente: NC 1239 (2018)

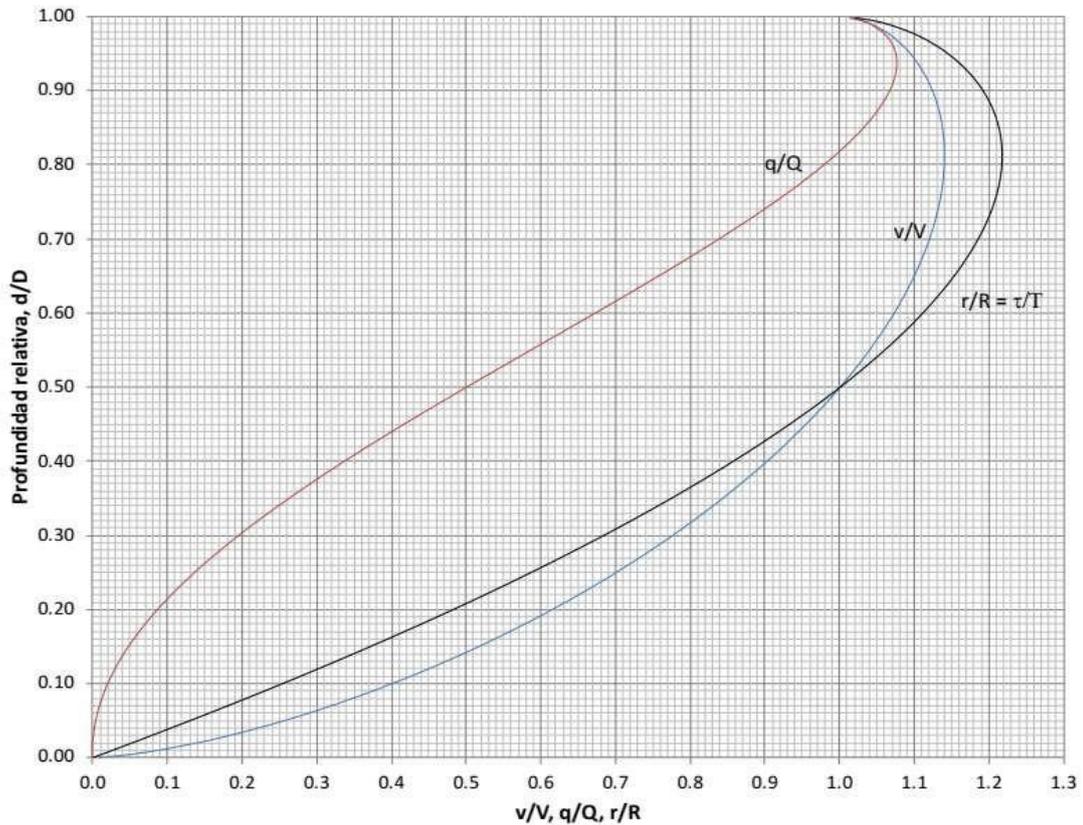


Figura 5. Propiedades hidráulicas de la sección circular  
 Fuente: Castro 2020 citado en (Mandujano, 2022, p.43)

“Existen otras fórmulas en función del coeficiente de Manning que pueden ser empleadas para obtener la velocidad del flujo en el conducto parcialmente lleno (López, 2016). Esta última más empleada para el cálculo de la velocidad en alcantarillas circulares trabajando entre el 10 % y 80 % de su capacidad máximo.” (Mandujano, 2022, p.44).

$$V = \left\{ 0.397 \left[ \frac{D^{2/3}}{n} \left( \left( 1 - \frac{360^\circ(\text{sen}\theta)}{2\pi\theta} \right)^{2/3} \right) S^{1/2} \right] \right\}$$

$$V = \frac{0.863S^{0.366} \cdot q_v^{0.268}}{D^{0.048} \cdot n^{0.732}}$$

Donde: V = velocidad del flujo (m/s); D = diámetro (m); S = pendiente (m/m);  $\theta$  = ángulo central en grados sexagesimales; n = coeficiente de rugosidad de Manning.

“Las velocidades límite del escurrimiento son aquellas que evita la sedimentación y la erosión de las paredes del conducto. La velocidad mínima es de 0,90 m/s y la máxima se muestra en la siguiente tabla 6 respectivamente. (Nogales y Quispe 2009).” (Mandujano, 2022, p.45)

Tabla 7. Velocidad máxima para diferentes materiales de tuberías en alcantarillado.

<b>Velocidad Máxima para tuberías de alcantarillado (m/s)</b>	
Material de tubería	Agua con fragmentos de arena y grava
Asbesto cemento	3,0
Hierro fundido dúctil	3,0
Cloruro de polivinilo	6,0
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	3,0
Arcilla vitrificada	3,5
Concreto armado de:	
140 kg/cm <sup>2</sup>	2,0
210kg/cm <sup>2</sup>	3,3
250kg/cm <sup>2</sup>	4,0
280kg/cm <sup>2</sup>	4,3
315kg/cm <sup>2</sup>	5,0
Concreto armado de curado al vapor > 280 kg/cm <sup>3</sup>	6,6

Fuente: Norma Técnica CE.040 (2021)

### 1.2.7. Periodo económico del diseño

“La Norma Técnica CE.040 (2021), plantea que el periodo de retorno para el dimensionamiento de los sistemas de drenajes pluviales urbanos debe ser considerado de 2, 5, 10 o menor que 25 años. Este periodo de retorno es un factor muy importante para la determinación de la capacidad de redes de alcantarillado pluvial. La selección del periodo de retorno está asociado a

importancia del área de estudio y el valor adoptado debe ser justificado. (Nogales y Quispe 2009).” (Mandujano, 2022, p.45).

“En el diseño de la red de drenaje debe tener concebido en cuanto es el costo de construcción de la infraestructura para el correcto funcionamiento, evaluado para una serie histórica de precipitaciones con diferentes periodos de retorno. De esta forma, plantear una curva de costo creciente, respecto al periodo de retorno como se observa la figura 22. CNA (s/f).” (Mandujano, 2022, p.46)

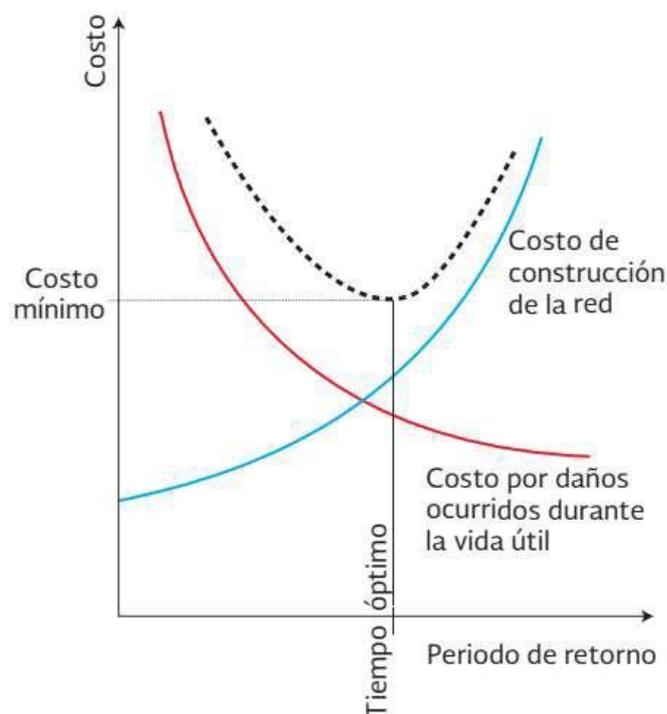


Figura 6. Costo-beneficio de la red de drenaje.  
Fuente: CNA (s.f).

“Existen otros métodos de evaluar los proyectos sociales como los métodos de Costo efectividad incremental (CEI) como se muestra en la figura 23. El Compendio de Normatividad del Sistema Nacional de Inversión Pública (2015) en el anexo SNIP 10 explica que los proyectos de Alcantarillado se basan en la mejor alternativa de menor costo y mayores beneficiarios, es decir el Análisis Costo Efectividad (ACE).” (Mandujano, 2022, p.46).

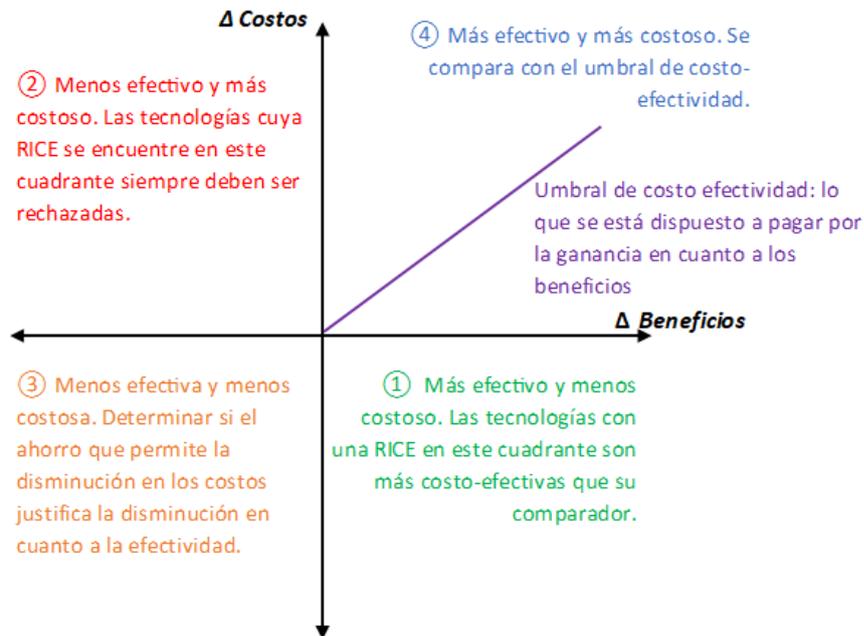


Figura 7. Costo efectividad incremental

Fuente: <http://www.neuroeconomix.com> en (Mandujano, 2022, p.47)

### 1.2.8. Análisis hidrológico

“Este análisis es esencial para poder determinar los caudales máximos para ciertos periodos de retorno, la información pluviométrica es fundamental para el análisis, se debe conocer las características de la superficie, la longitud y pendiente, en este procedimiento se determina su coeficiente de escorrentía y también el tiempo de concentración”. (Escudero y Pérez, 2019).

Cebrián y García (2022) afirman que, la manera completa de drenaje se divide en tres tipos: “el *drenaje superficial*, el cual contempla actuaciones contempladas por obras y cauces naturales, que guían al escurrimiento superficial hasta un acceso en un cauce artificial o natural y reduce las molestias a las personas y vehículos; el *drenaje secundario*, el cual implica actuaciones correctivas contempladas por obras y conductos elaboradas por el individuo y permiten el desempeño habitual del tráfico, y de personas; y el *drenaje primario*; el cual contiene un grupo de actuaciones correctivas conformadas por obras conexas, conductos artificiales y cauces naturales, que se encargan de cuidar la vida de las personas y previenen el daño a las propiedades (Shaghagui et al., 2020)” en (Cebrián y García, 2022).

“Un sistema de drenaje tiene por propósito la manipulación racional del agua de lluvia en las ciudades obedeciendo parámetros urbanos, a fin de prevenir daños en las obras públicas y en las construcciones de edificios, así como que el agua se acumule y pueda elaborar focos contaminantes o transmisores de enfermedades (Kwon et al., 2018)”. (Cebrián y García, 2022).

“Se pueden destacar en drenaje urbano menor, el cual está contemplado por alcantarillado elaborado a fin de evacuar caudales que existen con una continuidad de 2 a 10 años; el drenaje urbano mayor, encargado de evacuar caudales que poseen poca frecuencia y que, aparte de emplear el sistema de drenaje menor, manipula las pistas delimitadas por los sardineles de las calles como medios de evacuación (Palaka et al., 2021)” (Cebrián y García, 2022).

#### **1.2.9. Criterios de diseño de infraestructura sanitaria**

“Cuando ocurren los fenómenos naturales en un lugar, como son las precipitaciones pluviales, el agua que no llega a infiltrar escurre por las calles, avenidas y por el terreno natural en dirección a las partes más bajas, ocurriendo entonces que estas aguas puedan almacenarse o ser evacuadas a los arroyos naturales que haya alrededor, con la finalidad de evitar la acumulación de estas aguas evitando incomodidad a los pobladores; para esto se construye el sistema de alcantarillado pluvial por el cual se conducirá las aguas de escorrentía pluvial hasta desembocar en un lugar adecuado para ser vertido”. (Escudero y Pérez, 2019)

“Iniciando por el diseño y la ejecución de una red de alcantarillado estos son un trabajo de ingeniería, donde se busca en este proceso la eficiencia del sistema el cual sea económicamente viable que permita un adecuado mantenimiento y por ende la conservación de la red de tuberías, a continuación, se describen las estructuras que componen el sistema de drenaje pluvial, en basa al cuál se realizó el diseño de la presente”. (Escudero y Pérez, 2019).

### **1.2.10. Colectores de aguas pluviales**

“El sistema de alcantarillado de aguas pluviales la conforman un conjunto de colectores que pueden ser subterráneos y superficiales como los canales para transportar el agua de lluvias, ésta es captada mediante los sumideros que están ubicados estratégicamente en las calles y las conexiones domiciliarias y conducirlas a una red de conductos subterráneos las cuales aumentan la dimensión de su diámetro a medida que se incrementa el área de drenaje y descargan al punto más cercano de un curso de agua; siendo por ello, que los colectores pluviales no requieren tuberías de gran longitud”. (Escudero y Pérez, 2019).

### **1.2.11. Componentes no estructurales para el drenaje**

### **1.2.12. Criterios de diseño hidráulico de colectores de agua de lluvia**

“En el diseño hidráulico de colectores de agua de lluvia, utilizarán los criterios de diseño de conductos cerrados. Para calcular caudales se usará la fórmula de Manning con coeficientes de rugosidad para cada tipo de material, según el cuadro”. (Norma OS.060, 2006, p.27) en (Escudero y Pérez, 2019).

## **1.2.2. Infiltración y permeabilidad de suelos**

### **1.2.2.1. La infiltración de agua en el suelo.**

La infiltración es el proceso por el cual el agua superficial se introduce en las capas internas del suelo debido básicamente a las fuerzas gravitatorias y fuerzas de tipo capilar, así como de otras de naturaleza más compleja como la química. Está gobernada por dos fuerzas: la gravedad y la acción capilar. Los poros muy pequeños empujan el agua por acción capilar además de contra la fuerza de la gravedad. La tasa de infiltración se ve afectada por características del suelo como la facilidad de entrada, la capacidad de almacenaje, la tasa de transmisión por el suelo, características del medio permeable, y características del fluido. (Das, B.M., 1985).

En el control de la tasa y capacidad de infiltración desempeñan un papel la textura y estructura del suelo, grado de compactación del suelo, la presencia de sustancias coloidales en el suelo, los tipos de vegetación (natural, cultivada, densa), el contenido de agua del suelo, la temperatura del suelo y la intensidad de precipitación. Los suelos de texturas gruesas (Arenosos o franco arenosos), tendrán tasas de infiltración más altas que los suelos de texturas más finas (Arcillosos o franco arcillosos), ya que la presencia de poros de mayor tamaño permiten un mayor caudal de entrada del agua en el suelo. Cuando un suelo tiene menor contenido de humedad, mayor es su tasa de infiltración en el perfil ya que existen mayor cantidad de espacios porosos libres.

La velocidad de infiltración del agua en el suelo es la capacidad de éste de absorber agua. Al principio el suelo está más seco y la velocidad de penetración en el suelo es más rápida, sin embargo si se continúa aportando más agua, llegará un momento en el cual esta velocidad es casi constante, velocidad a la cual se la conoce como “velocidad de infiltración” (Das, B.M., 1985).

Tabla 8. Velocidad de infiltración en distintos tipos de suelos

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Velocidad de infiltración</b>
Muy arenoso	20-25 mm/h
Arenoso	15-20 mm/h
Limo-arenoso	10-15 mm/h
Limo-arcilloso	8-10 mm/h
Arcilloso	< 8 mm/h

Fuente: Das, B.M., 1985

La medida de la infiltración se realiza mediante cilindros concéntricos que se entierran en el suelo a una profundidad de unos 0.10 m y posteriormente se llenan con agua, de esta forma mediante el uso de una cinta de medición se podrán tomar los tiempos y cantidad de lámina en milímetros o centímetros que se ha infiltrado en el suelo en un determinado periodo. Se añade una cantidad medida de agua hasta que se cubra una lámina determinada, tanto en el cilindro interior como en el exterior. El cilindro exterior elimina los efectos de dispersión lateral del

flujo de infiltración que se está midiendo y que debe ser vertical, para que este modelo físico represente lo más aproximadamente posible las condiciones reales.

La capacidad de infiltración en un instante determinado se deduce en campo, a partir de la medición de los tiempos necesarios para incorporar o infiltrar una determinada lámina de agua en el suelo. El ensayo se debe realizar con un suficiente periodo de tiempo que permita alcanzar los valores asintóticos de la capacidad de infiltración, que tienden a la infiltración base.

#### **1.2.2.2. La permeabilidad del suelo**

La permeabilidad es la capacidad del suelo para que el agua lo atraviese sin alterar su estructura interna. Un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable si la cantidad de fluido es despreciable. La velocidad con la que el fluido atraviesa el material depende de tres factores básicos: La porosidad del material; la densidad del fluido considerado, afectado por su temperatura; y, la presión a que está sometido el fluido. “La permeabilidad de los suelos depende de varios factores: viscosidad del fluido, distribución del tamaño de los poros, distribución granulométrica, relación de vacíos, rugosidad de las partículas minerales y grado de saturación del suelo. En los suelos arcillosos, la estructura juega un papel importante en la permeabilidad. Otros factores mayores que afectan la permeabilidad de las arcillas son la concentración iónica y el espesor de las capas de agua adheridas a las partículas de arcilla” (Das B.M., 1985).

Para ser permeable, un material debe ser poroso (contener espacios vacíos o poros que le permitan absorber fluido. A su vez, tales espacios deben estar interconectados para que el fluido disponga de caminos para pasar a través del material. El coeficiente de permeabilidad (o permeabilidad intrínseca), es una constante dependiente de las características propias o internas del terreno. La permeabilidad real o de Darcy es función del coeficiente de permeabilidad y de las características del fluido.

La permeabilidad del suelo es una medida inversa a la infiltración y es cuantificada mediante el parámetro de la conductividad hidráulica. La conductividad hidráulica permite medir la posibilidad del agua de moverse dentro del suelo. La

conductividad hidráulica se puede cuantificar en el laboratorio, mediante permeámetros, exponiendo un suelo saturado a cargas constantes de láminas de agua, observándose los valores de agua que entran y salen de la sección de suelo, en un periodo de tiempo. (Das B. M., 1985).

### **1.2.3. Estudio de suelos con fines de infiltración**

Investigación que comprende varias etapas, entre ellas la recolección de información preliminar, el procedimiento y la investigación del sitio (Das, B.M., 2001). Se ejecuta con la finalidad de evaluar las condiciones del sitio y los parámetros del suelo que permiten definir si este es apto para llevar a cabo un tipo determinado de obra, para el cual se realiza el estudio.

Para efectos de esta investigación se realizó el estudio del subsuelo que incluyo: Clasificaciones de suelos, nivel freático y capacidad de infiltración.

#### **1.2.3.1. Clasificación de los suelos**

El método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos SUCS) NTP 339.134:1999 describe la clasificación de suelos minerales y orgánicos – minerales con propósitos de ingeniería, basado en la determinación en el laboratorio de las características de granulometría, límite líquido e índice plástico.

El sistema identifica tres grandes divisiones de suelos; suelos de grano grueso, suelos de grano fino y suelos altamente orgánicos, distinguiendo los dos primeros por el tamizado a través de la malla N° 200; las partículas gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas.

Un suelo es catalogado de acuerdo con los grupos básicos de suelos, asignándosele u símbolo (s) y nombre de grupo apropiados.

#### **Suelos gruesos:**

- Gravas y suelos en que predominan estas. Símbolo genérico G.
- Arenas y suelos arenosos. Símbolo genérico S.

Tabla 9: Suelos Gruesos Sistema de Clasificación SUCS.

SISTEMA CLASIFICACIÓN SUCS						
GRUESO (< 50% pasa 0.08 mm)						
Tipo de Suelo	Símbolo	% pasa 5 mm***	% pasa 0.08 mm	CU	CC	**IP
Gravas	GW	< 50	< 5	>4		
	GP			≤6		
	GM	>12	>12			<0.73(wl-20) ó < 4
	GC					>0.73(wl-20) ó > 7
Arenas	SW	>50	< 5	>6	1 a 3	
	SP			≤6	<1 ó 3>	
	SM	>12	>12			<0.73(wl-20) ó < 4
	SC					>0.73(wl-20) y > 7
*Entre 5 y 12% usar símbolo doble como GW-GC, GP-GM, SW-SM, SP-SC.						
***respecto a la fracción retenida en el tamiz 0.0080 mm						
***Si $IP \cong 0.73 (wl - 20)$ ó si $IP$ entre 4 y 7 e $IP > 0.73 (wl-20)$ , usar símbolo doble: GM – GC; SM – SC.						
En casos dudosos favorecer clasificación menos plastia Ej, GW-GM en vez de GW-GC.						
$Cu = (D60) / (D10)$				$Cc = (D30^2) / (D60 * D10)$		

Fuente: Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS)

### Suelos finos:

- Limos inorgánicos, de símbolo genérico M
- Arcillas inorgánicas, de símbolo genérico C
- Limos y arcillas orgánicas, de símbolo genérico O

Tabla 10: Suelos Finos Sistema de Clasificación SUCS.

FINOS (≥ 50% pasa 0.08 mm)			
Tipo de Suelo	Símbolo	Lim. Liq. Wl	Indice de Plasticidad Ip
Limos inorgánicos	ML	< 50	<0.73(wl-20) ó < 4
	MH	>50	<0.73(wl-20)
Arcillas inorgánicas	CL	< 50	>0.73(wl-20) y > 7
	CH	>50	>0.73(wl-20)

Limos y arcillas orgánicas	OL	< 50	**WI seco al horno ≤ 75% de WI seco de aire
	OH	>50	
Turba	Pt	Materia orgánica fibrosa se carboniza se quema o se pone incandescente	
Si IP $\cong$ 0.73 (wl – 20) ó si IP entre 4 y 7 e IP > 0.73 (wl-20), usar símbolo doble: CL – ML, CH-OH			
**Si tiene olor orgánico debe determinarse adicionalmente wl seco al horno.			
En casos dudosos favorecer clasificación más plástica Ej: CH-MH en vez de CL-ML.			
Si WI = 50, CL – CH o ML – MH			

Fuente: Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS)

Tabla 11: Suelos Gruesos y Finos. Sistemas de Clasificación SUCS.

El material se considera grueso si se retiene más del 50%		El material se considera fino si pasa más del 50%
0.075 mm		
ES RETENIDO		PASA
Grava	Arena	Limo o Arcilla
Si más del 50% de la fracción gruesa queda retenida en el Tamiz N°4	Si más del 50% de la fracción gruesa pasa por el Tamiz N°4	El suelo fino es: Limo (M) Arcilla (C) Orgánico (O)

Fuente: Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS)

Una descripción visual del suelo debe siempre incluirse conjuntamente con el símbolo unificado para completar la clasificación.

Tabla 12: Resumen – Sistema Unificado de Clasificación de Suelo.

DIVISIONES PRINCIPALES			Símbolo del grupo	NOMBRES TIPICOS
<b>SUELOS DE GRANOS GRUESOS</b>  Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	<b>GRAVAS</b>  Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4.76 mm).	<b>Gravas Limpias</b>  (sin o con pocos finos)	GW	Gravas bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos
		<b>Con finos</b>  (apreciable cantidad de finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin filtros
			GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo
		<b>ARENAS</b>  Más de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 5 (4.76 mm).	<b>Arena Limpias</b>  (pocos o sin finos)	GC
	SW			Arenas bien graduadas, con grava pocos finos o sin finos
	<b>Con Finos</b>  (apreciable e cantidad de finos)		SP	Arenas mal graduadas, con grava pocos finos o sin finos
			SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo
	<b>SUELOS DE GRANOS FINOS</b>	<b>Limos y arcillas:</b>  Limite liquido menor de 50		SC
ML				Limos inorgánicos y suelos muy finos, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas o limo arcillosas con ligera plasticidad
			CL	Arenas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.

Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	<b>Limos y Arcillas</b> Limite liquido mayor de 50		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad
			MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos con mica o diatomeas. Limos elásticos.
			CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta
Suelos orgánicos	OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media elevada, limos orgánicos		
Suelos muy orgánicos	PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico		

Fuente: Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos SUCS)

Gráfica de plasticidad del USCS

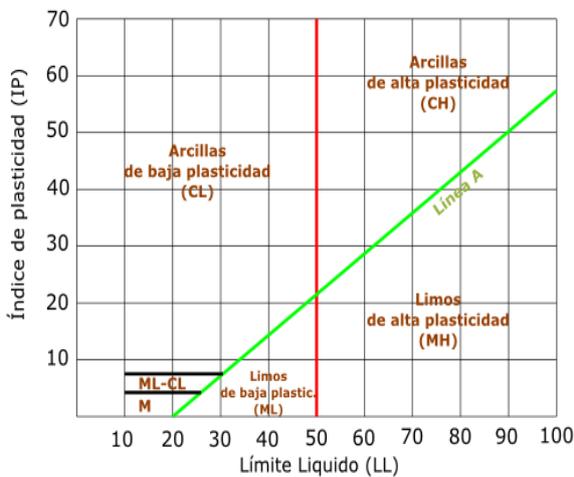


Figura 8. Gráfica de plasticidad del SUCS

Según la Norma E.050 el nivel freático es el nivel superior del agua subterránea en el momento de la exploración. El nivel se puede dar respecto a la superficie del terreno o a una cota de referencia; dicho nivel se puede medir mediante un agujero perforado en el suelo.

Entre los estudios del suelo, uno de los puntos de fundamental importancia es la determinación de los posibles niveles de agua subterránea presentes en el terreno, como lo es en el caso de la presente investigación, se deberá tomar en consideración el nivel freático ya que este puede ser fuente de abastecimiento de agua para consumo humano y podría ser contaminado por el agua de escorrentía e infiltración.

### **1.2.3.2. Prueba de infiltración**

Según la Norma IS.0.20 Tanques sépticos Anexo 1 – Reglamento Nacional de Edificaciones -, esta prueba se utiliza para estimar cuantitativamente la capacidad de absorción del suelo de un determinado sitio. El procedimiento recomendado para realizar tales pruebas es el siguiente:

1. Número y Ubicación de las Pruebas: Se harán 6 o más pruebas en agujeros separados uniformemente en el área donde se construirá el campo de infiltración.
2. Tipo de Agujeros: Excávense agujeros cuadrados de 0.30 x 0.30 m cuyo fondo deberá quedar a la profundidad a la que se construirán las zanjas de drenaje.
3. Preparación del agujero de prueba: Cuidadosamente, con cuchillo se raparán paredes del agujero; añada 0.05 m de grava fina o arena gruesa al fondo del agujero.
4. Saturación y Expansión del suelo: Se llenará cuidadosamente con agua limpia el agujero hasta una altura de 0.30 m sobre la capa de grava y se mantendrá esta altura por un periodo mínimo de 4 horas. Esta operación debe realizarse en lo posible durante la noche, a las 24 horas de haber llenado por primera vez el agujero, se determinará la tasa de infiltración de acuerdo con el procedimiento que se describe a continuación.
5. Determinación de la tasa de infiltración:
  - a. Si el agua permanece en el agujero después del periodo nocturno de expansión, se ajusta la profundidad aproximadamente a 0.25 m sobre la grava. Luego utilizando un punto de referencia fijo, se mide el descenso del nivel de agua durante un periodo de 30 min. Este descenso se usa para calcular la tasa de infiltración.
  - b. Si no permanece agua en el agujero después del periodo nocturno de expansión, se añade agua hasta lograr una lámina de 0.15 m por encima de la capa grava. Luego, utilizando un punto de referencia fijo, se mide el descenso del nivel de agua a intervalos de 30 minutos aproximadamente, durante un periodo de 4 horas. Cuando se estime necesario se podrá añadir agua hasta obtener un nuevo nivel de 0.15m por encima de la capa de grava. El descenso que ocurre durante el periodo final de 30 minutos se usa para calcular la tasa de absorción o infiltración. Los datos obtenidos en las primeras horas proporcionan

información para posibles modificaciones del procedimiento, de acuerdo con las condiciones locales.

- c. En suelos arenosos o en algunos otros donde los primeros 0.15 m de agua se filtra en menos de 30 minutos después del periodo nocturno de expansión, el intervalo de tiempo entre mediciones debe ser de 10 minutos y la duración de la prueba una hora. El descenso que ocurra en los últimos 10 minutos se usa para calcular la tasa de infiltración. En estos suelos no es necesario esperar 24 horas para este ensayo.

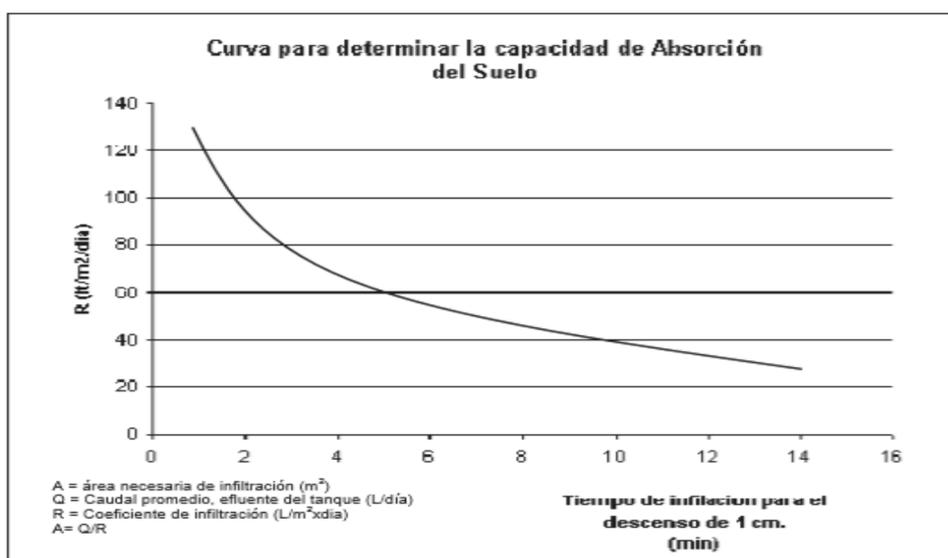


Figura 9: Curva para determinar la capacidad de infiltración del suelo  
Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

Los terrenos se clasifican de acuerdo a los resultados de esta prueba en: Rápidos, Medios, Lentos según los valores de la presente tabla:

Tabla 13. Clasificación de los terrenos por su capacidad de infiltración.

Clase de Terreno	Tiempo de infiltración para el descenso de 1 cm
Rápidos	De 0 a 4 minutos
Medios	De 4 a 8 minutos
Lentos	De 8 a 12 minutos

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones.

Cuando el terreno presenta resultados de la prueba de infiltración con tiempos mayores de 12 minutos si bien no se considerarán aptos para la

disposición de afluentes de tanques sépticos, sí, deben considerarse en la infiltración y drenaje pluvial urbano.

### **2.3. Definición de Términos Básicos.**

**Acera:** Parte de una vía urbana o de una obra de arte destinada exclusivamente al tránsito de peatones. También se denomina vereda.

**Adoquinado:** Tipo de pavimento cuya superficie de rodadura está formado por adoquines de concreto prefabricados o roca tallada.

**Afirmado:** Capa compactada constituida por grava natural o procesada, generalmente con un contenido de ligante arcilloso, que se coloca sobre la subrasante de una vía. Funciona como superficie de rodadura.

**Aglomerante:** Material capaz de unir partículas de material inerte por efectos físicos o transformaciones químicas o ambas.

**Agregado:** Material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria, o roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

**Candela:** Receptáculo donde se recibe las aguas negras proveniente del interior de una vivienda y que conduce al sistema de drenaje.

**Coefficiente de Escorrentía:** Número que relaciona la cantidad de agua pluvia que va a la alcantarilla o sistema de drenaje.

**Componentes del Sistema del Drenaje Pluvial:** Está conformada por una serie de elementos que se establecen en cuanto a las siguientes consideraciones acerca de los diferentes conjuntos del sistema del drenaje superficial en las cuales se señala:

- 1.- Pendiente longitudinal del pavimento (SO)
- 2.- Pendiente transversal del pavimento (Sx)

- 3.- Los brocales – cunetas
- 4.- Las cunetas laterales y las islas centrales
- 5.- Los tableros de puentes

Con atención a los elementos señalados pueden decirse que constituyen parte fundamental para dar viabilidad al diseño de un sistema de drenaje óptimo y funcional.

**Colector:** Conjunto de tuberías, canales, pozo de visitas y obras accesorias que sirven para el desalojo de las aguas negras o agua de lluvias (pluvial).

**Dimensionado de la Red:** Esta etapa constituye el momento en donde se determina la capacidad de cada dren.

**Diseños hidrológicos:** Consiste en la determinación de los efectos de la precipitación sobre el complejo suelo cobertura y de la capacidad que deben tener los drenes para sus funcionamientos. Para el diseño se debe cumplir las siguientes etapas:

- 1.- Trazado de red de drenaje
- 2.- Delimitación del área de influencia de los drenes
- 3.- Estimación de la lluvia de diseños
- 4.- Estimación de la escorrentía de diseño
- 5.- Obtención del coeficiente de drenaje
- 6.- Dimensionamiento de la red.

### **Drenaje superficial.**

Se define como la remoción de los excesos de agua que se acumulan sobre las superficies del terreno a causa de las lluvias muy intensas y frecuentes; una topografía muy plana e irregular y suelos poco permeables.

**Estimación de la Escorrentía de Diseño:** Se define como el exceso de láminas de agua superficial que hay que evacuar en el tiempo de drenaje.

**Estimación de la lluvia de Diseño:** Se define como el valor de la precipitación utilizada para el diseño del dren, teniendo como objetivo final el determinar que parte de esto se transforma en escorrentía.

**Formula de Manning:** Es una fórmula utilizada para determinar la velocidad de un flujo a cielo abierto, relaciona la rugosidad de la superficie, la pendiente y el radio hidráulico de la sección.

**Intensidad de Lluvia:** Relaciona entre la precipitación pluvia y su duración.

**Obtención del Coeficiente de Drenaje:** Es la relación de la escorrentía que origina la lluvia de diseño y el tiempo de duración de esta lluvia, definido por el tiempo de drenaje.

**Pavimento:** Son revestimiento del suelo con asfalto, concreto u otro material.

**Pendiente:** Puesta o declive de un terreno

**Precipitación:** Se define según su duración y el periodo de retorno deseado. Agregado de partículas acuosas, líquidas o sólidas cristalizadas amorfas, que caen de una nube o grupo de nubes y alcanzan el suelo.

**Sistema de Drenaje Vial:** Son medidas destinadas a evitar que las aguas dentro de una vía alcancen límites de inundaciones que causen trastornos al desenvolvimiento del tráfico y daño de edificaciones existentes alrededor del sector, esta medida se lleva a cabo mediante un diseño de una serie de estructuras destinadas a captar y canalizar estas aguas para evitar los daños mencionados.

**Sumideros:** Son alcantarillas de recolección de aguas ubicadas debajo de la acera o en calzadas.

**Tiempo de Drenaje:** Se define a la duración de la lluvia y el periodo de retorno, se escoge de acuerdo al nivel de riesgo que se asuma.

**Tragante:** Estructura subterránea que sirve para captar las aguas pluviales y conducir las al sistema de drenaje.

**Tratamiento:** Proceso por medio del cual se eliminan las impurezas de las aguas hervidas y/o pluviales.

**Trazado de la Red de Drenaje:** Consiste en la ubicación en el terreno de los colectores y la determinación de la dirección del flujo. Es necesario conocer muy bien la topografía del sitio y localizar el dren en las partes más bajas adoptando el parcelamiento del área de drenaje.

**Infiltración.** Proceso por el cual el agua superficial se introduce en las capas internas del suelo debido básicamente a las fuerzas gravitatorias, intervienen también fuerzas de tipo capilar así como otras de naturaleza más compleja como la química. Es un parámetro físico que permite cuantificar la cantidad de lámina de agua que está penetrando por los espacios porosos del suelo, en un tiempo determinado.

**Nivel de servicio:** Es la forma como se brinda el servicio al usuario. Los niveles de servicio pueden ser público o domiciliario.

**Nivel freático:** corresponde al nivel superior de una capa freática o de un acuífero, cuya distancia es medida desde dicho nivel superior hasta el nivel del suelo.

**Nivel piezométrico:** Distancia desde la superficie del terreno hasta el nivel de agua en el pozo, no afectado por el bombeo. Aplica a acuíferos confinados o semiconfinados.

**Permeabilidad.** Capacidad de un material para que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable si la cantidad de fluido es despreciable. En los suelos

arcillosos, la estructura juega un papel importante en la permeabilidad. Otros factores mayores que afectan la permeabilidad de las arcillas son la concentración iónica y el espesor de las capas de agua adheridas a las partículas de arcilla. (Das, B.M., 1997)

**Período de diseño:** Tiempo durante el cual la infraestructura deberá cumplir su función satisfactoriamente. Se fijará según normatividad vigente dada por las autoridades Normativas del Sector.

**Periodo óptimo de diseño:** Es el tiempo en el cual la capacidad de un componente del sistema de agua para consumo humano o saneamiento cubre la demanda proyectada, minimizando el valor actual de costos de inversión, operación y mantenimiento, durante el horizonte de evaluación de un proyecto.

**Suelo:** Parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella.

**Tipo de Suelo:** De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, los diversos tipos de suelos son identificados según el Sistema Unificado de Clasificaciones (SUCS). Este sistema identifica tres grandes divisiones de suelos: suelo de grano grueso, suelos de grano fino y suelos altamente orgánicos.

## **CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

### **2.1. Descripción del Problema.**

La problemática del alcantarillado de aguas pluviales en países europeos, centroamericanos, asiáticos y otros; tiene un factor común en la funcionalidad de estos sistemas, esto se debe al diseño poco eficaz y sin tomar en cuenta las consideraciones severas del medio ambiente, lo que ocasionan inundaciones, colapsos de alcantarillas, etc. Estos daños ocasionados por estas fallas llevan consigo grandes repercusiones sanitarias y de seguridad pública, siendo estas las principales causas de enfermedades que pueden transmitirse cuando se entra en contacto con el agua de lluvia o de una inundación (leptospirosis, cólera, paludismo, micosis, toxoplasmosis, fiebre tifoidea, hepatitis, entre otras). Otra problemática que se presenta es durante la temporada de frío y nieve, es el deshielo por las altas subidas de temperatura, produciéndose lluvias constantes y afectando a las ciudades. También presentan puntos críticos ya que su sistema de aguas pluviales y/o alcantarillados están colapsados por la acumulación de nieve, basura, hojas y ramas.

La problemática del sistema de alcantarillado de aguas pluviales en el territorio peruano en las distintas regiones (costa, sierra y selva), repercuten en el manejo sostenible de las ciudades. La principal problemática es la inadecuada gestión de los recursos económicos a cargo de las autoridades encargadas de velar y asegurar que estos sistemas de alcantarillado se encuentren en óptimas condiciones, un ejemplo de ello es el mantenimiento deficiente del sistema que trae como consecuencia el colapso de las redes de alcantarillado generando daños colaterales en la salud, molestia e incomodidad en los habitantes.

En la región Loreto, es considerada una región de clima tropical – húmeda, con precipitaciones pluviales constantes y permanentes, con mayor intensidad en los meses de diciembre a mayo, llegando a niveles de 2500 a 4000 mm anuales; dichas precipitaciones ocasionan el colapso y fallas en el sistema de alcantarillado público a nivel de drenaje, estructura, antigüedad de construcción. Otro problema a tener en cuenta es el

inadecuado manejo de residuos sólidos; cuya causa es el servicio público deficiente de recojo de basura de los Municipios y la poca cultura cívica de la sociedad, que arroja su basura en las calles; causando obstrucción y/o colapso en los drenajes, sumideros y red de alcantarillado. También se debe tener presente el problema causado por la inadecuada gestión de los parques y áreas verdes en la ciudad de Iquitos; áreas que no tienen un adecuado mantenimiento; propiciando el arrastre de la tierra hacia los drenajes y causando sedimentación y esta a su vez obstrucción del agua pluvial. En consecuencia, la acumulación de sedimento, residuos sólidos orgánicos e inorgánicos que origina obstrucción en el drenaje de aguas pluviales y domiciliarias. De aquí que se hace necesario la realización del presente proyecto en el AA. HH Bello Horizonte.



Ubicación del proyecto

Figura 10. Sector de ubicación de las calles del estudio

## **2.2. Formulación del Problema.**

### **2.2.1. Problema General.**

¿Cómo una propuesta alternativa de instalación de alcantarillado de aguas pluviales ayudará en las calles Bello horizonte, los Huayruros, Gueppi y los Paujiles del A.H. Bello Horizonte en el Distrito de San Juan Bautista, Maynas Año 2021?

### **2.2.2. Problemas Específicos**

¿Cuáles son las deficiencias identificadas en el diseño y construcción del alcantarillado de aguas pluviales en las calles Bello Horizonte, Huayruros, Gueppi, y Paujiles del A.H Bello Horizonte distrito de San Juan Bautista, Maynas año 2021?.

¿Cómo será el diseño alternativo del alcantarillado de aguas pluviales en las calles Bello Horizonte, Huayruros, Gueppi, y Paujiles del A.H Bello Horizonte distrito de San Juan Bautista, Maynas año 2021?

¿De qué manera una propuesta de instalación alternativa de alcantarillado de Aguas Pluviales beneficiará a las calles Bello Horizonte, Huayruros, Gueppi y los Paujiles del A.H. Bello Horizonte en el distrito de San Juan Bautista, Maynas año 2021?

## **2.3. Objetivos.**

### **2.3.1. Objetivo General**

Diseñar una propuesta alternativa de instalación de alcantarillado de aguas pluviales urbanas en las calles Bello horizonte, los Huayruros, Gueppi y los Paujiles del A.H Bello Horizonte en el Distrito de San Juan Bautista, Maynas Año 2021.

### **2.3.2. Objetivos Específicos**

1. Determinar y analizar la problemática identificada en el diseño y construcción del alcantarillado de aguas pluviales en las calles Belo Horizonte, Huayruros, Gueppi, y Paujiles del A.H Bello Horizonte distrito de San Juan Bautista, Maynas año 2021.

Diseñar una propuesta alternativa de diseño e instalación de alcantarillado de aguas pluviales en las calles Bello Horizonte, Huayruros, Gueppi y los Paujiles del A.H Bello Horizonte en el distrito de San Juan Bautista, Maynas año 2021.

3. Describir los efectos en la calidad de vida de la población por la instalación de alcantarillado de aguas pluviales en las calles Bello Horizonte, Los Huayruros, Gueppi, y los paujiles del A.H Bello Horizonte en el distrito de San Juan Bautista, Maynas Año 2021.

### **2.4. Hipótesis.**

#### **2.4.1. Hipótesis general.**

Una propuesta alternativa de diseño y construcción de alcantarillado de aguas pluviales si contribuirá en la solución satisfactoria de la problemática del drenaje pluvial urbano en las calles Bello Horizonte, los Huayruros, Güeppi y los Paujiles del A.H Bello Horizonte en el distrito de San Juan Bautista, Maynas Año 2021.

#### **2.4.2. Hipótesis específicas.**

No pertinente

### **2.5 Variables**

#### **2.5.1. Identificación de las variables.**

##### **Variable independiente:**

Parámetros de diseño hidrológico e hidráulico.

**Variable dependiente:**

Sistema de alcantarillado de drenaje pluvial urbano.

**2.5.2. Definición conceptual y operacionalización de variables**

**2.5.2.1. Definición Conceptual de variables**

- Variable independiente: Parámetros de diseño hidrológico e hidráulico.
- Variable dependiente: Sistema de alcantarillado de drenaje pluvial urbano.

**2.5.2.2. Operacionalización de las variables**

Variable	Definición conceptual	Indicador
Alcantarillado de drenaje pluvial urbano	Sistema de ductos para transporte de aguas de lluvia en zonas urbanas	Intensidad de precipitación.
		Área de escorrentía
		Periodo de retorno
		Caudal
		Diámetro
		Rugosidad
		Tirante normal
		Área hidráulica
		Perímetro mojado
		Radio hidráulico
		Velocidad
		Espejo de agua
		Tipo de flujo

## **CAPITULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo y diseño de la Investigación.**

#### **3.1.1. Tipo de Investigación.**

La presente es una investigación tipo aplicada, frente a una situación real específica presenta una solución práctica, basado en el estudio y conocimiento del problema.

La investigación de acuerdo al nivel de conocimiento pertenece a una investigación de nivel descriptivo, porque se estudian las características y las condiciones de las variables consideradas en la investigación de acuerdo al espacio y tiempo en un contexto real. Se analizó y evaluó el diseño urbano de drenaje pluvial existente en las calles: Bello Horizonte, Los Huayruros, Güeppi y Los Paujiles, del AA.HH. Bello Horizonte, distrito de San Juan Bautista – provincia de Maynas - Loreto.

El estudio pertenece al enfoque cuantitativo, se revisaron investigaciones anteriores, y el diseño existente del Expediente Técnico, cuyas medidas están expresadas en planos y otros documentos contractuales. De los estudios de campo, sobre el terreno en cuestión se obtuvo las características de relieve, longitud de calles pavimentadas, cantidad de áreas verdes, emplazamiento de cajas de sumideros, buzones y otros. Se analizó el nivel de las precipitaciones y la cantidad de agua que se puede llegar a acumular durante el periodo de mayores precipitaciones. Finalmente, se procedió al diseño, comparándose con el diseño original existente que presenta el área. Finalmente, se probaron las hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico.

### **3.1.2. Diseño de Investigación.**

Es una investigación no experimental, porque en este caso no se manipula la variable, se buscará y recogerá información relacionada con el objeto de estudio, estudiándose tal y como se encuentran en la realidad; solo se evaluaron las condiciones del terreno, los parámetros hidrológicos e hidráulicos tomados en cuenta en el diseño del alcantarillado pluvial en este sector y se comparó con la necesidad real de drenaje y las nuevas características hidráulicas que tiene la propuesta alternativa.

M----- O

### **3.2. Población y muestra.**

#### **3.2.1. Población.**

La población está conformada por las diferentes redes de alimentadores y emisores de drenaje pluvial existentes en la ciudad metropolitana de Iquitos – provincia de Maynas.

La ciudad metropolitana de Iquitos, cuenta con una población, aproximadamente de 500 mil habitantes, distribuida en un área de unas 2500 Has en el área urbana de los distritos de Punchana, Iquitos, Belén y San Juan Bautista.

#### **3.2.2. Muestra.**

La muestra del estudio corresponde al drenaje pluvial existente en las calles: Bello Horizonte, Los Huayruros, Güeppi y Los Paujiles, del AA.HH. Bello Horizonte - sector del distrito de San Juan Bautista -, ha sido determinada por conveniencia, al preverse que algunas de estas calles no han sido consideradas en toda su extensión en el plan director de drenaje integral pluvial de la ciudad de Iquitos.

### **3.3. Técnicas, Instrumentos y procedimientos de recolección de datos.**

#### **3.3.1. Técnicas.**

Para la técnica de recolección de datos se empleó fuentes secundarias como Textos, Libros, folletos, Internet y otros (consultas a profesionales): para la obtención de información idónea, que sirvió en el proceso de la investigación, se complementó con el uso de información primaria obtenidos de mediciones topográficas, prospección de suelos, ensayo de materiales y prueba de infiltración; y, el uso de encuestas a través del cuestionario.

#### **3.3.2. Instrumentos de recolección de datos**

El instrumento que se empleó para la obtención de la información fue el cuestionario.

Para el levantamiento topográfico se utilizó una estación total, nivel y teodolito. Los datos hidrológicos se obtuvieron del Senamhi, los que fueron procesados con el software Excel 2016 e Hidroesta.

### **3.4. Procesamiento para el análisis de datos**

Para el procesamiento de datos topográficos se utilizó el software Civil 3D 2017 y Autocad 2017. Para los cálculos hidrológicos se utilizó Excel 2016 e Hidroesta. Para los cálculos hidráulicos se utilizó EPA SWMM 5.1.013. La información obtenida del cuestionario se procesó en los paquetes estadísticos del programa estadístico Excell.

Los resultados obtenidos se presentan en cuadros estadísticos como gráfico de barra, gráficos lineales, entre otros. Para el análisis e interpretación se usó el método deductivo, usándose el programa Excel y Word, para el procesamiento del texto integrante del informe final de tesis.

## CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Resultados

Como parte de los resultados obtenidos para calcular el diámetro del alcantarillado de aguas pluviales en la zona urbana de las calles Bello Horizonte, Los Huayruros, Gueppi y Los Paujiles del A.H Bello Horizonte, se determinó:

#### 4.1.1 Determinación de los datos de Precipitación Máxima en 24 Hrs

Tabla 14. Precipitación máxima en 24 Hrs. en mm

ESTACIÓN : CO-SAN ROQUE													
LATITUD : 03°47'11.62" S REGIÓN : LORETO													
LONGITUD : 73°17'35.70" W PROVINCIA : MAYNAS													
ALTITUD : 98 m.s.n.m. DISTRITO : SAN JUAN BAUTISTA													
PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1984	S/D	S/D	36.0	145.0	69.0	35.0	40.0	14.0	40.0	45.0	60.0	55.0	145.0
1985	42.0	52.0	35.0	64.0	53.0	91.0	62.0	55.0	45.0	50.0	75.0	65.0	91.0
1986	45.0	65.0	51.0	68.0	75.0	65.0	29.0	25.0	31.2	75.0	35.0	65.0	75.0
1987	102.0	58.0	95.0	79.0	37.0	42.0	115.0	50.0	35.0	64.0	101.0	26.0	115.0
1988	45.0	82.0	43.0	97.0	16.0	60.0	32.0	20.0	30.2	68.0	77.2	146.0	146.0
1989	85.0	122.0	25.0	50.0	70.0	50.0	41.0	60.0	100.0	55.0	75.0	40.0	122.0
1990	85.0	60.0	65.0	46.0	60.0	70.0	56.0	67.0	40.0	35.0	30.0	152.0	152.0
1991	185.0	70.0	41.0	87.0	77.0	77.0	119.0	45.0	95.0	54.0	50.0	68.0	185.0
1992	75.0	55.0	42.0	81.0	45.0	55.0	34.0	112.0	66.0	70.0	50.0	54.0	112.0
1993	113.0	60.5	58.5	104.5	86.0	51.0	52.5	79.5	24.0	67.0	65.5	66.0	113.0
1994	115.5	44.0	88.5	51.0	85.0	86.5	32.0	39.5	42.5	41.5	35.0	86.0	115.5
1995	100.0	37.5	99.5	67.5	61.0	60.0	65.0	44.0	110.0	78.0	110.0	78.0	110.0
1996	45.0	65.0	94.0	56.0	167.0	89.0	27.0	50.0	50.0	36.0	70.0	36.0	167.0
1997	24.0	71.0	49.0	47.0	80.0	50.0	37.0	107.0	45.0	40.0	138.0	72.0	138.0
1998	60.0	47.0	93.0	83.0	76.0	20.0	32.0	80.0	45.6	90.0	34.0	63.0	93.0
1999	70.8	85.4	36.2	58.0	57.2	25.9	40.3	88.2	54.4	117.2	43.6	42.3	117.2
2000	101.5	65.5	48.2	155.6	61.7	46.0	40.6	67.7	28.7	74.4	24.7	80.0	155.6
2001	51.5	75.0	50.7	61.4	62.7	48.0	19.4	35.5	48.5	90.9	27.1	137.7	137.7
2002	38.1	30.7	40.0	122.5	100.4	33.6	84.2	66.4	37.3	75.6	123.6	68.4	123.6
2003	28.2	33.6	53.6	40.9	85.8	37.0	42.4	32.0	59.6	42.1	82.3	45.2	85.8
2004	31.0	61.6	83.6	33.4	151.2	49.7	49.6	44.7	20.0	42.0	83.9	49.3	151.2
2005	37.2	72.2	50.2	31.5	33.1	35.2	88.8	45.4	35.6	92.5	38.6	89.5	92.5
2006	84.6	89.7	54.3	26.2	72.3	26.0	12.6	34.9	111.0	80.0	54.4	83.9	111.0
2007	62.3	35.4	85.4	82.6	117.1	36.1	29.0	23.6	28.4	60.6	54.4	83.4	117.1
2008	65.0	43.4	88.5	41.7	32.1	67.3	39.0	24.5	74.8	96.6	49.9	38.8	96.6
2009	59.8	52.6	165.5	79.5	56.8	78.6	23.1	40.3	23.9	46.2	96.5	75.0	165.5
2010	95.8	61.1	97.1	27.5	49.9	28.4	49.2	27.5	18.0	38.3	35.6	16.2	97.1
2011	58.8	44.4	98.5	44.9	50.3	56.5	29.0	36.7	72.2	41.4	39.6	50.5	98.5
2012	85.3	65.4	77.0	60.0	27.1	31.4	27.7	22.5	36.8	68.3	52.7	47.7	85.3
2013	91.5	57.2	123.2	36.1	47.7	75.9	21.1	131.9	29.7	S/D	S/D	S/D	131.9
2014	S/D	73.9	12.3	39.7	43.2	49.4	42.8	32.4	17.4	50.8	27.4	32.4	73.9
2015	43.0	52.6	56.1	62.8	28.8	17.9	52.0	55.2	59.2	34.5	78.4	79.5	79.5
2016	59.6	S/D	169.1	83.6	65.8	51.0	83.3	37.7	32.4	137.0	103.9	37.1	169.1
2017	S/D	28.3	115.9	36.4	144.1	46.2	29.9	49.1	22.8	84.7	56.4	38.3	144.1
2018	50.8	56.3	67.3	30.0	116.2	23.6	65.4	37.0	44.8	65.6	11.7	64.9	116.2
2019	54.6	74.3	73.3	36.1	62.2	105.7	73.3	56.2	60.5	90.9	37.0	54.7	105.7
2020	22.9	121.1	12.5	S/D	S/D	78.3	76.4	51.4	81.2	32.2	117.4	39.6	121.1
2021	97.5	38.4	120.0	55.6	124.0	35.3	32.2	7.8	25.0	33.6	59.3	80.8	124.0
2022	107.3	56.9	90.2	61.1	52.7	77.2	58.6	37.7	3.7	78.1	84.2	20.9	107.3
MAX	185.0	122.0	169.1	155.6	167.0	105.7	119.0	131.9	111.0	137.0	138.0	152.0	185.0

S/D: Sin dato

Los datos de precipitación fueron obtenidos de la base de datos de la estación San Roque perteneciente al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI. Asimismo, en el figura 10, se analizó la variación de la precipitación máxima anual en 24 horas desde el año 1984 al 2022.

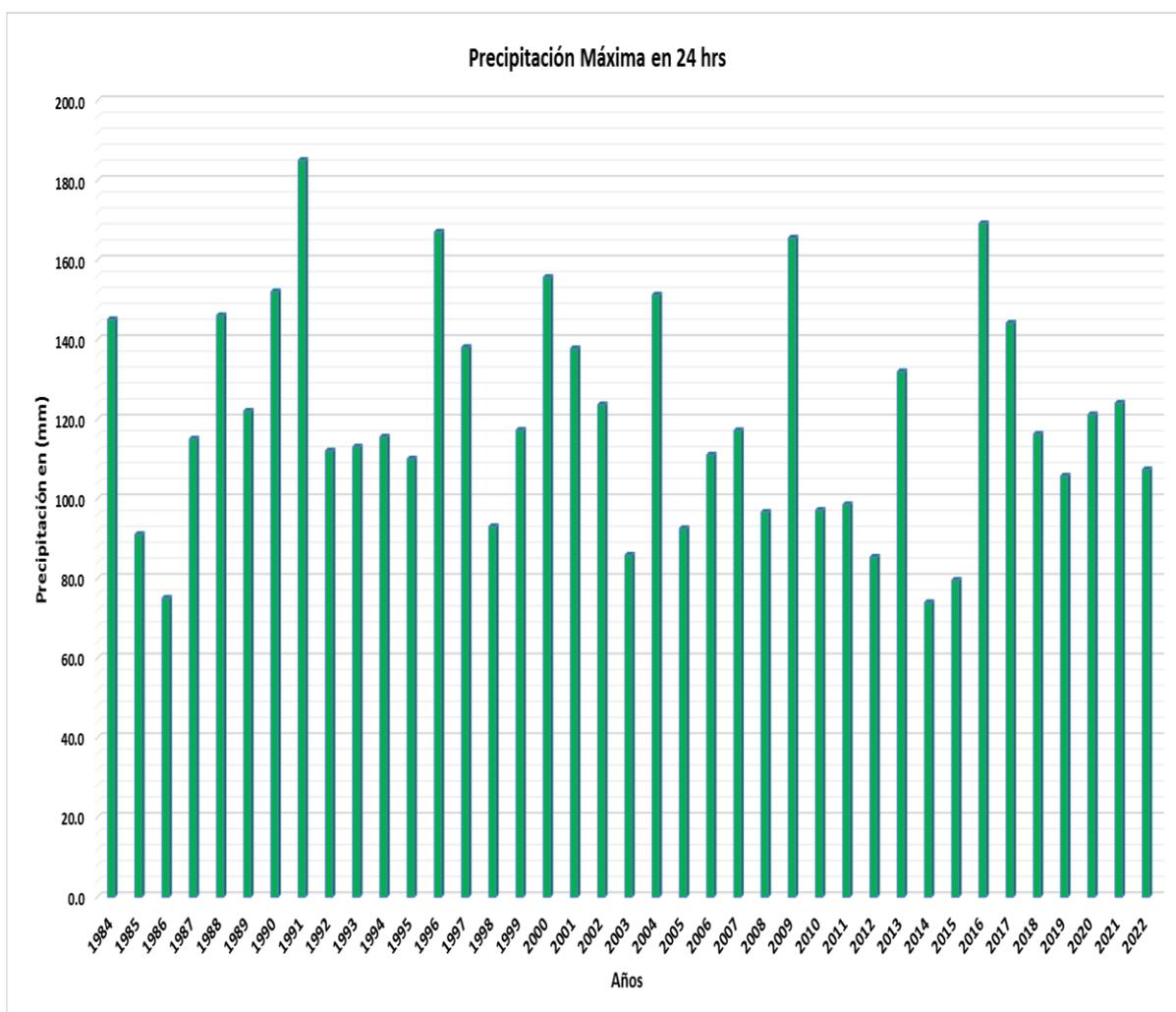


Figura 10. Variación de la precipitación máxima anual en 24 horas periodo 1984-2022  
Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI

En la figura 10 se aprecia la variación de la precipitación máxima anual en 24 horas, durante los años 1984 al 2022, siendo contabilizados 38

años de registro histórico. El año 1991 tiene una precipitación de 185 mm, mayor valor a lo largo del registro histórico; sin embargo, el año 2014 tiene una precipitación de 73.9 mm, menor al valor del registro histórico.

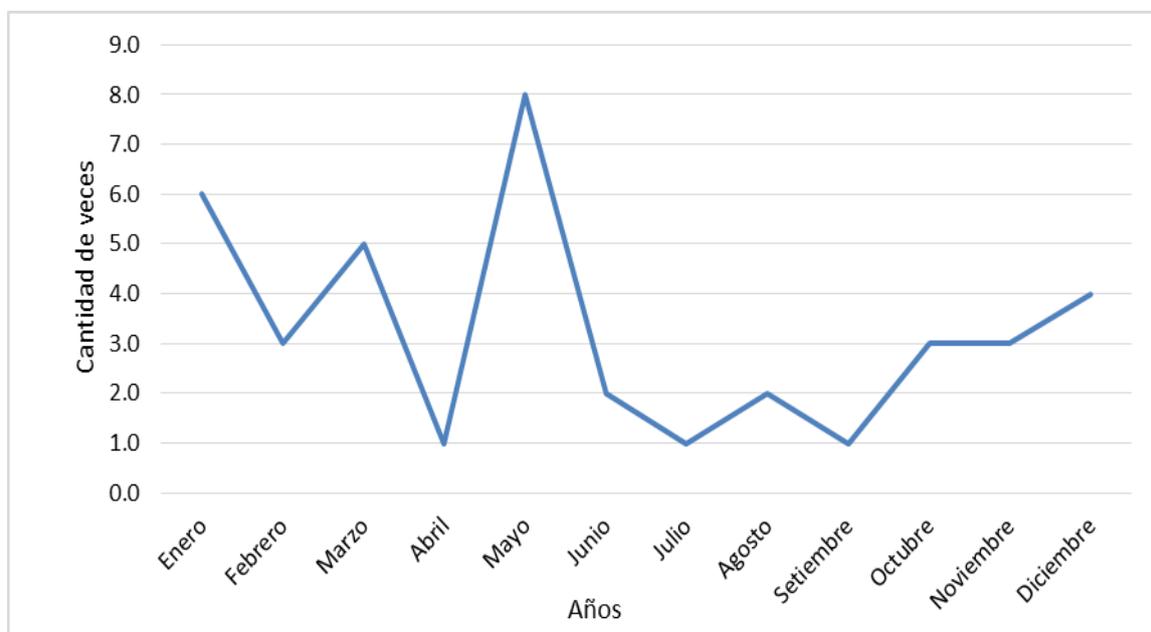


Figura 11. Variación de la precipitación máxima anual en 38 años de registro histórico mensual periodo 1984-2022

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI

En la figura 11 se ha determinado la cantidad de precipitación máxima anual en los 38 años de registro histórico, donde el mes con mayor cantidad de veces es el mes de mayo, seguido de enero, marzo y febrero, siendo los meses con mayor cantidad de precipitación en un año climatológico.

#### 4.1.2 Cálculo de la precipitación máxima anual de 24 horas en diferentes periodos de retorno

Para realizar el cálculo se utilizó el software HYDROGNOMON, para el análisis y procesar las series hidrológicas. El programa ha sido desarrollado por el “ITIA research group” de la “National Technical University of Athens” (Kozanis et al., 2010).

1. Se crea una librería de datos en el programa HYDROGNOMON

The screenshot shows the 'New time series' dialog box in the HYDROGNOMON software. The dialog is titled 'New time series' and has three tabs: 'General information', 'Time step', and 'Interval'. The 'General information' tab is selected. The dialog contains the following fields and controls:

- Time series title:** A text box containing 'Sa Roque'.
- Time series Comments:** A text area containing 'PP Max 24'.
- Variable:** A dropdown menu with 'Precipitation' selected.
- Time zone:** A dropdown menu with 'L (UTC+1100) Lima' selected.
- Measurement unit:** A dropdown menu with 'mm' selected.
- Precision:** A spin box set to '2'.
- Stored time series templates:** A section on the right containing a 'Templates:' label and an empty list box.
- Template description:** A text area on the right, currently empty.
- Buttons:** 'Load template' and 'Delete template' buttons are located below the template description. At the bottom of the dialog are 'Next >', 'Finish', and 'Cancel' buttons.

Figura 12. Librería de datos Programa HYDROGNOMON.

Fuente: Software HYDROGNOMON

2. Se introduce la serie de datos de precipitación máxima anual de 24 horas.

The screenshot shows the Hydrognomon software window. The title bar reads 'Hydrognomon'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'View', 'Series', 'Hydrology', and 'Help'. The toolbar contains various icons for file operations, navigation, and data management. The main data table is as follows:

	San Roque
1984	145.00
1985	91.00
1986	75.00
1987	115.00
1988	146.00
1989	122.00
1990	152.00
1991	185.00
1992	112.00
1993	113.00
1994	115.50
1995	110.00
1996	167.00
1997	138.00
1998	93.00
1999	117.20
2000	155.60
2001	137.70
2002	123.60
2003	85.80
2004	151.20
2005	92.50
2006	111.00
2007	117.10
2008	96.60
2009	165.50
2010	97.10
2011	98.50
2012	85.30
2013	131.90
2014	73.90
2015	79.50
2016	169.10
2017	144.10
2018	116.20
2019	105.70
2020	121.10
2021	124.00
2022	107.30

Tabla 14. Datos de precipitación máxima anual de 24 horas.

Fuente: Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI

3. Luego en la barra de herramientas, se hace click en la ventana de Hydrology.

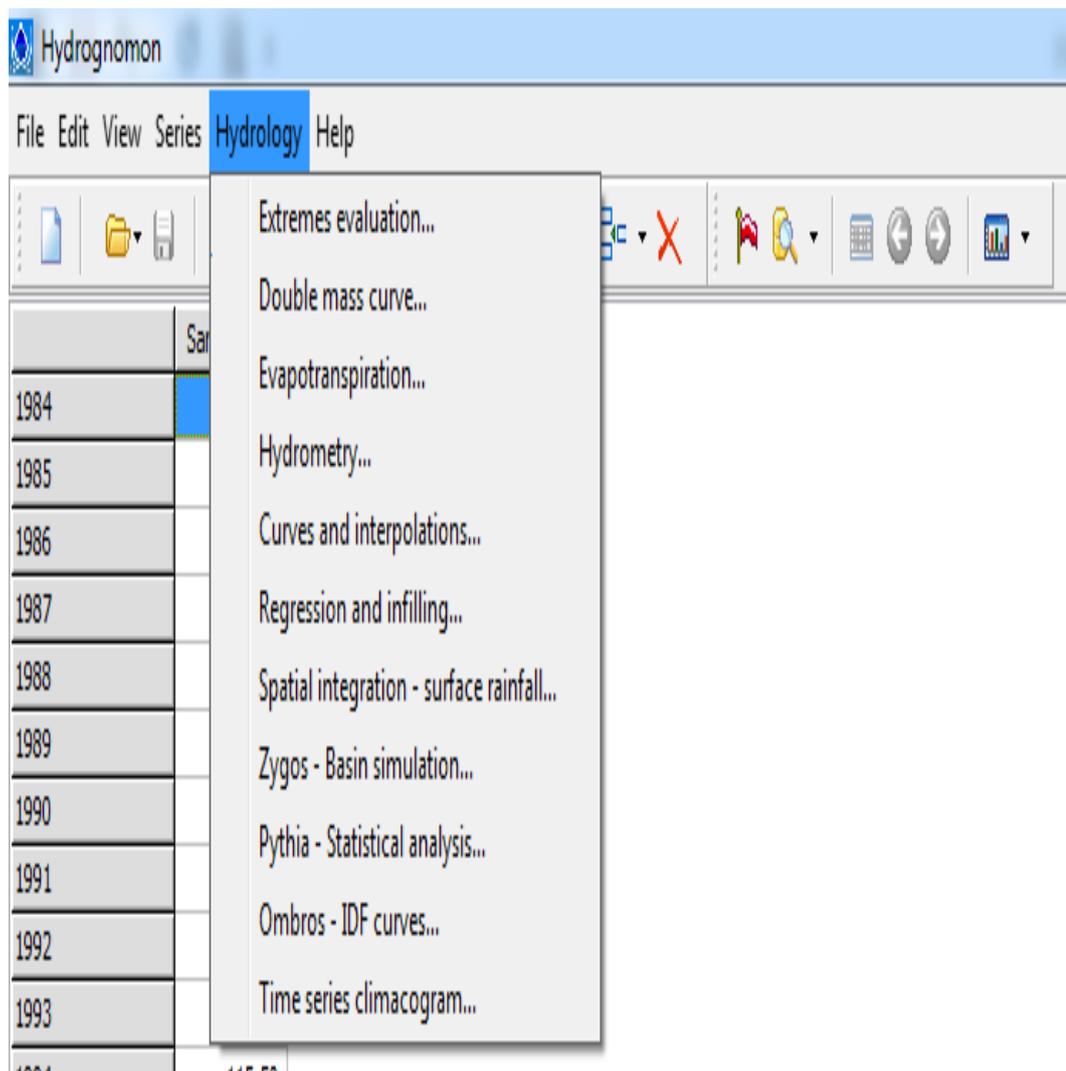


Figura 13. Estructura de elementos de hidrología que procesa HYDROGNOMON

Fuente: HYDROGNOMON

- Después ir a Pythia – Statistical analysis, donde se va analizar los métodos estadísticos y los gráficos de acuerdo a los periodos de retorno

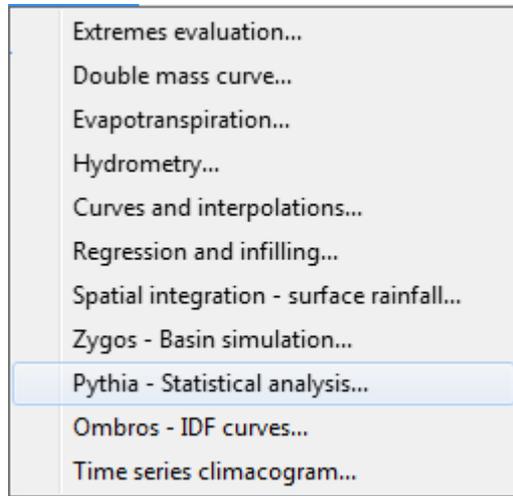


Figura 13. Estructura del proceso del Software de análisis estadístico Pythia

Fuente: Pythia

- Se analizó los valores de los métodos estadísticos

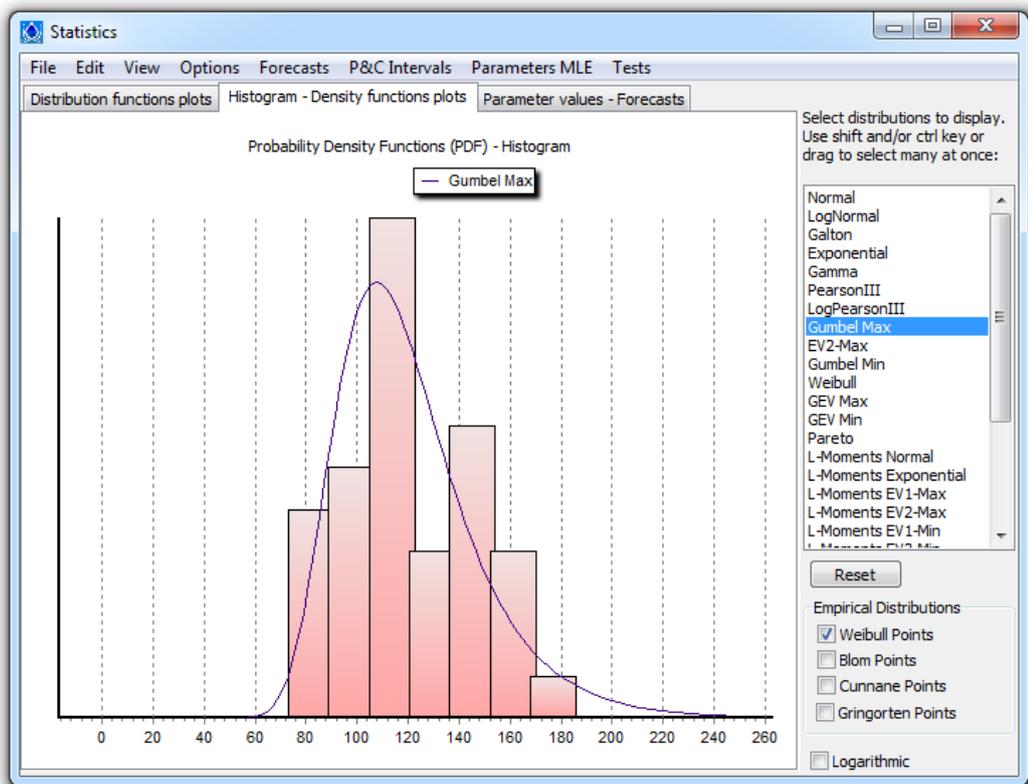


Figura 14. Histograma Método de Gumbel Max

Fuente Pythia

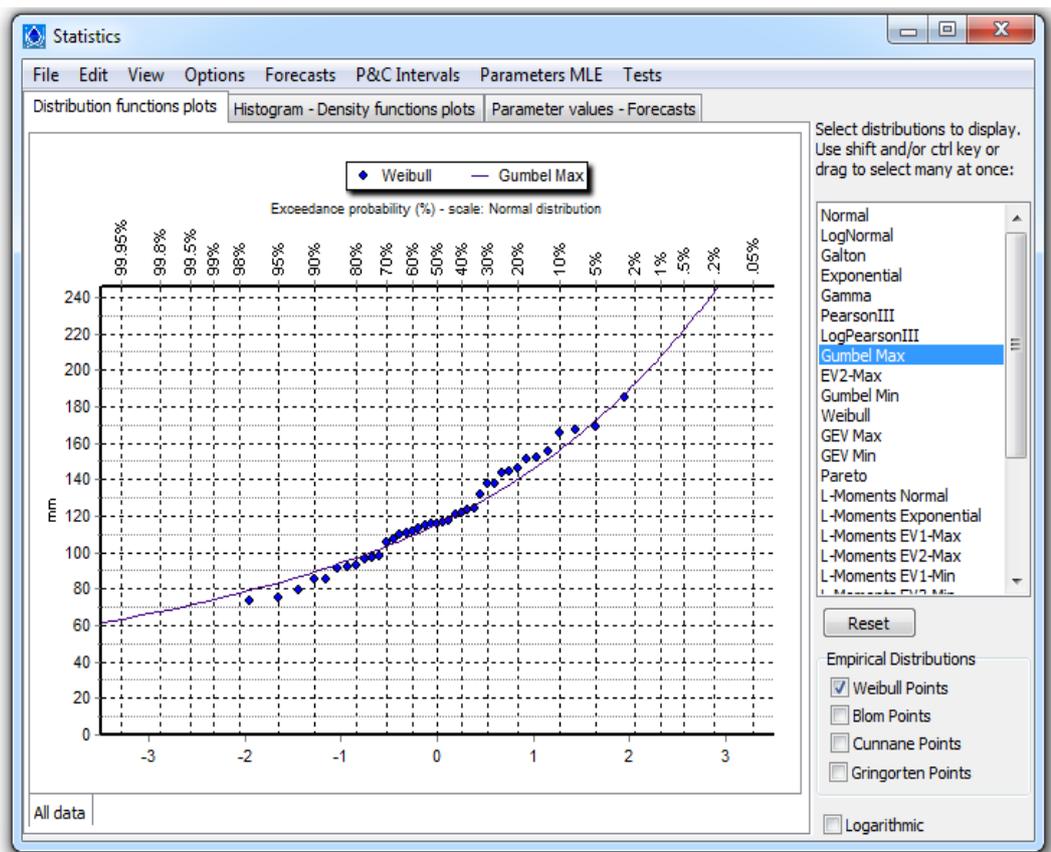


Figura 15. Curva de distribución de Gumbel Max  
Fuente: Pythia

En los resultados obtenidos se optó por utilizar los valores de la prueba estadística de Gumbel, en razón a que Gumbel precisa que para realizar una modelación de distribuciones máximas, usa valores extremos, siendo útil en eventos hidrometeorológicos. Asimismo la teoría de Gumbel nos indica que para representar los máximos se basa en la teoría de valores extremos; en tal sentido, los valores utilizados para los cálculos se basan en los periodos de retorno de 25 a 100 años, según la Tabla 14.

Tabla 14. Periodo de retorno de precipitación máxima de 25-100 años

Precipitación Máxima						
Periodo de retorno	Metodos estadísticos					
	Normal	Log Normal	Gamma	Gumbel	Pearson III	Log Pearson III
2	120.179	117.061	118.024	115.59	118.412	117.047
5	143.682	141.981	142.833	140.279	143.019	142.509
10	155.968	157.052	157.068	156.624	156.912	157.952
25	169.068	174.89	173.233	177.277	172.526	176.268
50	177.532	187.477	184.227	192.599	183.058	189.214
75	182.073	194.6	190.306	201.504	188.855	196.549
100	185.144	199.57	194.49	207.807	192.834	201.67
500	200.554	226.491	216.369	242.951	213.51	229.449

#### 4.1.3 Curva intensidad Duración y Frecuencia - IDF

Para los cálculos de la curva IDF se ha utilizado los datos de precipitación máxima de 24 horas de la estación San Roque de la estación del Servicio nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI, ver tabla (arriba).

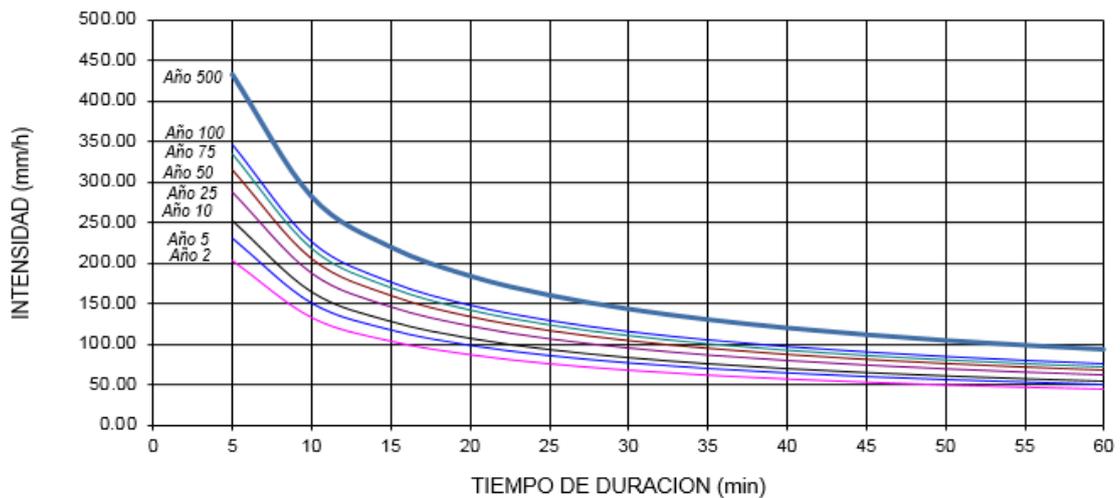


Figura 15. Curva de Intensidad Duración y Frecuencia – IDF

La figura 15 muestra la curva de intensidad Duración y Frecuencia - IDF para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 75, 100 y 500 años

Tabla 15. Intensidades de precipitación en mm/h

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno							
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	75 años	100 años	500 años
24 hr	1440	5.6341	6.9055	7.7473	8.8109	9.6000	10.0586	10.3832	12.1931
18 hr	1080	6.8360	8.3787	9.4001	10.6906	11.6480	12.2045	12.5983	14.7943
12 hr	720	9.0146	11.0488	12.3957	14.0975	15.3600	16.0938	16.6131	19.5090
8 hr	480	11.4936	14.0873	15.8045	17.9743	19.5840	20.5196	21.1818	24.8740
6 hr	360	13.7472	16.8495	18.9035	21.4987	23.4240	24.5430	25.3351	29.7512
5 hr	300	15.4149	18.8935	21.1967	24.1067	26.2656	27.5204	28.4085	33.3604
4 hr	240	17.5784	21.5452	24.1717	27.4901	29.9520	31.3829	32.3956	38.0426
3 hr	180	20.7335	25.4123	28.5102	32.4243	35.3280	37.0157	38.2102	44.8707
2 hr	120	26.3676	32.3179	36.2575	41.2352	44.9280	47.0743	48.5935	57.0638
1 hr	60	40.5655	49.7198	55.7808	63.4388	69.1200	72.4221	74.7592	87.7905

La Tabla 15 muestra las intensidades de precipitación en mm/h, el valor representativo y tomado como análisis es de 74.7592 mm/h a los 100 años del periodo de retorno, siendo un valor extremo y catalogado para las obras de alcantarillado.

Tabla16. Probabilidades de ocurrencia según periodos de retorno

<b>Periodo</b>	<b>Variable</b>	<b>Precip.</b>	<b>Prob. de</b>	<b>Corrección</b>
<b>Retorno</b>	<b>Reducida</b>	<b>(mm)</b>	<b>ocurrencia</b>	<b>intervalo fijo</b>
<b>Años</b>	<b>YT</b>	<b>XT'(mm)</b>	<b>F(xT)</b>	<b>XT (mm)</b>
2	0.3665	119.6622	0.5000	135.2183
5	1.4999	146.6661	0.8000	165.7327
10	2.2504	164.5450	0.9000	185.9359
25	3.1985	187.1351	0.9600	211.4626
50	3.9019	203.8937	0.9800	230.3998
75	4.3108	213.6344	0.9867	241.4069
100	4.6001	220.5285	0.9900	249.1972
500	6.2136	258.9691	0.9980	292.6351

De acuerdo a los resultados obtenidos la tabla 16 nos muestra las probabilidades de ocurrencia según los periodos de retorno, estando entre los 0.96 a 0.99 y entre los años 25 a 100 por ser valores con coeficiente de bondad aceptable y estando dentro de los años catalogados de tiempo de vida útil de las obras de alcantarillado.

#### 4.1.4 Cálculo del tirante y sección circular para el alcantarillado (General)

Para el cálculo del tirante y sección circular del alcantarillado se ha tomado la precipitación a los 100 años de periodo de retorno equivalente a 207.80 mm, indicado en la Tabla 14.

La precipitación 207.80 mm ha sido convertido a Lt/s siendo 185.98 Lt/s y ha sido incluido el área que es 77 624.83 m<sup>2</sup>

El diámetro se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * 1000 * V}}$$

Siendo el resultado: 0.48 m

La velocidad se calculó con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D_c^2}$$

Siendo el resultado: 1.05 m/s

Para los cálculos de diseño, se debe tomar en cuenta que el valor de la velocidad deba encontrarse entre el rango de <5 m/s y >0.25 m/s (mayor de 0.25 m/s, pero menor de 5m/s).

Tabla 16. Valores de diámetros y velocidades de la red

N°	Diámetro (m)	Velocidad (m/s)
1	0.05	94.72
2	0.10	23.68
3	0.15	10.52
4	0.20	5.92
5	0.25	3.79
6	0.30	2.63
7	0.35	1.93
8	0.40	1.48
9	0.45	1.17
10	0.50	0.95
11	0.55	0.78
12	0.60	0.66
13	0.65	0.56
14	0.70	0.48
15	0.75	0.42

En la Tabla 16 se ha desarrollado iteraciones con las fórmulas y según el resultado del diámetro es 0.48 m, esta entre 0.45 m y 0.50 m (diseño).

Los resultados obtenidos en el proceso anterior nos sirvieron de datos para ser introducidos al programa H-CANALES. Así:

Caudal : 0.185 m<sup>3</sup>/s      Diámetro : 0.48 m  
 Rugosidad : 0.009      Pendiente : 0.02 m/m

Tabla 17. Valores de coeficiente de rugosidad n de Manning – aguas domésticas y aguas de lluvia

Material	n
<b>Conductos cerrados</b>	
Asbesto - cemento	0.011 – 0.015
Concreto prefabricado interior liso	0.011 – 0.015
Concreto prefabricado interior rugoso	0.015 – 0.017
Concreto fundido en sitio, formas lisas	0.012 – 0.015
Concreto fundido en sitio, formas rugosas	0.015 – 0.017
Gres Vitrificado	0.011 – 0.015
Hierro dúctil revestido interiormente con cemento	0.011 – 0.015

PVC, polietileno y fibra de vidrio con interior liso	0.010 – 0.015
Metal corrugado	0.022 – 0.026
Colectores de ladrillo	0.013 – 0.017
<b>Conductores abiertos</b>	
Canal revestido en ladrillo	0.012 – 0.018
Canal revestido en concreto	0.011 – 0.020
Canal excavado	0.018 – 0.050
Canal revestido rip-rap	0.020 – 0.035

Fuente: Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (p. D.24), por RAS (2020)

Para los niveles de complejidad de un sistema intermedio y alto, el coeficiente de rugosidad de Manning de pared lisa se define entre 0.009 y 0.013, la decisión la toma el diseñador y debe contar con la aprobación de la empresa, debe ser una sustentación técnica y económica de acuerdo al sistema de alcantarillado (RAS, 2000). Para los niveles de complejidad medios y bajos, se establece de las tablas de acuerdo al material.

La pendiente es el resultado del trabajo topográfico realizado en campo en una superficie de 77 624.83 m<sup>2</sup>.



Figura 16. Diseño de ductos aplicando H Canales

Fuente: H Canales

Se destaca que en resultado el tipo de flujo es supercrítico, siendo una velocidad muy alta para un flujo constante

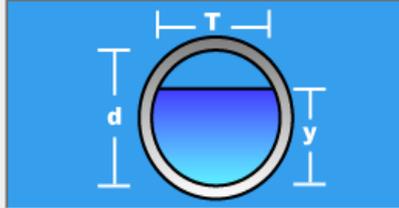
## Calle Los Paujiles

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: **San Juan Bautista** Proyecto: **Alcantarillado**  
 Tramo: **Calle Los Paujiles** Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Diámetro (d):  m  
 Rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):  m Perímetro mojado (p):  m  
 Área hidráulica (A):  m<sup>2</sup> 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**

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Limpia la pantalla para realizar nuevos cálculos 15:36 2/07/2023

Figura 17: Resultados diseño Calle Los Paujiles

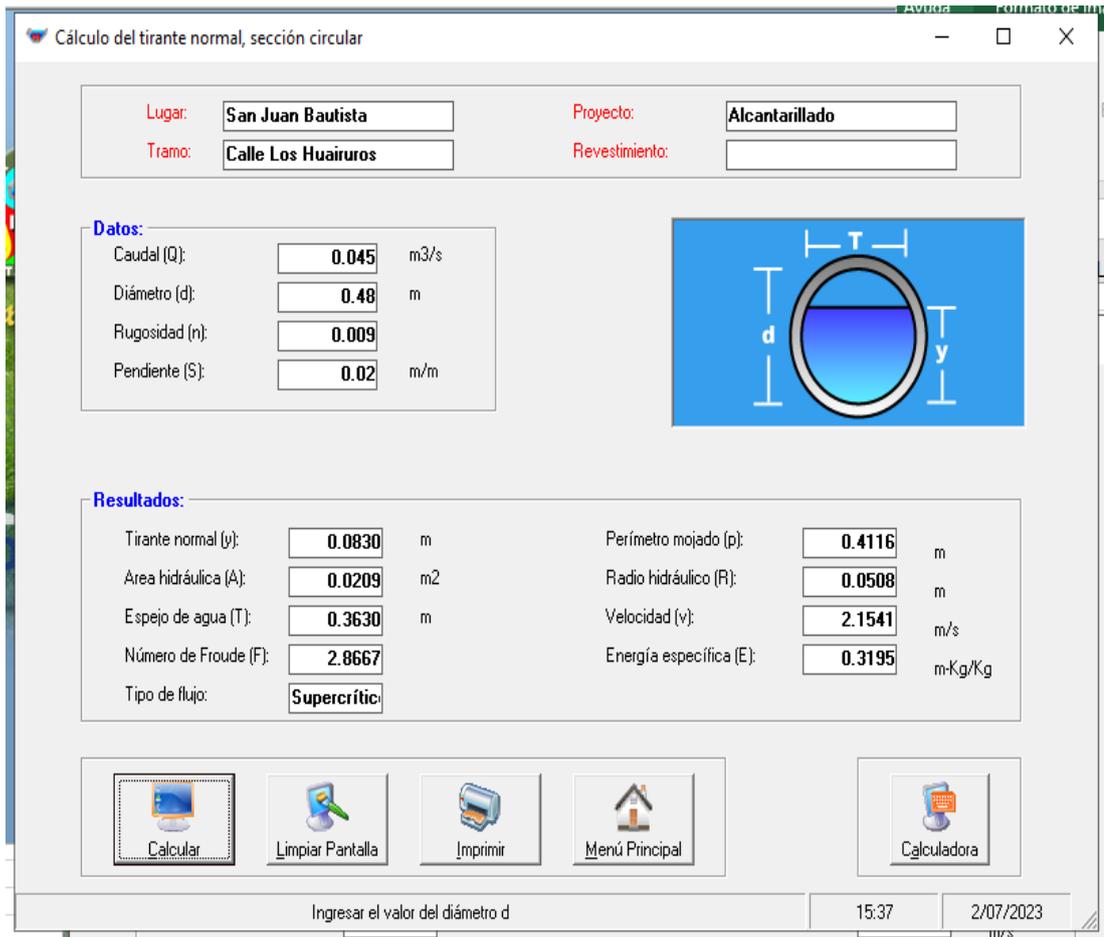


Figura 18: Resultados diseño Calle Los Huairuros

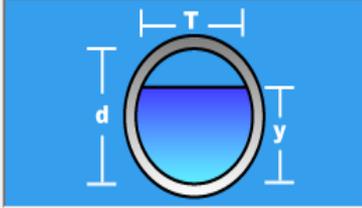
## Calle Bello Horizonte

**Cálculo del tirante normal, sección circular**

Lugar: **San Juan Bautista** Proyecto: **Alcantarillado**  
Tramo: **Calle Bella Horizonte** Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):	<b>0.057</b>	m <sup>3</sup> /s
Diámetro (d):	<b>0.48</b>	m
Rugosidad (n):	<b>0.009</b>	
Pendiente (S):	<b>0.02</b>	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	<b>0.0932</b>	m	Perímetro mojado (p):	<b>0.4380</b>	m
Área hidráulica (A):	<b>0.0247</b>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<b>0.0564</b>	m
Espejo de agua (T):	<b>0.3797</b>	m	Velocidad (v):	<b>2.3096</b>	m/s
Número de Froude (F):	<b>2.8923</b>		Energía específica (E):	<b>0.3650</b>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<b>Supercrítico</b>				

Calculadora Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Activa la calculadora 15:38 2/07/2023

Figura 19. Resultados diseño Calle Bello Horizonte

## 4.2. Discusión de resultados

Los resultados encontrados en la investigación, guardan relación con los resultados encontrados por Escudero y Pérez (2019), encontrándose en la misma línea con lo que sostiene Yañez (2014) en que los resultados obtenidos del análisis hidráulico para los periodos de retorno analizados difieren de la capacidad de las obras de drenaje pluvial del Expediente Técnico existente contratado para la construcción del drenaje urbano de las calles Los Paujiles, Huairuros, Bello horizonte, del A.H Bello Horizonte; ya que en el análisis del comportamiento hidráulico para un periodo de retorno de 100 años nos da un caudal de diseño de 0.085 m<sup>3</sup>/s, un diámetro  $\Phi$  de 0.48m para Los Paujiles; caudal de diseño de 0.057 m<sup>3</sup>/s, un diámetro  $\Phi$  de 0.48m para Los Huairuros, caudal de diseño de 0.045 m<sup>3</sup>/s, un diámetro  $\Phi$  de 0.48m para la calle Bello Horizonte, respectivamente. Siendo evidente la diferencia de caudales existente entre ambos diseños para la elección de un diseño que garantice una adecuada funcionalidad del sistema en el asentamiento humano Bello Horizonte del distrito de san Juan Bautista. (Escudero y Pérez, 2019)

A partir de los resultados obtenidos es aceptable la hipótesis específica que establece que “El análisis hidrológico influye para el diseño de las obras superficiales de captación del sistema de drenaje pluvial urbano”. Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Rojas & Humpiri (2016), en el cual el análisis realizado comparando el resultado del expediente técnico para el diseño de las obras superficiales con un periodo de retorno de 10 años queda desfasado por no cumplir con los parámetros básicos necesarios, siendo por ello que los autores realizan el análisis hidráulico para un periodo de retorno de 25 años, el cual cumple con los parámetros básicos de diseño de las obras superficiales del sistema de drenaje pluvial urbano, según lo indicado en la investigación.

Las curvas de Intensidad Frecuencia y duración (IDF) en nuestra investigación se elaboraron para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 75, 100 y 500 años para duración de lluvia de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 y 60 minutos; sin embargo, Mandujano (2022) aplicó el modelo matemático de Aparicio (1992) para la obtención de las curvas (IDF) que permite definir la ecuación en función del tiempo de periodo de retorno. Mandujano (2022), obtuvo la ecuación con un coeficiente de determinación de  $R^2=0.995$ ; determinando de esta manera los hietogramas de frecuencia por el método de bloque alternos para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25 y 30 años.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

La propuesta primigenia del Expediente Técnico para la ejecución del alcantarillado de aguas pluviales de las calles Bello horizonte, los Huayruros, Gueppi y los Paujiles del A.H Bello Horizonte contenía errores desde la topografía y consideraciones de carácter hidrológico e hidráulico que fueron determinados y corregidos en la propuesta alterna materia de la presente investigación. En consecuencia, la hipótesis ha quedado confirmada positivamente, en el sentido de haber contribuido con la solución satisfactoria de la problemática del drenaje pluvial del A.H. Bello Horizonte.

El análisis del diseño hidráulico del Expediente Técnico de la obra de alcantarillado pluvial del sector A.H. Bello Horizonte, distrito de San Juan Bautista, arrojó errores en cotas, alineamiento, pendientes, secciones transversales, emplazamiento de diversos elementos, debido a errores en el estudio básico de topografía, tales como: cotas y alineamiento de calles y veredas diferentes a la realidad, lo cual indujo a errores de tipo hidrológico e hidráulico.

La propuesta alternativa de diseño hidráulico de instalación de alcantarillado de aguas pluviales ha beneficiado a los moradores de las calles Bello Horizonte, Huayruros, Gueppi y los Paujiles del A.H Bello Horizonte en el distrito de San Juan Bautista, quienes al año 2021 sufrían alagamiento en sus viviendas y las calles en mención se volvían intransitables.

La instalación de alcantarillado urbano para aguas pluviales mejoró la calidad de vida de la población que vive en las calles Bello Horizonte, Los Huayruros, Gueppi, y los paujiles del A.H Bello Horizonte en el distrito de San Juan Bautista, en los tres siguientes factores del desarrollo sostenible: en lo *económico*, las viviendas incrementaron su precio para la venta como para el alquiler, en lo *social*, porque ya no se presenta acumulación de agua en las áreas verdes y pistas que hacían intransitable las vías en mención, así como contaminaban las aguas de

pozos artesianos por estancamiento del agua pluvial, y en lo *ambiental*, porque el encausamiento y evacuación de las aguas pluviales ha reducido la contaminación por el rebose de las aguas servidas del sistema de alcantarillado de aguas servidas, con el cual compartía la misma red.

## **5.2. Recomendaciones**

A la luz de los resultados se recomienda:

Continuar con el estudio del drenaje pluvial urbano, para analizar el comportamiento del agua en el suelo, en las áreas pavimentadas de calles y en el sistema de drenaje existente.

Evaluar, previamente a su contratación, los expedientes técnicos de alcantarillado pluvial que se elaboran en las municipalidades de la ciudad de Iquitos metropolitano, buscando su integración al plan Director de Drenaje Pluvial existente, elaborado por el Gobierno Regional de Loreto.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguila, K. d. (2019). *Diseño de un sistema de alcantarillado pluvial para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal del sector Chontamayo Banda de Shilcayo - San Martin 201*. Tarapoto, Perú.
2. Carhuamaca, D. (2018). *Diseño para la red para el control de drenaje pluvial urbano en el Distrito del Tambo*. Huancayo , Perú.
3. Corrales, J. (2018). *EVALUACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA MEJORAR LA EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN EL SECTOR SAN BLAS DEL DISTRITO DE CUSCO*. Cusco, Perú.
4. Delgado, J., & Gonzales, D. (2019). *DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL Y PAVIMENTACIÓN PARA EL ÁREA URBANA DEL CENTRO POBLADO DE PAMPA GRANDE, DISTRITO DE CHONGOYAPE, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, 2017*. Chiclayo, Perú.
5. Diaz, J. C., & Fonseca, M. (2017). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS DISEÑOS DE DRENAJE PLUVIAL EN LAS CALLES NAUTA Y LOS PERIODISTAS CON EL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL - PUNCHANA 2017*". Iquitos, Perú.
6. Gamboa, J., & Chuquilin, E. (2019). *Diseño Hidraulico y estructural para el sistema de Alcantarillado pluvial urbano popular la Unión , Distrito de Moyobamba Región San Martin*. Moyobamba, Perú.
7. Sopan, G., & Soto, L. (2020). *"PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DEL DRENAJE PLUVIAL EN EL JR. MALECÓN GERMÁN ALIAGA DE LA CIUDAD DE TOCACHE*. Tarapoto, Perú.

### Dirección Electrónica.

- <https://aportealaingcivil.blogspot.com/>
- <https://es.scribd.com/home>
- <https://www.definicionabc.com/medioambiente/saneamiento.php>