



# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

---

**“PROPUESTA Y EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LAS AGUAS  
PLUVIALES EN LA RED COLECTORA DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL  
TRAYECTO DEL CANAL DEL RÍO SAPHY.”**

---

**PRESENTADO POR:**

Bachiller Pamela Mónica Accostupa Alarcón.

Bachiller Wilber Quillahuaman Gallegos.

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL.**

**ASESOR:**

Mg. Ing. Víctor Manuel Arangoitia Valdía

**CUSCO – PERÚ**

**2019**



DEDICATORIA

- *A Dios por darme el regalo de la vida y permitirme culminar esta etapa en mi profesión y por poner en mi camino gente de buen corazón.*
- *A mi padre quien con su sacrificio y comprensión siempre me dio una mano en quien apoyarme y con su amor inmenso sé que siempre estará guiándome desde la gloria de Dios.*
- *A mi madre, que con ese amor puro supo alentarme a seguir adelante y me apoyo a ser fuerte en esta etapa de mi vida.*
- *A mi Hermano que en todo momento me supo alegrar con una sonrisa y ver el mundo de otra manera y poder ser una mejor persona día a día.*
- *A la persona que amo y siempre estuvo apoyándome y brindándome ese amor sincero, respeto y amistad incondicional.*
- *A mis docentes de la Universidad que inculcaron sus conocimientos con orientación y paciencia, en especial a mi asesor Ing. Víctor Manuel Arangoitia Valdívila quien me ayudó a encaminar esta tesis con mucha paciencia sintiéndome en deuda con él y ganándose mi admiración, así mismo agradecer al Ing. Henry Enciso Boluarte que en paz descansa, quien fue un gran profesional y una buena persona y nos ayudó en el inicio de esta tesis.*

Este nuevo logro, es en gran parte gracias a todos ustedes; he logrado concluir con éxito un proyecto que en un principio podría parecer una tarea titánica e interminable.

Quisiera dedicar mi tesis a ustedes, personas de bien, seres que ofrecen amor, bienestar, y los finos deleites de la vida.

Muchas gracias a aquellos seres queridos que siempre aguardo en mi alma.

Pamela Mónica A.A.



DEDICATORIA

Mi Tesis la dedico con todo mi amor y cariño.

- A ti Dios que me diste la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa.
- A mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo Papito y Mamita por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les agradezco de todo corazón y este trabajo que me llevó muchos años hacerlo es para ustedes, por ser el último de sus hijos aquí está lo que ustedes me brindaron, solamente les estoy devolviendo lo que ustedes me dieron en un principio.
- A mi pareja por sus palabras y confianza, por su amor y brindarme el tiempo necesario para realizarme profesionalmente, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su comprensión, cariño y amor.
- A mi amado hijo Emir Emanuel por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.
- A mi asesor Ing. Víctor Manuel Arangoitia Valdivia, por su paciencia, el tiempo dedicado y sobre todo compartir sus conocimientos para el desarrollo de esta investigación.
- A mis compañeros y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas y a todas aquellas personas que durante todo este tiempo estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

Wilber Q.G.



## AGRADECIMIENTOS

### *A nuestras familias*

*Padres y hermanos que con abnegación y esmero estuvieron pendientes de nuestros estudios, dándonos fuerza y moral para seguir adelante.*

### *A nuestra Universidad*

*Por permitirnos ser parte de esta Casa de Estudios para concretar una de nuestras metas y llegar a ser buenos profesionales y dejaremos en alto su nombre con esfuerzo y empeño.*

### *A nuestro Asesor*

*Ing. Víctor Manuel Arangoitia Valdivia por brindarnos su sabiduría, conocimientos y mucho apoyo en la culminación de la tesis.*

### *A nuestros Docentes*

*Quienes con sus enseñanzas, experiencias y conocimientos nos dedicaron horas de esfuerzo que quedan plasmados en este trabajo.*



## RESUMEN

En la ciudad del Cusco se puede observar que en algunas zonas como la correspondiente a la zona de estudio no existe la presencia de sistemas de evacuación de aguas pluviales lo que ocasiona que las redes colectoras terminen saturadas. En base a los diseños calculados de las redes colectoras de las aguas residuales según la norma OS. 070. (Ministerio de Vivienda, Norma OS. 070, 2009) indica que en el diseño del dimensionamiento hidráulico no se considera el caudal de aguas pluviales. Viendo esta problemática se desarrolló la presente investigación en las calles Saphy, Plateros, Portal Comercio, Mantas y Av. Sol en el distrito y ciudad del Cusco las cuales serán el área de estudio. La investigación tiene como finalidad la evaluación de la influencia de las aguas pluviales en la red colectora de aguas residuales al realizar los cálculos en la zona se comprobó que el caudal aumenta más en épocas de lluvia para lo cual se propone la separación de aguas pluviales y aguas residuales para que no afecten el normal funcionamiento de esta red colectora.

Para la investigación se recolectó información insitu en la zona; se contó también con datos proporcionados por la EPS SEDACUSCO donde se indica la ubicación y diámetros de las tuberías.

Se realizó una verificación del estado actual de los buzones y tuberías corroborando con la información obtenida de la EPS, posteriormente se realizó el levantamiento topográfico para obtener las pendientes de buzón a buzón y diámetros de las tuberías de aguas residuales en el área de estudio, en el procesamiento de dato se comprobó los tirantes, para la investigación el cual también es mencionado en la norma OS - 060 de drenaje pluvial urbano del Reglamento Nacional de Edificaciones que nos proporcionara datos del periodo de retorno y método IILA, etc.

El aporte de la investigación en base a los resultados obtenidos es el planteamiento de un estudio y propuesta capaz de conducir y recolectar los volúmenes de aguas pluviales; y de esa manera proponer una posible solución a dicho problema, que afecta a los pobladores y transeúntes en el trayecto del canal del río Saphy, que comprende las calles Saphy, Plateros, Portal Comercio, Portal Mantas y Av. El Sol.

**PALABRAS CLAVES:** Caudal, Tiempo De Concentración, Intensidad, Coeficiente De Escorrentía, Tirante, Periodo De Retorno, Radio Hidráulico, Coeficiente De Rugosidad, Agua Pluvial, Agua Residual.



## SUMMARY

In the Cusco city, it can be observed that in some areas such as those corresponding to the study zone there is no presence of rainwater evacuation systems which causes the collecting networks to end up saturated. Based on the calculated designs of waste water collection networks according to OS standard. 070. (Ministry of Housing, Standard OS. 070, 2009) indicates that the design of the hydraulic dimensioning does not consider the rainwater flow.

Seeing this problem was developed the present investigation in the streets Saphy, silversmiths, Portal Comercio, Mantas and Av. Sun in the district of Cusco which will be the study area, the aim of the research is to evaluate the influence of rainwater on the waste water collection network when performing the calculations in the area it was found that the flow increases more in rainy seasons for which it is proposed the separation of rainwater and wastewater so that they do not affect the normal functioning of this collection network.

For the research, information was collected in the area; data was also available from the SEDACUSCO EPS indicating the location and diameters of the pipes.

A verification of the current state of the mailboxes and pipes was carried out by corroborating the information obtained from the EPS SEDACUSCO which shows the diameters of the pipes and the depths that are current of the mailboxes, the topographic survey was then carried out to obtain the slopes from mailbox to mailbox and the diameters of the sewage pipes in the study area, of rain waters for the rational method used for the investigation(research) which also is mentioned in the norm YOU - 060 of rain urban drainage of the national regulation of buildings. The contribution of the research on the basis of the obtained results is the approach of a study and offer capable of driving and gathering the volumes of rain waters; of such a way to propose a possible solution to the problem that affects the settlers and transients in the distance of the channel of the river Saphy including the streets Saphy, Silversmiths, Portal Trade, Portal Blankets and Av. The Sun.

**KEY WORDS:** Flow, Time of Concentration, Intensity, Coefficient of Runoff, Strain, Period of Return, Hydraulic Radio, Coefficient of Roughness, Stormwater, Residual Water.



## INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta que la ciudad del Cusco es un lugar histórico y lleno de riqueza cultural razón por la que está en constante mira del mundo no podemos estar al margen del avance tecnológico y con deficiencias en los servicios básicos como son el agua y desagüe.

La presente tesis titula “Propuesta y evaluación de la influencia de las aguas pluviales en la red colectora de las aguas residuales en el trayecto del canal del río Saphy”, en la cual se tiene como interés fundamental hallar los caudales pluviales que ingresan a la red colectora de aguas residuales mediante las rejas domiciliarias en épocas críticas, siendo en la ciudad del Cusco, los meses de Diciembre, Enero, Febrero y Marzo.

Con la finalidad de poder analizar la influencia del caudal pluvial en la red colectora de aguas residuales con los resultados de los cálculos de Tiempo de Concentración, Intensidad, Coeficiente de Escorrentía, obtención del caudal de Aguas Residuales, determinación de capacidad de la red de Alcantarillado en el trayecto del canal del río Saphy, para culminar con la comparación de caudales pluviales con caudales de aguas residuales y poder realizar una propuesta de un canal colector de aguas pluviales que desembocaran en el río Saphy ubicado entre las calles Saphy, Plateros, Portal Comercio, Mantas y Av. Sol en el Distrito de Cusco de la ciudad del Cusco evitando los reboses de buzones en la zona turística del Cusco en base al Reglamento Nacional de Edificaciones.



ÍNDICE GENERAL

- DEDICATORIA I
- AGRADECIMIENTOS III
- RESUMEN IV
- SUMMARY V
- INTRODUCCIÓN VI
- ÍNDICE GENERAL VII
- ÍNDICE DE TABLAS XI
- ÍNDICE DE FIGURAS XV
- ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS XVI
- 1 CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1
  - 1.1. Identificación del problema. .... 1
    - 1.1.1. Descripción del problema. .... 1
    - 1.1.2. Área de estudio. .... 1
    - 1.1.3. Formulación interrogativa del problema. .... 2
      - 1.1.3.1. Formulación interrogativa del problema general. .... 2
      - 1.1.3.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos. .... 2
  - 1.2. Justificación e importancia de la investigación. .... 3
    - 1.2.1. Justificación técnica. .... 3
    - 1.2.2. Justificación social. .... 3
    - 1.2.3. Justificación por viabilidad. .... 3
    - 1.2.4. Justificación por relevancia. .... 3
  - 1.3. Limitaciones de la investigación. .... 3
  - 1.4. Objetivos de la investigación. .... 4
    - 1.4.1. Objetivo general. .... 4
- 2.CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO. 5
  - 2.1. Antecedentes de la tesis o investigación actual ..... 5





2.1.1. Antecedentes a nivel local. ....5

2.1.2. Antecedentes a nivel nacional .....5

2.1.3. Antecedentes a nivel internacional. ....7

2.2. Aspectos teóricos pertinentes. ....8

a). Topografía (gúzman, 2012).....8

b). Hidrología. (villón, 2002) ..... 10

c). Precipitación:..... 13

d). Estudio de una tormenta..... 14

e) colectores de aguas pluviales .....30

f) sistemas de diseño de drenaje pluvial urbano.....30

g) Norma os- 060. Drenaje pluvial urbano..... 31

h) Aguas Residuales ..... 41

i) Norma Os- 070 redes de aguas residuales. ....47

2.3. Hipótesis .....55

2.3.1. Hipótesis general .....56

2.3.2. Sub hipótesis .....56

2.4. Definición de variables. ....57

2.4.1. Variables independientes. ....57

indicadores de variables independientes. ....57

2.4.2. Variables dependientes. ....57

indicadores de variables dependientes. ....57

2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables .....58

o **3.CAPÍTULO III: METODOLOGÍA** 59

3.1. Metodología de la investigación .....59

3.1.1. Enfoque de la investigación.....59

3.1.2. Método de investigación.....59

3.1.3. Nivel o alcance de la investigación .....59



3.2.	Diseño de la investigación .....	59
3.2.1.	Diseño metodológico .....	59
3.2.2.	Diseño de la ingeniería .....	60
3.3.	Población y muestra.....	60
3.3.1.	Población. ....	60
3.3.1.1.	Descripción de la población.....	60
3.3.1.2.	Cuantificación de la población .....	60
3.3.2.	Muestra. ....	60
3.3.2.1.	Descripción de la muestra.....	60
3.3.2.2.	Cuantificación de la muestra .....	60
3.3.2.3.	Método de muestreo .....	61
3.3.2.4.	Criterios de evaluación de muestra.....	61
3.4.	Instrumentos .....	61
3.4.1.	Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos. ....	61
3.4.2.	Instrumentos de ingeniería.....	64
3.5.	Procesamiento de recolección de datos. ....	65
3.5.1.	Pruebas tomadas en campo. ....	66
3.5.1.1.	Inspección de buzones. ....	66
3.5.1.2.	Levantamiento topográfico.....	69
3.6.	Procesamiento de datos.....	74
3.6.1.1.	Consideraciones previas .....	74
3.6.1.2.	Cálculo de caudal de aguas pluviales. ....	74
3.6.1.3.	Cálculo del caudal para la red actual .....	99
o	<b>4.CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.</b>	122
4.1.	Caudal máximo diario que influyen en la red colectora.....	122
4.2.	Caudales de aguas residuales de la red colectora actual. ....	122
4.3	Caudales de precipitación pluvial. ....	125



4.3.1 caudales obtenidos por el método racional .....	125
4.4. Análisis de la capacidad de la red colectora de aguas residuales según los caudales obtenidos.....	125
4.5. Diseño de la propuesta del sistema de evacuación de aguas pluviales .....	138
○ <b>5.CAPÍTULO V: “DISCUSIÓN”</b>	164
○ <b>CONCLUSIONES</b>	166
○ <b>RECOMENDACIONES</b>	168
○ <b>GLOSARIO.</b>	169
○ <b>REFERENCIAS.</b>	171
○ <b>BIBLIOGRAFÍA</b>	171
○ <b>TRABAJOS CITADOS</b>	172
○ <b>ANEXO 01:</b>	174
○ <b>PANEL FOTOGRÁFICO</b>	174
○ <b>ANEXO 02:</b>	196
○ <b>MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>	196
○ <b>ANEXO 03:</b>	198
○ <b>DATOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</b>	198
○ <b>ANEXO 04:</b>	216
○ <b>“PROPUESTA DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES.”</b>	216
○ <b>ANEXO 05:</b>	308
○ <b>“PLANOS DE ESTUDIO.”</b>	308



ÍNDICE DE TABLAS

*Tabla 1: Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el método racional ..... 18*

*Tabla 2: Coeficientes de escorrentía para áreas urbanas..... 19*

*Tabla 3: Coeficientes de escorrentía para áreas rurales ..... 19*

*Tabla 4: Subdivisión del territorio en zonas y subzonas pluviométricas y valores de los parámetros  $k'g$  y  $\epsilon g$  que definen la distribución de probabilidades de  $hg$  en cada punto de estas..... 25*

*Tabla 5: Valores de los parámetros  $a$  y  $n$  que, junto con  $k'$ , definen las curvas de probabilidad pluviométrica en cada punto de las Subzonas. .... 26*

*Tabla 6: Valores del coeficiente de rugosidad de Manning ..... 35*

*Tabla 7: Cálculo según la sección del canal ..... 40*

*Tabla 8: Dotación en litros por persona diario (lppd) de habilitaciones de tipo comercial... 46*

*Tabla 9: Valores de  $n$  para el diseño ..... 52*

*Tabla 10: Coeficiente de rugosidad de la formula de Bazin ( $m$ )..... 53*

*Tabla 11: Valores de “ $n$ ” dados por Horton para coeficiente de rugosidad de la formula de Manning. .... 54*

*Tabla 12: Instrumento de inspección de buzones. .... 62*

*Tabla 13: Ficha para levantamiento topográfico..... 63*

*Tabla 14: Tabla de datos de inspección de buzones..... 67*

*Tabla 15: Levantamiento topográfico..... 69*

*Tabla 16: Datos topográficos de la zona de estudio..... 75*

*Tabla 17: Resultados Método Kirpick. .... 76*

*Tabla 18: Método California Culverts Practice ..... 77*

*Tabla 19: Método Aviation Administration ..... 78*

*Tabla 20: Resumen de los resultados de tiempo de concentración ..... 79*

*Tabla 21: Escorrentía método racional..... 79*

*Tabla 22: Coeficiente de escorrentía de la microcuenca 01 ..... 80*

*Tabla 23: Coeficiente de escorrentía de la microcuenca 02 ..... 80*

*Tabla 24: Coeficiente de escorrentía de la microcuenca 03 ..... 81*

*Tabla 25: Coeficiente de escorrentía de la microcuenca 04 ..... 81*

*Tabla 26: Coeficiente de escorrentía de la microcuenca 05 ..... 81*

*Tabla 27: Coeficiente de escorrentía de la microcuenca 06 ..... 81*



Tabla 28: Coeficiente de esorrentía de la microcuenca 07 ..... 82

Tabla 29: Coeficiente de esorrentía de la microcuenca 08 ..... 82

Tabla 30: Resumen de coeficiente de esorrentía de las microcuencas ..... 82

Tabla 31: Datos para la fórmula IILA ..... 85

Tabla 32: Cálculo De Precipitación Máxima En 24 Hrs..... 85

Tabla 33: Cálculo para t en 10.84 minutos. .... 85

Tabla 34: Cálculo para t en 21.15 minutos. .... 86

Tabla 35: Cálculo para t en 25.33 minutos. .... 86

Tabla 36: Caudal de toda la microcuenca 01 por la ecuación del método racional ..... 87

Tabla 37: Caudal que ingresa a la red colectora en la microcuenca 01..... 87

Tabla 38: Caudal para la microcuenca 02 por la ecuación del método racional..... 88

Tabla 39: Caudal que ingresa a la red colectora en la microcuenca 02..... 88

Tabla 40: Caudal para la microcuenca 03 por la ecuación del método racional..... 89

Tabla 41: Caudal que ingresa a la red colectora en la microcuenca 03..... 89

Tabla 42: Caudal para la microcuenca 04 por la ecuación del método racional..... 90

Tabla 43: Caudal que ingresa a la red colectora en la microcuenca 04..... 90

Tabla 44: Caudal para la microcuenca 05 por la ecuación del método racional..... 91

Tabla 45: Caudal que ingresa a la red colectora en la microcuenca 05..... 91

Tabla 46: Caudal para la microcuenca 06 por la ecuación del método racional..... 92

Tabla 47: Caudal que ingresa a la red colectora en la microcuenca 06..... 92

Tabla 48: Caudal para la microcuenca 07 por la ecuación del método racional..... 93

Tabla 49 Caudal que ingresa a la red colectora en la microcuenca 07..... 93

Tabla 50: Caudal para la microcuenca 08 por la ecuación del método racional..... 94

Tabla 51 Caudal que ingresa a la red colectora en la microcuenca 08..... 94

Tabla 52: Resumen del cálculo de caudal por el método racional para cada microcuenca vs caudal que ingresa a la red colectora..... 94

Tabla 53: Caudal de aporte del Lado Nor-Este y Nor - Oeste ..... 95

Tabla 54: Índice de personas por vivienda, Distrito De Cusco..... 96

Tabla 55: Número de habitantes dentro de nuestra zona de estudio..... 97

Tabla 56: Dotación por conexión clima frio, según Norma OS.070. .... 97

Tabla 57: Demanda de agua por microcuenca..... 98

Tabla 58: Cálculo del consumo de la población..... 99

Tabla 59: Pendiente de la red colectora de aguas residuales obtenidas en todo el trayecto del canal del río Saphy..... 99



*Tabla N° 60: Características hidráulicas de la red colectora de aguas residuales en el trayecto del canal de río Saphy. .... 103*

*Tabla 61: Caudales obtenidos por el metodo de Ganguillet-Kutter en todo el trayecto del canal del rio Saphy ..... 107*

*Tabla 62: Coeficiente de rugosidad a usarse en la fórmula de Bazin. “G” ..... 110*

*Tabla 63: Caudales obtenidos por el metodo de Bazin en toda la trayectoria del canal del río Saphy. .... 111*

*Tabla 64: Coeficiente de rugosidad de la formula de Manning. .... 114*

*Tabla 65: Caudales obtenidos por el metodo de Manning en toda la trayectoria del canal del río Saphy. .... 115*

*Tabla 66: Coeficiente de rugosidad de la formula de Ganguillet-Kutter. .... 118*

*Tabla 67: Caudales obtenidos por el metodo de Pavlovski en el trayecto del canal del río Saphy. .... 119*

*Tabla 68: Caudal de aporte de la población a la red de agua residual ..... 122*

*Tabla 69: Caudal de aporte a la red colectora de alcantarillado por microcuencas ..... 122*

*Tabla 70: Resultado de caudales por diferentes métodos en todo el trayecto del canal del río Saphy ..... 123*

*Tabla 71: Caudal de precipitación total por microcuenca. .... 125*

*Tabla 72: Comparación de los caudales con la capacidad en la red existente en el trayecto del canal del río Saphy..... 126*

*Tabla 73 Comparación de los caudales con la capacidad en la red existente en el trayecto del canal del río Saphy..... 131*

*Tabla 74: Caudal de precipitación por área tributaria de los tramos. .... 138*

*Tabla 75: Cálculo de las dimensiones del canal colector secundario de aguas pluviales de toda la microcuenca N 01. .... 139*

*Tabla 76: Diseño del canal secundario de la microcuenca N°01 ..... 140*

*Tabla 77: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales para la microcuenca N° 01. .... 140*

*Tabla 78: Diseño del canal principal de la microcuenca N°01..... 141*

*Tabla 79: Cálculo de las dimensiones del canal principal de aguas pluviales para la microcuenca N°01. .... 141*

*Tabla 80: Diseño del canal principal de la microcuenca N°01..... 142*

*Tabla 81: Caudal de precipitación por área tributaria de los tramos. .... 142*



Tabla 82: Cálculo de las dimensiones del canal colector secundario de aguas pluviales de toda la microcuenca N° 02..... 143

Tabla 83: Diseño del canal secundario de la microcuenca N°02. .... 143

Tabla 84: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales de toda la microcuenca 02 ..... 144

Tabla 85: Diseño del canal principal de la microcuenca N°02..... 144

Tabla 86: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales de toda la microcuenca 02 ..... 144

Tabla 87: Diseño del canal principal de la microcuenca N°02..... 145

Tabla 88: Caudales de precipitaciones por área tributaria de los tramos..... 145

Tabla 89: Cálculo de las dimensiones del canal colector secundario de aguas pluviales de toda la microcuenca 03. .... 146

Tabla 90: Diseño del canal secundario de la microcuenca 03..... 147

Tabla 91: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales de toda la microcuenca 03 ..... 147

Tabla 92: Diseño del canal principal de la microcuenca 03..... 148

Tabla 93: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales de toda la microcuenca 03 ..... 148

Tabla 94: Diseño del canal principal de la microcuenca 03..... 149

Tabla 95: Caudales de precipitaciones por área tributaria de los tramos..... 150

Tabla 96: Cálculo de las dimensiones del canal colector secundario de aguas pluviales de toda la microcuenca 04. .... 150

Tabla 97: Diseño del canal secundario de la microcuenca 04..... 151

Tabla 98: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales de toda la microcuenca 04 ..... 151

Tabla 99: Diseño del canal principal de la microcuenca 04..... 152

Tabla 100: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales de toda la microcuenca 04 ..... 152

Tabla 101: Diseño del canal principal de la microcuenca Nª 04. .... 152

Tabla 102: Caudal de precipitación por área tributaria de los tramos ..... 153

Tabla 103: Cálculo de las dimensiones del canal colector secundario de aguas pluviales de toda la microcuenca 05. .... 154

Tabla 104: Diseño del canal secundario de la microcuenca 05..... 154



*Tabla 105: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales de toda la microcuenca 05 ..... 155*

*Tabla 106: Diseño del canal principal de la microcuenca 05..... 155*

*Tabla 107: Caudal de precipitación por área tributaria de los tramos ..... 156*

*Tabla 108: Cálculo de las dimensiones del canal colector secundario de aguas pluviales de toda la microcuenca 07..... 157*

*Tabla 109: Diseño del canal secundario de la microcuenca 07..... 157*

*Tabla 110: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales de toda la microcuenca 07. .... 158*

*Tabla 111: Diseño del canal principal de la microcuenca 07..... 158*

*Tabla 112: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales de toda la microcuenca 07 ..... 159*

*Tabla 113: Diseño del canal principal de la microcuenca 07..... 159*

*Tabla 114 Caudal de precipitación por área tributaria de los tramos..... 160*

*Tabla 115: Cálculo de las dimensiones del canal colector secundario de aguas pluviales de toda la microcuenca 08. .... 161*

*Tabla 116: Diseño del canal secundario de la microcuenca 08..... 161*

*Tabla 117: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales de toda la microcuenca 08 ..... 162*

*Tabla 118: Diseño del canal principal de la microcuenca 08..... 162*

*Tabla 119: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales de toda la microcuenca 08. .... 163*

*Tabla 120: Diseño del canal principal de la microcuenca 08..... 163*

**ÍNDICE DE FIGURAS**

*Ilustración 1 Delimitación de la zona de estudio ..... 75*





**ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

Fotografía 1: Rebose de buzón en la esquina de la calle Saphy con Plateros 20-12-2017 ..... 2

Fotografía 2: Escorrentía originada por las lluvias y volumen de agua considerable en la Av. El Sol con Portal Mantas. .... 175

Fotografía 3: Empozamiento de agua en la Plaza De Armas, Del 07-01-2017 en el buzón N°036 ..... 175

Fotografía 4: Rebose de un buzón entre la Plaza De Armas y calle Saphy 07-01-2017. Buzón N°036. .... 176

Fotografía 5: Aguas pluviales en la Calle Plateros 07-01-2017..... 176

Fotografía 6: Toma de punto con prisma en la Av. El Sol..... 177

fotografía 7: Levantamiento topográfico con estación total de los buzones en toda la trayectoria de la red colectora en las calles Saphy, Plateros y Av. Sol ..... 177

Fotografía 8: Levantamiento topográfico en Av. Sol..... 178

Fotografía 9: Verificación y medición, desde la tapa al fondo del buzón, en la Av. Sol..... 178

Fotografía 10: Medición de buzón con la wincha para saber la altura real ..... 179

Fotografía 11: Inspección de buzón con el apoyo del personal del SEDA CUSCO..... 179

Fotografía 12: Inspección de buzón y verificación de los diámetros de tubería de inicio a final por buzones con el apoyo del personal del SEDA CUSCO..... 180

Fotografía 13: Toma de datos del estado actual del buzón en la Av. Sol. .... 180

Fotografía 14: Obstrucción y rebose hacia el río Saphy en el buzón N°025..... 181

Fotografía 15: Se visualiza en la fotografía el desatoro del buzón N°038 ..... 181

Fotografía 16: Se visualiza en la fotografía el cambio de diámetro de las tuberías en el buzón N°058 de 200mm a 315mm..... 182

Fotografía 17: Se visualiza en la fotografía la existencia de un rebose hacia el río en el buzón N°032..... 182

Fotografía 18: Medición de los buzones en la Plaza de Armas ..... 183

Fotografía 19: Verificación y medición de los buzones en la calle Saphy. .... 183

Fotografía 20: Verificando según los planos proporcionados por el SEDACUSCO todas las redes de aguas residuales que aportan a la red colectora en el trayecto del canal del río Saphy ..... 184

Fotografía 21: Se verifica el rebose hacia el río Saphy en el buzón N°027 . .... 184



Fotografía 22: Se verifica el rebose de las aguas residuales por los buzones hacia la calle de la Plaza de Armas en una fuerte precipitación pluvial del buzón N°034 ..... 185

Fotografía 23: Se verifica el rebose de las aguas residuales por los buzones hacia la calle Saphy en una fuerte precipitación pluvial del buzón N°020 ..... 185

Fotografía 24: Se verifica el rebose de las aguas residuales por los buzones en la esquina de la Plaza de Armas en una fuerte precipitación pluvial del buzón N°036 ..... 186

Fotografía 25: Rebose de aguas pluviales en la intersección de Plateros con Saphy..... 186

Fotografía 26: Aguas pluviales en la Plaza de Armas..... 187

Fotografía 27: Vía totalmente inundada por rebose de buzón en la esquina de la Plaza de Armas. .... 187

Fotografía 28: Buzón N°36 totalmente colapsado. .... 188

Fotografía 29 : Buzón N°36 totalmente colapsado. .... 188

Fotografía 30: Plaza de Armas después de una lluvia torrencial. .... 189

Fotografía 31: Falta de un sistema de evacuación de aguas pluviales en las viviendas..... 189

Fotografía 32: Falta de un sistema de evacuación de aguas pluviales en las viviendas de calle Saphy ..... 190

Fotografía 33: Toma de datos y coordenadas en el inicio de la microcuenca 01..... 190

Fotografía 34: Toma de datos de vía de la microcuenca 01..... 191

Fotografía 35: Toma de datos en el inicio de la microcuenca 02..... 191

Fotografía 36: Toma de datos en cuesta de Santa Ana de la microcuenca 02. .... 192

Fotografía 37: Toma de datos en el final de la microcuenca 02. .... 192

Fotografía 38: Toma de datos en el inicio de la microcuenca 03..... 193

Fotografía 39: Toma de datos en el final de la microcuenca 03. .... 193

Fotografía 40: Toma de coordenadas de la microcuenca 05..... 194

Fotografía 41: Toma de coordenadas de la microcuenca 07..... 194

Fotografía 42: Toma de coordenadas de la microcuenca 08..... 195

Fotografía 43: Toma de coordenadas de la microcuenca 08..... 195

Mapa 1: Ubicación de la investigación. .... 1

Mapa 2: Plano de regionalización, zonas y subzonas pluviométricas..... 23

Mapa 3: Mapa de zonas y Subzonas Pluviométricas. .... 84



Gráfico 1: Topografía en la ingeniería..... 8

Gráfico 2: Ciclo hidrológico..... 10

Figura 1: Delimitación de trabajo..... 12

Figura 2 : Aparatos de medición de precipitación..... 14

Figura 3: Sección Transversal De Cunetas..... 34

Figura 4: Tipos de sumideros..... 35

Figura 5: Esquema de sistema de alcantarillado con tuberías principales y ramales colectores..... 49

Figura 6: Programa H Canales.....64

Figura 7: Estación total..... 64

Figura 8: Prisma..... 64

Figura 9:GPS..... 65

## 1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

#### 1.1.1. Descripción Del Problema.

En la ciudad del Cusco, se puede observar que en algunas zonas no existen sistemas de evacuación de aguas pluviales lo que ocasiona que las redes colectoras terminen saturadas debido a que las aguas pluviales ingresan al sistema de aguas residuales. La norma OS 070. (Ministerio de Vivienda, Norma OS. 070, 2009), indica que el diseño del dimensionamiento hidráulico no considera el caudal de aguas pluviales.

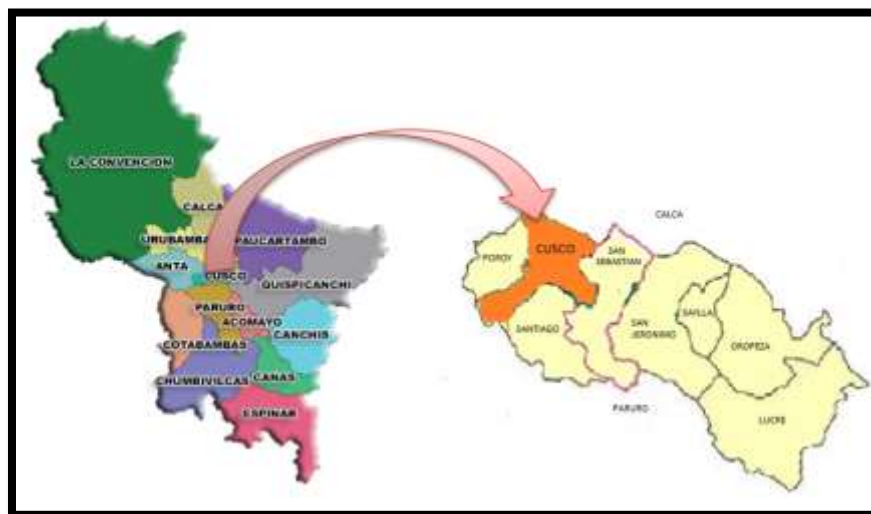
Al no existir un sistema de evacuación para las aguas pluviales, el ingreso de estas aguas a la red colectora de las aguas residuales, produce la saturación del sistema y el rebose de los buzones. Este problema se incrementa más en los meses de Noviembre a Marzo, prolongándose inclusive hasta el mes de Abril debido a presencia de lluvias.

Teniendo en cuenta esta problemática, se optó en realizar una propuesta de evaluación de la influencia de las aguas pluviales en la red colectora de las aguas residuales en el trayecto del canal del río Saphy.

#### 1.1.2. Área de estudio.

El área de estudio que comprende las calles Plateros, Saphy, Portal Comercio, Mantas y Av. El Sol, ubicadas en la parte Nor-Oeste de la ciudad del Cusco.

*Mapa 1: Ubicación de la investigación.*



*Fuente: Elaboración Propia.*

Fotografía 1: Rebose de buzón en la esquina de la calle Saphy con Plateros 20-12-2017



Fuente: Elaboración Propia

1.1.3. Formulación interrogativa del problema.

1.1.3.1. Formulación interrogativa del problema general.

¿Cuál será la evaluación de la influencia de las aguas pluviales el comportamiento de la red colectora de aguas residuales en el trayecto del canal del río Saphy y qué propuesta técnica daría solución?

1.1.3.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos.

- Problema Específico N°1

¿Cuál es la capacidad actual de conducción de la red colectora de aguas residuales en el tramo del canal del río Saphy?

- Problema Específico N°2

¿Cuáles son los tirantes al que trabaja la red colectora de aguas residuales existente en el tramo del canal del río Saphy?

- Problema Específico N°3

¿Cuántas microcuencas, en el área de estudio, aportan a la red colectora de aguas residuales?

- Problema Específico N°4

¿Cuáles son los caudales de aporte de aguas pluviales provenientes de las zonas Nor-Este y Nor-Oeste que aportan a las dos redes colectoras en la Av. El Sol.?



- Problema Específico N°5  
¿Cuáles son los coeficientes de escorrentía superficial que se presentan en las microcuencas que intervienen en la red colectora del tramo del canal del río Saphy?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.**

### 1.2.1. Justificación Técnica.

La presente investigación se justifica porque los resultados obtenidos de la evaluación hidrológica e hidráulica, será un insumo que podría utilizarse para un mejoramiento de la red colectora de aguas residuales y proponer un sistema de evacuación de aguas pluviales que dará solución a la problemática.

La investigación pertenece al área Hidráulica según la ingeniería Civil.

### 1.2.2. Justificación Social.

La investigación contribuirá a la seguridad de la población, al brindar buena transitabilidad vehicular y peatonal con un diseño de evacuación de aguas pluviales apropiado.

### 1.2.3. Justificación Por Viabilidad.

La investigación es viable debido a que se cuenta con los instrumentos tanto de campo como de gabinete, requeridos para la realización de la investigación. Se cuenta con los registros meteorológicos necesarios para realizar la evaluación hidrológica, así mismo se cuenta con planos elaborados por la EPS SEDACUSCO, dónde se observa la ubicación y dirección de las redes de aguas residuales.

### 1.2.4. Justificación Por Relevancia.

La investigación es relevante porque aportará una solución técnica práctica, a la problemática de infraestructura de servicios en la zona de investigación.

## **1.3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.**

Las limitaciones más resaltantes para el desarrollo de la tesis fueron:

- La investigación se limita al estudio del área en el trayecto del canal del río Saphy que comprende las calles Saphy, Plateros, Portal de Comercio, Portal Mantas y Av. El Sol.
- La investigación se limita al uso de la herramienta como es el H-Canales.



- El levantamiento topográfico se realizó con GPS, debido a la extensa área aportante a la red colectora que comprende esta investigación.
- El período en el que se realizó dicho estudio está comprendido desde el año 2014 hasta el año 2018.
- La investigación se limita a la obtención de datos dentro del área de estudio, como son datos hidrológicos, colector residual, etc. Caso contrario se obtendrá datos con métodos alternativos normados.
- Los estudios están elaborados a nivel de propuesta no consideran el diseño estructural del canal tampoco aspectos constructivos.

#### **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

##### 1.4.1. Objetivo General

Evaluar la influencia de las aguas pluviales en el comportamiento de la red colectora de aguas residuales en el trayecto del canal del río Saphy y formular una propuesta técnica como solución.

##### 1.4.2. Objetivos Específicos

- **Objetivo Específico N°1**  
Determinar la capacidad actual de conducción de la red colectora de aguas residuales en el tramo del canal del río Saphy.
- **Objetivo Específico N°2**  
Determinar los tirantes al que trabaja la red colectora de aguas residuales existente en el tramo del canal del río Saphy.
- **Objetivo Específico N°3**  
Delimitar las microcuencas en el área de estudio, que aportan a la red colectora de aguas residuales.
- **Objetivo Específico N°4**  
Hallar los caudales de aporte de aguas pluviales provenientes de las zonas Nor- Este y Nor-Oeste que aportan a las dos redes colectoras en la Av. El Sol.
- **Objetivo Específico N°5**  
Hallar los coeficientes de escorrentía superficial que se presentan en las microcuencas que intervienen en la red colectora del tramo del canal del río Saphy.



## **2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.**

### **2.1. ANTECEDENTES DE LA TESIS O INVESTIGACIÓN ACTUAL**

#### 2.1.1. Antecedentes A Nivel Local.

Autores: Dueñas Palomino Omar Anthony, Mayhuire Ponce Harold Paul.

Título: “Evaluación de la influencia de las aguas pluviales en la red colectora de aguas residuales de la urbanización Túpac Amaru del distrito de San Sebastián”

Institución: Universidad Andina Del Cusco

Año de la investigación: 2014

Introducción:

La investigación comprende el análisis de los caudales que llegan a la red de conducción, en épocas de estío el único caudal presente en la red, es el que recolecta las aguas residuales domiciliarias de la urbanización, sin embargo, en la época de mayores precipitaciones el volumen que conduce la red es afectado e influenciado por las aguas provenientes de las lluvias. Este trabajo de investigación da a conocer la problemática que afecta de manera severa a los habitantes de la zona de estudio. Siendo el principal aporte, obtener resultados para el diseño de un sistema separativo de aguas, como una mejor propuesta de alternativa de solución.

Conclusión:

En la tesis se establece que los volúmenes de aguas pluviales que ingresan a la red recolectora de aguas residuales en la urbanización Túpac Amaru del distrito de San Sebastián, rebasan la capacidad de conducción en la época de lluvias; siendo crítica en la calle Tinta, donde el volumen rebasado es del 24% hasta 170% en relación a la capacidad de la red actual, datos mostrados en la tabla N° 183; así como también se muestra las demás relaciones de volúmenes excedentes de las otras calles evaluadas.

#### 2.1.2. Antecedentes A Nivel Nacional

Autor: Chávez Aguilar, Fernando Javier

Título: “ Simulación y optimización de un sistema de alcantarillado urbano”

Institución: Pontificia Universidad Católica Del Perú

Año de la investigación: 2011

Introducción:

Actualmente existen diversos modelos matemáticos que permiten simular fenómenos físicos. Estos modelos sirven para el diseño, simulación y toma de decisiones; por lo que es una necesidad sumar dichas herramientas a la gestión de manera correcta, es decir conocer las





hipótesis en que se basan los métodos de cálculo, las fórmulas que se utilizan, los parámetros que se requieren para los cálculos internos; todo esto para evitar errores de convergencia y asimismo permitir el análisis de los resultados.

Uno de los grandes desafíos que tiene el sector de saneamiento básico es satisfacer la creciente demanda de servicios para la evacuación de aguas residuales y el tratamiento de las mismas

Hoy en día se continúa empleando modelos de simulación para el diseño de redes de alcantarillado, los cuales no pueden garantizar el costo mínimo.

Optimizar los costos de inversión es hoy imperativo, lo que se puede lograr empleando modelos de optimización que garanticen eficiencia en costos bajo ciertos requerimientos (reglamentos de diseño) que son las condiciones de borde.

Estos requerimientos deben también presentar opciones técnicas que permitan un diseño más económico sin pérdida de eficiencia, lo que permita el acceso de una mayor cantidad de beneficiarios.

Conclusión:

Las optimizaciones permiten obtener a partir de un trazo de red de alcantarillado pluvial o sanitario, los diferentes parámetros hidráulicos que producen un mínimo costo, garantizado que no habrá desbordes ni sobrecargas en la red.

El cálculo del tiempo de concentración influirá en la intensidad de lluvia a ser empleada, a menor tiempo de concentración mayor es la intensidad de lluvia a emplear, lo que incide en las dimensiones de los diámetros de las tuberías de la red.

De los resultados se observa que la propuesta de drenaje pluvial considerando la red completa, nudos 1-320, para el nivel de intensidad calculado no es adecuado, porque las profundidades de instalación superan los 8m en el punto de entrega, lo que haría muy dificultoso su rebombe al tenerse caudales de 20 m<sup>3</sup>/s, y los diámetros obtenidos superan en muchos casos los 2 m lo que sería poco usual.

Para el tramo de red 238-320 las profundidades de instalación varían entre los 2m y 7m con diámetros generalmente menores a 1.20m, lo que hace viable la construcción de dicha red al tenerse caudales del orden de los 5m<sup>3</sup>/s para el nivel de intensidad considerado.



### 2.1.3. Antecedentes A Nivel Internacional.

Autor: Dolz, José – Gómez, Manuel

Título: “ Problemática Del Drenaje De Aguas Pluviales En Zonas Urbanas Y Del Estudio Hidráulico De Las Redes De Colectores”

Institución: Departamento De Ingeniería Hidráulica, Marítima Y Ambiental Universidad Politécnica De Catalunya-España.

Año de la investigación 1994

#### Introducción

Se analiza la problemática del drenaje de aguas pluviales en zonas urbanas, en particular en áreas de rápido y reciente desarrollo urbano como es el caso del litoral mediterráneo español. Se estudia la repercusión que tiene sobre el drenaje un proceso urbanizador no respetuoso con la hidrología de las cuencas naturales preexistentes. Así mismo se analizó de una forma conceptual la problemática que presenta la modelación numérica de los diferentes procesos involucrados en el drenaje urbano, especialmente el comportamiento hidráulico de las redes de colectores.

#### Conclusión:

El coeficiente de escorrentía pasó de tener un valor comprendido entre 0.03 y 0.46 (31 episodios lluviosos estudiados) a otro comprendido entre 0.11 y 0.64 (20 episodios lluviosos estudiados). Cabe indicar que el coeficiente de escorrentía tiende a ser mayor cuanto mayor es la intensidad de la lluvia.

El tiempo de concentración pasó de estar comprendido entre 60 y 100 minutos antes de la urbanización, a 35-50 después de esta. Toda la problemática anteriormente descrita se agrava en determinadas zonas donde se presentan con relativa frecuencia precipitaciones de corta duración, pero de intensidad extrema. Este es el caso de muchas zonas del Litoral Mediterráneo donde la intensidad de la lluvia correspondiente a una determinada duración y probabilidad es aproximadamente el doble que la correspondiente a ciudades Europeas no Mediterráneas.

Así, para un período de retorno de 10 años y 30 minutos de duración en Montpellier y Barcelona la intensidad de lluvia es superior a los 80 mm/h. Para situar esta cifra, cabe recordar que la precipitación media anual en Barcelona es aproximadamente 550mm. Un análisis de las características extremas de la precipitación en la España Mediterránea puede verse en Martín (1992). Ello provoca caudales específicos muy elevados; en las pequeñas cuencas urbanas del



entorno barcelonés, para un período de retorno de 10 años, son normales caudales punta de 15<sup>a</sup> 25m<sup>3</sup>/seg/km<sup>2</sup> en cuencas inferiores a los 25km<sup>2</sup>. En la cuenca del Bogatell, de unos 25km<sup>2</sup> y que drena aproximadamente el 25 % de la superficie.

## 2.2. ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES.

### a). Topografía (Gúzman, 2012)

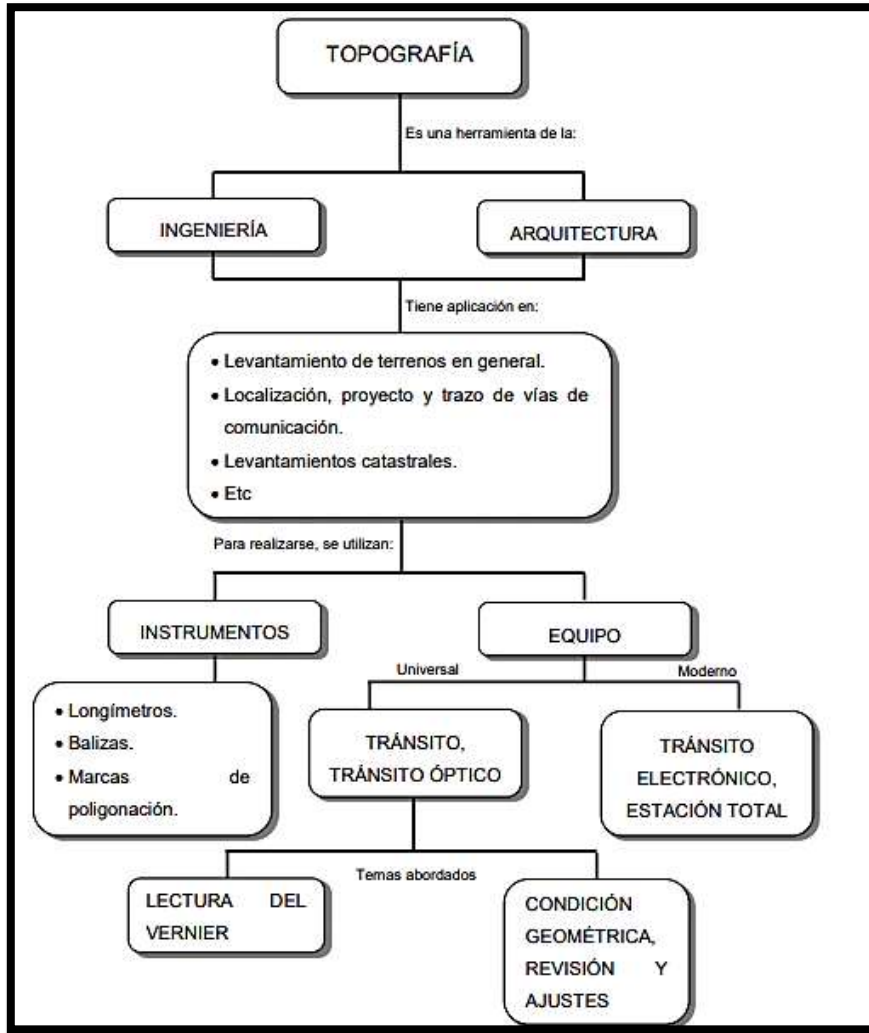
La topografía es una aplicación de la geometría por lo que se recomienda una revisión de los temas de geometría. Estos métodos definen la posición y las formas del suelo o terreno. Entonces el estudiante de la topografía estudiará y aplicará los procedimientos para representar los accidentes que en él existen, ya sean naturales o artificiales.

El medio usual para representar estos accidentes es el dibujo. También la topografía está directamente relacionada con el estudio de la tierra, si la tomamos como un cuerpo en el espacio, entonces su estudio corresponde a la astronomía, y si se la toma como globo terráqueo, entonces su estudio corresponde a la geodesia.

A la topografía se le puede considerar como una de las herramientas básicas de la ingeniería y la arquitectura, además de utilizarse en otras licenciaturas. Las materias que deben estudiarse antes de entrar a topografía son la geometría, trigonometría y física.

Dentro de las aplicaciones se pueden mencionar la de proyección de obras, trazar un fraccionamiento, proyectar presas, puentes, canales, carreteras, obras de agua potable y alcantarillado, construcción de vías de comunicación, acueductos, obras subterráneas, etc.

*Gráfico 1: Topografía en la ingeniería.*



Fuente: José Edmundo Fuentes Guzmán, Topografía.pg.06.

Es posible dividir la topografía según las operaciones que se ejecutan para representar el terreno en tres partes:

- Planimetría: Son los procedimientos para proyectar sobre una superficie, sensiblemente plana horizontal, la posición de los puntos del terreno.
- Altimetría: Determina las alturas de los diferentes puntos del terreno con respecto a una superficie de referencia; generalmente correspondiente al nivel medio del mar.
- Agrimensura: Trata de los procedimientos empleados para medir la superficie de los terrenos y para fraccionarlos.

*En la investigación se realizó el levantamiento topográfico altimétrico del área que está comprendida por las calles Saphy, Plateros, Portal Comercio, Mantas y Av. El Sol los*



*resultados se muestran en los anexos, entre los diferentes planos obtenidos se observará el plano en planta de la zona de estudio, su perfil.*

### **b). Hidrología. (Villón, 2002)**

La hidrología es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos.

#### **- Importancia De La Hidrología. (Villón, 2002)**

La hidrología proporciona al ingeniero o hidrólogo, los métodos para resolver los problemas prácticos que se presentan en el diseño, la planeación y la operación de estructuras hidráulicas.

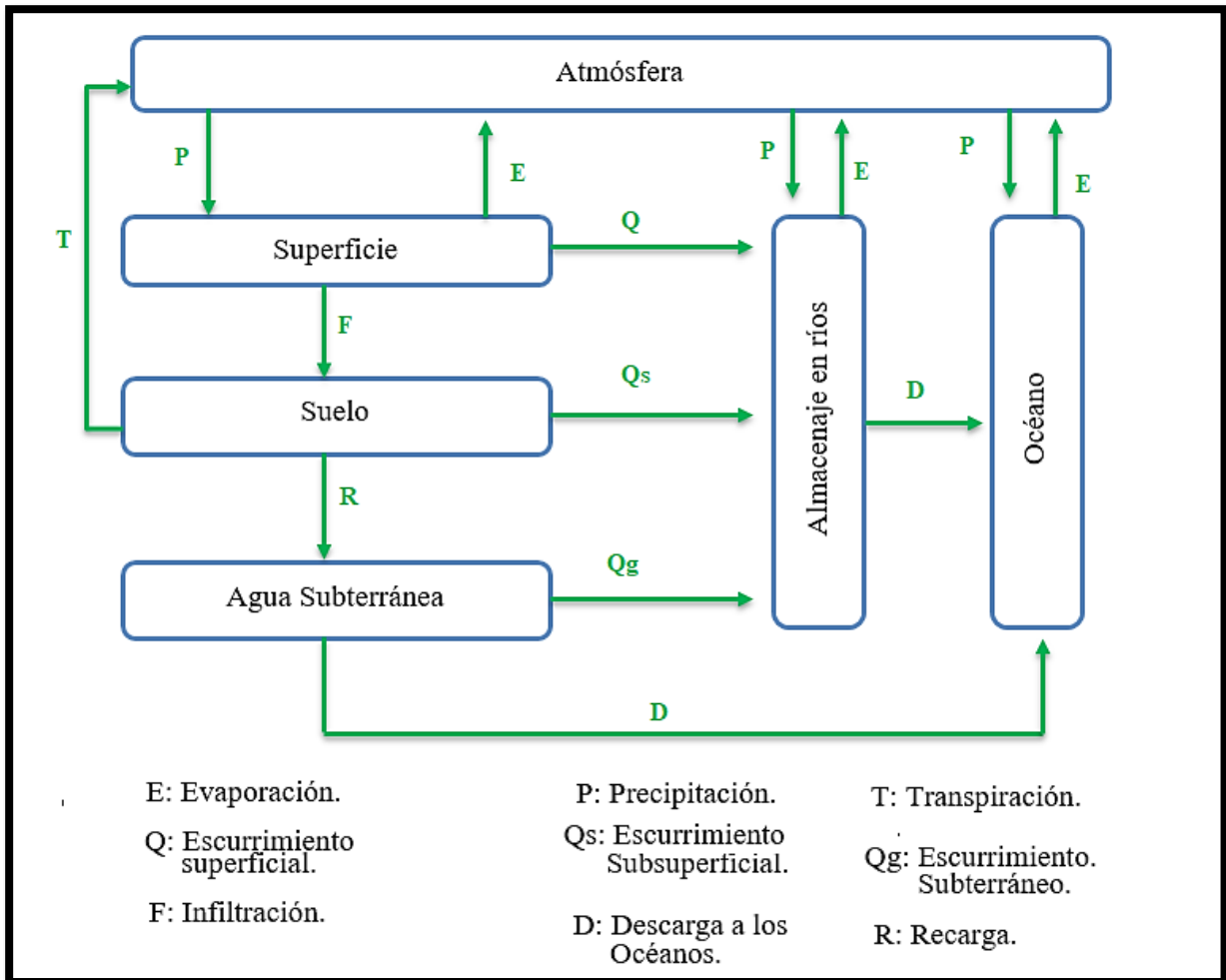
El objetivo de la hidrología aplicada es la determinación de los eventos del ciclo hidrológico. Los resultados son normalmente solo estimaciones, en muchos casos, con aproximaciones limitadas.

#### **El ciclo hidrológico.**

Se denomina ciclo hidrológico, al conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido y gaseoso) como en su forma (agua superficial, agua subterránea, etc.)

El siguiente esquema muestra las diferentes formas y estados en que se presenta el agua.

*Gráfico 2: Ciclo hidrológico.*



Fuente: Hidrología, Máximo Villon, 2002.

El ciclo hidrológico, es de suma importancia básica para delimitar el campo de la hidrología, la cual comprende la fase entre la precipitación sobre el terreno y su retorno a la atmósfera o al océano; corresponde el análisis de la atmósfera a la meteorología y el estudio del océano a la oceanografía.

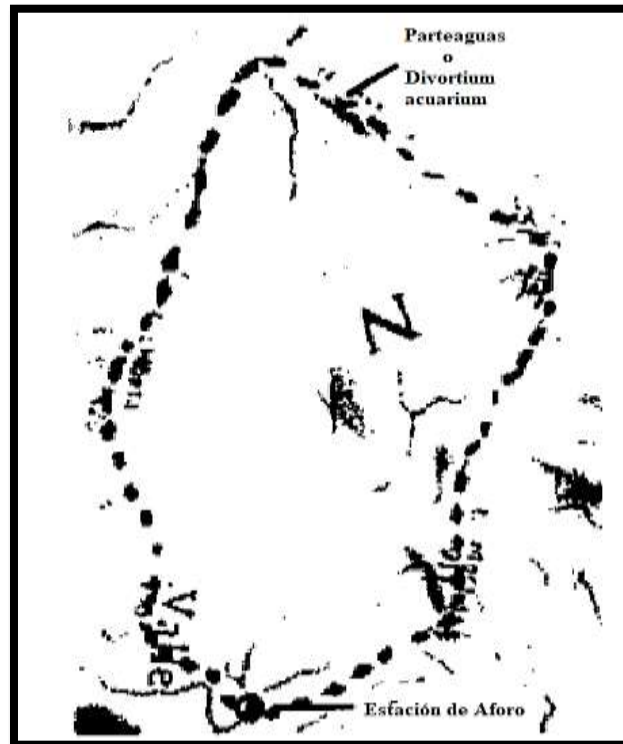
*En la investigación se analizó el estado líquido del agua para hallar las intensidades que se presentan en la zona de estudio que está comprendida entre las calles Saphy, Plateros, Portal Comercio, Mantas y Av. El Sol los resultados se muestran en el capítulo III. Ítem. 3.5. Procesamiento de recolección de datos.*

**La cuenca hidrológica.** (Villón, 2002)

**Definición.** –La cuenca de drenaje de una corriente, es el área de terreno dónde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un sólo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida, para cada punto de su recorrido.

**Delimitación de una cuenca.** - Se realiza sobre un plano, siguiendo las líneas del divortium acuarum (Parteaguas), la cual es una línea imaginaria, que divide a las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación, que, en cada sistema de corriente, fluye hacia el punto de salida de la cuenca. El parteaguas está formado por los puntos de mayor nivel topográfico y cruza las corrientes en los puntos de salida, llamado estación de aforo.

*Figura 1: Delimitación de trabajo.*



*Fuente: Hidrología, Máximo Villon, 2002.*

La frontera de una cuenca topográfica y su correspondiente cuenca de agua subterránea, no necesariamente tienen la misma proyección horizontal, por lo que se puede realizar una delimitación topográfica, o una delimitación considerando el aporte de las aguas subterráneas.

Una cuenca se puede clasificar atendiendo a su tamaño, en cuenca grande y cuenca pequeña.

Cuenca grande, es aquella cuenca en la que predominan las características fisiográficas de la misma (pendiente, elevación, área y cauce). Una cuenca, para fines prácticos, se considera grande, cuando el área es mayor de 250km<sup>2</sup>.

Cuenca pequeña, es aquella cuenca que responde a las lluvias de fuerte intensidad y pequeña duración, y en la cual las características físicas (tipo de suelo y vegetación) son más importantes



que las del cauce. Se considera cuenca pequeña aquella cuya área varíe desde unas pocas hectáreas hasta un límite, que para propósitos prácticos se considera 250 km<sup>2</sup>.

Con el fin de establecer grupos de cuencas hidrológicamente semejantes, se estudian una serie de características físicas en cada cuenca, entre las que se tienen:

- Superficie
- Topografía
- Altitudes características
- Geología y suelos
- Cobertura

*\*La aplicación de la hidrología como ciencia, está involucrada en toda la investigación, es así que se mostrará en diferentes cálculos, los datos que se obtuvieron con tiempo de concentración, pendiente, intensidad de lluvia, etc. Todos los datos pertenecen a la rama de hidrología.*

### **c). Precipitación:**

La precipitación, es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo; de acuerdo a esta definición la precipitación puede ser en forma de:

- Lluvias
- Granizadas
- Garúas
- Nevadas

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones y análisis, forman el punto de partida de los estudios concernientes al uso y control del agua.

### **Medición de la precipitación**

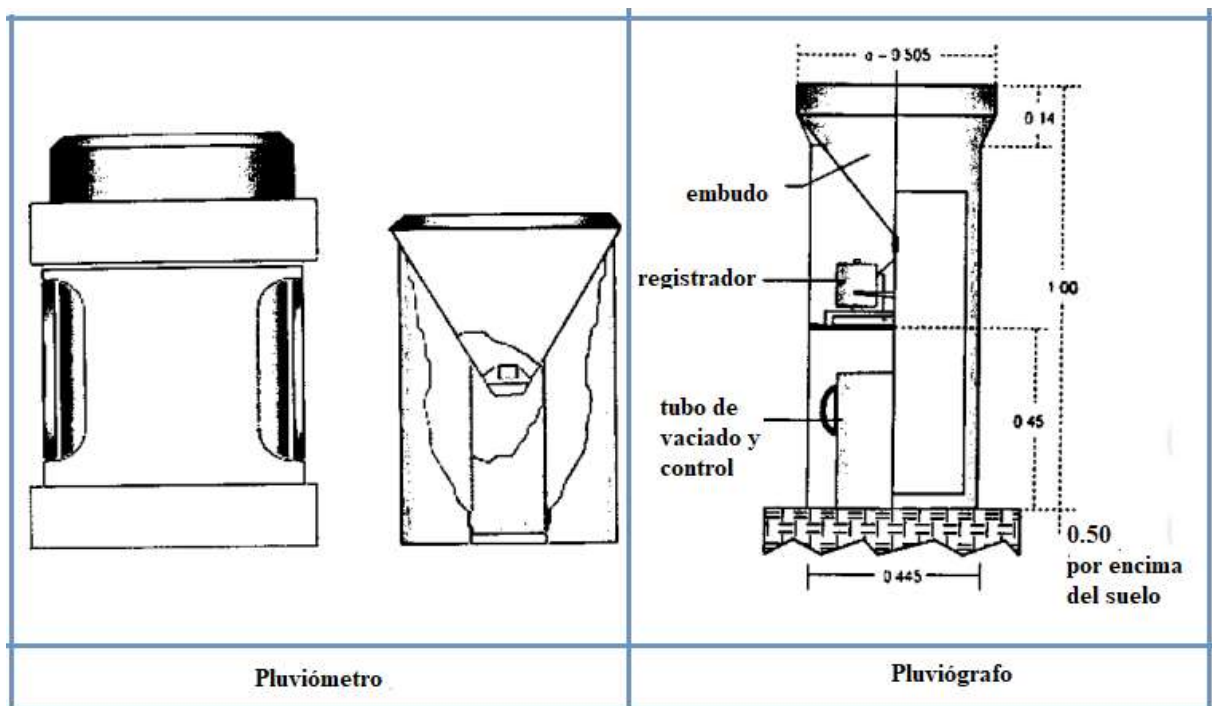
La precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua (hp), y se expresa comúnmente en milímetro, esta altura de lámina de agua, indica la altura del agua que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó.

Los aparatos de medición se clasifican de acuerdo con el registro de las precipitaciones, en pluviómetros y pluviógrafos.



- Pluviómetro. - Consiste en un recipiente cilíndrico de lámina, de aproximadamente de 20 cm de diámetro y de 60 cm de alto. La tapa del cilindro es un embudo receptor, el cual se comunica con una probeta de sección de 10 veces menor que la tapa. esto permite medir la altura de lluvia en la probeta, con una aproximación hasta décimos de milímetro. Se recomienda realizar una lectura cada 24hrs.
- Pluviógrafo. - Es un instrumento, que registra la altura de lluvia en función del tiempo, lo cual permite determinar la intensidad de la precipitación, dato importante para el diseño de estructuras hidráulicas.

Figura 2 : Aparatos de medición de precipitación



Fuente: Hidrología, Máximo Villón, 2002

#### d). Estudio de una tormenta.

##### Importancia del análisis de las tormentas (Villón, 2002)

El análisis de las tormentas, está íntimamente relacionado con los cálculos o estudios previos, al diseño de obras de ingeniería hidráulica como son:

- Estudio de drenaje.
- Determinación de caudales máximos, que deben pasar por el aliviadero de una represa, o que deben encausarse, para impedir las inundaciones.
- Determinación de la luz de un puente.
- Conservación de suelos.
- Cálculo del diámetro de alcantarillas.



Las dimensiones de estas obras, dependen principalmente de la magnitud que las tormentas tengan, y de la frecuencia o período de retorno, esto a su vez determina el coeficiente de seguridad que se da a la obra, o los años de vida probable de la misma.

Se comprende que lo mejor sería diseñar una obra para la tormenta de máxima intensidad y de duración indefinida, pero esto significa grandes dimensiones de la misma y lógicamente hay un límite, después del cual, los gastos ya no compensan el riesgo que se pretende cubrir. Entonces, en la práctica, no se busca una protección absoluta, sino la defensa contra una tormenta de características bien definidas, o de una determinada probabilidad de ocurrencia.

### **Elementos fundamentales del análisis de las tormentas**

Durante el análisis de las tormentas hay que considerar:

#### ➤ **Tiempo de concentración.**

(Agua, 2014), El tiempo de concentración de una cuenca, se define como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida, punto de desagüe o punto de cierre. Está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado, y representa el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante.

El tiempo de concentración de la cuenca es muy importante porque en los modelos lluvia-escorrentía, la duración de la lluvia se asume igual al tiempo de concentración de la cuenca, puesto que es para esta duración cuando la totalidad de la cuenca está aportando al proceso de escorrentía, por lo cual se espera que se presenten los caudales máximos. Las diversas metodologías existentes para determinar el tiempo de concentración de una cuenca a partir de sus parámetros morfométricos, fueron determinadas a partir de ajustes empíricos de registros hidrológicos.

(Ministerio de Vivienda, Norma OS 0.60, 2009), - El tiempo de concentración es definido como el tiempo requerido para que una gota de agua caída en el extremo más alejado de la cuenca, fluya hasta los primeros sumideros y de allí a través de los conductos hasta el punto considerado.

El tiempo de concentración se divide en dos partes: El tiempo de entrada y el tiempo de fluencia.



El tiempo de entrada es el tiempo necesario para que comience el flujo de agua de lluvia sobre el terreno desde el punto más alejado hasta los sitios de admisión, sean ellos sumideros o bocas de torrente.

El tiempo de fluencia es el tiempo necesario para que el agua recorra los conductos desde el sitio de admisión hasta la sección considerada

La ruta de un flujo hasta un punto del sistema de drenaje está constituida por:

- La parte donde el flujo fluye superficialmente desde el punto más remoto del terreno hasta su punto de ingreso al sistema de ductos y/o canalizaciones.
- La parte donde el flujo fluye dentro del sistema de ductos y/o canalizaciones desde la entrada en él hasta el punto de interés.
- En correspondencia a las partes en que discurre el flujo, enunciadas en el párrafo anterior, el tiempo de concentración a lo largo de una ruta hasta un punto del sistema de drenaje es la suma de:
  - El tiempo de ingreso al sistema de ductos y canalizaciones,  $t_0$ .

(Ambiente, 2015) El tiempo de concentración puede ser calculado por los siguientes métodos:

Partiendo de datos reales de los hidrógramas. La obtención del tiempo de concentración mediante datos reales de hidrógramas se realiza a partir de la medición del tiempo entre la finalización de la tormenta y el tiempo en el que el caudal vuelve a ser igual al anterior a la tormenta, es decir, el momento de finalización de la curva de bajada tal y como se ha visto anteriormente.

Existen varias fórmulas aplicables según las características de la cuenca o del método de cálculo de escorrentía que estemos utilizando.

A continuación, se presentan los más usados y se señala cuándo usarlos:

#### **Método De Kirpich.** (Héctor & Ibáñez Asensio)

Utilizable en cuencas de tamaño medio, pendiente considerable y diseñada para suelos dedicados al cultivo. Se basa en la siguiente fórmula:



$$T_c = 0.01947 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385}$$

Siendo:

L: Longitud del cauce más largo en km.

S: Pendiente media de la cuenca.

$T_c$ : Tiempo de concentración expresado en horas.

### Método California Culverts Practice

(Agua, 2014) Es esencialmente la ecuación de Kirpich; Y fue desarrollado en las cuencas montañosas de California.

$$TC = 0.0195 \cdot \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

Dónde:

$T_c$ : Tiempo de concentración (min).

L: Longitud del curso de agua más largo (m).

H: Diferencia de nivel entre divisoria de agua y salida (m).

### Método Federal Aviation Administration.

(Agua, 2014) Desarrollada de información sobre el drenaje de aeropuertos recopilada por el Corps Of Engineers: El método tiene como finalidad el ser usado en problemas de drenaje de aeropuertos, pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas.

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

Dónde:

$T_c$ : Tiempo de concentración (min)

C: Coeficiente de escorrentía del método

L: Longitud de flujo superficial (m)

S: Pendiente de la superficie (m/m)

➤ **Coefficiente De Escorrentía**

**Concepto:** El coeficiente de escorrentía es la relación entre la parte de la precipitación que circula superficialmente y la precipitación total, el coeficiente de escorrentía es un valor adimensional comprendido entre 0 y 1.

La escorrentía dependerá de la zona urbana a que corresponda y a los materiales constituyentes de la superficie. Atendiendo a la zonificación.

(MTC, 2012), La selección del valor del coeficiente de escorrentía requiere buen criterio y gran experiencia.

Para la selección, el diseñador considera los siguientes aspectos: Grado de impermeabilización y pendiente de la superficie, características y condiciones del suelo (capacidad de infiltración, condiciones antecedentes de humedad, etc.); además, puede considerar la intensidad de la precipitación, la proximidad del nivel freático, el almacenamiento por depresiones del terreno, etc.; La tabla 2 puede ser usada para la selección de los coeficientes de escorrentía.

*Tabla 1: Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el método racional*

Características de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas urbanas</b>							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto i techos	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</b>							
condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
plano 0 - 2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
promedio 2 - 7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
pendiente superior a 7%	0.40	0.43	0.4s	0.49	0.52	0.55	0.62
condición promedio (cubierta de pasto menor del 50% al 75% del área)							
plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
condición buena (cubierta de pasto mayor al 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>Areas 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	0.4 1	0.53
promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60

Bosques							
plano 0 - 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
promedio 2 - 7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
pendiente superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Fuente: Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano

Tabla 2: Coeficientes de escorrentía para áreas urbanas.

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

Fuente: Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano.

Tabla 3: Coeficientes de escorrentía para áreas rurales

Topografía y vegetación	Tipo de suelo		
	Marga arenosa	Marga arcillosa y limosa	Arcilla densa
<b>Bosques</b>			
Plano	0,10	0,30	0,40
Ondulado	0,25	0,35	0,50
Pronunciado	0,30	0,50	0,60
<b>Pastos</b>			
Plano	0,10	0,30	0,40
Ondulado	0,16	0,36	0,55
Pronunciado	0,22	0,42	0,60
<b>Terrenos de cultivo</b>			
Plano	0,30	0,50	0,60
Ondulado	0,40	0,60	0,70
Pronunciado	0,52	0,72	0,82

Nota:  
Plano (0% - 5%)  
Ondulado (5% - 10%)  
Pronunciado (10% - 30%)

Fuente: Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano

### ➤ La intensidad

Es la cantidad de agua caída por unidad de tiempo. Lo que interesa particularmente de cada tormenta, es la intensidad máxima que se haya presentado, ella es la altura máxima de agua caída por unidad de tiempo. De acuerdo a esto la intensidad se expresa así:



$$i_{max} = P/t$$

Dónde:

$i_{max}$  = intensidad máxima

$p$  = Precipitación en altura de agua, en mm

$t$  = Tiempo en horas

➤ **La duración:**

Corresponde al tiempo que transcurre entre el comienzo y el fin de la tormenta. Aquí conviene definir el período de duración, que es un determinado período de tiempo, tomado en minutos u horas, dentro del total que dura la tormenta. Tiene mucha importancia en la determinación de las intensidades máximas.

➤ **La frecuencia:**

Es el número de veces que se repite una tormenta, de características de intensidad y duración definidas en un período de tiempo más o menos largo, tomado generalmente en años.

➤ **Período de retorno:**

Intervalo de tiempo promedio, dentro del cual un evento de magnitud  $x$ , puede ser igualado o excedido, por lo menos una vez en promedio. Representa el inverso de la frecuencia, es decir:

$$T = \frac{1}{f}$$

Dónde:

T: Período de retorno

f: Frecuencia

### **Registro de precipitación y análisis**

Los registros de precipitación obtenidos de la estación meteorológicas, constituyen un conjunto de datos numéricos que tienen que ser analizados y sistematizados para comprenderlos y serán de utilidad, con este fin se recurren a métodos estadísticos para obtener datos completos y confiables.

### **Cálculo de precipitación media sobre una zona en Perú.**



**Información pluviométrica**, (Ministerio de Vivienda, Norma OS 0.60, 2009), cuando el estudio hidrológico requiera la determinación de las curvas intensidad – duración - frecuencia (IDF) representativas del lugar del estudio, se procederá de la siguiente manera:

1.) Si la zona en estudio está en el entorno de alguna estación pluviográfica, se usará directamente la curva IDF perteneciente a esa estación.

2.) Sí para la zona en estudio sólo existe información pluviométrica, se encontrará la distribución de frecuencia de la precipitación máxima en 24 horas de dicha estación, y luego junto con la utilización de la información de la estación pluviográfica más cercana se estimarán las precipitaciones para duraciones menores de 24 horas y para el período de retorno que se requieran. La intensidad requerida quedará dada por:

$$I_{(t,T)} = P_{(t,T)}/t$$

**Dónde:**

$I_{(t,T)}$  Es la intensidad para una duración  $t$  y período de retorno  $t$  requerida

$P_{(t,T)}$  Es la precipitación para las mismas condiciones.

3.) Como método alternativo para este último caso pueden utilizarse curvas IDF definidas por un estudio regional. De utilizarse el estudio regional “hidrología del Perú” IILA - UM – SENAMHI 1983 modificado, las fórmulas IDF respectivas son las mostradas en la tabla de subdivisión el territorio en zonas y Subzonas pluviométricas y valores de los parámetros  $k'g$  y  $\epsilon_0$  que definen la distribución de probabilidades de  $hg$  en cada punto. Y la tabla de valores de los parámetros  $a$  y  $n$  que, junto con  $k$ , definen las curvas de probabilidad pluviométrica en cada punto de las Subzonas.

4.) Si el método racional requiere de intensidades de lluvia menores de una hora, debe asegurarse que la curva o relación IDF sea válida para esa condición.

**Método IILA** (Comunicaciones, 2002)





Son escasas las estaciones que ofrecen información automatizada de registros pluviales, por lo que existe bastante dispersión en los datos. Con el método IILA, la intensidad de lluvia que tiene una duración  $t$  (en horas), para un período de retorno  $T$  (en años), es:

$$i_{t,T} = a(1 + K \log T) t^{n-1}$$

Y la precipitación  $P_{(t,T)}$  tiene la siguiente relación:

$$P_{t,T} = a(1 + K \log T) t^{n-1}$$

Según la metodología empleada las fórmulas son válidas para  $3 \leq t \leq 24$  horas.

Para  $t \leq 3$  horas se usa:

$$i_{t,T} = a(1 + K * \log_{10} T) * (t + b)^{n-1}$$

Dónde:

$i_{t,T}$  : Intensidad de la lluvia (mm/hora).

a: Parámetro de intensidad (mm).

k: Parámetro de frecuencia (adimensional).

b: Parámetro de tiempo (hora).

n: Parámetro de duración (adimensional).

t: Duración (hora).

Las constantes a, b, k y n fueron determinadas en el “estudio de la hidrología del Perú” realizado por el convenio IILA-SENAMHI-UNI, 1983.

Otra expresión que se utiliza es:



$$P_{24,T} = \varepsilon_g * (1 + K \log_{10} T)$$

**Dónde:**

$P_{24,T}$  : Máxima precipitación en 24 horas para período de retorno  $t$ . la referencia original (IILA-SENAMHI-UNI, 1983) es equivalente a la nomenclatura hg.

$t$ : Tiempo de retorno.

$t_g$  : Duración de la lluvia diaria asumiendo un promedio de 15,2 horas para el Perú; pudiendo ser diferente según la condición local.

$k$ : Parámetro de frecuencia según zona (ver tabla1).

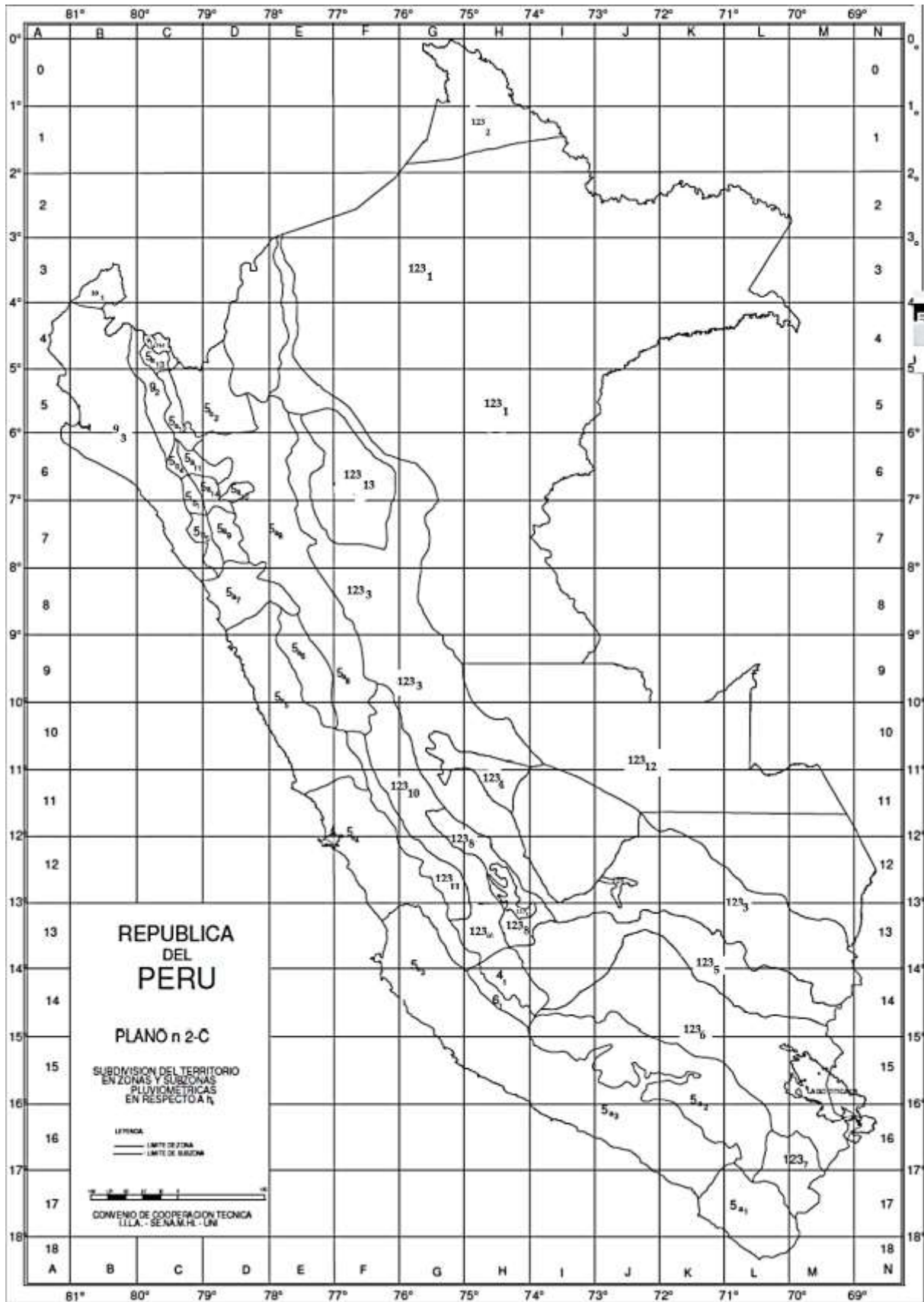
$b$ : 0,5 horas (costa, centro y sur)

0,4 horas (sierra)

0,2 horas (costa norte y selva)

$\varepsilon_g$  : Parámetro para determinar  $p_{24, t}$ .

*Mapa 2: Plano de regionalización, zonas y subzonas pluviométricas*



Fuente: Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano

Tabla 4: Subdivisión del territorio en zonas y subzonas pluviométricas y valores de los parámetros  $k'_g$  y  $\varepsilon_g$  que definen la distribución de probabilidades de  $hg$  en cada punto de estas.

ZONA	$K'_g$	Subzona	$\varepsilon_g$
123	$K'_g = 0,553$	123 <sub>1</sub>	$\varepsilon_g = 85,0$
		123 <sub>2</sub>	$\varepsilon_g = 75,0$
		123 <sub>3</sub>	$\varepsilon_g = 100 - 0,022 Y$
		123 <sub>4</sub>	$\varepsilon_g = 70 - 0,019 Y$
		123 <sub>5</sub>	$\varepsilon_g = 24,0$
		123 <sub>6</sub>	$\varepsilon_g = 30,5$
		123 <sub>7</sub>	$\varepsilon_g = -2 + 0,006 Y$
		123 <sub>8</sub>	$\varepsilon_g = 26,6$
		123 <sub>9</sub>	$\varepsilon_g = 23,3$
		123 <sub>10</sub>	$\varepsilon_g = 6 + 0,005 Y$
		123 <sub>11</sub>	$\varepsilon_g = 1 + 0,005 Y$
		123 <sub>12</sub>	$\varepsilon_g = 75,0$
		123 <sub>13</sub>	$\varepsilon_g = 70$
4	$K'_g = 0,861$	4 <sub>1</sub>	$\varepsilon_g = 20$
5a	$K'_g = 11 \cdot \varepsilon_g^{-0,85}$	5 a <sub>1</sub>	$\varepsilon_g = -7,6 + 0,006 Y$ (Y > 2300)
		5 a <sub>2</sub>	$\varepsilon_g = 32 - 0,177 D_c$
		5 a <sub>3</sub>	$\varepsilon_g = -13 + 0,010 Y$ (Y > 2300)
		5 a <sub>4</sub>	$\varepsilon_g = 3,8 + 0,0053 Y$ (Y > 1500)
		5 a <sub>5</sub>	$\varepsilon_g = -6 + 0,007 Y$ (Y > 2300)
		5 a <sub>6</sub>	$\varepsilon_g = 1,4 + 0,0067$
		5 a <sub>7</sub>	$\varepsilon_g = -2 + 0,007 Y$ (Y > 2000)
		5 a <sub>8</sub>	$\varepsilon_g = 24 + 0,0025 Y$
		5 a <sub>9</sub>	$\varepsilon_g = 9,4 + 0,0067 Y$
		5 a <sub>10</sub>	$\varepsilon_g = 18,8 + 0,0028 Y$
		5 a <sub>11</sub>	$\varepsilon_g = 32,4 + 0,004 Y$
		5 a <sub>12</sub>	$\varepsilon_g = 19,0 + 0,005 Y$
		5 a <sub>13</sub>	$\varepsilon_g = 23,0 + 0,0143 Y$
		5 a <sub>14</sub>	$\varepsilon_g = 4,0 + 0,010 Y$
5b	$K'_g = 130 \cdot \varepsilon_g^{-1,4}$	5 b <sub>1</sub>	$\varepsilon_g = 4 + 0,010$ (Y > 1000)
		5 b <sub>2</sub>	$\varepsilon_g = 41,0$
		5 b <sub>3</sub>	$\varepsilon_g = 23,0 + 0,143 Y$
		5 b <sub>4</sub>	$\varepsilon_g = 32,4 + 0,004 Y$
		5 b <sub>5</sub>	$\varepsilon_g = 9,4 + 0,0067 Y$
6	$K'_g = 5,4 \cdot \varepsilon_g^{-0,6}$	6 <sub>1</sub>	$\varepsilon_g = 30 - 0,50 D_c$
9	$K'_g = 22,5 \cdot \varepsilon_g^{-0,85}$	9 <sub>1</sub>	$\varepsilon_g = 61,5$
		9 <sub>2</sub>	$\varepsilon_g = -4,5 + 0,323 D_m$ (30 ≤ D <sub>m</sub> ≤ 110)
		9 <sub>3</sub>	$\varepsilon_g = 31 + 0,475(D_m - 110)$ (D <sub>m</sub> ≤ 110)
10	$K'_g = 1,45$	10 <sub>1</sub>	$\varepsilon_g = 12,5 + 0,95 D_m$

Fuente: Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano

Tabla 5: Valores de los parámetros  $a$  y  $n$  que, junto con  $k'$ , definen las curvas de probabilidad pluviométrica en cada punto de las Subzonas.

SUBZON A	ESTACION	N° TOTAL DE ESTACIONES	VALOR DE $n$	VALOR DE $a$
I23 <sub>1</sub>	321-385	2	0,357	32,2
I23 <sub>3</sub>	384-787-805	3	0,405	$a = 37,85 - 0,0083 Y$
I23 <sub>13</sub>	244-193	2	0,432	
I23 <sub>5</sub>	850-903	2	0,353	9,2
I23 <sub>6</sub>	840-913-918 958	4	0,380	11
I23 <sub>8</sub>	654-674-679 709-713-714 732-745-752	9	0,232	14,0
I23 <sub>9</sub>	769	1	0,242	12,1
I23 <sub>10</sub>	446-557-594 653-672-696 708-711-712 715-717-724 757-773	14	0,254	$a = 3,01 + 0,0025 Y$
I23 <sub>11</sub>	508-667-719 750-771	5	0,286	$a = 0,46 + 0,0023 Y$
5 a <sub>2</sub>	935-968	2	0,301	$a = 14,1 - 0,078 D_c$
5 a <sub>5</sub>	559	1	0,303	$a = -2,6 + 0,0031 Y$
5 a <sub>10</sub>	248	1	0,434	$a = 5,80 + 0,0009 Y$

Fuente: Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano

### QUE ES CAUDAL (Saneamiento.)

En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal) por unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

### Formulas empíricas para calcular la velocidad

La velocidad del agua que se desliza en una corriente o en un canal abierto está determinada por varios factores.

- El gradiente o la pendiente. Si todos los demás factores son iguales, la velocidad de la corriente aumenta cuando la pendiente es más pronunciada.



- La rugosidad. El contacto entre el agua y los márgenes de la corriente causa una resistencia (fricción) que depende de la suavidad o rugosidad del canal. En las corrientes naturales la cantidad de vegetación influye en la rugosidad al igual que cualquier irregularidad que cause turbulencias.
- Forma. Los canales pueden tener idénticas áreas de sección transversal, pendientes y rugosidad, pero puede haber diferencias de velocidad de la corriente en función de su forma. La razón es que el agua que está cerca de los lados y del fondo de una corriente se desliza más lentamente a causa de la fricción; un canal con una menor superficie de contacto con el agua tendrá menor resistencia fricción y, por lo tanto, una mayor velocidad. El parámetro utilizado para medir el efecto de la forma del canal se denomina radio hidráulico del canal. Se define como la superficie de la sección transversal dividida por el perímetro mojado, o sea la longitud del lecho y los lados del canal que están en contacto con el agua. El radio hidráulico tiene, por consiguiente, una cierta longitud y se puede representar por las letras M o R. A veces se denomina también radio medio hidráulico o profundidad media hidráulica. La Figura 24 muestra cómo los canales pueden tener la misma superficie de sección transversal pero un radio hidráulico diferente. Si todos los demás factores son constantes, cuanto menor es el valor de R menor será la velocidad.

Todas estas variables que influyen en la velocidad de la corriente se han reunido en una ecuación empírica conocida como la fórmula de Manning, tal como sigue:

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

Dónde:

- V = Es la velocidad media de la corriente en metros por segundo
- R = Es el radio hidráulico en metros (la letra M se utiliza también para designar al radio hidráulico, con el significado de profundidad hidráulica media)
- S = Es la pendiente media del canal en metros por metro (también se utiliza la letra i para designar a la pendiente)



- $n$  = Es un coeficiente, conocido como  $n$  de Manning o coeficiente de rugosidad de Manning. En el Cuadro 3 figuran algunos valores correspondientes al flujo de canales.

En sentido estricto, el gradiente de la superficie del agua debería utilizarse en la fórmula de Manning; es posible que no sea el mismo gradiente del lecho de la corriente cuando el agua está subiendo o bajando. Sin embargo, no es fácil medir el nivel de la superficie con precisión por lo que se suele calcular una media del gradiente del canal a partir de la diferencia de elevación entre varios conjuntos de puntos situados a 100 metros de distancia entre ellos. Se dispone de nomogramas para facilitar la solución de la fórmula de Manning.

Otra fórmula empírica sencilla para calcular la velocidad de la corriente es la fórmula de zanjas colectoras de Elliot, que es la siguiente:

$$V = 0.3\sqrt{mh}$$

Dónde:

- $V$  = Es la velocidad media de la corriente en metros por segundo.
- $m$  = Es el radio hidráulico en metros.
- $h$  = Es la pendiente del canal en metros por kilómetro.

Esta fórmula parte del supuesto de un valor de  $n$  de Manning de 0,02 y, por consiguiente, sólo es adecuada para caudales naturales de corriente libre con escasa rugosidad.

#### Tipos de medidores de caudal

La medida de caudal en condiciones cerradas, consiste en la determinación de la cantidad de masa o volumen que circula por la conducción por unidad e tiempo.

Los instrumentos que llevan a cabo la medida de un caudal se denominan, habitualmente, caudalímetros o medidores de caudal, constituyendo una modalidad particular los contadores, los cuales integran dispositivos adecuados para medir y justificar el volumen que ha circulado por la conducción.

#### ***Principales medidores de presión diferencial:***

Entre los principales tipos de medidores de presión diferencial se pueden destacar los siguientes:



- Placas de orificio.
- Toberas.
- Tubos Venturi.
- Tubos Pitot.
- Tubos Annubar.
- Codos.
- Medidores de área variable.
- Medidores de placa.

Se estima que, actualmente, al menos un 75% de los medidores industriales en uso son dispositivos de presión diferencial, siendo el más popular la placa de orificio.

- Las principales ventajas de dichos medidores son:
  - Su sencillez de construcción, no incluyendo partes móviles.
  - Su funcionamiento se comprende con facilidad.
  - No son caros, particularmente si se instalan en grandes tuberías y se comparan con otros medidores.
  - Pueden utilizarse para la mayoría de los fluidos.
  - hay abundantes publicaciones sobre sus diferentes usos.
- Sus principales desventajas son:
  - La amplitud del campo de medida es menor que para la mayoría de los otros tipos de medidores
  - Pueden producir pérdidas de carga significativas,
  - La señal de salida no es lineal con el caudal,
  - Deben respetarse unos tramos rectos de tubería aguas arriba y aguas abajo del medidor que,
  - Según el trazado de la tubería y los accesorios existentes, pueden ser grandes,
  - Pueden producirse efectos de envejecimiento, es decir, acumulación de depósitos o la erosión de las aristas vivas,





- La precisión suele ser menor que la de medidores más modernos, especialmente si, como es habitual, el medidor se entrega sin calibrar.

#### e) Colectores De Aguas Pluviales

**Qué es un colector de aguas pluviales del edificio.** - Conducto que dirige las aguas procedentes de la lluvia a una alcantarilla de aguas pluviales.

**Alcantarilla general de aguas pluviales:** Conducto subterráneo que conduce las aguas pluviales procedentes de los tejados y de las superficies pavimentadas.

(Ministerio de Vivienda, Norma OS 0.60, 2009), El alcantarillado de aguas pluviales está conformado por un conjunto de colectores subterráneos y canales necesarios para evacuar la escorrentía superficial producida por las lluvias a un curso de agua.

El agua es captada a través de los sumideros en las calles y las conexiones domiciliarias y llevada a una red de conductos subterráneos que van aumentando su diámetro a medida que aumenta el área de drenaje y descargan directamente al punto más cercano de un curso de agua, por esta razón los colectores pluviales no requieren de tuberías de gran longitud.

Para el diseño de las tuberías a ser utilizadas en los colectores pluviales se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones.

#### f) Sistemas De Diseño De Drenaje Pluvial Urbano

##### \* Caudal De Diseño

(Ministerio de Vivienda, Norma OS 0.60, 2009) Cálculo De Caudales De Escurrimiento

a) Los caudales de escurrimiento serán calculados por lo menos según:

- El Método Racional, aplicable hasta áreas de drenaje no mayores a 13 Km<sup>2</sup>.

- Técnicas de hidrógramas unitarios podrán ser empleados para áreas mayores a 0.5 Km<sup>2</sup>, y definitivamente para áreas mayores a 13 Km<sup>2</sup>.

b) Metodologías más complejas como las que emplean técnicas de tránsito del flujo dentro de los ductos y canalizaciones de la red de drenaje, técnicas de simulación u otras, podrán ser empleadas a discreción del diseñador.



### ✓ Método Racional

Para áreas urbanas, el área de drenaje puede estar compuesta de subáreas o subcuencas de diferentes características superficiales, entonces el caudal pico puede ser calculado mediante la siguiente forma de la fórmula racional.

(MTC, 2012), Estima el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente  $c$  (coeficiente de escorrentía) estimado sobre la base de las características de la cuenca. Muy usado para cuencas, a. la descarga máxima de diseño, según esta metodología, se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q = 0,278 C * I * A$$

Dónde:

Q: Descarga máxima de diseño ( $m^3 /s$ )

C: Coeficiente de escorrentía

I: Intensidad de precipitación máxima horaria ( $mm/h$ )

A: Área de la cuenca ( $km^2$ ).

*Se realizó todo el estudio en base a las anteriores teorías dividiendo la investigación en 8 microcuencas que se muestran en los anexos, cada microcuenca cuenta con su cálculo de intensidad, tiempo de concentración, coeficiente de escorrentía, los cálculos se desarrollan en el siguiente capítulo.*

#### **g) Norma OS- 060. Drenaje Pluvial Urbano.**

- Obligatoriedad Del Sistema De Alcantarillado Pluvial

Toda nueva habilitación urbana ubicada en localidades en donde se produzcan precipitaciones frecuentes con lluvias iguales o mayores a 10 mm en 24 horas, deberá contar en forma obligatoria con un sistema de alcantarillado pluvial. La entidad prestadora de servicios podrá exigir el drenaje pluvial en localidades que no reúnan las exigencias de precipitación mencionadas en el párrafo anterior, por consideraciones técnicas específicas y de acuerdo a las condiciones existentes.



- **Consideraciones hidráulicas en sistemas de drenaje de urbanismo menor, captación de aguas se pluviales en zonas urbanas.**

✓ **Consideraciones Del Caudal De Diseño.**

a) Los caudales para sistemas de drenaje urbano menor deberán ser calculados:

- Por el Método Racional si el área de la cuenca es igual o menor a 13 Km<sup>2</sup>.

- Por el Método de Hidrógrama Unitario o Modelos de Simulación para área de cuencas mayores de 13 Km<sup>2</sup>.

b) El período de retorno deberá considerarse de 2 a 10 años.

✓ **Captación De Aguas Pluviales En Edificaciones**

Para el diseño del sistema de drenaje de aguas pluviales en edificaciones ubicadas en localidades de alta precipitación con características iguales o mayores a las establecidas en el párrafo que dice (Obligatoriedad del sistema de alcantarillado pluvial; Toda nueva habilitación urbana ubicada en localidades en donde se produzcan precipitaciones frecuentes con lluvias iguales o mayores a 10 mm en 24 horas, deberá contar en forma obligatoria con un sistema de alcantarillado pluvial. La entidad prestadora de servicios podrá exigir el drenaje pluvial en localidades que no reúnan las exigencias de precipitación mencionadas en el párrafo anterior, por consideraciones técnicas específicas y de acuerdo a las condiciones existentes.), se deberá tener en consideración las siguientes indicaciones. Las precipitaciones pluviales sobre las azoteas causarán su almacenamiento; más con la finalidad de garantizar la estabilidad de las estructuras de la edificación, estas aguas deberán ser evacuadas a los jardines o suelos sin revestir a fin de poder garantizar su infiltración al subsuelo. Si esta condición no es posible deberá realizarse su evacuación hacia el sistema de drenaje exterior o de calzada.

- Almacenamiento de aguas pluviales en áreas superiores o azoteas. El almacenamiento de agua pluvial en áreas superiores o azoteas transmite a la estructura de la edificación una carga adicional que deberá ser considerada para determinar la capacidad de carga del techo y a la vez, el mismo deberá ser impermeable para garantizar la estabilidad de la estructura. - El almacenamiento en azoteas será aplicable áreas iguales o mayores a 500 m<sup>2</sup> .- La altura de agua acumulada en azoteas no deberá ser mayor de 0,50 m. - En el proyecto arquitectónico de las edificaciones se debe considerar que las azoteas



dispondrán de pendientes no menores del 2% hacia la zona seleccionada para la evacuación.

- Criterios para evacuación de las aguas almacenadas en azoteas: - Para la evacuación de las aguas pluviales almacenadas en azoteas se utilizarán montantes de 0.05m de diámetro como mínimo y una ubicación que permita el drenaje inmediato y eficaz con descarga a jardines o patios sin revestimiento.
- Criterios para evacuación de las aguas pluviales de las viviendas - En última instancia y luego de considerar lo indicado en los párrafos 6.2.1 y 6.2.2 y no ser posible la infiltración de las aguas pluviales, éstas deberán ser evacuadas hacia el sistema de drenaje exterior o de calzada para lo cual, se debe prever la colocación de ductos o canaletas de descargas sin tener efectos erosivos en las cunetas que corren a lo largo de las calles.

#### ✓ **Captación en Zona Vehicular - Pista**

Para la evacuación de las aguas pluviales en calzadas, veredas y las provenientes de las viviendas se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

- Orientación del flujo en el diseño de pistas se deberá prever pendientes longitudinales (Sl) y transversales (St) a fin de facilitar la concentración del agua que incide sobre el pavimento hacia los extremos o bordes de la calzada. Las pendientes a considerar son:

Pendiente Longitudinal (Sl) > 0,5%.

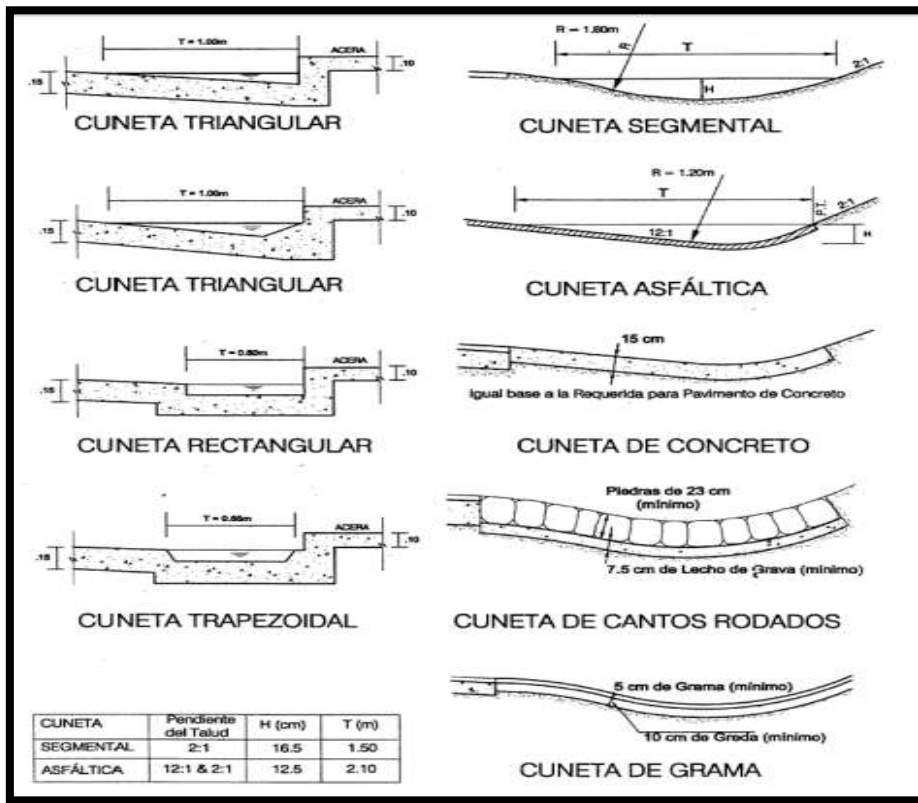
Pendiente Transversal (St) de 2% a 4%

- Captación y transporte de aguas pluviales de calzada y aceras la evacuación de las aguas que discurren sobre la calzada y aceras se realizará mediante cunetas, las que conducen el flujo hacia las zonas bajas donde los sumideros captarán el agua para conducirla en dirección a las alcantarillas pluviales de la ciudad.

➤ Las cunetas construidas para este fin podrán tener las siguientes secciones transversales.

- Sección Circular.
- Sección Triangular.
- Sección Trapezoidal.
- Sección Compuesta.

Figura 3: Sección Transversal De Cunetas



Fuente: Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano

- Determinación de la capacidad de la cuneta.- La capacidad de las cunetas depende de su sección transversal, pendiente y rugosidad del material con que se construyan. La capacidad de conducción se hará en general utilizando la Ecuación de Manning. La sección transversal de las cunetas generalmente tiene una forma de triángulo rectángulo con el sardinel formando el lado vertical del triángulo. La hipotenusa puede ser parte de la pendiente recta desde la corona del pavimento y puede ser compuesta de dos líneas rectas.
- Coeficiente de rugosidad

La tabla 7, muestra los valores del coeficiente de rugosidad de Manning correspondientes a los diferentes acabados de los materiales de las cunetas de las calles y berma central.

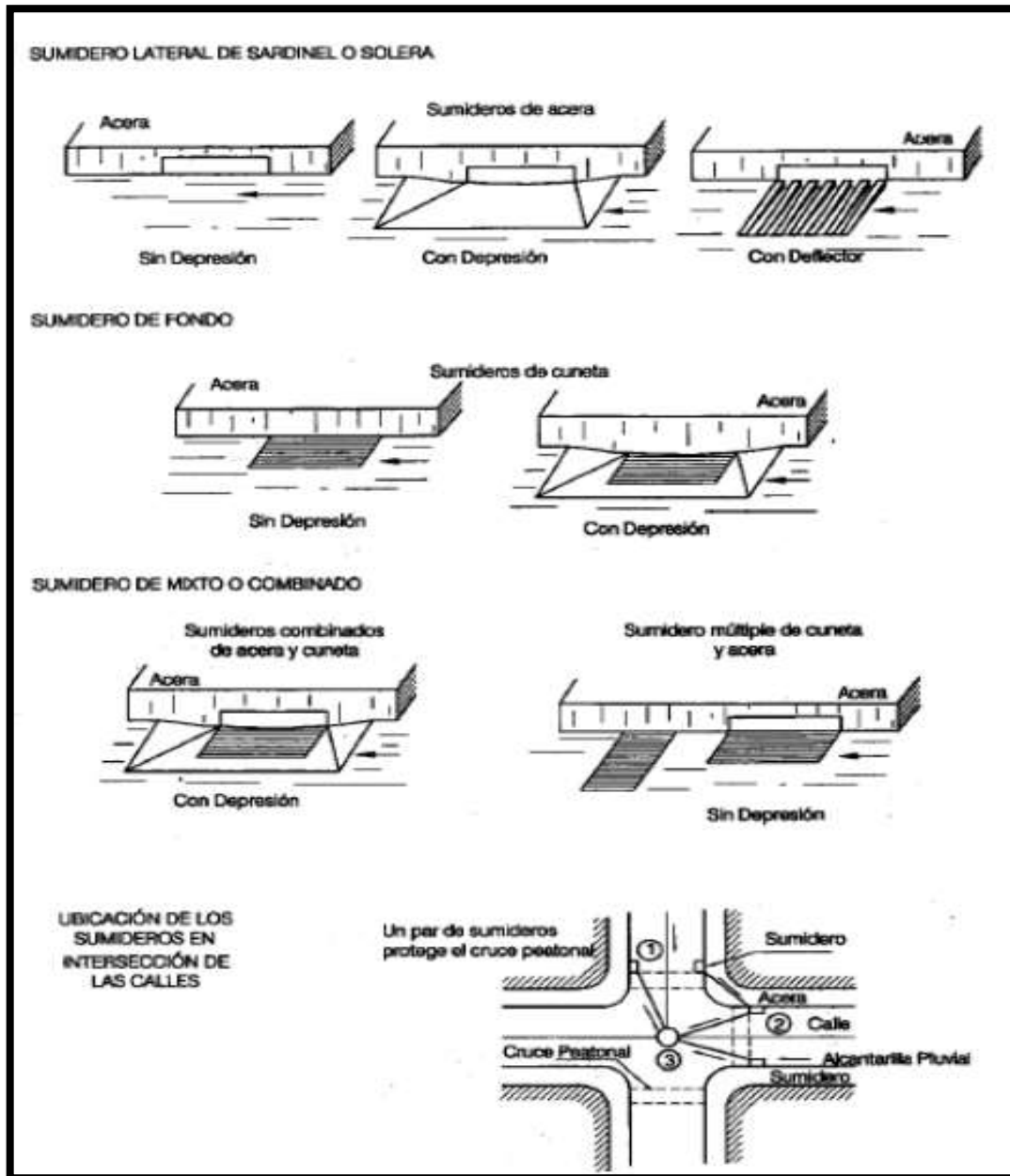
Tabla 6: Valores del coeficiente de rugosidad de Manning

Cunetas de las Calles	Coefficiente de Rugosidad
	<i>N</i>
<b>a. Cuneta de Concreto con acabado paleteado</b>	0,012
<b>b. Pavimento Asfáltico</b>	
1) Textura Lisa	0,013
2) Textura Rugosa	0,016
<b>c. Cuneta de concreto con Pavimento Asfáltico</b>	
1) Liso	0,013
2) Rugoso	0,015
<b>d. Pavimento de Concreto</b>	
1) Acabado con llano de Madera	0,014
2) Acabado escobillado	0,016
<b>e. Ladrillo</b>	0,016
<b>f. Para cunetas con pendiente pequeña,</b> donde el sedimento puede acumularse, se incrementarán los valores arriba indicados de <i>n</i> , en:	0,002

Fuente: Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano

- ✓ Evacuación de las aguas transportadas por las cunetas para evacuación de las aguas de las cunetas deberá preverse entradas o sumideros de acuerdo a la pendiente de las cunetas y condiciones de flujo.
  - ✓ Sumideros (Ver Figura N° 4)
    - La elección del tipo de sumidero dependerá de las condiciones hidráulicas, económicas y de ubicación y puede ser dividido en tres tipos, cada uno con muchas variaciones.
      - Sumideros Laterales en Sardinela o Solera. - Este ingreso consiste en una abertura vertical del sardinela a través del cual pasa el flujo de las cunetas. Su utilización se limita a aquellos tramos donde se tenga pendientes longitudinales menores de 3%.
      - Sumideros de Fondo. - Este ingreso consiste en una abertura en la cuneta cubierta por uno o más sumideros. Se utilizarán cuando las pendientes longitudinales de las cunetas sean mayores del 3%.
- Complementariamente puede usarse también.
- Sumideros de rejillas en calzada.- Consiste en una canalización transversal a la calzada y a todo lo ancho, cubierta con rejillas.

Figura 4: Tipos de sumideros



Fuente: Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano

- En caso de situaciones que requieran un tratamiento distinto se diseñarán sumideros especiales.
- Ubicación de los sumideros, la ubicación de los sumideros dependerá del caudal, pendiente, la ubicación y geometría de enlaces e intersecciones, ancho de flujo permisible del sumidero, volumen de residuos sólidos, acceso vehicular y de peatones. En general los sumideros deben ponerse en los puntos bajos. Su ubicación normal es en las esquinas de cruce de calles, pero al fin de entorpecer el tráfico de las mismas, deben empezar trazadas con respecto a las alineaciones de las fachadas.
- ✓ Diseño hidráulico de los sumideros.



Se deberá tener en cuenta las siguientes variables:

- Perfil de la pendiente.
- Pendiente transversal de cunetas con solera.
- Depresiones locales.
- Retención de Residuos Sólidos.
- Altura de Diseño de la Superficie de Aguas dentro del sumidero.
- Pendiente de los sumideros.
- Coeficiente de rugosidad de la superficie de las cunetas.

#### ✓ EVACUACIÓN DE LAS AGUAS RECOLECTADAS

Las aguas recolectadas por los Sistemas de Drenaje Pluvial Urbano, deberán ser evacuadas hacia depósitos naturales (mar, ríos, lagos, quebradas depresiones, etc.) o artificiales. Esta evacuación se realizará en condiciones tales que se considere los aspectos técnicos, económicos y de seguridad del sistema.

#### ✓ SISTEMAS DE EVACUACIÓN

Clasificación:

1) Sistemas de Evacuación por Gravedad.

2) Sistemas de Evacuación por Bombeo.

- Sistema de Evacuación por Gravedad

a) En caso de descarga al mar, el nivel de agua en la entrega (tubería o canal) debe estar 1.50 m sobre el nivel medio del mar.

b) En el caso de descarga a un río, el nivel de agua en la descarga (tubería o canal) deberá estar por lo menos a 1,00 m sobre el máximo nivel del agua esperado para un periodo de retorno de 50 años.

c) En el caso de un lago, el nivel de evacuación del pelo de agua del evacuador o dren principal estará a 1.00 m, por encima del nivel del agua que alcanzará el lago para un periodo de 50 años.

d) En general el sistema de evacuación debe descargar libremente (> de 1.00 m sobre los máximos niveles esperados), para evitar la obstrucción y destrucción del sistema de drenaje pluvial. En una tubería de descarga a un cuerpo de agua sujetos a considerables fluctuaciones





en su nivel: Tal como la descarga en el mar con las mareas, en necesario prevenir que estas aguas entren en el desagüe, debiendo utilizarse una válvula de retención de mareas.

e) Sistema de Bombero Cuando no es posible la evacuación por gravedad, se debe considerar la alternativa de evacuación mediante el uso de un equipo de bombas movibles o fijas (plantas de bombeo).

✓ **Consideraciones Hidráulicas en Sistemas de Drenaje Urbano Mayor.**

Los sistemas de drenaje mayor y menor instalados en centros urbanos deberán tener la capacidad suficiente para prevenir inundaciones por lluvias de poca frecuencia.

✓ **CONSIDERACIONES BASICAS DE DISEÑO**

a) Las caudales para sistema mayor deberán ser calculados por los métodos del Hidrógrama Unitario o Modelos de Simulación. El Método Racional sólo deberá aplicarse para cuencas menores de 13 Km<sup>2</sup>.

b) El Período de Retorno no debe ser menor de 25 años.

c) El tamaño del conducto es definido con el caudal de diseño, tal que el tirante sea 80% del diámetro como máximo en el caso de sección circular. Para el caso de secciones de geometría diferente, se define por la relación de área de flujo para el caudal de diseño al área de flujo a sección llena igual que 80% como máximo.

d) Con respecto a la velocidad mínima, esta es igual que 0,90 m/s en condición del caudal de diseño, para evitar la sedimentación de las partículas como las arenas y gravas que acarrea el agua de lluvia. En el caso de no cumplir esta condición, el profesional responsable lo justifica.

e) La velocidad máxima en los colectores con cantidades no significativas de sedimentos en suspensión es función del material de la tubería. Se recomienda no exceder los valores indicados en la Tabla 2 del Anexo 2: Hidráulica, a fin de evitar la erosión de las paredes.

f). La pendiente mínima de diseño es aquella que satisfaga la velocidad mínima.

g) El caudal que no pueda ser absorbido por el sistema menor, deberá fluir por calles y superficie del terreno.

h) La determinación de la escorrentía superficial dentro del área de drenaje urbano o residencial producida por la precipitación generada por una tormenta referida a un cierto periodo de retornos permitirá utilizando la ecuación de Manning determinar la capacidad de la tubería capaz de conducir dicho caudal fluyendo a tubo lleno.

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

**Dónde:**

V= Velocidad media de desplazamiento (m/s)

R= Radio medio hidráulico (m)

S = Pendiente de la canalización

n= Coeficiente de rugosidad de Manning.

A= Sección transversal de la canalización (m<sup>2</sup>)

Q= Caudal (Escorrentía superficial pico) (m<sup>3</sup> /s)

i) Para reducir el caudal pico en las calles, en caso de valores no adecuados, se debe aplicar el criterio de control de la descarga mediante el uso de lagunas de retención (Ponding).

j) Las lagunas de retención son pequeños reservorios con estructuras de descarga regulada, que acumulan el volumen de agua producida por el incremento de caudales pico y que el sistema de drenaje existente no puede evacuar sin causar daños.

k) Proceso de cálculo en las lagunas de retención. Para la evacuación del volumen almacenado a fin de evitar daños en el sistema drenaje proyectado o existente, se aplicarán procesos de cálculo denominados tránsito a través de reservorios.

l) Evacuación del sistema mayor, de acuerdo a su área de influencia, descargarán, por acción de la gravedad, hacia la parte más baja, en donde se preverá la ubicación de una calle de gran capacidad de drenaje, denominada calle principal o evacuador principal.

m) Radio hidráulico. (Arzapalo, 2015) Este concepto sirve para calcular pérdidas de carga en conductos (tanto cerrados como abiertos) de sección transversal no circular constante. El rozamiento en un conducto cerrado o abierto depende de la superficie mojada, y por tanto no



depende solo de la sección transversal en m2, sino también de la forma de esta, que hará que la superficie en el contacto con el líquido sea mayor o menor. Se llama Radio Hidráulico (RH) al cociente del área transversal ocupada por la corriente con el perímetro mojado de esta:

$$RH = (\text{Área transversal}) / (\text{Perímetro mojado de la sección transversal})$$

En un canal la superficie de contacto con la atmósfera prácticamente no tiene rozamiento alguno. El radio hidráulico en un canal será la superficie transversal ocupada por el flujo dividida por el perímetro mojado (excluyendo por tanto el lado en contacto con la atmosfera)

o Área Mojada:

En un canal, el área mojada, se entiende como la superficie que ocupa el agua en una sección perpendicular al flujo. Esta sección es definida, en la parte superior por la línea de agua, y en la parte inferior por el canal mismo. En un tubo trabajando a sección llena, el área mojada coincide con la sección del tubo.

o Perímetro Mojado:

En un canal, el perímetro mojado es el contorno del canal que está en contacto con el agua. En un tubo, trabajando a sección llena, el perímetro mojado coincide con la circunferencia interior del tubo.

o Cálculo según la sección del canal

Las expresiones que permiten su cálculo son función de la forma geométrica de la sección transversal del canal. En la siguiente tabla se resumen las secciones más utilizadas con las unidades del sistema internacional.

Tabla 7: Cálculo según la sección del canal

Sección	Area hidráulica (A)	Perímetro mojado (p)	Radio hidráulico (R)	Espejo de agua (t)
---------	------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------

<p>rectangular</p>	$By$	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	$b$
<p>trapezoidal</p>	$(b+zy)y$	$b + 2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
<p>triangular</p>	$zy^2$	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
<p>circular</p>	$\frac{(\theta - \text{Sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{Sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\text{Sen}\frac{\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
<p>parabólica</p>	$\frac{2}{3} ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Fuente: Wikipedia.org

El diseño de la propuesta se basa en las pautas que nos dice la Norma OS - 060 del RNE, cada uno de los cálculos se indican en el capítulo III y los planos de propuesta se observan en los Anexos de la presente investigación.

### h) Aguas Residuales

#### Definición



(Ambiental, 2010) Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias.

Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual.

En nuestra investigación las aguas residuales provienen principalmente de las actividades domésticas, ya que se encuentra en una zona urbana. En la zona de estudio el sistema de conducción de aguas residuales lleva el caudal de las aguas provenientes de las precipitaciones junto con el de las aguas negras, lo cual será analizado con métodos específicos.

### **Fuentes De Aguas Residuales**

(Usal.es, s.f.) Las aguas residuales domésticas son las que se originan en las viviendas. Contienen sólidos fecales (residuos humanos) y residuos derivados de operaciones domésticas como lavar, comer, bañarse o fregar.

Las aguas residuales que se recogen de una comunidad provienen de distintas fuentes: Domésticas, comerciales, agrícolas, industriales, agua de tormenta y agua del terreno

### **Efluentes de aguas residuales**

(R., 2015) El drenaje sanitario es el abastecimiento de agua desechada por la comunidad; El drenaje doméstico, es el agua residual procedente de cocinas, baños, lavados, sanitarios y lavandería. A las materias minerales orgánicas originalmente contenidas en el agua suministrada a la comunidad, se agrega un cálculo de materias fecales, papel, jabón, suciedad, restos de alimentos (basura) y otras sustancias. Debe suponerse que se encuentran presentes organismos entéricos en las aguas negras domésticas, que las hacen peligrosas.

*Como en todo el trayecto del canal del río Saphy las aguas residuales provienen de las conexiones domiciliarias, estas tienen diferentes componentes que son del uso doméstico, estas en algunos casos pueden obstruir las tuberías al arrastrar sólidos.*

### ✓ **Tipos De Aguas Residuales**

#### **Domesticas**



(Graphene Themes, 2016) Son aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavandería, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.

### **Industriales**

(Graphene Themes, 2016) Son líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.

### **Infiltración y caudal adicionales.**

(Graphene Themes, 2016) Las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza, etc. Hay también aguas pluviales, que son descargadas por medio de varias fuentes, como canales, drenajes y colectores de agua de lluvias.

### ✓ **Sistemas de Saneamiento y Drenaje, (Graphene Themes, 2016)**

Los alcantarillados se pueden construir de dos modos:

- **Redes unitarias:** Las que se proyectan y construyen para recibir en un único conducto, mezclándolas, tanto las aguas residuales (urbanas e industriales) como las pluviales generadas en la cuenca o población drenada.
- **Redes separativas:** Las que constan de dos canalizaciones totalmente independientes; una para transportar las aguas residuales domésticas, comerciales e industriales hasta una estación depuradora; Y otra para conducir las aguas pluviales hasta el medio receptor.

La separación reduce los costes de depuración y simplifica los procesos, puesto que el caudal tratado es menor y, lo que es incluso más importante, más constante.

La separación reduce la carga contaminante vertida al medio receptor por los episodios de rebosamiento del alcantarillado unitario.

Sin embargo, se argumenta también que existen una serie de inconvenientes del alcantarillado separativo:



Debe existir un estricto control de vertidos para evitar que se acometan caudales residuales a la red de pluviales (que irían directamente al medio natural sin depurar) y viceversa. Esto redundaría en una explotación más compleja y costosa de la red.

El coste de instalación es, evidentemente, muy superior, en un rango de entre 1,5 y 2 veces la red unitaria equivalente.

Las aguas pluviales urbanas no son aguas limpias, si no que están fuertemente polucionadas, por lo que su vertido directo al cause puede generar una contaminación apreciable.

La separación completa implica redes interiores separativas en los edificios, con duplicación de las bajantes. En este frente los problemas de control y los sobrecostos de instalación son aún mayores que en el diario.

La red de pluviales de una red separativa puede permanecer, en climas secos, sin agua durante períodos de tiempo extensos, sin la auto limpieza de los conductos en tiempo de lluvia, por lo que puede llegar a ser necesaria la descarga de caudales de agua limpia por la red, anulando sus ventajas de ahorro y eficiencia.

✓ **Componentes de una red de alcantarillado (Graphene Themes, 2016)**

• **Componentes Principales De La Red**

Los componentes principales de una red de alcantarillado, descritos en el sentido de circulación del agua, son:

Las acometidas, que son el conjunto de elementos que permiten incorporar a la red las aguas vertidas por un edificio o predio.

Las alcantarillas (En ocasiones también llamadas "Colectores terciarios"), conductos enterrados en las vías públicas, de pequeña sección, que transportan el caudal de acometidas e imbornales hasta un colector.

Los colectores (O colectores secundarios). Que son las tuberías de mayor sección, frecuentemente visitables, que recogen las aguas de las alcantarillas las conducen a los colectores principales, se sitúan enterrados, en las vías públicas.

Los colectores principales, que son los mayores colectores de la población y reúnen grandes caudales, hasta aportarlos a su destino final o aliviarlos antes de su incorporación a un emisario.



Los emisarios interceptores o simplemente interceptores, que son conducciones que transportan las aguas reunidas por los colectores hasta la depuradora o su vertido al medio natural, pero con su caudal ya regulado por la existencia de un aliviadero de tormentas.

✓ **Método de Cálculo de la Demanda Agregada (Saneamiento., s.f.)**

Este método es también conocido como el método del consumo por conexión, en poblaciones importantes, la estimación de la demanda por el consumo per cápita puede conducir a errores, sobre todo si la población cuenta con actividad importante como: Comercial, estatal, industrial, esparcimiento.

El método de la dotación per cápita, no considera las variaciones de consumo por actividad a pesar de tener clima igual, dos ciudades nunca tienen el mismo consumo, por conexión, este depende del grado de desarrollo de la urbe.

Normalmente se omite en incrementar a la demanda, el porcentaje de pérdidas o agua no contabilizada en la red de distribución. Otros métodos no consideran, los temas referidos a control operacional o gestión de la demanda.

Por estas consideraciones en poblaciones significativas, se recomienda realizar el cálculo de la demanda, por el método del consumo por conexión, para ello es necesario, realizar estudios de mercado sobre la base de los registros de consumo en localidades, para ello es necesario.

○ Determinar el tipo de conexión:

Industrial, comercial, estatal o domestico

○ Determinar el consumo

Con micro medición, sin micro medición

○ Determinar el porcentaje de perdidas

Comerciales (Aparentes), operativas o físicas

Proyectar el número de conexiones, proyectar el porcentaje de micro medición y proyectar la cobertura, así como proyectar la disminución del agua no contabilizada, el cual debe estar asociado al porcentaje de micro medición.

Para que un sistema de abastecimiento sea eficiente, es necesario que cada parte del sistema funcione adecuadamente, y con capacidad de atender las variaciones a las que este es requerido.





Las variaciones que existen son:

- Variaciones estacionales
- Variaciones mensuales
- Variaciones diarias
- Variaciones horarias

Debido los sistemas de abastecimiento de agua y evacuación de aguas de desechos demandan un buen conocimiento de los volúmenes.

✓ **Dotación De Agua**

Es la cantidad de agua que se asigna por habitante o por conexión, el momento de efectuar el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado.

Cuando es por habitante se asigna en litros por persona por cada día = lppd. Cuando es por conexión, se asigna en litros o metros cúbicos cada mes por cada conexión = m3/conex/mes.

Para sistemas con conexiones domiciliarias una dotación de 180 l/hab/d, en clima frío y 220 l/hab/d en clima templado y cálido.

Para programas de vivienda con lotes de área menor o igual a 90 m<sup>2</sup>, las dotaciones serán 120 l/hab/d en clima frío y 150 l/hab/d en clima templado y cálido.

Según la norma OS.100 tratándose de nuevas habilitaciones para viviendas deberá considerarse por lo menos una densidad de 6 hab/ vivienda.

Para sistemas de abastecimiento indirecto por surtidores para camión cisterna o piletas públicas, se considerará una dotación entre 30 y 50 l/hab/d respectivamente.

Para habitaciones de tipo industrial, deberá determinarse de acuerdo al uso en el proceso industrial, debidamente sustentado.

Para habilitaciones de tipo comercial se aplicará la norma OS. 010 instalaciones sanitarias para edificaciones.

Tabla 8: Dotación en litros por persona diario (lppd) de habilitaciones de tipo comercial.

POBLACIÓN	CLIMA FRÍO	CLIMA TEMPLADO
	LPPD	LPPD



De 2,000 a 10,000 hab.	120	150
De 10,000 a 50,000 hab.	150	200
Más de 50,000 hab.	200	250

Fuente: RNE. Norma OS 100 Instalaciones Sanitarias Para Edificaciones Edición 2009.

### ✓ ***Demanda***

Es la cantidad de agua potable que requiere una población para satisfacer sus necesidades.

- *Cálculo de la demanda*

Se considera la población proyectada de una localidad, multiplicada por la dotación diaria:

$$Q_p = \text{Dotación lppd} * \text{Población} / 86400 \text{ seg.}$$

### **Dónde:**

$Q_p$ : Caudal promedio en litros por segundo (lps).

Dotación lppd: Dotación en litros por persona por día

- *Factores que afectan el consumo*
  - Tipo de comunidad
  - Consumo domestico
  - Consumo industrial
  - Consumo publico
  - Consumo por perdida en la red
  - Consumo por incendio
  - Factores económicos sociales
- Factores meteorológicos
  - Tamaño de la comunidad
  - Micro medición
  - Control operación racional de la red

### **i) Norma OS- 070 Redes De Aguas Residuales.**

#### **DISPOSICIONES ESPECÍFICAS PARA DISEÑOS.**

#### **Población**

Se deberá determinar la población y la densidad poblacional para el periodo de diseño adoptado.

La determinación de la población final para el periodo de diseño adoptado se realizará a partir de proyecciones, utilizando la tasa de crecimiento por distritos y/o provincias establecidas por el organismo oficial que regula estos indicadores



### - Caudal de Contribución al Alcantarillado

El caudal de contribución al alcantarillado debe ser calculado con un coeficiente de retorno (C) del 80 % del caudal de agua potable consumida.

### - Caudal de Diseño

Se determinarán para el inicio y fin del periodo de diseño. El diseño del sistema de alcantarillado se realizará con el valor del caudal máximo horario.

#### o Dimensionamiento Hidráulico

En todos los tramos de la red deben calcularse los caudales inicial y final ( $Q_i$  y  $Q_f$ ). El valor mínimo del caudal a considerar será de 1,5 l/s.

Las pendientes de las tuberías deben cumplir la condición de auto limpieza aplicando el criterio de tensión tractiva. Cada tramo debe ser verificado por el criterio de Tensión Tractiva Media ( $\sigma_t$ ) con un valor mínimo  $\sigma_t = 1,0$  Pa, calculada para el caudal inicial ( $Q_i$ ), valor correspondiente para un coeficiente de Manning  $n = 0,013$ . La pendiente mínima que satisface esta condición puede ser determinada por la siguiente expresión aproximada:

$$S_{o\min} = 0,0055 Q_i^{-0,47}$$

#### Dónde:

$S_{o\min}$  = Pendiente mínima (m/m).

$Q_i$  = Caudal inicial (L/s).

Para coeficientes de Manning diferentes de 0,013, los valores de Tensión Tractiva Media y pendiente mínima a adoptar deben ser justificados. La expresión recomendada para el cálculo hidráulico es la fórmula de Manning. Las tuberías y accesorios a utilizar deberán cumplir con las normas técnicas peruanas vigentes y aprobadas por el ente respectivo.

- La máxima pendiente admisible es la que corresponde a una velocidad final  $V_f = 5$  m/s; Las situaciones especiales serán sustentadas por el proyectista.

- Cuando la velocidad final ( $V_f$ ) es superior a la velocidad crítica ( $V_c$ ), la mayor altura de lámina de agua admisible debe ser 50% del diámetro del colector, asegurando la ventilación del tramo. La velocidad crítica es definida por la siguiente expresión:

$$V_c = 6 * \sqrt{g * R_h}$$

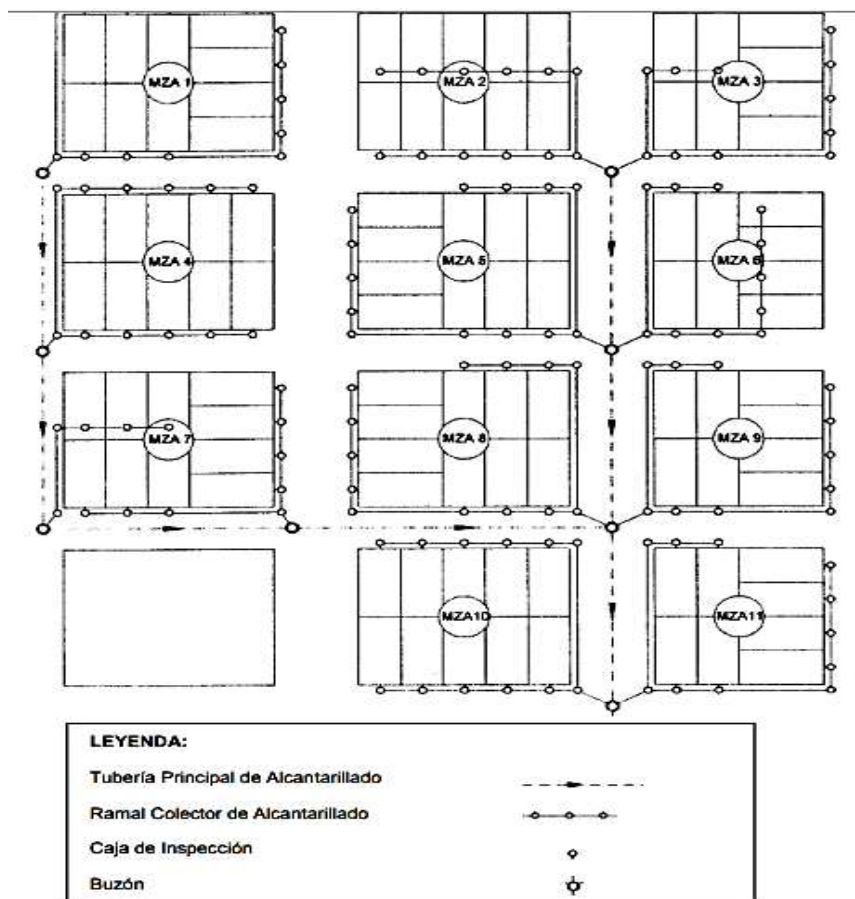
Dónde:

$V_c$  = Velocidad Crítica (m/s)

$g$  = Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$R_h$  = Radio Hidráulico (m)

Figura 5: Esquema de sistema de alcantarillado con tuberías principales y ramales colectores



Fuente: Norma OS.070 Aguas Residuales.

- La altura de la lámina de agua debe ser siempre calculada admitiendo un régimen de flujo uniforme y permanente, siendo el valor máximo para el caudal final ( $Q_f$ ). Igual o inferior a 75% del diámetro del colector.
- Los diámetros nominales de las tuberías no deben ser menores de 100mm.

Las tuberías principales que recolectan aguas residuales de un ramal colector tendrán como diámetro mínimo 160mm.

### FLUJO EN CANALES ABIERTOS:

(Graciela Viviana Zucarelli, 2017) El flujo en canales se clasifica en cuatro tipos de regímenes los cuales son: Laminar-subcrítico, turbulento-subcrítico, laminar supercrítico y turbulento-supercrítico. Los números tradicionalmente empleados para realizar dicha clasificación son: El número de Reynolds y el número de Froude; Lo cual nos indica la condición de flujo de acuerdo a la estabilidad de la superficie libre.

A).- Según el número de Reynolds se tiene lo siguiente, que los valores de  $R_e < 1000$  indican flujo laminar y valores superiores a los 3000, flujo turbulento y se representa con la siguiente formula.

$$R_e = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

**Dónde:**

$v$  =Es la velocidad media

$d$ = Es la profundidad de flujo

$\nu$ = Es la viscosidad cinemática

B).- Según el número de Froude se tiene lo siguiente, que los valores de  $F < 1$  indican flujo subcritico y si  $F > 1$  es supercrítico. El valor 1 corresponde al estado de flujo crítico. Se representa con la siguiente formula.

$$F = \frac{v}{\sqrt{g\bar{y}}}$$

$$\bar{y} = \frac{A}{T}$$

**Dónde:**

$v$  =Es la velocidad media.

$g$ = Aceleración de la gravedad.

$\bar{y}$ = Profundidad Hidráulica.

$A$ = Área mojada.

$T$ = Espejo de agua.



### Fórmula de Ganguillet - kutter

En 1869, Ganguillet y Kutter, ingenieros suizos, realizaron una investigación compleja de todos los experimentos disponibles sobre conductos abiertos, como resultado de estos estudios dedujeron una fórmula empírica para calcular el coeficiente de resistencia "C" en la fórmula de Chezy.

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{S}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{S}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

#### **Donde:**

C: Coeficiente de Ganguillet-kutter a usarse en la formula de Chezy.

S: Pendiente (m/m).

R: Radio hidraulico(m).

n: Coeficiente de rugosidad de la formula (de Kutter), cuyos valores aparecen en la tabla "Valores del coeficiente n de Kutter que generalmente se usan en los diseños".

Tabla 9: Valores de  $n$  para el diseño

SUPERFICIE	$n$
Superficie metálica, lisa, sin pintar	0,012
Superficie metálica, lisa, pintada	0,013
Superficie metálica, corrugada	0,025
Cemento liso	0,011
Mortero de cemento	0,013
Madera cepillada	0,012
Madera sin cepillar	0,013
Tablones sin cepillar	0,014
Concreto liso	0,013
Concreto bien acabado, usado	0,014
Concreto frotachado	0,015
Concreto sin terminar	0,017
Gunita (sección bien terminada)	0,019
Gunita (sección ondulada)	0,022
Superficie asfáltica lisa	0,013
Superficie asfáltica rugosa	0,016
Tierra, limpia, sección nueva	0,018
Tierra, limpia, sección antigua	0,022
Tierra gravosa	0,025
Tierra, con poca vegetación	0,027
Tierra, con vegetación	0,035
Tierra, con piedras	0,035
Tierra, con pedrones	0,040
Para secciones circulares (trabajando como canal)	
Metal, liso	0,010
Acero soldado	0,012
Acero riveteado	0,016
Fierro fundido	0,013 – 0,014
Cemento	0,011 – 0,013
Vidrio	0,010

Fuente: Unifen.- UNI



**Método Bazin**

Esta fórmula fue establecida por Bazin en 1897:

$$C = \frac{87}{1 + \frac{G}{\sqrt{R}}}$$

$$V = C\sqrt{R * S}$$

**Donde :**

C: Coeficiente de Bazin a usarse en la formula de Chezy.

S: Pendiente (m/m).

R: Radio hidraulico (m).

G: Coeficiente de rugosidad de la formula de Bazin (m)

*Tabla 10: Coeficiente de rugosidad de la formula de Bazin (m )*

CATEGORIA	DESCRIPCION	G
1	Contorno muy liso, perfectamente ejecutado. Plancha metálica. Cemento liso, madera muy cepillada.	0,06
2	Contornos lisos. Concreto bien acabado.	0,16
3	Concreto sin pulir. Albañilería de piedra bien terminada.	0,46
4	Canales en tierra, sin vegetación.	0,85
5	Canales en tierra con hierbas. Ríos de cauce irregular, sin vegetación.	1,30
6	Canales en tierra con vegetación. Fondo de cantos rodados. Canales en tierra muy erosionados e irregulares.	1,75

*Fuente: Unifen.- UNI*

**Método Manning**

En 1989 el ingeniero irlandés Robert Manning presenta una ecuación para determinar el valor de “C”, en función del radio hidráulico y la rugosidad del material que se construye el canal.



$$V = \frac{R^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Donde:

S: Pendiente (m/m).

R: Radio hidráulico (m).

n: Coeficiente de rugosidad de la formula de Manning.

Tabla 11: Valores de “n” dados por Horton para coeficiente de rugosidad de la formula de Manning.

Superficie	Condiciones de las paredes			
	Perfectas	Buenas	Medianas	Malas
Tubería hierro forjado negro comercial	0.012	0.013	0.014	0.015
Tubería hierro forjado galvanizado comercial	0.013	0.014	0.015	0.017
Tubería de latón o vidrio	0.009	0.010	0.011	0.013
Tubería acero remachado en espiral	0.013	0.015*	0.017*	
Tubería de barro vitrificado	0.010	0.013*	0.015	0.017
Tubos comunes de barro para drenaje	0.011	0.012*	0.014*	0.017
Tabique vidriado	0.011	0.012	0.013	0.015
Tabique con mortero de cemento; albañales de tabique	0.012	0.013	0.015*	0.017
Superficies de cemento pulido	0.010	0.011	0.012	0.013
Superficies aplanadas con mortero de cemento	0.011	0.012	0.013*	0.015
Tuberías de concreto	0.012	0.013	0.015*	0.016
Tuberías de duela	0.010	0.011	0.012	0.013
<b>Acueductos de tablón:</b>				
Labrado	0.010	0.012*	0.013	0.014
Sin labrar	0.011	0.013*	0.014	0.015
Con astillas	0.012	0.015*	0.016	
Canales revestidos con concreto	0.012	0.014*	0.016*	0.018
Superficie de mampostería con cemento	0.017	0.020	0.025	0.030
Superficie de mampostería en seco	0.025	0.030	0.033	0.035
Acueducto semicirculares metálicos, lisos	0.011	0.012	0.013	0.015
Acueducto semicirculares metálicos corrugados	0.0225	0.025	0.0275	0.030
<b>Canales y zanjas:</b>				
En tierra, alineados y uniformes	0.017	0.020	0.0225	0.025*
En roca, lisos y uniformes	0.025	0.030	0.033*	0.035
En roca, con salientes y sinuosos	0.035	0.040	0.045	
Sinuosos y de escurrimiento lento	0.0225	0.025*	0.0275	0.030
Degradados en tierra	0.025	0.0275*	0.030	0.033
Con lecho pedregoso y bordos de tierra enhiervados	0.025	0.030	0.035*	0.040
Plantilla de tierra, taludes	0.028	0.030*	0.033*	0.035

Fuente: Hidrología – Villón Béjar, Máximo.



### Método Pavlovski

En 1925 Pavlovski presentó la expresión siguiente:

$$C = \frac{R^x}{n}$$

Siendo:

“C” El coeficiente a usarse en la fórmula de Chezy. Esta fórmula es válida para radios hidráulicos comprendidos entre 0.1m y 3m para valores de “n” comprendidos entre 0.011 y 0.040.

La ecuación anterior se puede simplificar para fines prácticos, con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Para } R < 1\text{m} \quad x=1.5\sqrt{n}$$

$$\text{Para } R > 1\text{m} \quad x=1.3\sqrt{n}$$

Para el cálculo de un canal, o sea para el dimensionamiento de la sección transversal, deberá tomarse en cuenta todos los factores al coeficientes “n” de Kutter.

$$V = C\sqrt{RXS}$$

**Donde:**

C: Coeficiente a usarse en la fórmula de Chezy.

S= Pendiente (m/m).

R= Radio hidráulico (m).

n= Coeficiente de rugosidad de la fórmula de Ganguillet-Kutter. (Tabla 9: Valores de n para el diseño)

## 2.3.HIPÓTESIS



### 2.3.1. Hipótesis General

La evaluación de la influencia de las aguas pluviales en la red colectora de aguas residuales en el trayecto del canal del río Saphy en épocas de lluvia sobrepasa su capacidad actual y la propuesta técnica brindará una posible solución.

### 2.3.2. Sub Hipótesis

#### Sub Hipótesis N°1

La capacidad actual de conducción de la red colectora de aguas residuales en el tramo del canal del río Saphy es suficiente para atender el caudal de agua residuales.

#### Sub Hipótesis N°2

Los tirantes al que trabaja la red colectora de aguas residuales existente en el tramo del canal del río Saphy son menores al 50% del diámetro de la tubería.

#### Sub Hipótesis N°3

Las microcuencas que existen en el área de estudio que aportan a la red colectora de aguas residuales son 2.

#### Sub Hipótesis N°4

El caudal de aporte de aguas pluviales proveniente de la zona Nor-Este es mayor a la del Nor-Oeste que aportan a las dos redes colectoras en la Av. El Sol.

#### Sub Hipótesis N°5

Los coeficientes de escorrentía superficial que se presentan en las microcuencas que intervienen en la red colectora del tramo del canal del río Saphy son altos.



## 2.4. Definición de variables.

### 2.4.1. Variables Independientes.

- Diámetro de la red colectora de agua residual.

#### **Indicadores de variables independientes.**

- Inspección De Buzones.
- Levantamiento Topográfico.

### 2.4.2. Variables dependientes.

- Caudal de agua residual.
- Caudal de agua pluvial.

#### **Indicadores de variables dependientes.**

- Población
- Dotación
- Intensidad
- Área de la cuenca



2.4.3. Cuadro de Operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	DENOMINACION DE LA VARIABLE	DESCRIPCION DE VARIABLE	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INTRUMENTOS
DEPENDIENTES	V1: Caudal de agua residual.	Volumen total de agua residual que es originado en la zona de estudio proveniente de la dotación de agua de la población.	Población Dotación	m3/seg	Reglamento Nacional de edificaciones y datos del INEI.
	V2: Caudal de agua pluvial.	Relación entre el índice de escorrentía y la precipitación anual	Intensidad Área de la cuenca	m3/seg	Reglamento Nacional de edificaciones.
TIPO DE VARIABLE	DENOMINACION DE LA VARIABLE	DESCRIPCION DE VARIABLE	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INTRUMENTOS
INDEPENDIENTES	V1: Diámetro de la red colectora de agua residual.	El tamaño de tubos se especifica mediante el levantamiento topográfico e inspección insitu.	Inspección de buzones.  Levantamiento topográfico.	milímetros	Fichas de inspección de campo.



### **3. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

#### **3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

##### 3.1.1. Enfoque de la investigación.

La investigación es de tipo **cuantitativa** porque relaciona los parámetros evaluados de manera numérica y establece que los resultados están en función a parámetros cuantificables y medibles utilizando las herramientas y conocimientos que proporciona la ingeniería civil.

##### 3.1.2. Método De Investigación

El método **hipotético-deductivo** tiene como pasos esenciales; Observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.

En la presente investigación se recurre al uso del método hipotético deductivo debido a que se realizara el planteamiento de una hipótesis la cual llegara a ser demostrada mediante una serie de pasos permitiendo así deducir relaciones entre las variables que permitan demostrar la hipótesis

##### 3.1.3. Nivel o Alcance de La Investigación

El nivel que se aplicará en el proceso de la tesis será **descriptivo**, debido a que evaluaremos la influencia de las aguas pluviales en la red colectora de aguas residuales de las calles Plateros, Saphy, Portal Comercio, Mantas y Av. Sol; De esa manera se podrá tomar en cuenta los resultados obtenidos por esta investigación.

#### **3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

##### 3.2.1. Diseño Metodológico

La presente investigación es de tipo no experimental porque se realizará sin la manipulación deliberada de las variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos.

Además, es transeccional, porque tiene objetivo indagar la incidencia y los valores en que se manifiestan una o más variables en un solo momento y tiempo único, ya que el procedimiento



consiste en medir o ubicar a un grupo de objetos, situaciones, contextos o fenómenos, en una o más variables y proporcionar su descripción.

### 3.2.2. Diseño De La Ingeniería

La presente investigación es no experimental en la rama de hidráulica se usará programas de ingeniería basadas en formulas ya establecidas usadas para los diferentes cálculos.

## 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.

### 3.3.1. Población.

#### 3.3.1.1. Descripción de la población

La población es la red colectora de aguas residuales en todo el trayecto del río de Saphy que comprende las calles de Saphy, Plateros, Portal El Comercio, Mantas y Av. El Sol.

#### 3.3.1.2. Cuantificación De La Población

La población cuantitativa será determinada en relación al conjunto de los datos que concuerda con determinadas especificaciones. La población es la red colectora de aguas residuales en todo el trayecto del río de Saphy que comprende las calles de Saphy, Plateros, Portal El Comercio, Mantas y Av. El Sol.

### 3.3.2. Muestra.

#### 3.3.2.1. Descripción de la muestra.

Según el enfoque cuantitativo es un grupo de la población del cual se recolectan datos y debe ser representativo de dicha población.

Al ser la población la red colectora de aguas residuales en el trayecto del río de Saphy que comprende las calles de Saphy, Plateros, Portal El Comercio, Mantas y Av. El Sol. Del distrito de Cuscos se considera que los datos deben de corresponder a la totalidad de la población, por lo tanto, la muestra coincide con la población.

#### 3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

Una muestra con el enfoque cuantitativo es un grupo del universo de la cual se recolectan la información que será representativo de la población.



Al ser la población la red colectora de aguas residuales en toda la calle del trayecto del río Saphy, se considera que los datos deben corresponder a la totalidad de la población, por lo tanto, la muestra coincide con la población.

#### 3.3.2.3. Método de muestreo

El método usado para la selección de nuestra muestra es el muestreo no probabilístico, es decir que no utilizaremos estadísticas para determinar la cantidad de la muestra.

#### 3.3.2.4. Criterios de evaluación de muestra

La muestra será evaluada y medida con:

Levantamiento Topográfico. GPS, Datos Pluviométricos.

Todos los datos serán tomados en la zona de estudio.

#### 3.3.2.5. Criterios de inclusión

Dentro de la presente investigación se tendrá el caudal perteneciente a la red colectora de aguas residuales pertenecientes al distrito de Cusco.

El factor de temporada tendrá que ser en épocas de lluvia meses de Diciembre, Enero a Abril.

### **3.4. INSTRUMENTOS**



#### 3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos.

Para poder demostrar la hipótesis y sub-hipótesis planteadas se deberá recurrir a distintas técnicas y fuentes que se describen:

- a. La técnica del análisis documental; Utilizando como instrumentos de recolección de datos de fuentes documentales, fichas textuales y de resúmenes; Recurriendo como fuentes a libros especializados, documentos oficiales, reglamentos e internet, para obtener conceptos básicos, técnicas avanzadas, disposiciones operativas y beneficios potenciales.



Tabla 12: Instrumento de inspección de buzones.



		<b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LOS BUZONES Y TUBERÍAS					
<b>Nombre de la tesis:</b>			Propuesta Y Evaluación De La Influencia De Las Aguas Pluviales En La Red Colectora De Las Aguas Residuales En El Trayecto Del Canal Del Río Saphy		
<b>Alumnos:</b>			Bach. Pamela Mónica Accostupa Alarcón		
<b>Fecha:</b>			Bach. Wilber Quillahuaman Gallegos		
Buzón	Coordenadas			Diámetro de tubería (mm)	Observación
	Cota terreno	Cota fondo	Altura (m)		

Fuente: Elaboración Propia.

b. La técnica de la observación de campo; Utilizando como instrumento de recolección de datos de campo un protocolo o guía de observación que se aplicara para obtener datos como cotas de terreno, pendiente del terreno, pluviometría entre otros que serán mencionados en el desarrollo de la Tesis.



Tabla 13: Ficha para levantamiento topográfico.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
Levantamiento topográfico				
Nombre de la tesis:	Propuesta Y Evaluación De La Influencia De Las Aguas Pluviales En La Red Colectora De Las Aguas Residuales En El Trayecto Del Canal Del Río Saphy			
Alumnos:	Bach. Pamela Mónica Accostupa Alarcón			
	Bach. Wilber Quillahuaman Gallegos			
Fecha:				
Datos tomados en campo				
Nro.	coordenadas			Descripción
	Norte	Este	Cota	
Microcuenca n° .....				

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.2. Instrumentos de ingeniería.

#### **H canales:**

Es un software que nos permite diseñar canales y estructuras hidráulicas, ya que es fácil e intuitivo su uso. El sistema permite resolver los problemas más frecuentes que se presentan en el diseño de canales y estructuras hidráulicas.

*Figura 6: Programa H Canales.*



Fuente: Elaboración Propia

#### **.Estación total:**

Es un instrumento electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica, así también realiza mediciones de ángulos y obtención de coordenadas de la superficie de un terreno

*Figura 7: Estación total.*



Fuente: Google Imágenes.

#### **Prismas:**

Son accesorios importantes para diversas aplicaciones topográficas, y está formada por una serie de cristales que tienen la función de regresar la señal emitida por la estación total.

*Figura 8: Prisma*



Fuente: Google Imágenes

## GPS

El GPS es un navegador que nos darán coordenadas geográficas y su precisión es de +/- 10 metros y funciona mediante una red de satélites en órbita sobre el planeta tierra con trayectoria sincronizada para cubrir toda la superficie tierra.

Figura 9: GPS



Fuente: Google Imágenes

### 3.5. PROCESAMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Es la relación que se establece entre las necesidades de información y las observaciones hechas. La investigación es primordialmente descriptiva ya que se obtienen conclusiones luego de analizar los datos obtenidos.

- El proceso de recolección de datos fue cuantitativo donde se determinó la longitud, el dimensionamiento y la situación actual del sistema de aguas residuales, también se identificó el punto de descarga de los mismos.
- Se realizó el levantamiento topográfico del terreno de la zona de estudio, así mismo se desarrolló la nivelación topografía para identificar las pendientes del terreno que se requieren para determinar el caudal máximas.

### 3.5.1. Pruebas tomadas en campo.

#### 3.5.1.1. Inspección de buzones.

#### Procedimiento de levantamiento de la red colectora de aguas residuales



Paso N°01: Se realizó la recolección de información sobre la red colectora de aguas residuales en el tramo del canal del Rio Saphy como planos del EPS. SEDA CUSCO donde se detalla los diámetros de las tuberías y dirección del flujo del agua.



Paso N°02: Se verifico insitu el estado actual de la red colectora en el tramo del canal del Rio Saphy con el apoyo de un personal del SEDA CUSCO donde se destapó las tapas de los buzones con la ayuda de una varilla de acero se procede a realizar la altura de buzón.





Se verifico los diámetros de las tuberías, estado del buzón y donde desembocan los buzones.

Paso N°03: Se realizó el levantamiento topográfico con estación total de las calles y tapas de buzón en todo el tramo del canal del Rio Saphy.



Tabla 14: Tabla de datos de inspección de buzones

 <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 					
INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LOS BUZONES Y TUBERÍAS					
Nombre de la Tesis:			Propuesta Y Evaluación De La Influencia De Las Aguas Pluviales En La Red Colectora De Las Aguas Residuales En El Trayecto Del Canal Del Río Saphy		
Alumnos:			Bach. Pamela Mónica Accostupa Alarcón		
			Bach. Wilber Quillahuaman Gallegos		
Fecha:			2017- 20-12		
Buzón	Coordenadas			Diámetro de tubería (mm)	Observación
	Cota terreno	Cota fondo	Altura (m)		
buzón 01	3448.21	3447.06	1.15	200	
buzón 02	3446.39	3445.03	1.36	200	
buzón 03	3445.72	3444.45	1.27	200	
buzón 04	3443.36	3440.98	2.38	200	
buzón 05	3440.14	3438.52	1.62	200	
buzón 06	3439.24	3437.24	2	200	
buzón 07	3436.31	3433.85	2.46	200	
buzón 08	3433.79	3431.99	1.8	200	
buzón 09	3431.35	3429.64	1.71	200	
buzón 10	3429.1	3427.49	1.61	200	
buzón 11	3427.42	3425.81	1.61	200	
buzón 12	3425.74	3423.84	1.9	200	
buzón 13	3423.97	3422.6	1.37	250	
buzón 14	3434.89	3433.09	1.8	200	
buzón 15	3432.1	3430.1	2	200	
buzón 16	3429.56	3427.84	1.72	200	
buzón 17	3427.92	3426.44	1.48	200	
buzón 18	3425.92	3424.25	1.67	200	
buzón 19	3424.56	3422.47	2.09	250	se visualiza rebose hacia el rio
buzón 20	3423.89	3422.37	1.52	250	
buzón 21	3422.56	3421.2	1.36	250	
buzón 22	3420.92	3419.42	1.5	250	
buzón 23	3417.6	3415.9	1.7	250	
buzón 24	3417.32	3415.52	1.8	250	
buzón 25	3416.25	3413.97	2.28	250	se visualiza rebose hacia el rio
buzón 26	3415.26	3413.2	2.06	250	





Buzón	Coordenadas			Diámetro de tubería (mm)	Observación
	Cota terreno	Cota fondo	Altura (m)		
buzón 27	3413.87	3411.69	2.18	250	se visualiza rebose hacia el rio
buzón 28	3417.9	3416.44	1.46	250	
buzón 29	3415.94	3414.44	1.5	250	
buzón 30	3415.59	3414.06	1.53	250	
buzón 31	3413.86	3411.79	2.07	250	
buzón 32	3412.22	3410.3	1.92	250	se visualiza rebose hacia el rio
buzón 33	3411.8	3410.16	1.64	250	
buzón 34	3410.69	3408.4	2.29	250	se visualiza rebose hacia el rio
buzón 35	3409.57	3407.32	2.25	250	se visualiza rebose hacia el rio
buzón 36	3408.41	3406.11	2.3	315	
buzón 37	3407.64	3405.78	1.86	250	
buzón 38	3403.39	3401.55	1.84	250	se visualiza rebose hacia el rio
buzón 39	3406.94	3405.74	1.2	200	
buzón 40	3404.12	3402.62	1.5	200	
buzón 41	3402.4	3400.9	1.5	200	
buzón 42	3402.13	3400.76	1.37	250	
buzón 43	3400.82	3398.62	2.2	250	
buzón 44	3398.39	3396.39	2	250	
buzón 45	3395.54	3393.09	2.45	250	
buzón 46	3393.32	3391.32	2	315	
buzón 47	3392.54	3391.11	1.43	315	se visualiza rebose hacia el rio
buzón 48	3391.38	3390.08	1.3	315	
buzón 49	3407.58	3405.98	1.6	200	
buzón 50	3404.82	3402.9	1.92	200	
buzón 51	3402.43	3400.61	1.82	200	
buzón 52	3399.4	3397.58	1.82	200	
buzón 53	3398.37	3396.13	2.24	200	
buzón 54	3397.35	3395.17	2.18	200	
buzón 55	3394.84	3393.24	1.6	200	
buzón 56	3393.38	3391.48	1.9	200	
buzón 57	3391.3	3389.4	1.9	200	
buzón 58	3391	3389.44	1.56	315	
buzón 59	3388.17	3385.17	3	315	
buzón 60	3385.08	3381.54	3.54	315	

Buzón	Coordenadas			Diámetro de tubería (mm)	Observación
	Cota terreno	Cota fondo	Altura (m)		
buzón 61	3381.77	3379.67	2.1	315	se visualiza rebose hacia el rio
buzón 62	3379.74	3377.47	2.27	315	
buzón 63	3376.25	3373.82	2.43	315	
buzón 64	3374.56	3372.65	1.91	315	
buzón 65	3373.72	3371.8	1.92	315	
buzón 66	3370.39	3368.78	1.61	315	
buzón 67	3380.92	3378.82	2.1	200	
buzón 68	3379.71	3377.33	2.38	200	
buzón 69	3377.39	3375.58	1.81	200	
buzón 70	3374.73	3372.93	1.8	200	
buzón 71	3373.5	3371.27	2.23	200	
buzón 72	3372.19	3370.09	2.1	200	
buzón 73	3369.91	3368.37	1.54	200	
buzón 74	3369	3367.13	1.87	200	

Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.1.2. Levantamiento topográfico.

Tabla 15: *Levantamiento topográfico.*

 <p><b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b></p> 			
<b>LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</b>			
<b>Nombre de la Tesis:</b>	Propuesta Y Evaluación De La Influencia De Las Aguas Pluviales En La Red Colectora De Las Aguas Residuales En El Trayecto Del Canal Del Río Saphy		
<b>Alumnos:</b>	Bach. Pamela Mónica Accostupa Alarcón Bach. Wilber Quillahuaman Gallegos		
<b>Fecha:</b>	23/01/2019		
<b>Datos Tomados En Campo</b>			
Nro	Coordenadas		
	Este	Norte	Cota
<b>Microcuenca 01</b>			
1	17640.0485	8504449.84	3672.21
2	176465.044	8504525.92	3663.91
3	176504.385	8504513.94	3655.61
4	176508.738	8504503.96	3647.31
5	176507.858	8504495.59	3639.01





6	176504.42	8504431.63	3630.71
Nro	Coordenadas		
	Este	Norte	Cota
7	176538.609	8504405.2	3622.41
8	176579.555	8504374.65	3614.11
9	176593.651	8504363.73	3605.81
10	176655.3	8504325.85	3597.51
11	176665.428	8504492.81	3589.21
12	176613.907	8504295.9	3580.91
13	176595.789	8504289.8	3572.61
14	176584.404	8504276.96	3564.31
15	176594.092	8504247.44	3556.01
16	176666.309	8504199.87	3547.71
17	176691.678	8504188.86	3539.41
18	176715.045	8504178.75	3531.11
19	176745.023	8504168.69	3522.81
20	176760.745	8504154.42	3514.51
21	176772.961	8504131.98	3506.21
22	176785.968	8504134.99	3497.91
23	176834.757	8504149.15	3489.61
24	176875.067	8504116.41	3481.31
25	176898.967	8504099.18	3473.01
26	176932.584	8504111.87	3464.71
27	176961.161	8504122.03	3456.41
28	176983.358	8504130.39	3448.11
29	177024.355	8504145.96	3439.81
30	175056.761	8504158.58	3429.92
Microcuenca 02			
1	176394.709	8504353.44	3668.46
2	176438.033	8504390.17	3657.16
3	176484.71	850460.716	3645.86
4	176499.682	8504250.58	3634.56
5	176525.398	8504221.89	3623.26
6	176557.711	8504193.58	3611.96
7	176583.022	8504171.37	3600.66
8	176660.95	8504106.21	3589.36
9	176696.923	8504077.67	3578.06
10	176745.023	8504043.46	3566.76
11	176785.793	8504011.61	3555.46
12	176819.823	8503990.94	3544.16
13	176851.422	8503969.06	3532.86



Nro	Coordenadas		
	Este	Norte	Cota
14	176876.337	8503950.21	3521.56
15	176901.86	8503935.02	3510.26
16	1766925.56	8503917.99	3498.96
17	176962.627	8503890.64	3487.66
18	176992.857	8503864.04	3476.36
19	177041.387	8503901.75	3465.06
20	177108.126	8503957.77	3453.76
21	177143.808	8503990.35	3442.46
22	177185.047	8504025.31	3429.92
<b>Microcuenca 03</b>			
1	176385.564	8544244.56	3598.53
2	176403.96	8504209.92	3592.83
3	176422.798	85014184.4	3587.13
4	176449.906	8504143.39	3581.43
5	176517.938	8504077.53	3575.73
6	176538.566	8504034.07	3570.03
7	176540.69	8504022.89	3564.33
8	176555.406	8503927.46	3558.63
9	176552.771	8503921.58	3552.93
10	176550.948	8503889.97	3547.23
11	176552.771	8503872.15	3541.53
12	176556.399	8503856.65	3535.83
13	176566.202	8503829.52	3530.13
14	1765746472	8503805.48	3524.43
15	176591.662	8503789.67	3518.73
16	176594.701	8503776.9	3513.03
17	176606.345	8503760.37	3507.33
18	176623.378	8503731.4	3501.63
19	176630.344	8503716.03	3495.93
20	176623.159	8503663.38	3490.23
21	176620.985	8503627.46	3484.53
22	176639.609	8503556.55	3478.83
23	176649.522	850325.466	3473.13
24	176681.603	8503512.89	3467.43
25	176701.801	8503525.96	3461.73
26	176762.429	8503563.76	3456.03
27	176832.443	8503607.56	3450.33
28	176922.657	8503664.73	3444.63
29	177040.311	8503735.47	3438.93



Nro	Coordenadas		
	Este	Norte	Cota
30	177068.745	8503752.57	3433.23
31	177148.942	8503804.02	3427.53
32	177227.691	8503860.88	3421.83
33	177250.267	8503875.47	3416.13
34	177285.192	8503926.08	3411.47
<b>Microcuenca 04</b>			
1	177219.627	8503683.38	3419.34
2	177244.171	8503638.32	3417.9
3	1772569191	8503614.92	3416.46
4	177283.794	8503566.44	3415.02
5	177310.378	8503514.36	3413.58
6	177275.899	8503492.55	3412.14
7	177239.077	8503469.46	3410.7
8	177206.891	8503447.46	3409.26
9	177216.466	8503433.57	3407.82
10	177236.163	8503405.94	3406.38
11	177279.333	8503342.87	3404.94
12	177315.999	8503304.92	3403.5
13	177363.633	8503338.05	3402.06
14	177394.463	8503370.19	3400.62
15	177418.29	8503393.68	3399.18
16	177449.627	8503423.99	3397.74
17	177509.782	8503481.23	3396.3
18	177581.142	8503405.77	3394.86
19	177653.047	8503326.67	3393.42
20	177704.771	8503275.19	3391.98
21	177741.119	8503236.58	3390.54
22	177758.662	8503218.98	3389.1
23	177775.583	8503201.34	3387.66
24	177803.44	8503169.34	3386.22
25	177913.774	8503052.04	3384.78
26	177922.273	8503043.41	3383.34
27	177952.633	8503072.08	3381.9
28	177976.999	8503094.77	3379.54



Nro	Coordenadas		
	Este	Norte	Cota
<b>Microcuena 05</b>			
1	177333.815	8503728.05	
2	177364.78	8503676.82	
3	177367.538	8503668.68	
4	177415.512	8503586.93	
5	177464.584	8503621.48	
6	177488.164	8503634.24	
7	177508.208	8503649.3	
<b>Microcuena 07</b>			
1	177460.371	8504168.75	
2	177502.526	8504077.75	
3	177515.704	8504044.58	
4	177532.165	8504009.58	
5	177513.351	8503998.63	
6	177555.93	8503923.1	
7	177572.54	8503893.36	
8	177592.15	8503856.92	
9	177562.126	8503826.33	
10	177491.082	8503845.4	
11	177426.715	8503782.29	
<b>Microcuena 08</b>			
1	177797.95	8503747.42	
2	177753.199	8503720.45	
3	177695.84	8503680.73	
4	177778.622	8503538.18	
5	177730.24	8503515.84	
6	177703.664	8503499.97	
7	177669.159	8503477.94	

Fuente: Elaboración Propia

Todos los puntos del levantamiento se mostrarán en los anexos.



### 3.6. PROCESAMIENTO DE DATOS

#### 3.6.1.1. Consideraciones previas

Según la norma OS - 060 drenaje pluvial urbano.

- Los caudales para sistemas de drenaje urbano menor deberán ser calculados por el método racional si el área de la cuenca es igual o menor a 13 km<sup>2</sup>.
- El período de retorno deberá considerarse de 2 a 10 años. Está en función de la importancia económica de la urbanización, correspondiendo 2 años a pueblos pequeños.
- La intensidad de la lluvia de diseño para un determinado punto del sistema de drenaje es la intensidad promedio de una lluvia cuya duración es igual al tiempo de concentración del área que se drena hasta ese punto, y cuyo período de retorno es igual al del diseño de la obra de drenaje.
- En ningún caso el tiempo de concentración debe ser menor a 10 minutos.

#### 3.6.1.2. Cálculo de caudal de aguas pluviales.

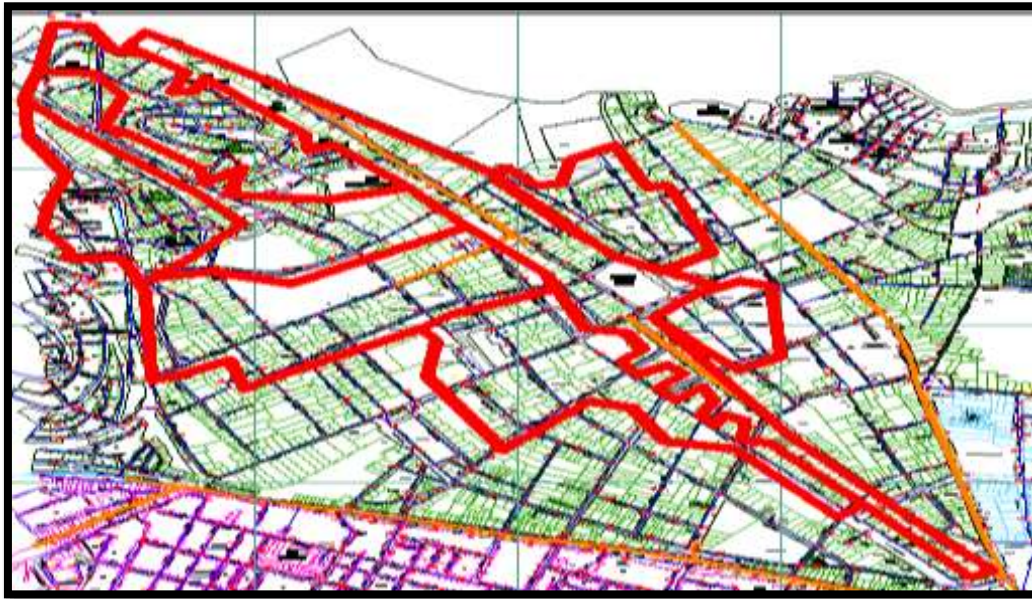
Para el cálculo de caudal de aguas pluviales.

*a). Cálculo de las áreas de influencia de las microcuencas de la zona de estudio en todo el tramo del canal del río Saphy.*

Delimitación de las Microcuencas. (Ver anexo de planos)

En la siguiente figura se muestra la delimitación de las microcuencas de color rojo que se usó para la determinación de los caudales de escorrentía superficiales. En el siguiente cuadro se muestra las áreas de cada microcuenca.

Ilustración 1 Delimitación de la zona de estudio



Fuente: Elaboración Propia

En el procesamiento de datos se obtiene los siguientes datos.

Tabla 16: Datos topográficos de la zona de estudio

MICROCUENCA	ÁREA (m <sup>2</sup> )	ÁREA (km <sup>2</sup> )	COTA MAS ALTA	COTA MAS BAJA	LONGITUD ENTRE COTAS	PENDIENTE %
Microcuenca 01	137587.79	0.14	3574.76	3491.30	900.00	9.27%
Microcuenca 02	142780.61	0.14	3565.02	3432.05	1200.00	11.08%
Microcuenca 03	311094.37	0.31	3502.77	3420.15	1725.00	4.79%
Microcuenca 04	177594.94	0.18	3421.39	3387.88	1400.00	2.39%
Microcuenca 05	30609.58	0.03	3429.64	3415.98	226.00	6.04%
Microcuenca 06	223327.67	0.22	3448.21	3369.00	2242.29	3.53%
Microcuenca 07	78415.40	0.08	3479.00	3415.94	642.00	9.82%
Microcuenca 08	41772.14	0.04	3420.68	3406.47	342.00	4.15%

Fuente: Elaboración Propia

**B). Obtención del tiempo de concentración**

Para la obtención del tiempo de concentración se usó los siguientes métodos.

**➤ Aplicando Método Kirpick**

$$TC = 0.0195 \cdot \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

**Dónde:**

Tc: Tiempo de concentración (min).

L: Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida (m).

S: Pendiente promedio de la cuenca (m/m).

Reemplazando en la formula se obtiene:

Tabla 17: Resultados Método Kirpick.

MICROCUECA	LONGITUD (L) m	PENDIENTE (S) m/m	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (TC) min
Microcuenca 01	900.00	9.27%	9.16
Microcuenca 02	1200.00	11.08%	10.67
Microcuenca 03	1725.00	4.79%	19.49
Microcuenca 04	1400.00	2.39%	21.67
Microcuenca 05	226.00	6.04%	3.73
Microcuenca 06	2242.29	3.53%	26.82
Microcuenca 07	642.00	9.82%	6.90
Microcuenca 08	342.00	4.15%	5.92

Fuente: Elaboración Propia

➤ **Método Californio Culverts Practice**

$$TC = 0.0195 \cdot \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

**Dónde:**

Tc: Tiempo de concentración (min).

L: Longitud del curso de agua más largo (m).

H: Diferencia de nivel entre divisoria de agua y salida (m).

Reemplazando en la fórmula se obtiene:

Tabla 18: Método California Culverts Practice

MICROCUECNA	LONGITUD (L) m	DIFERENCIA DE ALTURAS (H) m	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (TC) min
<b>Microcuena 01</b>	900.00	83.46	9.17
<b>Microcuena 02</b>	1200.00	132.97	10.69
<b>Microcuena 03</b>	1725.00	82.62	19.52
<b>Microcuena 04</b>	1400.00	33.51	21.71
<b>Microcuena 05</b>	226.00	13.66	3.73
<b>Microcuena 06</b>	2242.29	79.21	26.86
<b>Microcuena 07</b>	642.00	63.06	6.92
<b>Microcuena 08</b>	342.00	14.21	5.93

Fuente: *Elaboración Propia*



➤ **Método Federal Aviation Administration**

$$TC = 0.7035 * \frac{(1.1 - c) * L^{0.50}}{S^{0.333}}$$

**Dónde:**

Tc: Tiempo De Concentración (Min)

C: Coeficiente de escorrentía del método

L: Longitud de flujo superficial (m)

S: Pendiente de la superficie (m/m)

Realizando el cálculo para la obtención del tiempo de concentración obtenemos.

Tabla 19: Método Aviation Administration

MICROCUENCA	LONGITUD (L) m	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	PENDIENTE (S) m/m	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (TC) Min
Microcuenca 01	900.00	0.88	9.27%	10.25
Microcuenca 02	1200.00	0.88	11.08%	11.15
Microcuenca 03	1725.00	0.88	4.79%	17.68
Microcuenca 04	1400.00	0.88	2.39%	20.07
Microcuenca 05	226.00	0.88	6.04%	5.92
Microcuenca 06	2242.29	0.88	3.53%	22.31
Microcuenca 07	642.00	0.88	9.82%	8.49
Microcuenca 08	342.00	0.88	4.15%	8.25

Fuente: Elaboración Propia

- En resumen, tiempo de concentración.

Tabla 20: Resumen de los resultados de tiempo de concentración

MICROCUCENCA	MÉTODO KIRPICK (min)	MÉTODO CALIFORNIA CULVERTS PRACTICE (min)	MÉTODO FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (min)	PROMEDIO (min)
Microcuenca 01	9.16	9.17	10.25	9.53
Microcuenca 02	10.67	10.69	11.15	10.84
Microcuenca 03	19.49	19.52	17.68	18.90
Microcuenca 04	21.67	21.71	20.07	21.15
Microcuenca 05	3.73	3.73	5.92	4.46
Microcuenca 06	26.82	26.86	22.31	25.33
Microcuenca 07	6.90	6.92	8.49	7.44
Microcuenca 08	5.92	5.93	8.25	6.70

Fuente: Elaboración Propia

Dónde:

Se consideró solo 3 tiempos de concentración de las 8 microcuencas apreciándose en la tabla 20 donde queda resaltado de 3 diferentes colores considerándose 10.84 min, 21.15 min y 25.33 min lo cual se usará para calcular la intensidad de lluvia en el método IILA.

**C). Calculando coeficiente de escorrentía con el método racional.**

- Coeficiente de escorrentía.

Tabla 21: Escorrentía método racional

Características de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas urbanas							
asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
concreto i techos	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
zonas verdes (jardines, parques, etc.) condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
plano 0 - 2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
promedio 2 - 7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
pendiente superior a 7%	0.40	0.43	0.4s	0.49	0.52	0.55	0.62
condición promedio (cubierta de pasto menor del 50% al 75% del área)							
plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
condición buena (cubierta de pasto mayor al 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
areas no desarrolladas							
Área de cultivos							
plano 0 - 2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
promedio 2 - 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
pendiente superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
plano 0 - 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
promedio 2 - 7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
pendiente superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Fuente: R.N.E. – OS. 0.60 Anexo 01.

Calculamos el coeficiente de escorrentía para cada microcuenca usando la tabla anterior.

Tabla 22: Coeficiente de escorrentía de la Microcuenca 01

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA MICROCUENCA 01				
DESCRIPCIÓN	ÁREA (Km2)	COEFICIENTE	ÁREA X COEFICIENTE	% DE INCIDENCIA
Pavimento	0.0492	0.86	0.04227	35.73%
Veredas	0.0128	0.88	0.01130	9.33%
Techos Externos	0.0281	0.88	0.02473	20.42%
Techos Internos	0.0281	0.88	0.02473	20.42%
Areas Libres	0.0194	0.46	0.00892	14.10%
<b>Sumatoria</b>	<b>0.1376</b>	<b>0.81</b>	<b>0.11195</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23: Coeficiente de escorrentía de la Microcuenca 02

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA MICROCUENCA 02				
DESCRIPCIÓN	ÁREA (Km2)	COEFICIENTE	ÁREA X COEFICIENTE	% DE INCIDENCIA
Pavimento	0.0512	0.86	0.04401	35.85%
Veredas	0.0074	0.88	0.00647	5.15%
Techos Externos	0.0276	0.88	0.02426	19.31%
Techos Internos	0.0276	0.88	0.02426	19.31%
Areas Libres	0.0291	0.46	0.01339	20.38%
<b>Sumatoria</b>	<b>0.1428</b>	<b>0.79</b>	<b>0.11240</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24: Coeficiente de escorrentía de la Microcuenca 03

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA MICROCUENCA 03				
DESCRIPCIÓN	ÁREA (Km2)	COEFICIENTE	ÁREA X COEFICIENTE	% DE INCIDENCIA
Pavimento	0.1265	0.86	0.10876	40.65%
Veredas	0.0279	0.88	0.02452	8.96%
Techos Externos	0.0676	0.88	0.05953	21.74%
Techos Internos	0.0676	0.88	0.05953	21.74%
Areas Libres	0.0215	0.46	0.00987	6.90%
<b>Sumatoria</b>	<b>0.3111</b>	<b>0.84</b>	<b>0.26222</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25: Coeficiente de escorrentía de la Microcuenca 04

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA MICROCUENCA 04				
DESCRIPCIÓN	ÁREA (Km2)	COEFICIENTE	ÁREA X COEFICIENTE	% DE INCIDENCIA
Pavimento	0.0684	0.86	0.05879	38.49%
Veredas	0.0091	0.88	0.00804	5.14%
Techos Externos	0.0464	0.88	0.04087	26.15%
Techos Internos	0.0464	0.88	0.04087	26.15%
Areas Libres	0.0072	0.46	0.00332	4.06%
<b>Sumatoria</b>	<b>0.1776</b>	<b>0.86</b>	<b>0.15189</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26: Coeficiente de escorrentía de la Microcuenca 05

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA MICROCUENCA 05				
DESCRIPCIÓN	ÁREA (Km2)	COEFICIENTE	ÁREA X COEFICIENTE	% DE INCIDENCIA
Pavimento	0.0099	0.86	0.00853	36.49%
Veredas	0.0039	0.88	0.00339	14.19%
Techos Externos	0.0064	0.88	0.00561	23.46%
Techos Internos	0.0064	0.88	0.00561	23.46%
Areas Libres	0.0007	0.46	0.00030	2.40%
<b>Sumatoria</b>	<b>0.0272</b>	<b>0.86</b>	<b>0.02344</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 27: Coeficiente de escorrentía de la Microcuenca 06

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA MICROCUENCA 06				
DESCRIPCIÓN	ÁREA (Km2)	COEFICIENTE	ÁREA X COEFICIENTE	% DE INCIDENCIA
Pavimento	0.1143	0.86	0.09828	51.17%
Veredas	0.0105	0.88	0.00923	4.70%
Techos Externos	0.0489	0.88	0.04302	21.89%
Techos Internos	0.0489	0.88	0.04302	21.89%
Areas Libres	0.0008	0.46	0.00037	0.36%
<b>Sumatoria</b>	<b>0.2233</b>	<b>0.87</b>	<b>0.19391</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 28: Coeficiente de escorrentía de la Microcuenca 07

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA MICROCUENCA 07				
DESCRIPCIÓN	ÁREA (Km2)	COEFICIENTE	ÁREA X COEFICIENTE	% DE INCIDENCIA
Pavimento	0.0123	0.86	0.01058	15.69%
Veredas	0.0078	0.88	0.00690	9.99%
Techos Externos	0.0290	0.88	0.02554	37.01%
Techos Internos	0.0290	0.88	0.02554	37.01%
Areas Libres	0.0002	0.46	0.00010	0.29%
<b>Sumatoria</b>	<b>0.0784</b>	<b>0.88</b>	<b>0.06866</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 29: Coeficiente de escorrentía de la Microcuenca 08

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA MICROCUENCA 08				
DESCRIPCIÓN	ÁREA (Km2)	COEFICIENTE	ÁREA X COEFICIENTE	% DE INCIDENCIA
Pavimento	0.0118	0.86	0.01017	28.31%
Veredas	0.0065	0.88	0.00571	15.53%
Techos Externos	0.0115	0.88	0.01009	27.45%
Techos Internos	0.0115	0.88	0.01009	27.45%
Areas Libres	0.0005	0.46	0.00024	1.26%
<b>Sumatoria</b>	<b>0.0418</b>	<b>0.87</b>	<b>0.03630</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia

➤ En resumen, coeficiente de escorrentía.

Tabla 30: Resumen de coeficiente de escorrentía de las Microcuencas

Microcuenca	Área (km2)	Coeficiente
<b>Microcuenca 01</b>	0.1376	0.81
<b>Microcuenca 02</b>	0.1428	0.79
<b>Microcuenca 03</b>	0.3111	0.84
<b>Microcuenca 04</b>	0.1776	0.86
<b>Microcuenca 05</b>	0.0272	0.86
<b>Microcuenca 06</b>	0.2233	0.87
<b>Microcuenca 07</b>	0.0784	0.88
<b>Microcuenca 08</b>	0.0418	0.87

Fuente: Elaboración Propia

**D). Obtención de intensidad de lluvia por el método de IILA.**

Se utilizará la fórmula IILA modificada, para  $t < 3$  horas.

$$i_{t,T} = a(1 + K * \log_{10}T) * (t + b)^{n-1}$$

**Dónde:**

$i_{t,T}$  : Intensidad de la lluvia (mm/hora).

a: Parámetro de intensidad (mm).

K: Parámetro de frecuencia (adimensional).

b: Parámetro de tiempo (hora).

n: Parámetro de duración (adimensional).

t: Duración (hora).

Ubicaremos en el Plano n 2-c la zona de estudio como se muestra a continuación:

Mapa 3: Mapa de zonas y Subzonas Pluviométricas.



Fuente: Elaboración Propia

Teniendo los siguientes valores de las tablas 3.a y 3.b del anexo 01 de la R.N.E. datos.

Reemplazamos con los siguientes datos:

Tabla 31: Datos para la fórmula IILA

DATOS DEL LUGAR :		Valor	Unidades
ZONA :		123	-
Subzona:		5	-
Parámetro de frecuencia	K:	0.553	adimensional
Parámetro para determinar Eg.	Eg:	24	-
Parámetro de duración	n:	0.353	adimensional
Parámetro de intensidad	a:	9.2	mm
Parámetro de tiempo	b:	0.4	hrs
Periodo de retorno	T:	25	años

Fuente: Elaboración Propia

$$P_{24,T} = \epsilon_g * (1 + K \log_{10} T)$$

Dónde:

$P_{24}$  : Máxima precipitación en 24 horas.

Tabla 32: Cálculo De Precipitación Máxima En 24 Hrs.

Eg	k	logT	KlogT	P24
24	0.553	1.39794	0.773061	42.55346

Fuente: Elaboración Propia

$$i_{t,T} = a(1 + K * \log_{10} T) * (t + b)^{n-1}$$

➤ Para  $t_c = 10.84$  minutos, para las microfrecuencias 01,02,05,07 y 08.

Tabla 33: Cálculo para t en 10.84 minutos.

Parámetro de intensidad (a) mm	K*LogT	Tiempo de concentración (t) Hrs.	Parámetro de tiempo (b) Hrs.	n-1	a(1+KLogT)	(t+b)^n-1	I (mm/hr)
9.2	0.773	0.167	0.400	-0.647	16.31	1.444	23.56

Fuente: Elaboración Propia



➤ Para  $T_c = 21.15$  minutos, para las microfrecuencias 03 y 04.

Tabla 34: Cálculo para  $t$  en 21.15 minutos.

Parámetro de intensidad (a) mm	$K \cdot \text{Log}T$	Tiempo de concentración (t) Hrs.	Parámetro de tiempo (b) Hrs.	$n-1$	$a(1+K \cdot \text{Log}T)$	$(t+b)^{n-1}$	I (mm/hr)
9.2	0.773	0.353	0.400	-0.647	16.31	1.202	19.61

Fuente: Elaboración Propia

➤ Para  $T_c = 25.33$  minutos, para la microfrecuencia 06.

Tabla 35: Cálculo para  $t$  en 25.33 minutos.

Parámetro de intensidad (a) mm	$K \cdot \text{Log}T$	Tiempo de concentración (t) Hrs.	Parámetro de tiempo (b) Hrs.	$n-1$	$a(1+K \cdot \text{Log}T)$	$(t+b)^{n-1}$	I (mm/hr)
9.2	0.773	0.422	0.400	-0.647	16.31	1.135	18.52

Fuente: Elaboración Propia

**E). Obtención del caudal por el método racional.**

Aplicando el método racional, se tiene para áreas urbanas, el caudal pico proporcionado por el método racional viene expresado por la siguiente forma:

$$Q = 0.278 (C * I * A)$$

**Dónde:**

C: Coeficiente de escorrentía

I: Intensidad máxima (mm/hr)

A: Área (km<sup>2</sup>)

Se procede al cálculo por Microfrecuencias:

**Microcuenca 01**

Tabla 36: Caudal de toda la Microcuenca 01 por la ecuación del método racional

CAUDAL DE TODA LA MICROCUENCA 01		
DATOS	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA 01	0.1376	Km <sup>2</sup>
C1	0.81	
l <sub>max</sub>	23.56	mm/Hr
<b>Q1</b>	<b>0.733</b>	<b>m<sup>3</sup>/seg</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 37: Caudal que ingresa a la red colectora en la Microcuenca 01.

CAUDAL QUE INGRESA A LA RED COLECTORA EN LA MICROCUENCA 01		
DATOS	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA 01	0.0281	Km <sup>2</sup>
C1	0.88	
l <sub>max</sub>	23.56	mm/Hr
<b>Q1</b>	<b>0.162</b>	<b>m<sup>3</sup>/seg</b>

Fuente Elaboración Propia

Estos caudales representan lo siguiente:

- 0.733 m<sup>3</sup>/seg es el caudal total de aporte de la Microcuenca 01 que son los que ingresa por las rejas domiciliarias a la red de desagüe y las que discurre por las calles.
- 0.162 m<sup>3</sup>/seg es el caudal que ingresa por las rejas domiciliarias a la red de desagüe en la Microcuenca 01, llegando al punto final de la red colectora del canal del río Saphy dicho caudal.
- Inicia en la Av. Andes A. Cáceres y termina en el Psje. La Conquista llegando al buzón N<sup>o</sup>10.

**Microcuenca 02**

Tabla 38: Caudal para la Microcuenca 02 por la ecuación del método racional

<b>CAUDAL DE TODA LA MICROCUENCA 02</b>		
<b>DATOS</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
MICROCUENCA 02	0.1428	Km <sup>2</sup>
C1	0.79	
l <sub>max</sub>	23.56	mm/Hr
<b>Q1</b>	<b>0.736</b>	<b>m<sup>3</sup>/seg</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 39: Caudal que ingresa a la red colectora en la Microcuenca 02.

<b>CAUDAL QUE INGRESA A LA RED COLECTORA EN LA MICROCUENCA 02</b>		
<b>DATOS</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
MICROCUENCA 02	0.0276	Km <sup>2</sup>
C1	0.88	
l <sub>max</sub>	23.56	mm/Hr
<b>Q1</b>	<b>0.159</b>	<b>m<sup>3</sup>/seg</b>

Fuente Elaboración Propia

Estos caudales representan lo siguiente:

- 0.736 m<sup>3</sup>/seg es el caudal total de aporte de la Microcuenca 02 que son los que ingresa por las rejas domiciliarias a la red de desagüe y las que discurre por las calles.
- 0.159 m<sup>3</sup>/seg es el caudal que ingresa por las rejas domiciliarias a la red de desagüe en la Microcuenca 02, llegando al punto final de la red colectora del canal del río Saphy dicho caudal.
- Inicia en la Av. La Raza y termina en la calle S/N llegando al buzón N°13

**Microcuenca 03**

Tabla 40: Caudal para la Microcuenca 03 por la ecuación del método racional

CAUDAL DE TODA LA MICROCUENCA 03		
DATOS	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA 03	0.3111	Km <sup>2</sup>
C1	0.84	
l <sub>max</sub>	19.61	mm/Hr
<b>Q1</b>	<b>1.430</b>	<b>m<sup>3</sup>/seg</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 41: Caudal que ingresa a la red colectora en la Microcuenca 03.

CAUDAL QUE INGRESA A LA RED COLECTORA EN LA MICROCUENCA 03		
DATOS	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA 03	0.0676	Km <sup>2</sup>
C1	0.88	
l <sub>max</sub>	19.61	mm/Hr
<b>Q1</b>	<b>0.325</b>	<b>m<sup>3</sup>/seg</b>

Fuente Elaboración Propia

Estos caudales representan lo siguiente:

- 1.430m<sup>3</sup>/seg es el caudal total de aporte de la Microcuenca 03 que son los que ingresa por las rejas domiciliarias a la red de desagüe y las que discurre por las calles.
- 0.325 m<sup>3</sup>/seg es el caudal que ingresa por las rejas domiciliarias a la red de desagüe en la Microcuenca 03, llegando al punto final de la red colectora del canal del río Saphy dicho caudal.
- Inicia en la Av. Ayahuayco y termina en la Calle Espaderos llegando al buzón N°33.

**Microcuenca 04**

Tabla 42: Caudal para la Microcuenca 04 por la ecuación del método racional

<b>CAUDAL DE TODA LA MICROCUENCA 04</b>		
<b>DATOS</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
MICROCUENCA 04	0.1776	Km2
C1	0.86	
lmax	19.61	mm/Hr
<b>Q1</b>	<b>0.828</b>	<b>m3/seg</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 43: Caudal que ingresa a la red colectora en la Microcuenca 04.

<b>CAUDAL QUE INGRESA A LA RED COLECTORA EN LA MICROCUENCA 04</b>		
<b>DATOS</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
MICROCUENCA 04	0.0464	Km2
C1	0.88	
lmax	19.61	mm/Hr
<b>Q1</b>	<b>0.223</b>	<b>m3/seg</b>

Fuente Elaboración Propia

Estos caudales representan lo siguiente:

- 0.844 m3/seg es el caudal total de aporte de la Microcuenca 04 que son los que ingresa por las rejas domiciliarias a la red de desagüe y las que discurre por las calles.
- 0.223 m3/seg es el caudal que ingresa por las rejas domiciliarias a la red de desagüe en la Microcuenca 04, llegando al punto final de la red colectora del canal del río Saphy dicho caudal.
- Inicia en la Calle Nueva y termina en la Av. Garcilaso llegando al buzón N°68.

**Microcuenca 05**

Tabla 44: Caudal para la Microcuenca 05 por la ecuación del método racional

CAUDAL DE TODA LA MICROCUENCA 05		
DATOS	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA 05	0.0306	Km <sup>2</sup>
C1	0.86	
l <sub>max</sub>	23.56	mm/Hr
<b>Q1</b>	<b>0.173</b>	<b>m<sup>3</sup>/seg</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 45: Caudal que ingresa a la red colectora en la Microcuenca 05.

CAUDAL QUE INGRESA A LA RED COLECTORA EN LA MICROCUENCA 05		
DATOS	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA 05	0.0064	Km <sup>2</sup>
C1	0.88	
l <sub>max</sub>	23.56	mm/Hr
<b>Q1</b>	<b>0.037</b>	<b>m<sup>3</sup>/seg</b>

Fuente Elaboración Propia

Estos caudales representan lo siguiente:

- 0.173 m<sup>3</sup>/seg es el caudal total de aporte de la Microcuenca 05 que son los que ingresa por las rejas domiciliarias a la red de desagüe y las que discurre por las calles.
- 0.037 m<sup>3</sup>/seg es el caudal que ingresa por las rejas domiciliarias a la red de desagüe en la Microcuenca 05, llegando al punto final de la red colectora del canal del río Saphy dicho caudal.
- Inicia en la calle Márquez y termina en la calle Bóveda llegando al buzón N° 49.

**Microcuenca 06**

Tabla 46: Caudal para la Microcuenca 06 por la ecuación del método racional

<b>CAUDAL DE TODA LA MICROCUENCA 06</b>		
<b>DATOS</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
MICROCUENCA 06	0.2233	Km2
C1	0.87	
lmax	18.52	mm/Hr
<b>Q1</b>	<b>0.998</b>	<b>m3/seg</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 47: Caudal que ingresa a la red colectora en la Microcuenca 06.

<b>CAUDAL QUE INGRESA A LA RED COLECTORA EN LA MICROCUENCA 06</b>		
<b>DATOS</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
MICROCUENCA 06	0.0489	Km2
C1	0.88	
lmax	18.52	mm/Hr
<b>Q1</b>	<b>0.221</b>	<b>m3/seg</b>

Fuente Elaboración Propia

Estos caudales representan lo siguiente:

- 0.998 m<sup>3</sup>/seg es el caudal total de aporte de la Microcuenca 06 que son los que ingresa por las rejas domiciliarias a la red de desagüe y las que discurre por las calles.

- 0.221 m<sup>3</sup>/seg es el caudal que ingresa por las rejas domiciliarias a la red de desagüe en la Microcuenca 06, llegando al punto final de la red colectora del canal del río Saphy dicho caudal.

Inicia en la Calle Saphy y termina en la Av. Sol llegando al buzón N° 74.

**Microcuenca 07**

Tabla 48: Caudal para la Microcuenca 07 por la ecuación del método racional

CAUDAL DE TODA LA MICROCUENCA 07		
DATOS	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA 07	0.0784	Km <sup>2</sup>
C1	0.88	
I <sub>max</sub>	23.56	mm/Hr
<b>Q1</b>	<b>0.450</b>	<b>m<sup>3</sup>/seg</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 49 Caudal que ingresa a la red colectora en la Microcuenca 07.

CAUDAL QUE INGRESA A LA RED COLECTORA EN LA MICROCUENCA 07		
DATOS	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA 07	0.0290	Km <sup>2</sup>
C1	0.88	
I <sub>max</sub>	23.56	mm/Hr
<b>Q1</b>	<b>0.167</b>	<b>m<sup>3</sup>/seg</b>

Fuente Elaboración Propia

Estos caudales representan lo siguiente:

- 0.450 m<sup>3</sup>/seg es el caudal total de aporte de la Microcuenca 07 que son los que ingresa por las rejas domiciliarias a la red de desagüe y las que discurre por las calles.
- 0.167 m<sup>3</sup>/seg es el caudal que ingresa por las rejas domiciliarias a la red de desagüe en la Microcuenca 07, llegando al punto final de la red colectora del canal del río Saphy dicho caudal.
- Inicia en la calle Arco Iris y termina en la Plaza De Armas llegando al buzón N° 33.



**Microcuenca 08**

Tabla 50: Caudal para la Microcuenca 08 por la ecuación del método racional

CAUDAL DE TODA LA MICROCUENCA 08		
DATOS	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA 08	0.0418	Km <sup>2</sup>
C1	0.87	
Imax	23.56	mm/Hr
<b>Q1</b>	<b>0.238</b>	<b>m<sup>3</sup>/seg</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 51 Caudal que ingresa a la red colectora en la Microcuenca 08.

CAUDAL QUE INGRESA A LA RED COLECTORA EN LA MICROCUENCA 08		
DATOS	VALOR	UNIDAD
MICROCUENCA 08	0.0115	Km <sup>2</sup>
C1	0.88	
Imax	23.56	mm/Hr
<b>Q1</b>	<b>0.066</b>	<b>m<sup>3</sup>/seg</b>

Fuente Elaboración Propia

Estos caudales representan lo siguiente:

- 0.238 m<sup>3</sup>/seg es el caudal total de aporte de la Microcuenca 08 que son los que ingresa por las rejas domiciliarias a la red de desagüe y las que discurre por las calles.
- 0.066 m<sup>3</sup>/seg es el caudal que ingresa por las rejas domiciliarias a la red de desagüe en la Microcuenca 08, llegando al punto final de la red colectora del canal del río Saphy dicho caudal.
- Inicia en la calle Santa Catalina ancha y termina en la calle Afligidos llegando al buzón N°44.

Tabla 52: Resumen del cálculo de caudal por el método racional para cada Microcuenca vs caudal que ingresa a la red colectora.

	Caudal de la Microcuenca	Caudal que ingresa a la red colectora en la Microcuenca
	Qt m3/seg	Qi m3/seg
Microcuenca N° 01	0.733	0.162
Microcuenca N° 02	0.736	0.159
Microcuenca N° 03	1.430	0.325
Microcuenca N° 04	0.828	0.223
Microcuenca N° 05	0.173	0.037
Microcuenca N° 06	0.998	0.221
Microcuenca N° 07	0.450	0.167
Microcuenca N° 08	0.238	0.066

Fuente Elaboración Propia

**Dónde:**

Qt= Es el caudal que se genera en toda la Microcuenca

Qi= Es el caudal que ingresa por las rejillas domiciliarias a las redes colectoras de las aguas residuales

Tabla 53: Caudal de aporte del Lado Nor-Este y Nor - Oeste

DESCRIPCIÓN	NOR- ESTE	NOR- OESTE
Microcuenca 01	0.733	
Microcuenca 02	0.736	
Microcuenca 03	1.430	
Microcuenca 04	0.828	
Microcuenca 05	0.173	
Microcuenca 06	0.499	0.499
Microcuenca 07		0.450
Microcuenca 08		0.238
<b>TOTAL</b>	<b>4.399</b>	<b>1.187</b>

Fuente: Elaboración Propia

Las Microcuencas 01 y 02 afectan a la red colectora de aguas residuales que empieza desde el buzón N°01 hasta el buzón N°13 siendo del lado Nor - Este



Las Microcuencas 03 y 07 afecta a la red colectora de aguas residuales que empieza desde el buzón N° 32 hasta el buzón N°42 siendo de la Microcuenca 03 del lado Nor – Este y de la Microcuenca 07 del lado Nor – Oeste

La Microcuenca 04 afecta a la red colectora de aguas residuales que empieza desde el buzón N° 67 hasta el buzón N°74 siendo del lado Nor - Este

La Microcuenca 05 afecta a la red colectora de aguas residuales que empieza desde el buzón N° 49 hasta el buzón N°58 siendo del lado Nor – Este

La Microcuenca 06 afecta a la red colectora de aguas residuales en todo el tramo del canal del rio Saphy aportando tanto del lado Nor – Este y lado Nor - Oeste

La Microcuenca 08 afecta a la red colectora de aguas residuales que empieza desde el buzón N° 42 hasta el buzón N°58 siendo del lado Nor - Oeste

**F). Cálculo del caudal de aguas residuales generadas por consumo de la población.**

- **Obtención de la demanda agregada por conexiones domiciliarias aportantes a la red de aguas residuales.**

Se realizó el análisis de los datos obtenidos por la población y según a las informaciones que nos facilitaron seda cusca.

*Tabla 54: Índice de personas por vivienda, Distrito De Cusco*

Datos generales de la zona de estudio		
Localidad	Región	Cusco
	Provincia	Cusco
	Distrito	Cusco
Población al 2018 (hab)		118,316
Número de viviendas (vivienda)		15,326
(hab/vivienda)		7.72

*Fuente: Elaboración Propia.*

La población para el año 2018 se calculó según los datos obtenidos del instituto nacional de estadística e informática (INEI). Se calculó un índice de habitantes por vivienda según los datos y se multiplico con el número de viviendas que se encuentran dentro de nuestra zona de estudio.

*Tabla 55: Número de habitantes dentro de nuestra zona de estudio*

Descripción	Cantidad	Und
Población dentro de la zona de estudio	25963	Hab
número de viviendas	3363	vivienda

Fuente: *Elaboración Propia*

Según la dotación que nos presenta el Reglamento Nacional de Edificaciones en la norma OS-070 consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria.

*Tabla 56: Dotación por conexión clima frio, según Norma OS.070.*

Dotación	cantidad	Und
Por habitante con conexión	180	Lppd

Fuente: *R.N.E, Norma OS.070.*



Tabla 57: Demanda de agua por Microcuenca.

N <sup>a</sup>	MICROCUECNA	N <sup>a</sup> LOTES	N <sup>a</sup> HAB/CONEX	POBLACIÓN (HAB)	DOTACIÓ N (LPPD)	CAUDAL 2018 (LT/S)			CAUDAL APORTADO A LAS AGUAS RESIDUALES EN LT/SEG (80%)	CAUDAL APORTADO A LAS AGUAS RESIDUALES EN M3/SEG (80%)
						Qp total (LT/SEG)	Qmd= 1.3xQp (LT/SEG)	Qmh=1.8x Qp (LT/SEG)		
1	Microcuenca 01	428	7.72	3304	180	6.884	8.949	12.391	9.9125	0.0099
2	Microcuenca 02	437	7.72	3374	180	7.028	9.137	12.651	10.1209	0.0101
3	Microcuenca 03	736	7.72	5682	180	11.837	15.389	21.307	17.0458	0.0170
4	Microcuenca 04	655	7.72	5057	180	10.535	13.695	18.962	15.1698	0.0152
5	Microcuenca 05	108	7.72	834	180	1.737	2.258	3.127	2.5013	0.0025
6	Microcuenca 06	732	7.72	5651	180	11.773	15.305	21.191	16.9531	0.0170
7	Microcuenca 07	169	7.72	1305	180	2.718	3.534	4.893	3.9140	0.0039
8	Microcuenca 08	98	7.72	757	180	1.576	2.049	2.837	2.2697	0.0023

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 58: Cálculo del consumo de la población

DESCRIPCIÓN	CANT.	UND
Caudal promedio (Qp)	54.09	lt/seg
Caudal máximo diario (Qmd)	70.32	lt/seg
Caudal máximo horario (Qmh)	97.36	lt/seg

Fuente: Elaboración Propia

### 3.6.1.3. Cálculo del caudal para la red actual

a). Cálculo de pendientes de la red de conducción en el trayecto del canal del río Saphy.

Tabla 59: Pendiente de la red colectora de aguas residuales obtenidas en todo el trayecto del canal del río Saphy.

TRAMO	COTA TERRENO		COTA FONDO DE BUZON		ALTURA BUZON	LONG. (m)	S (m/m)	Ø mm
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL				
BZ1 BZ2	3448.21	3446.39	3447.06	3445.03	1.15	63.1	0.03	200
BZ2 BZ3	3446.39	3445.72	3445.03	3444.45	1.36	22.15	0.03	200
BZ3 BZ4	3445.72	3442.36	3444.45	3440.98	1.27	63.95	0.05	200
BZ4 BZ5	3442.36	3440.14	3440.98	3438.52	1.38	71.3	0.03	200
BZ5 BZ6	3440.14	3439.24	3438.52	3437.24	1.62	29.48	0.04	200
BZ6 BZ7	3439.24	3436.31	3437.24	3433.85	2.00	69.72	0.05	200
BZ7 BZ8	3436.31	3433.79	3433.85	3431.99	2.46	70.44	0.03	200
BZ8 BZ9	3433.79	3431.35	3431.99	3429.64	1.80	67.44	0.03	200
BZ9 BZ10	3431.35	3429.1	3429.64	3427.49	1.71	75.18	0.03	200
BZ10 BZ11	3429.1	3427.42	3427.49	3425.81	1.61	63.52	0.03	200
BZ11 BZ12	3427.42	3425.74	3425.81	3423.84	1.61	60.12	0.03	200
BZ12 BZ13	3425.74	3423.97	3423.84	3422.6	1.90	60.02	0.02	200
BZ13 BZ19	3423.97	3424.56	3422.6	3422.47	1.37	7.85	0.02	250
BZ14 BZ15	3434.89	3432.1	3433.09	3430.1	1.80	68.89	0.04	200
BZ15 BZ16	3432.1	3429.56	3430.1	3427.84	2.00	83.53	0.03	200
BZ16 BZ17	3429.56	3427.92	3427.84	3426.44	1.72	56.7	0.02	200
BZ17 BZ18	3427.92	3425.92	3426.44	3424.25	1.48	70.05	0.03	200
BZ18 BZ19	3425.92	3424.56	3424.25	3422.47	1.67	70.28	0.03	200
BZ19 BZ20	3424.56	3423.89	3422.47	3422.37	2.09	4.51	0.02	250
BZ20 BZ21	3423.89	3422.56	3422.37	3421.2	1.52	35.34	0.03	250
BZ21 BZ22	3422.56	3420.92	3421.2	3419.42	1.36	39.94	0.04	250
BZ22 BZ23	3420.92	3417.6	3419.42	3415.9	1.50	81.22	0.04	250
BZ23 BZ24	3417.6	3417.32	3415.9	3415.52	1.70	6.06	0.06	250
BZ24 BZ25	3417.32	3416.25	3415.52	3413.97	1.80	29.92	0.05	250
BZ25 BZ26	3416.25	3415.26	3413.97	3413.2	2.28	29.22	0.03	250
BZ26 BZ27	3415.26	3413.87	3413.2	3411.69	2.06	50	0.03	250
BZ27 BZ32	3413.87	3412.22	3411.69	3410.3	2.18	65.33	0.02	250



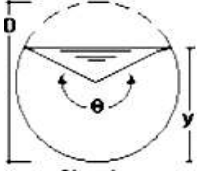
TRAMO	COTA TERRENO		COTA FONDO DE BUZON		ALTURA BUZON	LONG. (m)	S (m/m)	Ø mm
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL				
BZ28 BZ29	3417.9	3415.94	3416.44	3414.44	1.46	43.67	0.05	250
BZ29 BZ30	3415.94	3415.59	3414.44	3414.06	1.50	17.72	0.02	250
BZ30 BZ31	3415.59	3413.86	3414.06	3411.79	1.53	56.67	0.04	250
BZ31 BZ32	3413.86	3412.22	3411.79	3410.3	2.07	63.96	0.02	250
BZ32 BZ33	3412.22	3411.8	3410.3	3410.16	1.92	9.75	0.01	250
BZ33 BZ34	3411.8	3410.69	3410.16	3408.4	1.64	55.78	0.03	250
BZ34 BZ35	3410.69	3409.57	3408.4	3407.32	2.29	45.88	0.02	250
BZ35 BZ36	3409.57	3408.41	3407.32	3406.11	2.25	51.2	0.02	250
BZ36 BZ37	3408.41	3407.64	3406.11	3405.78	2.30	27.51	0.01	315
BZ37 BZ38	3407.64	3403.39	3405.78	3401.55	1.86	91.69	0.05	250
BZ38 BZ42	3403.39	3402.13	3401.55	3400.76	1.84	36.89	0.02	250
BZ39 BZ40	3406.94	3404.12	3405.74	3402.62	1.20	61.74	0.05	200
BZ40 BZ41	3404.12	3402.4	3402.62	3400.9	1.50	41.96	0.04	200
BZ41 BZ42	3402.4	3402.13	3400.9	3400.76	1.50	9.75	0.01	200
BZ42 BZ43	3402.13	3400.82	3400.76	3398.62	1.37	33.71	0.06	250
BZ43 BZ44	3400.82	3398.39	3398.62	3396.39	2.20	68.64	0.03	250
BZ44 BZ45	3398.39	3395.54	3396.39	3393.09	2.00	70.39	0.05	250
BZ45 BZ46	3395.54	3393.32	3393.09	3391.32	2.45	59.41	0.03	250
BZ46 BZ47	3393.32	3392.54	3391.32	3391.11	2.00	20.35	0.01	315
BZ47 BZ48	3392.54	3391.38	3391.11	3390	1.43	37.58	0.03	315
BZ48 BZ58	3391.38	3391	3390	3389.44	1.38	6.7	0.08	315
BZ49 BZ50	3407.58	3404.82	3405.98	3402.9	1.60	59.08	0.05	200
BZ50 BZ51	3404.82	3402.43	3402.9	3400.61	1.92	56.14	0.04	200
BZ51 BZ52	3402.43	3399.4	3400.61	3397.58	1.82	86.25	0.04	200
BZ52 BZ53	3399.4	3398.37	3397.58	3396.13	1.82	27.9	0.05	200
BZ53 BZ54	3398.37	3397.35	3396.13	3395.17	2.24	25.6	0.04	200
BZ54 BZ55	3397.35	3394.84	3395.17	3393.24	2.18	61.85	0.03	200
BZ55 BZ56	3394.84	3393.38	3393.24	3391.48	1.60	41.97	0.04	200
BZ56 BZ57	3393.38	3391.3	3391.48	3389.8	1.90	60.21	0.03	200
BZ57 BZ58	3391.3	3391	3389.8	3389.44	1.50	11.89	0.03	200
BZ58 BZ59	3391	3388.17	3389.44	3385.17	1.56	71.76	0.06	315
BZ59 BZ60	3388.17	3385.08	3385.17	3381.54	3.00	95.17	0.04	315
BZ60 BZ61	3385.08	3381.77	3381.54	3379.67	3.54	104.33	0.02	315
BZ61 BZ62	3381.77	3379.74	3379.67	3377.47	2.10	71.74	0.03	315
BZ62 BZ63	3379.74	3376.25	3377.47	3373.82	2.27	96.56	0.04	315
BZ63 BZ64	3376.25	3374.56	3373.82	3372.65	2.43	44.48	0.03	315
BZ64 BZ65	3374.56	3373.72	3372.65	3371.8	1.91	26.33	0.03	315
BZ65 BZ66	3373.72	3370.39	3371.8	3368.78	1.92	117.67	0.03	315
BZ66 BZ74	3370.39	3369	3368.78	3367.13	1.61	47.74	0.03	315

TRAMO	COTA TERRENO		COTA FONDO DE BUZON		ALTURA BUZON	LONG. (m)	S (m/m)	Ø mm
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL				
BZ67 BZ68	3380.92	3379.71	3378.82	3377.33	2.10	44.2	0.03	200
BZ68 BZ69	3379.71	3377.39	3377.33	3375.58	2.38	66.44	0.03	200
BZ69 BZ70	3377.39	3374.73	3375.58	3372.93	1.81	71.82	0.04	200
BZ70 BZ71	3374.73	3373.5	3372.93	3371.27	1.80	41.78	0.04	200
BZ71 BZ72	3373.5	3372.19	3371.27	3370.09	2.23	42.77	0.03	200
BZ72 BZ73	3372.19	3369.91	3370.09	3368.37	2.10	76.65	0.02	200
BZ73 BZ74	3369.91	3369	3368.37	3367.13	1.54	37.13	0.03	200

Fuente : *Elaboración Propia*

B). *Relación Geometrica Circular.*

*Se uso para hallar el área. según*

Sección	Área hidráulica (A)	Perímetro mojado (p)	Radio hidráulico (R)	Espejo de agua (t)
 Circular	$\frac{(\theta - \text{Sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{Sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\text{Sen}\frac{\theta}{2})D$ o $2\sqrt{y(D - y)}$

Fuente: *Wikipedia.org*





Teniendo los datos anteriores de pendiente y área se procede a:

**c). Determinación de las características hidráulicas de la red colectora de aguas residuales en el trayecto del canal de río Saphy.**

c.1) Determinación del número de Froude con los datos obtenidos en campo de la actual red colectora de aguas residuales, en el tramo del canal del río Saphy.

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{g * \bar{y}}}$$

$$\bar{y} = \frac{A}{T}$$

**Dónde:**

v =Es la velocidad media

g= Aceleración de la gravedad

$\bar{y}$ = Profundidad Hidráulica.

A= Área mojada

T= Espejo de agua



Tabla N° 60: Características hidráulicas de la red colectora de aguas residuales en el trayecto del canal de río Saphy.

TRAMO		S [m/m]	D [m]	Q [m <sup>3</sup> /seg]	n	$\theta$ [rad]	Y [m]	Y/D [%]	v [m/s]	Fr	OBS
De	A										
BZ1	BZ2	0.0322	0.20	0.0257	0.010	2.73584	0.08	39.9	2.19	2.8670	Flujo Supercrítico
BZ2	BZ3	0.0262	0.20	0.0257	0.010	2.83050	0.08	42.3	2.03	2.5712	Flujo Supercrítico
BZ3	BZ4	0.0543	0.20	0.0257	0.010	2.51929	0.07	34.7	2.65	2.6539	Flujo Supercrítico
BZ4	BZ5	0.0345	0.20	0.0257	0.010	2.70499	0.08	39.2	2.25	2.9726	Flujo Supercrítico
BZ5	BZ6	0.0434	0.20	0.0257	0.010	2.60786	0.07	36.8	2.45	3.3489	Flujo Supercrítico
BZ6	BZ7	0.0486	0.20	0.0257	0.010	2.56223	0.07	35.7	2.55	3.5498	Flujo Supercrítico
BZ7	BZ8	0.0264	0.20	0.0257	0.010	2.82653	0.08	42.2	2.04	2.5816	Flujo Supercrítico
BZ8	BZ9	0.0348	0.20	0.0257	0.010	2.70067	0.08	39.1	2.26	2.9861	Flujo Supercrítico
BZ9	BZ10	0.0286	0.20	0.0257	0.010	2.78923	0.08	41.2	2.10	2.6935	Flujo Supercrítico
BZ10	BZ11	0.0264	0.20	0.0257	0.010	2.82576	0.08	42.1	2.04	2.5816	Flujo Supercrítico
BZ11	BZ12	0.0328	0.20	0.0257	0.010	2.72767	0.08	39.7	2.21	2.8950	Flujo Supercrítico
BZ12	BZ13	0.0207	0.20	0.0257	0.010	2.94755	0.09	45.2	1.86	2.2656	Flujo Supercrítico
BZ13	BZ19	0.0166	0.25	0.0257	0.010	2.51801	0.09	34.7	1.70	2.1562	Flujo Supercrítico
BZ14	BZ15	0.0434	0.20	0.0057	0.010	1.70526	0.03	17.1	1.58	3.2829	Flujo Supercrítico
BZ15	BZ16	0.0271	0.20	0.0057	0.010	1.81424	0.04	19.2	1.34	2.6174	Flujo Supercrítico
BZ16	BZ17	0.0247	0.20	0.0057	0.010	1.83636	0.04	19.6	1.30	2.5028	Flujo Supercrítico
BZ17	BZ18	0.0313	0.20	0.0057	0.010	1.77999	0.04	18.5	1.41	2.8056	Flujo Supercrítico
BZ18	BZ19	0.0253	0.20	0.0057	0.010	1.83017	0.04	19.5	1.31	2.5320	Flujo Supercrítico
BZ19	BZ20	0.0222	0.25	0.0675	0.010	3.34258	0.14	55.0	2.44	2.3347	Flujo Supercrítico
BZ20	BZ21	0.0331	0.25	0.0675	0.010	3.09340	0.12	48.8	2.84	2.9340	Flujo Supercrítico
BZ21	BZ22	0.0446	0.25	0.0675	0.010	2.93354	0.11	44.8	3.17	3.4554	Flujo Supercrítico
BZ22	BZ23	0.0433	0.25	0.0675	0.010	2.94783	0.11	45.2	3.13	3.4005	Flujo Supercrítico
BZ23	BZ24	0.0627	0.25	0.0675	0.010	2.76925	0.10	40.7	3.59	4.1443	Flujo Supercrítico
BZ24	BZ25	0.0518	0.25	0.0675	0.010	2.85887	0.11	43.0	3.35	3.7449	Flujo Supercrítico
BZ25	BZ26	0.0264	0.25	0.0675	0.010	3.22979	0.13	52.2	2.60	2.5821	Flujo Supercrítico



TRAMO		S [m/m]	D [m]	Q [m³/seg]	n	θ. [rad]	Y [m]	Y/D [%]	v [m/s]	Fr	OBS
DE	A										
BZ26	BZ27	0.0302	0.25	0.0675	0.010	3.14671	0.13	50.1	2.74	2.7871	Flujo Supercrítico
BZ27	BZ32	0.0213	0.25	0.0675	0.010	3.37164	0.14	55.7	2.40	2.2782	Flujo Supercrítico
BZ28	BZ29	0.0458	0.25	0.0170	0.010	1.93707	0.05	21.7	2.17	3.5579	Flujo Supercrítico
BZ29	BZ30	0.0214	0.25	0.0170	0.010	2.15038	0.07	26.2	1.66	2.4515	Flujo Supercrítico
BZ30	BZ31	0.0401	0.25	0.0170	0.010	1.97254	0.06	22.4	2.07	3.3351	Flujo Supercrítico
BZ31	BZ32	0.0233	0.25	0.0170	0.010	2.12555	0.06	25.7	1.71	2.5565	Flujo Supercrítico
BZ32	BZ33	0.0144	0.25	0.0675	0.010	3.68087	0.16	63.3	2.06	1.7856	Flujo Supercrítico
BZ33	BZ34	0.0316	0.25	0.0675	0.010	3.12104	0.12	49.5	2.79	2.8590	Flujo Supercrítico
BZ34	BZ35	0.0235	0.25	0.0675	0.010	3.30268	0.14	54.0	2.49	2.4140	Flujo Supercrítico
BZ35	BZ36	0.0236	0.25	0.0675	0.010	3.30006	0.13	54.0	2.50	2.4200	Flujo Supercrítico
BZ36	BZ37	0.0120	0.32	0.0675	0.010	2.97471	0.14	45.8	1.94	1.8564	Flujo Supercrítico
BZ37	BZ38	0.0461	0.25	0.0675	0.010	2.91603	0.11	44.4	3.21	3.5177	Flujo Supercrítico
BZ38	BZ42	0.0214	0.25	0.0675	0.010	3.36677	0.14	55.6	2.41	2.2845	Flujo Supercrítico
BZ39	BZ40	0.0505	0.20	0.0023	0.010	1.32802	0.02	10.6	1.27	3.3733	Flujo Supercrítico
BZ40	BZ41	0.0410	0.20	0.0023	0.010	1.36295	0.02	11.2	1.18	3.0572	Flujo Supercrítico
BZ41	BZ42	0.0144	0.20	0.0023	0.010	1.55504	0.03	14.4	0.82	1.8614	Flujo Supercrítico
BZ42	BZ43	0.0635	0.25	0.0675	0.010	2.76370	0.10	40.6	3.61	4.1721	Flujo Supercrítico
BZ43	BZ44	0.0325	0.25	0.0675	0.010	3.10417	0.12	49.1	2.82	2.9042	Flujo Supercrítico
BZ44	BZ45	0.0469	0.25	0.0675	0.010	2.90797	0.11	44.2	3.23	3.5505	Flujo Supercrítico
BZ45	BZ46	0.0298	0.25	0.0675	0.010	3.15494	0.13	50.3	2.73	2.7663	Flujo Supercrítico
BZ46	BZ47	0.0103	0.32	0.0675	0.010	3.05577	0.15	47.9	1.83	1.7071	Flujo Supercrítico
BZ47	BZ48	0.0295	0.32	0.0675	0.010	2.56530	0.11	35.8	2.69	2.9828	Flujo Supercrítico
BZ48	BZ58	0.0836	0.32	0.0675	0.010	2.19937	0.09	27.3	3.91	5.0402	Flujo Supercrítico
BZ49	BZ50	0.0521	0.20	0.0152	0.010	2.17140	0.05	26.7	2.25	3.6871	Flujo Supercrítico
BZ50	BZ51	0.0408	0.20	0.0152	0.010	2.24859	0.06	28.4	2.06	3.2661	Flujo Supercrítico
BZ51	BZ52	0.0351	0.20	0.0152	0.010	2.29760	0.06	29.5	1.96	3.0300	Flujo Supercrítico



BUZÓN		S [m/m]	D [m]	Q [m³/seg]	n	θ. [rad]	Y [m]	Y/D [%]	v [m/s]	Fr	OBS
DE	A										
BZ52	BZ53	0.0520	0.20	0.0152	0.010	2.17235	0.05	26.7	2.25	3.6836	Flujo Supercrítico
BZ53	BZ54	0.0375	0.20	0.0152	0.010	2.27599	0.06	29.0	2.00	3.1317	Flujo Supercrítico
BZ54	BZ55	0.0312	0.20	0.0152	0.010	2.33765	0.06	30.4	1.88	2.8565	Flujo Supercrítico
BZ55	BZ56	0.0419	0.20	0.0152	0.010	2.23968	0.06	28.2	2.08	3.3096	Flujo Supercrítico
BZ56	BZ57	0.0279	0.20	0.0152	0.010	2.37644	0.06	31.3	1.80	2.7005	Flujo Supercrítico
BZ57	BZ58	0.0303	0.20	0.0152	0.010	2.34801	0.06	30.7	1.86	2.8149	Flujo Supercrítico
BZ58	BZ59	0.0595	0.32	0.0779	0.010	2.40913	0.10	32.1	3.61	4.2522	Flujo Supercrítico
BZ59	BZ60	0.0381	0.32	0.0779	0.010	2.57801	0.11	36.1	3.07	3.3884	Flujo Supercrítico
BZ60	BZ61	0.0179	0.32	0.0779	0.010	2.91553	0.14	44.4	2.33	2.2780	Flujo Supercrítico
BZ61	BZ62	0.0307	0.32	0.0779	0.010	2.66791	0.12	38.3	2.84	3.0303	Flujo Supercrítico
BZ62	BZ63	0.0378	0.32	0.0779	0.010	2.58151	0.11	36.2	3.06	3.3746	Flujo Supercrítico
BZ63	BZ64	0.0263	0.32	0.0779	0.010	2.73475	0.13	39.9	2.68	2.7951	Flujo Supercrítico
BZ64	BZ65	0.0323	0.32	0.0779	0.010	2.64619	0.12	37.7	2.89	3.1114	Flujo Supercrítico
BZ65	BZ66	0.0257	0.32	0.0779	0.010	2.74573	0.13	40.2	2.66	2.7614	Flujo Supercrítico
BZ66	BZ74	0.0346	0.32	0.0779	0.010	2.61814	0.12	37.1	2.96	3.2242	Flujo Supercrítico
BZ67	BZ68	0.0337	0.20	0.0057	0.010	1.76151	0.04	18.2	1.45	2.9072	Flujo Supercrítico
BZ68	BZ69	0.0263	0.20	0.0057	0.010	1.82087	0.04	19.3	1.33	2.5798	Flujo Supercrítico
BZ69	BZ70	0.0369	0.20	0.0057	0.010	1.74187	0.04	17.8	1.49	3.0368	Flujo Supercrítico
BZ70	BZ71	0.0397	0.20	0.0057	0.010	1.72512	0.03	17.5	1.53	3.1454	Flujo Supercrítico
BZ71	BZ72	0.0276	0.20	0.0057	0.010	1.80973	0.04	19.1	1.35	2.6406	Flujo Supercrítico
BZ72	BZ73	0.0224	0.20	0.0057	0.010	1.86004	0.04	20.1	1.25	2.3872	Flujo Supercrítico
BZ73	BZ74	0.0334	0.20	0.0057	0.010	1.76478	0.04	18.2	1.44	2.8947	Flujo Supercrítico

Fuente : Elaboración Propia



### c). Determinación De Capacidad De La Red De Alcantarillado En El Trayecto Del Canal Del Río Saphy.

Para el cálculo del caudal que conduce actualmente la red colectora del río Saphy se utilizara diferentes metodos.

#### C.1). Método Ganguillet-Kutter

Para la obtención del caudal se utilizó las siguientes formulas de Ganguillet-Kutter:

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{S}}{1 + (23 + \frac{0.00155}{S}) \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

$$V = C \sqrt{R * S}$$

#### Donde:

C: Coeficiente de Ganguillet-Kutter a usarse en la formula de Chezy.

S: Pendiente (m/m).

R: Radio hidraulico(m).

n: Coeficiente de rugosidad de la formula.

Luego, para la obtención del caudal se utiliza la formula:

$$Q = A * V$$

#### Donde:

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/seg).

A: Area (m<sup>2</sup>)

V: Velocidad m/seg



Tabla 61: Caudales obtenidos por el metodo de Ganguillet-Kutter en todo el trayecto del canal del rio Saphy .

BUZÓN		DIÁMETRO (D)m	RADIO (r) m	ÁNGULO (θ) grados	TIRANTE (γ) m	ÁREA MOJADA (A) m <sup>2</sup>	RADIO HIDRAULICO (R) m	COEFICIENTE (n)	PENDIENTE (S) m/m	COEFICIENTE DE GANGUILLET (C)	VELOCIDAD (V) m/seg	CAUDAL (Q) m <sup>3</sup> /seg
BZ1	BZ2	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.03	60.59	2.43	0.038
BZ2	BZ3	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.03	60.58	2.19	0.034
BZ3	BZ4	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.05	60.61	3.16	0.050
BZ4	BZ5	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.03	60.60	2.52	0.040
BZ5	BZ6	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.04	60.60	2.82	0.044
BZ6	BZ7	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.05	60.61	2.99	0.047
BZ7	BZ8	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.03	60.58	2.20	0.035
BZ8	BZ9	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.03	60.60	2.53	0.040
BZ9	BZ10	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.03	60.59	2.29	0.036
BZ10	BZ11	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.03	60.58	2.20	0.035
BZ11	BZ12	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.03	60.59	2.45	0.039
BZ12	BZ13	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.02	60.57	1.95	0.031
BZ13	BZ19	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.02	63.99	2.06	0.051
BZ14	BZ15	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.04	60.60	2.82	0.044
BZ15	BZ16	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.03	60.58	2.23	0.035
BZ16	BZ17	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.02	60.58	2.13	0.033
BZ17	BZ18	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.03	60.59	2.40	0.038
BZ18	BZ19	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.03	60.58	2.16	0.034
BZ19	BZ20	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.02	64.01	2.38	0.058
BZ20	BZ21	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.03	64.02	2.91	0.071
BZ21	BZ22	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.04	64.03	3.38	0.083
BZ22	BZ23	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.04	64.03	3.33	0.082
BZ23	BZ24	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.06	64.04	4.01	0.098
BZ24	BZ25	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.05	64.04	3.64	0.089



BUZÓN		DIÁMETRO (D) m	RÁDIO (R) m	ÁNGULO (θ) grados	TIRANTE (γ) m	ÁREA MOJADA (A) m <sup>2</sup>	RADIO HIDRAULICO (R) m	COEFICIENTE (n)	PENDIENTE (S) m/m	COEFICIENTE DE GANGUILLET (C)	VELOCIDAD (V) m/seg	CAUDAL (Q) m <sup>3</sup> /seg
BZ25	BZ26	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.03	64.01	2.60	0.064
BZ26	BZ27	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.03	64.02	2.78	0.068
BZ27	BZ32	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.02	64.00	2.33	0.057
BZ28	BZ29	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.05	64.03	3.43	0.084
BZ29	BZ30	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.02	64.00	2.34	0.058
BZ30	BZ31	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.04	64.03	3.20	0.079
BZ31	BZ32	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.02	64.01	2.44	0.060
BZ32	BZ33	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.01	63.97	1.92	0.047
BZ33	BZ34	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.03	64.02	2.84	0.070
BZ34	BZ35	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.02	64.01	2.46	0.060
BZ35	BZ36	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.02	64.01	2.46	0.060
BZ36	BZ37	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.08	0.01	0.01	67.50	2.07	0.081
BZ37	BZ38	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.05	64.04	3.44	0.084
BZ38	BZ42	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.02	64.00	2.34	0.057
BZ39	BZ40	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.05	60.61	3.05	0.048
BZ40	BZ41	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.04	60.60	2.74	0.043
BZ41	BZ42	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.01	60.54	1.62	0.025
BZ42	BZ43	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.06	64.04	4.03	0.099
BZ43	BZ44	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.03	64.02	2.88	0.071
BZ44	BZ45	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.05	64.04	3.47	0.085
BZ45	BZ46	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.06	0.01	0.03	64.02	2.76	0.068
BZ46	BZ47	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.08	0.01	0.01	67.48	1.92	0.075
BZ47	BZ48	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.08	0.01	0.03	67.56	3.26	0.127
BZ48	BZ58	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.08	0.01	0.08	67.58	5.48	0.214
BZ49	BZ50	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.05	60.61	3.09	0.049



BUZÓN		DIÁMETRO (D) m	RÁDIO (R) m	ÁNGULO (θ) grados	TIRANTE (γ) m	ÁREA MOJADA (A) m <sup>2</sup>	RADIO HIDRAULICO (R) m	COEFICIENTE (n)	PENDIENTE (S) m/m	COEFICIENTE DE GANGUILLET (C)	VELOCIDAD (V) m/seg	CAUDAL (Q) m <sup>3</sup> /seg
BZ50	BZ51	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.04	60.60	2.74	0.043
BZ51	BZ52	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.04	60.60	2.54	0.040
BZ52	BZ53	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.05	60.61	3.09	0.049
BZ53	BZ54	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.04	60.60	2.62	0.041
BZ54	BZ55	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.03	60.59	2.39	0.038
BZ55	BZ56	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.04	60.60	2.77	0.044
BZ56	BZ57	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.03	60.59	2.26	0.036
BZ57	BZ58	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.03	60.59	2.36	0.037
BZ58	BZ59	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.08	0.01	0.06	67.58	4.63	0.180
BZ59	BZ60	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.08	0.01	0.04	67.57	3.70	0.144
BZ60	BZ61	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.08	0.01	0.02	67.53	2.54	0.099
BZ61	BZ62	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.08	0.01	0.03	67.56	3.32	0.129
BZ62	BZ63	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.08	0.01	0.04	67.57	3.69	0.144
BZ63	BZ64	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.08	0.01	0.03	67.55	3.07	0.120
BZ64	BZ65	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.08	0.01	0.03	67.56	3.41	0.133
BZ65	BZ66	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.08	0.01	0.03	67.55	3.04	0.118
BZ66	BZ74	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.08	0.01	0.03	67.56	3.52	0.137
BZ67	BZ68	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.03	60.59	2.49	0.039
BZ68	BZ69	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.03	60.58	2.20	0.035
BZ69	BZ70	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.04	60.60	2.60	0.041
BZ70	BZ71	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.04	60.60	2.70	0.042
BZ71	BZ72	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.03	60.59	2.25	0.035
BZ72	BZ73	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.02	60.57	2.03	0.032
BZ73	BZ74	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.05	0.01	0.03	60.59	2.48	0.039

Fuente: Elaboración Propia



## C.2). Método Bazin

Para el cálculo del caudal se utiliza las siguientes ecuaciones

$$C = \frac{87}{1 + \frac{G}{\sqrt{R}}}$$

$$V = C\sqrt{R * S}$$

Donde :

C: Coeficiente de Bazin a usarse en la formula de Chezy.

S: Pendiente (m/m).

R: Radio hidraulico (m).

G: Coeficiente de rugosidad de la formula de Bazin.

Luego, para la obtención del caudal se utiliza la formula:

$$Q = A * V$$

Donde:

Q: Caudal (m3/seg).

A: Area (m2).

V: Velocidad (m/seg).

Tabla 62: Coeficiente de rugosidad a usarse en la fórmula de Bazin. "G"

CATEGORIA	DESCRIPCION	G
1	Contorno muy liso, perfectamente ejecutado. Plancha metálica. Cemento liso, madera muy cepillada.	0,06
2	Contornos lisos. Concreto bien acabado.	0,16
3	Concreto sin pulir. Albañilería de piedra bien terminada.	0,46
4	Canales en tierra, sin vegetación.	0,85
5	Canales en tierra con hierbas. Rios de cauce irregular, sin vegetación.	1,30
6	Canales en tierra con vegetación. Fondo de cantos rodados. Canales en tierra muy erosionados e irregulares.	1,75

Fuente: Hidráulica de tuberías y canales- Rocha Felices, Arturo



Tabla 63: Caudales obtenidos por el metodo de Bazin en toda la trayectoria del canal del río Saphy.

TRAMO		DIÁMETRO (D)m	RADIO (R) m	ÁNGULO (θ) GRADOS	TIRANTE (Y) m	ÁREA MOJADA (A) m <sup>2</sup>	RADIO HIDRÁULICO (R) m	COEFICIENTE (G)	PENDIENTE (S) m/m	COEFICIENTE DE BAZIN (C)	VELOCIDAD (V) m/seg	Caudal (Q) m <sup>3</sup> /seg
BZ1	BZ2	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.03	68.59	2.75	0.043
BZ2	BZ3	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.03	68.59	2.48	0.039
BZ3	BZ4	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.05	68.59	3.57	0.056
BZ4	BZ5	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.03	68.59	2.85	0.045
BZ5	BZ6	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.04	68.59	3.20	0.050
BZ6	BZ7	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.05	68.59	3.38	0.053
BZ7	BZ8	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.03	68.59	2.49	0.039
BZ8	BZ9	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.03	68.59	2.86	0.045
BZ9	BZ10	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.03	68.59	2.59	0.041
BZ10	BZ11	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.03	68.59	2.49	0.039
BZ11	BZ12	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.03	68.59	2.78	0.044
BZ12	BZ13	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.02	68.59	2.20	0.035
BZ13	BZ19	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.02	70.16	2.26	0.055
BZ14	BZ15	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.04	68.59	3.20	0.050
BZ15	BZ16	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.03	68.59	2.52	0.040
BZ16	BZ17	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.02	68.59	2.41	0.038
BZ17	BZ18	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.03	68.59	2.71	0.043
BZ18	BZ19	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.03	68.59	2.44	0.038
BZ19	BZ20	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.02	70.16	2.61	0.064
BZ20	BZ21	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.03	70.16	3.19	0.078
BZ21	BZ22	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.04	70.16	3.70	0.091
BZ22	BZ23	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.04	70.16	3.65	0.090
BZ23	BZ24	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.06	70.16	4.39	0.108
BZ24	BZ25	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.05	70.16	3.99	0.098



TRAMO		DIÁMETRO (D)m	RADIO (R) m	ÁNGULO (θ) GRADOS	TIRANTE (Y) m	ÁREA MOJADA (A) m <sup>2</sup>	RADIO HIDRÁULICO (R) m	COEFICIENTE (G)	PENDIENTE (S) m/m	COEFICIENTE DE BAZIN (C)	VELOCIDAD (V) m/seg	Caudal (Q) m <sup>3</sup> /seg
BZ25	BZ26	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.03	70.16	2.85	0.070
BZ26	BZ27	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.03	70.16	3.05	0.075
BZ27	BZ32	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.02	70.16	2.56	0.063
BZ28	BZ29	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.05	70.16	3.75	0.092
BZ29	BZ30	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.02	70.16	2.57	0.063
BZ30	BZ31	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.04	70.16	3.51	0.086
BZ31	BZ32	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.02	70.16	2.68	0.066
BZ32	BZ33	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.01	70.16	2.10	0.052
BZ33	BZ34	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.03	70.16	3.12	0.076
BZ34	BZ35	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.02	70.16	2.69	0.066
BZ35	BZ36	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.02	70.16	2.70	0.066
BZ36	BZ37	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.06	0.01	71.68	2.20	0.086
BZ37	BZ38	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.05	70.16	3.77	0.092
BZ38	BZ42	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.02	70.16	2.57	0.063
BZ39	BZ40	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.05	68.59	3.45	0.054
BZ40	BZ41	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.04	68.59	3.11	0.049
BZ41	BZ42	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.01	68.59	1.84	0.029
BZ42	BZ43	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.06	70.16	4.42	0.108
BZ43	BZ44	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.03	70.16	3.16	0.078
BZ44	BZ45	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.05	70.16	3.80	0.093
BZ45	BZ46	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.06	0.03	70.16	3.03	0.074
BZ46	BZ47	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.06	0.01	71.68	2.04	0.080
BZ47	BZ48	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.06	0.03	71.68	3.46	0.135
BZ48	BZ58	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.06	0.08	71.68	5.81	0.227
BZ49	BZ50	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.05	68.59	3.50	0.055



TRAMO		DIÁMETRO (D)m	RADIO (R) m	ÁNGULO (θ) GRADOS	TIRANTE (Y) m	ÁREA MOJADA (A) m <sup>2</sup>	RADIO HIDRÁULICO (R) m	COEFICIENTE (G)	PENDIENTE (S) m/m	COEFICIENTE DE BAZIN (C)	VELOCIDAD (V) m/seg	Caudal (Q) m <sup>3</sup> /seg
BZ50	BZ51	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.04	68.59	3.10	0.049
BZ51	BZ52	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.04	68.59	2.87	0.045
BZ52	BZ53	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.05	68.59	3.50	0.055
BZ53	BZ54	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.04	68.59	2.97	0.047
BZ54	BZ55	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.03	68.59	2.71	0.043
BZ55	BZ56	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.04	68.59	3.14	0.049
BZ56	BZ57	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.03	68.59	2.56	0.040
BZ57	BZ58	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.03	68.59	2.67	0.042
BZ58	BZ59	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.06	0.06	71.68	4.91	0.191
BZ59	BZ60	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.06	0.04	71.68	3.93	0.153
BZ60	BZ61	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.06	0.02	71.68	2.69	0.105
BZ61	BZ62	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.06	0.03	71.68	3.52	0.137
BZ62	BZ63	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.06	0.04	71.68	3.91	0.152
BZ63	BZ64	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.06	0.03	71.68	3.26	0.127
BZ64	BZ65	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.06	0.03	71.68	3.61	0.141
BZ65	BZ66	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.06	0.03	71.68	3.22	0.126
BZ66	BZ74	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.06	0.03	71.68	3.74	0.146
BZ67	BZ68	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.03	68.59	2.82	0.044
BZ68	BZ69	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.03	68.59	2.49	0.039
BZ69	BZ70	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.04	68.59	2.95	0.046
BZ70	BZ71	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.04	68.59	3.06	0.048
BZ71	BZ72	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.03	68.59	2.55	0.040
BZ72	BZ73	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.02	68.59	2.30	0.036
BZ73	BZ74	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.06	0.03	68.59	2.80	0.044

Fuente: Elaboración Propia

**C.3). MÉTODO MANNING**

Para el cálculo del caudal se utiliza las siguientes ecuaciones:

Donde:

$$V = \frac{R^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

S: Pendiente (m/m).

R: Radio hidráulico (m).

n: Coeficiente de rugosidad de la formula de Manning.

Luego, para la obtención del caudal se utilizó la formula:

Donde:

$$Q = A * V$$

Q: Caudal (m3/seg).

A: Area (m2).

V: Velocidad (m/seg).

Tabla 64: Coeficiente de rugosidad de la formula de Manning.

Superficie	Condiciones de las paredes			
	Perfectas	Buenas	Medianas	Malas
Tubería hierro forjado negro comercial	0.012	0.013	0.014	0.015
Tubería fierro forjado galvanizado comercial	0.013	0.014	0.015	0.017
Tubería de latón o vidrio	0.009	0.010	0.011	0.013
Tubería acero remachado en espiral	0.013	0.015*	0.017*	
Tubería de barro vitrificado	0.010	0.013*	0.015	0.017
Tubos comunes de barro para drenaje	0.011	0.012*	0.014*	0.017
Tabique vidriado	0.011	0.012	0.013	0.015
Tabique con mortero de cemento; albañales de tabique	0.012	0.013	0.015*	0.017
Superficies de cemento pulido	0.010	0.011	0.012	0.013
Superficies aplanadas con mortero de cemento	0.011	0.012	0.013*	0.015
Tuberías de concreto	0.012	0.013	0.015*	0.016
Tuberías de duela	0.010	0.011	0.012	0.013
<i>Acueductos de tablón:</i>				
Labrado	0.010	0.012*	0.013	0.014
Sin labrar	0.011	0.013*	0.014	0.015
Con astillas	0.012	0.015*	0.016	
Canales revestidos con concreto	0.012	0.014*	0.016*	0.018
Superficie de mampostería con cemento	0.017	0.020	0.025	0.030
Superficie de mampostería en seco	0.025	0.030	0.033	0.035
Acueducto semicirculares metálicos, lisos	0.011	0.012	0.013	0.015
Acueducto semicirculares metálicos corrugados	0.0225	0.025	0.0275	0.030
<i>Canales y zanjas:</i>				
En tierra, alineados y uniformes	0.017	0.020	0.0225	0.025*
En roca, lisos y uniformes	0.025	0.030	0.033*	0.035
En roca, con salientes y sinuosos	0.035	0.040	0.045	
Sinuosos y de escurrimiento lento	0.0225	0.025*	0.0275	0.030
Degradados en tierra	0.025	0.0275*	0.030	0.033
Con lecho pedregoso y bordos de tierra enhiervados	0.025	0.030	0.035*	0.040
Plantilla de tierra, taludes	0.028	0.030*	0.033*	0.035

Fuente: Hidrología – Villón Béjar, Máximo



Tabla 65: Caudales obtenidos por el metodo de Manning en toda la trayectoria del canal del río Saphy.

TRAMO		DIÁMETRO (D)M	RADIO (R) m	ÁNGULO (θ) GRADOS	TIRANTE (Y) m	ÁREA MOJADA (A) m2	RADIO HIDRÁULICO (R) m	COEFICIENTE (n)	PENDIENTE (S) m/m	VELOCIDAD (V)m /seg	CAUDAL (Q) m3/seg
BZ1	BZ2	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	2.43	0.038
BZ2	BZ3	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	2.20	0.034
BZ3	BZ4	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.05	3.16	0.050
BZ4	BZ5	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	2.52	0.040
BZ5	BZ6	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.04	2.83	0.044
BZ6	BZ7	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.05	2.99	0.047
BZ7	BZ8	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	2.21	0.035
BZ8	BZ9	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	2.53	0.040
BZ9	BZ10	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	2.30	0.036
BZ10	BZ11	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	2.21	0.035
BZ11	BZ12	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	2.46	0.039
BZ12	BZ13	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.02	1.95	0.031
BZ13	BZ19	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.02	2.03	0.050
BZ14	BZ15	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.04	2.83	0.044
BZ15	BZ16	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	2.23	0.035
BZ16	BZ17	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.02	2.13	0.033
BZ17	BZ18	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	2.40	0.038
BZ18	BZ19	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	2.16	0.034
BZ19	BZ20	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.02	2.35	0.058
BZ20	BZ21	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.03	2.87	0.070
BZ21	BZ22	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.04	3.32	0.082
BZ22	BZ23	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.04	3.28	0.080
BZ23	BZ24	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.06	3.94	0.097
BZ24	BZ25	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.05	3.58	0.088
BZ25	BZ26	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.03	2.56	0.063



TRAMO		DIÁMETRO (D)M	RADIO (R) m	ÁNGULO (θ) GRADOS	TIRANTE (Y) m	ÁREA MOJADA (A) m2	RADIO HIDRÁULICO (R) m	COEFICIENTE (n)	PENDIENTE (S) m/m	VELOCIDAD (V) m/seg	CAUDAL (Q) m3/seg
BZ26	BZ27	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.03	2.74	0.067
BZ27	BZ32	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.02	2.30	0.056
BZ28	BZ29	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.05	3.37	0.083
BZ29	BZ30	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.02	2.31	0.057
BZ30	BZ31	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.04	3.15	0.077
BZ31	BZ32	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.02	2.40	0.059
BZ32	BZ33	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.01	1.89	0.046
BZ33	BZ34	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.03	2.80	0.069
BZ34	BZ35	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.02	2.42	0.059
BZ35	BZ36	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.02	2.42	0.059
BZ36	BZ37	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.01	2.01	0.078
BZ37	BZ38	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.05	3.38	0.083
BZ38	BZ42	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.02	2.30	0.057
BZ39	BZ40	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.05	3.05	0.048
BZ40	BZ41	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.04	2.75	0.043
BZ41	BZ42	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.01	1.63	0.026
BZ42	BZ43	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.06	3.97	0.097
BZ43	BZ44	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.03	2.84	0.070
BZ44	BZ45	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.05	3.41	0.084
BZ45	BZ46	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.03	2.72	0.067
BZ46	BZ47	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.01	1.87	0.073
BZ47	BZ48	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.03	3.16	0.123
BZ48	BZ58	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.08	5.31	0.207
BZ49	BZ50	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.05	3.10	0.049
BZ50	BZ51	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.04	2.74	0.043
BZ51	BZ52	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.04	2.54	0.040



TRAMO		DIÁMETRO (D)M	RADIO (R) m	ÁNGULO (θ) GRADOS	TIRANTE (Y) m	ÁREA MOJADA (A) m2	RADIO HIDRÁULICO (R) m	COEFICIENTE (n)	PENDIENTE (S) m/m	VELOCIDAD (V) m/seg	CAUDAL (Q) m3/seg
BZ52	BZ53	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.05	3.09	0.049
BZ53	BZ54	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.04	2.63	0.041
BZ54	BZ55	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	2.40	0.038
BZ55	BZ56	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.04	2.78	0.044
BZ56	BZ57	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	2.27	0.036
BZ57	BZ58	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	2.36	0.037
BZ58	BZ59	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.06	4.48	0.175
BZ59	BZ60	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.04	3.59	0.140
BZ60	BZ61	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.02	2.46	0.096
BZ61	BZ62	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.03	3.22	0.125
BZ62	BZ63	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.04	3.57	0.139
BZ63	BZ64	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.03	2.98	0.116
BZ64	BZ65	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.03	3.30	0.129
BZ65	BZ66	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.03	2.94	0.115
BZ66	BZ74	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.03	3.42	0.133
BZ67	BZ68	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	2.49	0.039
BZ68	BZ69	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	2.20	0.035
BZ69	BZ70	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.04	2.61	0.041
BZ70	BZ71	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.04	2.71	0.042
BZ71	BZ72	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	2.25	0.035
BZ72	BZ73	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.02	2.03	0.032
BZ73	BZ74	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	2.48	0.039

Fuente : Elaboración Propia



#### C.4). MÉTODO PAVLOVSKI

Para el cálculo del caudal se utiliza de acuerdo a este metodo las siguientes ecuaciones

Siendo:

$$C = \frac{R^x}{n}$$

$$X = 2.5\sqrt{n} - 0.13 - 0.75\sqrt{R} (\sqrt{n} - 0.10)$$

Donde:

C: Coeficiente a usarse en la formula de Chezy.

$$V = C\sqrt{RXS}$$

S= Pendiente (m/m).

R= Radio hidraulico (m).

n= Coeficiente de rugosidad de la formula de Ganguillet-Kutter.

Luego, para la obtención del caudal se utiliza la formula:

$$Q = A * V$$

Tabla 66: Coeficiente de rugosidad de la formula de Ganguillet-Kutter.

SUPERFICIE	n
Superficie metálica, lisa, sin pintar	0,012
Superficie metálica, lisa, pintada	0,013
Superficie metálica, corrugada	0,025
Cemento liso	0,011
Mortero de cemento	0,013
Madera cepillada	0,012
Madera sin cepillar	0,013
Tablones sin cepillar	0,014
Concreto liso	0,013
Concreto bien acabado, usado	0,014
Concreto frotachado	0,015
Concreto sin terminar	0,017
Gunita (sección bien terminada)	0,019
Gunita (sección ondulada)	0,022
Superficie asfáltica lisa	0,013
Superficie asfáltica rugosa	0,016
Tierra, limpia, sección nueva	0,018
Tierra, limpia, sección antigua	0,022
Tierra gravosa	0,025
Tierra, con poca vegetación	0,027
Tierra, con vegetación	0,035
Tierra, con piedras	0,035
Tierra, con pedrones	0,040
Para secciones circulares (trabajando como canal)	
Metal, liso	0,010
Acero soldado	0,012
Acero riveteado	0,016
Fierro fundido	0,013 – 0,014
Cemento	0,011 – 0,013
Vidrio	0,010

Fuente: Hidráulica de tuberías y canales- Rocha Felices, Arturo



Tabla 67: Caudales obtenidos por el metodo de Pavlovski en el trayecto del canal del río Saphy.

TRAMO		DIÁMETRO (D)m	RADIO (r) m	ÁNGULO (θ) grados	TIRANTE (y) m	ÁREA MOJADA (A) m <sup>2</sup>	RADIO HIDRÁULICO (R) m	COEFICIENTE (n)	PENDIENTE (S) m/m	FACTOR (X)	COEFICIENTE (C)	VELOCIDAD (V) m/seg	CAUDAL (Q) m <sup>3</sup> /seg
BZ1	BZ2	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	0.12	69.80	2.80	0.044
BZ2	BZ3	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	0.12	69.80	2.53	0.040
BZ3	BZ4	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.05	0.12	69.80	3.64	0.057
BZ4	BZ5	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	0.12	69.80	2.90	0.046
BZ5	BZ6	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.04	0.12	69.80	3.25	0.051
BZ6	BZ7	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.05	0.12	69.80	3.44	0.054
BZ7	BZ8	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	0.12	69.80	2.54	0.040
BZ8	BZ9	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	0.12	69.80	2.91	0.046
BZ9	BZ10	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	0.12	69.80	2.64	0.041
BZ10	BZ11	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	0.12	69.80	2.54	0.040
BZ11	BZ12	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	0.12	69.80	2.83	0.044
BZ12	BZ13	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.02	0.12	69.80	2.24	0.035
BZ13	BZ19	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.02	0.12	71.70	2.31	0.057
BZ14	BZ15	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.04	0.12	69.80	3.25	0.051
BZ15	BZ16	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	0.12	69.80	2.57	0.040
BZ16	BZ17	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.02	0.12	69.80	2.45	0.039
BZ17	BZ18	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	0.12	69.80	2.76	0.043
BZ18	BZ19	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	0.12	69.80	2.48	0.039
BZ19	BZ20	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.02	0.12	71.70	2.67	0.066
BZ20	BZ21	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.03	0.12	71.70	3.26	0.080
BZ21	BZ22	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.04	0.12	71.70	3.78	0.093
BZ22	BZ23	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.04	0.12	71.70	3.73	0.092
BZ23	BZ24	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.06	0.12	71.70	4.49	0.110
BZ24	BZ25	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.05	0.12	71.70	4.08	0.100
BZ25	BZ26	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.03	0.12	71.70	2.91	0.071



TRAMO		DIÁMETRO (D)m	RADIO (r) m	ÁNGULO (θ) grados	TIRANTE (y) m	ÁREA MOJADA (A) m <sup>2</sup>	RADIO HIDRÁULICO (R) m	COEFICIENTE (n)	PENDIENTE (S) m/m	FACTOR (X)	COEFICIENTE (C)	VELOCIDAD (V) m/seg	CAUDAL (Q) m <sup>3</sup> /seg
BZ26	BZ27	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.03	0.12	71.70	3.11	0.076
BZ27	BZ32	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.02	0.12	71.70	2.61	0.064
BZ28	BZ29	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.05	0.12	71.70	3.84	0.094
BZ29	BZ30	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.02	0.12	71.70	2.62	0.064
BZ30	BZ31	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.04	0.12	71.70	3.59	0.088
BZ31	BZ32	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.02	0.12	71.70	2.74	0.067
BZ32	BZ33	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.01	0.12	71.70	2.15	0.053
BZ33	BZ34	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.03	0.12	71.70	3.18	0.078
BZ34	BZ35	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.02	0.12	71.70	2.75	0.067
BZ35	BZ36	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.02	0.12	71.70	2.76	0.068
BZ36	BZ37	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.01	0.12	73.71	2.27	0.088
BZ37	BZ38	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.05	0.12	71.70	3.85	0.094
BZ38	BZ42	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.02	0.12	71.70	2.62	0.064
BZ39	BZ40	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.05	0.12	69.80	3.51	0.055
BZ40	BZ41	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.04	0.12	69.80	3.16	0.050
BZ41	BZ42	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.01	0.12	69.80	1.87	0.029
BZ42	BZ43	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.06	0.12	71.70	4.52	0.111
BZ43	BZ44	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.03	0.12	71.70	3.23	0.079
BZ44	BZ45	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.05	0.12	71.70	3.88	0.095
BZ45	BZ46	0.25	0.13	180	0.13	0.025	0.062	0.01	0.03	0.12	71.70	3.09	0.076
BZ46	BZ47	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.01	0.12	73.71	2.10	0.082
BZ47	BZ48	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.03	0.12	73.71	3.56	0.139
BZ48	BZ58	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.08	0.12	73.71	5.98	0.233
BZ49	BZ50	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.05	0.12	69.80	3.56	0.056
BZ50	BZ51	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.04	0.12	69.80	3.15	0.050
BZ51	BZ52	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.04	0.12	69.80	2.93	0.046



TRAMO		DIÁMETRO (D)m	RADIO (r) m	ÁNGULO (θ) grados	TIRANTE (y) m	ÁREA MOJADA (A) m <sup>2</sup>	RADIO HIDRÁULICO (R) m	COEFICIENTE (n)	PENDIENTE (S) m/m	FACTOR (X)	COEFICIENTE (C)	VELOCIDAD (V) m/seg	CAUDAL (Q) m <sup>3</sup> /seg
BZ52	BZ53	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.05	0.12	69.80	3.56	0.056
BZ53	BZ54	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.04	0.12	69.80	3.02	0.047
BZ54	BZ55	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	0.12	69.80	2.76	0.043
BZ55	BZ56	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.04	0.12	69.80	3.20	0.050
BZ56	BZ57	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	0.12	69.80	2.61	0.041
BZ57	BZ58	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	0.12	69.80	2.72	0.043
BZ58	BZ59	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.06	0.12	73.71	5.05	0.197
BZ59	BZ60	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.04	0.12	73.71	4.04	0.157
BZ60	BZ61	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.02	0.12	73.71	2.77	0.108
BZ61	BZ62	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.03	0.12	73.71	3.62	0.141
BZ62	BZ63	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.04	0.12	73.71	4.02	0.157
BZ63	BZ64	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.03	0.12	73.71	3.35	0.131
BZ64	BZ65	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.03	0.12	73.71	3.72	0.145
BZ65	BZ66	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.03	0.12	73.71	3.31	0.129
BZ66	BZ74	0.32	0.16	180	0.16	0.039	0.079	0.01	0.03	0.12	73.71	3.85	0.150
BZ67	BZ68	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	0.12	69.80	2.87	0.045
BZ68	BZ69	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	0.12	69.80	2.53	0.040
BZ69	BZ70	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.04	0.12	69.80	3.00	0.047
BZ70	BZ71	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.04	0.12	69.80	3.11	0.049
BZ71	BZ72	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	0.12	69.80	2.59	0.041
BZ72	BZ73	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.02	0.12	69.80	2.34	0.037
BZ73	BZ74	0.20	0.10	180	0.10	0.016	0.050	0.01	0.03	0.12	69.80	2.85	0.045

Fuente: Elaboración Propia

#### 4. CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.

##### 4.1. CAUDAL MÁXIMO DIARIO QUE INFLUYEN EN LA RED COLECTORA.

(Ministerio de Vivienda, Norma OS. 070, 2009), señala que el caudal de contribución de alcantarillado es considerado el 80% de la demanda de agua potable.

Se obtuvo los siguientes resultados en el área de estudio.

Tabla 68: Caudal de aporte de la población a la red de agua residual

	ABREVIATURA	TOTAL	UNIDAD DE MEDIDA
Caudal máximo horario en (lt/seg)	Qmh	97.36	lt/seg.
Caudal de contribución al alcantarillado en (lt/seg)	80% de Qmh	77.888	lt/seg.
Caudal de contribución al alcantarillado en (m3/seg)	80% de Qmh	0.0779	m3/seg.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 69: Caudal de aporte a la red colectora de alcantarillado por Microcuencas

N°	Microcuenca	Caudal de contribución al alcantarillado en lt/seg (80%)	Caudal de contribución al alcantarillado en m3/seg (80%)
1	Microcuenca 01	9.9125	0.0099
2	Microcuenca 02	10.1209	0.0101
3	Microcuenca 03	17.0458	0.0170
4	Microcuenca 04	15.1698	0.0152
5	Microcuenca 05	2.5013	0.0025
6	Microcuenca 06	16.9531	0.0170
7	Microcuenca 07	3.9140	0.0039
8	Microcuenca 08	2.2697	0.0023

Fuente: Elaboración Propia

El aporte a la red colectora de aguas residuales que se hace en todo el trayecto del canal del río Saphy es de 0.0779 m3/seg.

##### 4.2. CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES DE LA RED COLECTORA ACTUAL.

Los caudales obtenidos en la siguiente tabla, representan la capacidad de la red colectora de aguas residuales actual.



TRAMO		GANGUILLET-KUTTER	BAZIN	MANNING	PAVLOVSKI	PROMEDIO
BZ1	BZ2	0.038	0.043	0.038	0.044	<b>0.041</b>
BZ2	BZ3	0.034	0.039	0.034	0.040	<b>0.037</b>
BZ3	BZ4	0.050	0.056	0.050	0.057	<b>0.053</b>
BZ4	BZ5	0.040	0.045	0.040	0.046	<b>0.042</b>
BZ5	BZ6	0.044	0.050	0.044	0.051	<b>0.048</b>
BZ6	BZ7	0.047	0.053	0.047	0.054	<b>0.050</b>
BZ7	BZ8	0.035	0.039	0.035	0.040	<b>0.037</b>
BZ8	BZ9	0.040	0.045	0.040	0.046	<b>0.043</b>
BZ9	BZ10	0.036	0.041	0.036	0.041	<b>0.039</b>
BZ10	BZ11	0.035	0.039	0.035	0.040	<b>0.037</b>
BZ11	BZ12	0.039	0.044	0.039	0.044	<b>0.041</b>
BZ12	BZ13	0.031	0.035	0.031	0.035	<b>0.033</b>
BZ13	BZ19	0.051	0.055	0.050	0.057	<b>0.053</b>
BZ14	BZ15	0.044	0.050	0.044	0.051	<b>0.048</b>
BZ15	BZ16	0.035	0.040	0.035	0.040	<b>0.038</b>
BZ16	BZ17	0.033	0.038	0.033	0.039	<b>0.036</b>
BZ17	BZ18	0.038	0.043	0.038	0.043	<b>0.040</b>
BZ18	BZ19	0.034	0.038	0.034	0.039	<b>0.036</b>
BZ19	BZ20	0.058	0.064	0.058	0.066	<b>0.061</b>
BZ20	BZ21	0.071	0.078	0.070	0.080	<b>0.075</b>
BZ21	BZ22	0.083	0.091	0.082	0.093	<b>0.087</b>
BZ22	BZ23	0.082	0.090	0.080	0.092	<b>0.086</b>
BZ23	BZ24	0.098	0.108	0.097	0.110	<b>0.103</b>
BZ24	BZ25	0.089	0.098	0.088	0.100	<b>0.094</b>
BZ25	BZ26	0.064	0.070	0.063	0.071	<b>0.067</b>
BZ26	BZ27	0.068	0.075	0.067	0.076	<b>0.072</b>
BZ27	BZ32	0.057	0.063	0.056	0.064	<b>0.060</b>
BZ28	BZ29	0.084	0.092	0.083	0.094	<b>0.088</b>
BZ29	BZ30	0.058	0.063	0.057	0.064	<b>0.060</b>
BZ30	BZ31	0.079	0.086	0.077	0.088	<b>0.083</b>
BZ31	BZ32	0.060	0.066	0.059	0.067	<b>0.063</b>
BZ32	BZ33	0.047	0.052	0.046	0.053	<b>0.049</b>
BZ33	BZ34	0.070	0.076	0.069	0.078	<b>0.073</b>
BZ34	BZ35	0.060	0.066	0.059	0.067	<b>0.063</b>
BZ35	BZ36	0.060	0.066	0.059	0.068	<b>0.063</b>
BZ36	BZ37	0.081	0.086	0.078	0.088	<b>0.083</b>
BZ37	BZ38	0.084	0.092	0.083	0.094	<b>0.089</b>
BZ38	BZ42	0.057	0.063	0.057	0.064	<b>0.060</b>
Z39	BZ40	0.048	0.054	0.048	0.055	<b>0.051</b>



CAUDAL (m3/seg)						
TRAMO		GANGUILLET-KUTTER	BAZIN	MANNING	PAVLOVSKI	PROMEDIO
BZ40	BZ41	0.043	0.049	0.043	0.050	<b>0.046</b>
BZ41	BZ42	0.025	0.029	0.026	0.029	<b>0.027</b>
BZ42	BZ43	0.099	0.108	0.097	0.111	<b>0.104</b>
BZ43	BZ44	0.071	0.078	0.070	0.079	<b>0.074</b>
BZ44	BZ45	0.085	0.093	0.084	0.095	<b>0.089</b>
BZ45	BZ46	0.068	0.074	0.067	0.076	<b>0.071</b>
BZ46	BZ47	0.075	0.080	0.073	0.082	<b>0.077</b>
BZ47	BZ48	0.127	0.135	0.123	0.139	<b>0.131</b>
BZ48	BZ58	0.214	0.227	0.207	0.233	<b>0.220</b>
BZ49	BZ50	0.049	0.055	0.049	0.056	<b>0.052</b>
BZ50	BZ51	0.043	0.049	0.043	0.050	<b>0.046</b>
BZ51	BZ52	0.040	0.045	0.040	0.046	<b>0.043</b>
BZ52	BZ53	0.049	0.055	0.049	0.056	<b>0.052</b>
BZ53	BZ54	0.041	0.047	0.041	0.047	<b>0.044</b>
BZ54	BZ55	0.038	0.043	0.038	0.043	<b>0.040</b>
BZ55	BZ56	0.044	0.049	0.044	0.050	<b>0.047</b>
BZ56	BZ57	0.036	0.040	0.036	0.041	<b>0.038</b>
BZ57	BZ58	0.037	0.042	0.037	0.043	<b>0.040</b>
BZ58	BZ59	0.180	0.191	0.175	0.197	<b>0.186</b>
BZ59	BZ60	0.144	0.153	0.140	0.157	<b>0.149</b>
BZ60	BZ61	0.099	0.105	0.096	0.108	<b>0.102</b>
BZ61	BZ62	0.129	0.137	0.125	0.141	<b>0.133</b>
BZ62	BZ63	0.144	0.152	0.139	0.157	<b>0.148</b>
BZ63	BZ64	0.120	0.127	0.116	0.131	<b>0.123</b>
BZ64	BZ65	0.133	0.141	0.129	0.145	<b>0.137</b>
BZ65	BZ66	0.118	0.126	0.115	0.129	<b>0.122</b>
BZ66	BZ74	0.137	0.146	0.133	0.150	<b>0.141</b>
BZ67	BZ68	0.039	0.044	0.039	0.045	<b>0.042</b>
BZ68	BZ69	0.035	0.039	0.035	0.040	<b>0.037</b>
BZ69	BZ70	0.041	0.046	0.041	0.047	<b>0.044</b>
BZ70	BZ71	0.042	0.048	0.042	0.049	<b>0.045</b>
BZ71	BZ72	0.035	0.040	0.035	0.041	<b>0.038</b>
BZ72	BZ73	0.032	0.036	0.032	0.037	<b>0.034</b>
BZ73	BZ74	0.039	0.044	0.039	0.045	<b>0.042</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

### 4.3 CAUDALES DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL.

#### 4.3.1 Caudales Obtenidos Por El Método Racional

Tabla 71: Caudal de precipitación total por Microcuenca.

MICROCUEENCA	CAUDAL GENERADO EN TODA LA MICROCUENCA		CAUDAL QUE INGRESA POR REJAS DOMICILIARIAS A LA RED COLECTORA DE AGUAS RESIDUALES	
	ÁREA TOTAL Km2	CAUDAL TOTAL (m3/seg)	ÁREA (Km2)	CAUDAL (m3/seg)
Microcuenca 01	0.14	0.733	0.028	0.162
Microcuenca 02	0.14	0.736	0.028	0.159
Microcuenca 03	0.31	1.430	0.068	0.325
Microcuenca 04	0.18	0.828	0.046	0.223
Microcuenca 05	0.03	0.173	0.006	0.037
Microcuenca 06	0.22	0.998	0.049	0.221
Microcuenca 07	0.08	0.450	0.029	0.167
Microcuenca 08	0.04	0.238	0.011	0.066

Fuente: Elaboración Propia

### 4.4. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE LA RED COLECTORA DE AGUAS RESIDUALES SEGÚN LOS CAUDALES OBTENIDOS.

- En tabla N°65 se observa los resultados obtenidos de los volúmenes excedentes de agua residual con la capacidad actual.
- También se observa los resultados de caudales comparando los volúmenes excedentes de agua pluvial con la capacidad de la red actual.





Tabla 72: Comparación de los caudales con la capacidad en la red existente en el trayecto del canal del río Saphy

TRAMO		CAPACIDAD DE LA RED COLECTORA ACTUAL DE AGUAS RESIDUALES A UN 50 % DEL TIRANTE	CAUDAL GENERADO POR EL APOORTE DE LA POBLACIÓN HACIA LA RED DE AGUAS RESIDUALES	CAUDAL DE AGUAS PLUVIALES POR APOORTE DE REJAS DOMICILIARIAS	CAUDAL DE APOORTE MEDIANTE REJAS DOMICILIARIAS A LA RED COLECTORA JUNTO CON EL APOORTE DE LA POBLACIÓN HACIA LA RED DE AGUAS RESIDUALES	COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA RED COLECTORA CON EL APOORTE DE LA POBLACIÓN	COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA RED COLECTORA CON EL CAUDAL DE APOORTE DE REJAS DOMICILIARIAS DE AGUAS PLUVIALES	COMPARACIÓN DE LA RED COLECTORA ACTUAL CON EL APOORTE DE LAS AGUAS RESIDUALES QUE APORTA LA POBLACIÓN MAS EL CAUDAL DE REJAS DOMICILIARIAS DE AGUAS PLUVIALES
		Qa (m3/seg)	Qr (m3/seg)	Qp (m3/seg)	Qr+Qp (m3/seg)	Qa-Qr (m3/seg)	Qa-Qp (m3/seg)	Qa-(Qr+Qp) (m3/seg)
BZ1	BZ2	0.038	0.026	0.0369	0.063	0.013	0.001	-0.024
BZ2	BZ3	0.034	0.026	0.0369	0.063	0.009	-0.002	-0.028
BZ3	BZ4	0.050	0.026	0.0369	0.063	0.024	0.013	-0.013
BZ4	BZ5	0.040	0.026	0.0369	0.063	0.014	0.003	-0.023
BZ5	BZ6	0.044	0.026	0.0369	0.063	0.019	0.008	-0.018
BZ6	BZ7	0.047	0.026	0.0369	0.063	0.021	0.010	-0.016
BZ7	BZ8	0.035	0.026	0.0369	0.063	0.009	-0.002	-0.028
BZ8	BZ9	0.040	0.026	0.0369	0.063	0.014	0.003	-0.023
BZ9	BZ10	0.036	0.026	0.0369	0.063	0.010	-0.001	-0.027
BZ10	BZ11	0.035	0.026	<b>0.199</b>	0.225	0.009	-0.164	-0.190
BZ11	BZ12	0.039	0.026	0.199	0.225	0.013	-0.160	-0.186
BZ12	BZ13	0.031	0.026	0.199	0.225	0.005	-0.168	-0.194
BZ13	BZ19	0.050	0.026	<b>0.358</b>	0.383	0.024	-0.308	-0.334
BZ14	BZ15	0.044	0.006	0.0369	0.043	0.039	0.008	0.002
BZ15	BZ16	0.035	0.006	0.0369	0.043	0.029	-0.002	-0.007



TRAMO		CAPACIDAD DE LA RED COLECTORA ACTUAL DE AGUAS RESIDUALES A UN 50% DEL TIRANTE	CAUDAL GENERADO POR EL APOORTE DE LA POBLACIÓN HACIA LA RED DE AGUAS RESIDUALES	CAUDAL DE AGUAS PLUVIALES POR APOORTE DE REJAS DOMICILIARIAS	CAUDAL DE APOORTE MEDIANTE REJAS DOMICILIARIAS A LA RED COLECTORA JUNTO CON EL APOORTE DE LA POBLACIÓN HACIA LA RED DE AGUAS RESIDUALES	COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA RED COELCTORA CON EL APOORTE DE LA POBLACIÓN	COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA RED COLECTORA CON EL CAUDAL DE APOORTE DE REJAS DOMICILIARIAS DE AGUAS PLUVIALES	COMPARACIÓN DE LA RED COLECTORA ACTUAL CON EL APOORTE DE LAS AGUAS RESIDUALES QUE APORTA LA POBLACIÓN MAS EL CAUDAL DE REJAS DOMICILIARIAS DE AGUAS PLUVIALES
		Qa (m3/seg)	Qr (m3/Seg)	Qp (m3/seg)	Qr+Qp (m3/seg)	Qa-Qr (m3/seg)	Qa-Qp (m3/seg)	Qa-(Qr+Qp) (m3/seg)
BZ16	BZ17	0.033	0.006	0.0369	0.043	0.028	-0.003	-0.009
BZ17	BZ18	0.038	0.006	0.0369	0.043	0.032	0.001	-0.005
BZ18	BZ19	0.034	0.006	0.0369	0.043	0.028	-0.003	-0.009
BZ19	BZ20	0.058	0.067	0.4316	0.499	-0.010	-0.374	-0.442
BZ20	BZ21	0.070	0.067	0.4316	0.499	0.003	-0.361	-0.429
BZ21	BZ22	0.082	0.067	0.4316	0.499	0.014	-0.350	-0.417
BZ22	BZ23	0.080	0.067	0.4316	0.499	0.013	-0.351	-0.419
BZ23	BZ24	0.097	0.067	0.4316	0.499	0.029	-0.335	-0.402
BZ24	BZ25	0.088	0.067	0.4316	0.499	0.021	-0.344	-0.411
BZ25	BZ26	0.063	0.067	0.4316	0.499	-0.005	-0.369	-0.436
BZ26	BZ27	0.067	0.067	0.4316	0.499	0.000	-0.364	-0.432
BZ27	BZ32	0.056	0.067	0.4316	0.499	-0.011	-0.375	-0.443
BZ28	BZ29	0.083	0.017	0.0369	0.054	0.066	0.046	0.029
BZ29	BZ30	0.057	0.017	0.0369	0.054	0.040	0.020	0.003
BZ30	BZ31	0.077	0.017	0.0369	0.054	0.060	0.040	0.023
BZ31	BZ32	0.059	0.017	0.0369	0.054	0.042	0.022	0.005
BZ32	BZ33	0.046	0.067	0.4685	0.536	-0.021	-0.422	-0.490



TRAMO		CAPACIDAD DE LA RED COLECTORA ACTUAL DE AGUAS RESIDUALES A UN 50% DEL TIRANTE	CAUDAL GENERADO POR EL APORTE DE LA POBLACIÓN HACIA LA RED DE AGUAS RESIDUALES	CAUDAL DE AGUAS PLUVIALES POR APORTE DE REJAS DOMICILIARIAS	CAUDAL DE APORTE MEDIANTE REJAS DOMICILIARIAS A LA RED JUNTO CON EL APORTE DE LA POBLACIÓN HACIA LA RED DE AGUAS RESIDUALES	COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA RED COELCTORA CON EL APORTE DE LA POBLACIÓN	COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA RED COLECTORA CON EL CAUDAL DE APORTE DE REJAS DOMICILIARIAS DE AGUAS PLUVIALES	COMPARACIÓN DE LA RED COLECTORA ACTUAL CON EL APORTE DE LAS AGUAS RESIDUALES QUE APORTA LA POBLACIÓN MAS EL CAUDAL DE REJAS DOMICILIARIAS DE AGUAS PLUVIALES
		Qa (m3/seg)	Qr (m3/Seg)	Qp (m3/seg)	Qr+Qp (m3/seg)	Qa-Qr (m3/seg)	Qa-Qp (m3/seg)	Qa-(Qr+Qp) (m3/seg)
BZ33	BZ34	0.069	0.067	<b>0.960</b>	1.028	0.001	-0.892	-0.959
BZ34	BZ35	0.059	0.067	0.960	1.028	-0.008	-0.901	-0.969
BZ35	BZ36	0.059	0.067	0.960	1.028	-0.008	-0.901	-0.968
BZ36	BZ37	0.078	0.067	0.960	1.028	0.011	-0.882	-0.949
BZ37	BZ38	0.083	0.067	0.960	1.028	0.016	-0.877	-0.945
BZ38	BZ42	0.057	0.067	0.960	1.028	-0.011	-0.904	-0.971
BZ39	BZ40	0.048	0.002	0.037	0.039	0.046	0.011	0.009
BZ40	BZ41	0.043	0.002	0.037	0.039	0.041	0.006	0.004
BZ41	BZ42	0.026	0.002	0.037	0.039	0.023	-0.011	-0.014
BZ42	BZ43	0.097	0.067	0.960	1.028	0.030	-0.863	-0.930
BZ43	BZ44	0.070	0.067	0.960	1.028	0.002	-0.891	-0.958
BZ44	BZ45	0.084	0.067	<b>1.026</b>	1.094	0.016	-0.943	-1.010
BZ45	BZ46	0.067	0.067	1.026	1.094	-0.001	-0.960	-1.027
BZ46	BZ47	0.073	0.067	1.026	1.094	0.005	-0.954	-1.021
BZ47	BZ48	0.123	0.067	1.026	1.094	0.056	-0.903	-0.971
BZ48	BZ58	0.207	0.067	1.026	1.094	0.140	-0.819	-0.887
BZ49	BZ50	0.049	0.015	<b>0.037</b>	0.052	0.034	0.012	-0.003



TRAMO		CAPACIDAD DE LA RED COLECTORA ACTUAL DE AGUAS RESIDUALES A UN 50% DEL TIRANTE	CAUDAL GENERADO POR EL APORTE DE LA POBLACIÓN HACIA LA RED DE AGUAS RESIDUALES	CAUDAL DE AGUAS PLUVIALES POR APORTE DE REJAS DOMICILIARIAS	CAUDAL DE APORTE MEDIANTE REJAS DOMICILIARIAS A LA RED COLECTORA JUNTO CON EL APORTE DE LA POBLACIÓN HACIA LA RED DE AGUAS RESIDUALES	COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA RED COELCTORA CON EL APORTE DE LA POBLACIÓN	COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA RED COLECTORA CON EL CAUDAL DE APORTE DE REJAS DOMICILIARIAS DE AGUAS PLUVIALES	COMPARACIÓN DE LA RED COLECTORA ACTUAL CON EL APORTE DE LAS AGUAS RESIDUALES QUE APORTA LA POBLACIÓN MAS EL CAUDAL DE REJAS DOMICILIARIAS DE AGUAS PLUVIALES
		Qa (m3/seg)	Qr (m3/Seg)	Qp (m3/seg)	Qr+Qp (m3/seg)	Qa-Qr (m3/seg)	Qa-Qp (m3/seg)	Qa-(Qr+Qp) (m3/seg)
BZ50	BZ51	0.043	0.015	0.037	0.052	0.028	0.006	-0.009
BZ51	BZ52	0.040	0.015	0.037	0.052	0.025	0.003	-0.012
BZ52	BZ53	0.049	0.015	0.037	0.052	0.033	0.012	-0.003
BZ53	BZ54	0.041	0.015	0.037	0.052	0.026	0.005	-0.011
BZ54	BZ55	0.038	0.015	0.037	0.052	0.022	0.001	-0.014
BZ55	BZ56	0.044	0.015	0.037	0.052	0.028	0.007	-0.008
BZ56	BZ57	0.036	0.015	0.037	0.052	0.020	-0.001	-0.016
BZ57	BZ58	0.037	0.015	0.037	0.052	0.022	0.000	-0.015
BZ58	BZ59	0.175	0.078	1.137	1.215	0.097	-0.962	-1.040
BZ59	BZ60	0.140	0.078	1.137	1.215	0.062	-0.997	-1.075
BZ60	BZ61	0.096	0.078	1.137	1.215	0.018	-1.041	-1.119
BZ61	BZ62	0.125	0.078	1.137	1.215	0.047	-1.012	-1.090
BZ62	BZ63	0.139	0.078	1.137	1.215	0.061	-0.998	-1.076
BZ63	BZ64	0.116	0.078	1.137	1.215	0.038	-1.021	-1.099
BZ64	BZ65	0.129	0.078	1.137	1.215	0.051	-1.008	-1.086
BZ65	BZ66	0.115	0.078	1.137	1.215	0.037	-1.022	-1.100
BZ66	BZ74	0.133	0.078	1.137	1.215	0.055	-1.004	-1.082



TRAMO		CAPACIDAD DE LA RED COLECTORA ACTUAL DE AGUAS RESIDUALES A UN 50% DEL TIRANTE	CAUDAL GENERADO POR EL APOORTE DE LA POBLACIÓN HACIA LA RED DE AGUAS RESIDUALES	CAUDAL DE AGUAS PLUVIALES POR APOORTE DE REJAS DOMICILIARIAS	CAUDAL DE APOORTE MEDIANTE REJAS DOMICILIARIAS A LA RED COLECTORA JUNTO CON EL APOORTE DE LA POBLACIÓN HACIA LA RED DE AGUAS RESIDUALES	COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA RED COELCTORA CON EL APOORTE DE LA POBLACIÓN	COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA RED COLECTORA CON EL CAUDAL DE APOORTE DE REJAS DOMICILIARIAS DE AGUAS PLUVIALES	COMPARACIÓN DE LA RED COLECTORA ACTUAL CON EL APOORTE DE LAS AGUAS RESIDUALES QUE APORTA LA POBLACIÓN MAS EL CAUDAL DE REJAS DOMICILIARIAS DE AGUAS PLUVIALES
		Qa (m3/seg)	Qr (m3/Seg)	Qp (m3/seg)	Qr+Qp (m3/seg)	Qa-Qr (m3/seg)	Qa-Qp (m3/seg)	Qa-(Qr+Qp) (m3/seg)
BZ67	<b>BZ68</b>	0.039	0.006	<b>0.223</b>	0.228	0.033	-0.184	-0.189
BZ68	BZ69	0.035	0.006	0.223	0.228	0.029	-0.188	-0.194
BZ69	BZ70	0.041	0.006	0.223	0.228	0.035	-0.182	-0.188
BZ70	BZ71	0.042	0.006	0.223	0.228	0.037	-0.180	-0.186
BZ71	BZ72	0.035	0.006	0.223	0.228	0.030	-0.187	-0.193
BZ72	BZ73	0.032	0.006	0.223	0.228	0.026	-0.191	-0.197
BZ73	BZ74	0.039	0.006	0.223	0.228	0.033	-0.184	-0.190

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 73 Comparación de los caudales con la capacidad en la red existente en el trayecto del canal del río Saphy

BUZON		Diámetro De La Red Colectora De Aguas Residuales En El Tramo Del Canal Del Río Shaphy	Capacidad De La Red Colectora Actual De Aguas Residuales Trabajando A Tubo Lleno	Caudal Generado Por El Aporte De La Población Hacia La Red De Aguas Residuales	Caudal De Aguas Pluviales Por Aporte De Rejas Domiciliarias	Caudal De Aporte Mediante Rejas Domiciliarias A La Red Colectora Junto Con El Aporte De La Población Hacia La Red De Aguas Residuales	Tirante Al Que Trabaja La Tubería Con Las Aguas Residuales Aportadas Por La Población Más Las Aguas Pluviales Que Ingresan Por Las Rejas Domiciliarias	Comparación De La Red Colectora Actual Con El Aporte De Las Aguas Residuales Que Aporta La Población Mas El Caudal De Rejas Domiciliarias De Aguas Pluviales	Observación
		D (m)	Qa (m3/seg)	Qr (m3/seg)	Qp (m3/seg)	Qr+Qp (m3/seg)	%	Qa-(Qr+Qp) (m3/seg)	
BZ1	BZ2	0.2	0.076	0.026	0.0369	0.063	92.00%	-0.033	
BZ2	BZ3	0.2	0.069	0.026	0.0369	0.063		-0.036	Sobre pasa su capacidad debe de bajarse la pendiente
BZ3	BZ4	0.2	0.099	0.026	0.0369	0.063	69.00%	-0.024	
BZ4	BZ5	0.2	0.079	0.026	0.0369	0.063	84.60%	-0.032	
BZ5	BZ6	0.2	0.089	0.026	0.0369	0.063	76.00%	-0.028	
BZ6	BZ7	0.2	0.094	0.026	0.0369	0.063	72.00%	-0.026	
BZ7	BZ8	0.2	0.069	0.026	0.0369	0.063		-0.036	Sobre pasa su capacidad debe de bajarse la pendiente
BZ8	BZ9	0.2	0.08	0.026	0.0369	0.063	84.50%	-0.032	
BZ9	BZ10	0.2	0.072	0.026	0.0369	0.063		-0.035	Sobre pasa su capacidad debe de bajarse la pendiente



BUZON		Diámetro De La Red Colectora De Aguas Residuales En El Tramo Del Canal Del Rio Shaphy	Capacidad De La Red Colectora Actual De Aguas Residuales Trabajando A Tubo Lleno	Caudal Generado Por El Aporte De La Población Hacia La Red De Aguas Residuales	Caudal De Aguas Pluviales Por Aporte De Rejas Domiciliarias	Caudal De Aporte Mediante Rejas Domiciliarias A La Red Colectora Junto Con El Aporte De La Población Hacia La Red De Aguas Residuales	Tirante Al Que Trabaja La Tubería Con Las Aguas Residuales Aportadas Por La Población Más Las Aguas Pluviales Que Ingresan Por Las Rejas Domiciliarias	Comparación De La Red Colectora Actual Con El Aporte De Las Aguas Residuales Que Aporta La Población Mas El Caudal De Rejas Domiciliarias De Aguas Pluviales	Observación
		D (m)	Qa (m3/seg)	Qr (m3/seg)	Qp (m3/seg)	Qr+Qp (m3/seg)	%	Qa-(Qr+Qp) (m3/seg)	
BZ10	BZ11	0.2	0.069	0.026	0.1989	0.225		-0.198	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón
BZ11	BZ12	0.2	0.077	0.026	0.1989	0.225		-0.195	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón
BZ12	BZ13	0.2	0.061	0.026	0.1989	0.225		-0.201	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón
BZ13	BZ19	0.25	0.099	0.026	0.3578	0.383		-0.345	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón
BZ14	BZ15	0.2	0.089	0.006	0.0369	0.043	55.00%	-0.008	
BZ15	BZ16	0.2	0.07	0.006	0.0369	0.043	65.00%	-0.016	
BZ16	BZ17	0.2	0.067	0.006	0.0369	0.043	69.50%	-0.017	
BZ17	BZ18	0.2	0.075	0.006	0.0369	0.043	64.00%	-0.014	
BZ18	BZ19	0.2	0.068	0.006	0.0369	0.043	69.50%	-0.016	



BUZON		Diámetro De La Red Colectora De Aguas Residuales En El Tramo Del Canal Del Rio Shaphy	Capacidad De La Red Colectora Actual De Aguas Residuales Trabajando A Tubo Lleno	Caudal Generado Por El Aporte De La Población Hacia La Red De Aguas Residuales	Caudal De Aguas Pluviales Por Aporte De Rejas Domiciliarias	Caudal De Aporte Mediante Rejas Domiciliarias A La Red Colectora Junto Con El Aporte De La Población Hacia La Red De Aguas Residuales	Tirante Al Que Trabaja La Tubería Con Las Aguas Residuales Aportadas Por La Población Más Las Aguas Pluviales Que Ingresan Por Las Rejas Domiciliarias	Comparación De La Red Colectora Actual Con El Aporte De Las Aguas Residuales Que Aporta La Población Mas El Caudal De Rejas Domiciliarias De Aguas Pluviales	Observación
		D (m)	Qa (m3/seg)	Qr (m3/seg)	Qp (m3/seg)	Qr+Qp (m3/seg)	%	Qa-(Qr+Qp) (m3/seg)	
BZ19	BZ20	0.25	0.115	0.067	0.4316	0.499		-0.455	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón
BZ20	BZ21	0.25	0.141	0.067	0.4316	0.499		-0.445	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón
BZ21	BZ22	0.25	0.163	0.067	0.4316	0.499		-0.436	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón
BZ22	BZ23	0.25	0.161	0.067	0.4316	0.499		-0.437	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón
BZ23	BZ24	0.25	0.194	0.067	0.4316	0.499		-0.425	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón





BUZON		Diámetro De La Red Colectora De Aguas Residuales En El Tramo Del Canal Del Río Shaphy	Capacidad De La Red Colectora Actual De Aguas Residuales Trabajando A Tubo Lleno	Caudal Generado Por El Aporte De La Población Hacia La Red De Aguas Residuales	Caudal De Aguas Pluviales Por Aporte De Rejas Domiciliarias	Caudal De Aporte Mediante Rejas Domiciliarias A La Red Colectora Junto Con El Aporte De La Población Hacia La Red De Aguas Residuales	Tirante Al Que Trabaja La Tubería Con Las Aguas Residuales Aportadas Por La Población Más Las Aguas Pluviales Que Ingresan Por Las Rejas Domiciliarias	Comparación De La Red Colectora Actual Con El Aporte De Las Aguas Residuales Que Aporta La Población Más El Caudal De Rejas Domiciliarias De Aguas Pluviales	Observación
		D (m)	Qa (m3/seg)	Qr (m3/seg)	Qp (m3/seg)	Qr+Qp (m3/seg)	%	Qa-(Qr+Qp) (m3/seg)	
BZ24	BZ25	0.25	0.176	0.067	0.4316	0.499		-0.431	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón
BZ25	BZ26	0.25	0.125	0.067	0.4316	0.499		-0.451	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón
BZ26	BZ27	0.25	0.134	0.067	0.4316	0.499		-0.447	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón
BZ27	BZ32	0.25	0.113	0.067	0.4316	0.499		-0.456	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón
BZ28	BZ29	0.25	0.165	0.017	0.0369	0.054	45.20%	0.01	
BZ29	BZ30	0.25	0.113	0.017	0.0369	0.054	57.20%	-0.01	
BZ30	BZ31	0.25	0.155	0.017	0.0369	0.054	47.20%	0.006	
BZ31	BZ32	0.25	0.118	0.017	0.0369	0.054	55.60%	-0.009	



BUZON		Diámetro De La Red Colectora De Aguas Residuales En El Tramo Del Canal Del Rio Shaphy	Capacidad De La Red Colectora Actual De Aguas Residuales Trabajando A Tubo Lleno	Caudal Generado Por El Aporte De La Población Hacia La Red De Aguas Residuales	Caudal De Aguas Pluviales Por Aporte De Rejas Domiciliarias	Caudal De Aporte Mediante Rejas Domiciliarias A La Red Colectora Junto Con El Aporte De La Población Hacia La Red De Aguas Residuales	Tirante Al Que Trabaja La Tubería Con Las Aguas Residuales Aportadas Por La Población Mas Las Aguas Pluviales Que Ingresan Por Las Rejas Domiciliarias	Comparación De La Red Colectora Actual Con El Aporte De Las Aguas Residuales Que Aporta La Población Mas El Caudal De Rejas Domiciliarias De Aguas Pluviales	Observación
		D (m)	Qa (m3/seg)	Qr (m3/seg)	Qp (m3/seg)	Qr+Qp (m3/seg)	%	Qa-(Qr+Qp) (m3/seg)	
BZ32	BZ33	0.25	0.093	0.067	0.4685	0.536		-0.5	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón
BZ33	BZ34	0.25	0.137	0.067	0.9604	1.028		-0.975	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón
BZ34	BZ35	0.25	0.119	0.067	0.9604	1.028		-0.982	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón
BZ35	BZ36	0.25	0.119	0.067	0.9604	1.028		-0.982	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón
BZ36	BZ37	0.32	0.157	0.067	0.9604	1.028		-0.968	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón



BUZON		Diámetro De La Red Colectora De Aguas Residuales En El Tramo Del Canal Del Rio Shaphy	Capacidad De La Red Colectora Actual De Aguas Residuales Trabajando A Tubo Lleno	Caudal Generado Por El Aporte De La Población Hacia La Red De Aguas Residuales	Caudal De Aguas Pluviales Por Aporte De Rejas Domiciliarias	Caudal De Aporte Mediante Rejas Domiciliarias A La Red Colectora Junto Con El Aporte De La Población Hacia La Red De Aguas Residuales	Tirante Al Que Trabaja La Tubería Con Las Aguas Residuales Aportadas Por La Población Mas Las Aguas Pluviales Que Ingresan Por Las Rejas Domiciliarias	Comparación De La Red Colectora Actual Con El Aporte De Las Aguas Residuales Que Aporta La Población Mas El Caudal De Rejas Domiciliarias De Aguas Pluviales	Observación
		D (m)	Qa (m3/seg)	Qr (m3/seg)	Qp (m3/seg)	Qr+Qp (m3/seg)	%	Qa-(Qr+Qp) (m3/seg)	
BZ37	BZ38	0.25	0.166	0.067	0.9604	1.028		-0.964	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón
BZ38	BZ42	0.25	0.113	0.067	0.9604	1.028		-0.984	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón
BZ39	BZ40	0.2	0.096	0.002	0.0369	0.039	51.50%	-0.002	
BZ40	BZ41	0.2	0.086	0.002	0.0369	0.039	55.00%	-0.006	
BZ41	BZ42	0.2	0.051	0.002	0.0369	0.039	82.40%	-0.02	
BZ42	BZ43	0.25	0.195	0.067	0.9604	1.028		-0.953	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón
BZ43	BZ44	0.25	0.139	0.067	0.9604	1.028		-0.974	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón



BUZON		Diámetro De La Red Colectora De Aguas Residuales En El Tramo Del Canal Del Rio Shaphy	Capacidad De La Red Colectora Actual De Aguas Residuales Trabajando A Tubo Lleno	Caudal Generado Por El Aporte De La Población Hacia La Red De Aguas Residuales	Caudal De Aguas Pluviales Por Aporte De Rejas Domiciliarias	Caudal De Aporte Mediante Rejas Domiciliarias A La Red Colectora Junto Con El Aporte De La Población Hacia La Red De Aguas Residuales	Tirante Al Que Trabaja La Tubería Con Las Aguas Residuales Aportadas Por La Población Mas Las Aguas Pluviales Que Ingresan Por Las Rejas Domiciliarias	Comparación De La Red Colectora Actual Con El Aporte De Las Aguas Residuales Que Aporta La Población Mas El Caudal De Rejas Domiciliarias De Aguas Pluviales	Observación
		D (m)	Qa (m3/seg)	Qr (m3/seg)	Qp (m3/seg)	Qr+Qp (m3/seg)	%	Qa-(Qr+Qp) (m3/seg)	
BZ44	BZ45	0.25	0.167	0.067	1.0264	1.094		-1.03	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón
BZ45	BZ46	0.25	0.133	0.067	1.0264	1.094		-1.043	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón
BZ46	BZ47	0.32	0.145	0.067	1.0264	1.094		-1.038	Debe de incrementarse el diámetro en este punto rebasa el agua residual por el buzón

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.5. DISEÑO DE LA PROPUESTA DEL SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES

Se optó por un diseño de un sistema de evacuación de aguas pluviales capaz de captar y transportar todos los caudales originados en cada Microcuenca y derivarlo al canal del río Saphy.

##### 4.5.1 Diseño de la propuesta técnica, canal recolectora de aguas pluviales de la Microcuenca N° 01.

###### Diseño para la Microcuenca N°01

Se calculó el caudal de cada tramo para realizar el diseño del canal de evacuación pluvial.

Tabla 74: Caudal de precipitación por área tributaria de los tramos.

TRAMO	ÁREA TRIBUTARIA				CAUDAL QUE SE GENERA EN CADA TRAMO DE LA MICROCIENCA.	CAUDAL ACUMULADO GENERADO POR LAS AGUAS PLUVIALES (m3/seg)
	ÁREA PAVIMENTO (m2)	ÁREA TECHOS (m2)	ÁREA TOTAL (m2)	ÁREA TOTAL (km2)		
A	4962.15	2425.38	7387.53	0.0074	0.039	0.039
1	1359.51	1643.64	3003.15	0.003	0.016	0.016
B	3175.08	4042.56	7217.64	0.0072	0.038	0.093
2	705.63	4762.86	5468.49	0.0055	0.029	0.029
C	633.85	2518.37	3152.22	0.0032	0.017	0.139
3	692.37	4548.61	5240.98	0.0052	0.028	0.028
D	550.96	2152.38	2703.34	0.0027	0.014	0.181
4	1218.46	5260.75	6479.21	0.0065	0.034	0.034
E	324.67	414.86	739.53	0.0007	0.004	0.219
5	2587.71	8809.51	11397.22	0.0114	0.060	0.060
F	3037.91	9652.46	12690.37	0.0127	0.067	0.347
6	681.39	2,148.31	2,829.70	0.0028	0.015	0.015
G	1754.86	3603.85	5358.71	0.0054	0.028	0.391
7	6567.81	17,982.04	24549.85	0.0245	0.130	<b>0.130</b>
H	577.96	1176.58	1754.54	0.0018	0.009	0.530
8	1,291.67	4,176.85	5,468.52	0.0055	0.029	0.029
I	219.54	426.38	645.92	0.0006	0.003	0.563
9	2926.76	8884.76	11811.52	0.0118	0.063	0.063
J	513.76	10559.31	11073.07	0.0111	0.059	0.684
10	1438.19	5067.42	6505.61	0.0065	0.034	0.034
K	261.08	2477.38	2738.46	0.0027	0.015	<b>0.733</b>

Fuente: Elaboración Propia

El caudal de diseño del canal colector secundario tendrá el mismo diseño para todos dentro de la Microcuenca N°01, y para el cálculo del diseño se consideró el caudal más alto de todos los ramales aportantes.

Para la Microcuenca N°01 se obtuvo que el caudal más alto es de 0.130 m<sup>3</sup>/seg del ramal N°07 perteneciente a un colector secundario.

Tabla 75: Cálculo de las dimensiones del canal colector secundario de aguas pluviales de toda la Microcuenca N 01.

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: MICROCUENCA 01 Proyecto: PROPUESTA Y EVALUACION  
Tramo: CANAL SECUNDARIO Revestimiento: IMPERMEABILIZANTE

**Datos:**

Caudal (Q):	0.065	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	0.25	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.013	
Pendiente (S):	0.05	m/m

**Resultados:**

Tirante normal (y):	0.1028	m	Perímetro (p):	0.4556	m
Área hidráulica (A):	0.0257	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.0564	m
Espejo de agua (T):	0.2500	m	Velocidad (v):	2.5297	m/s
Número de Froude (F):	2.5194		Energía específica (E):	0.4290	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 10:25 a.m. 04/04/2019

Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño del canal se consideró el caudal de ambos lados de la calle por ende consideramos la mitad del caudal para el diseño, ya que será dividido para ambos márgenes de la vía siendo 0.065 m<sup>3</sup>/seg

Tabla 76: Diseño del canal secundario de la Microcuenca N°01

DISEÑO DEL CANAL SECUNDARIO DE LA MICROCUENCA N°01									
DATOS OBTENIDOS									
Caudal (Q) m3/seg	Tirante Normal (y)m	Ancho o Espejo de agua (b)m	Rugosidad (n)	Pendiente (S) m/m	Área Hidráulica (A) m2	Perímetro Mojado (P) m	Radio Hidráulico (R) m	Velocidad (V) m/s	Tirante Total (Y) m
0.065	0.1028	0.25	0.013	0.05	0.0257	0.4556	0.0564	2.529	0.20

Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño del colector principal se consideran 2 tipos de diseños distintos para ambos márgenes tomando en cuenta el caudal de cada uno de ellos que se evacua hasta el río Saphy.

Para el diseño del canal de uno de los márgenes se calculó el caudal de 0.432 m3/seg.

Tabla 77: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales para la Microcuenca N° 01.

**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

Lugar: MICROCUENCA 01 Proyecto: PROPUESTA Y EVALUACION  
 Tramo: CANAL PRINCIPAL Revestimiento: IMPERMEABILIZANTE

**Datos:**  
 Caudal (Q): 0.432 m3/s  
 Ancho de solera (b): 0.4 m  
 Talud (Z): 0  
 Rugosidad (n): 0.013  
 Pendiente (S): 0.09 m/m

**Resultados:**  
 Tirante normal (y): 0.2128 m  
 Área hidráulica (A): 0.0851 m2  
 Espejo de agua (T): 0.4000 m  
 Número de Froude (F): 3.5117  
 Tipo de flujo: Supercrítico  
 Perímetro (p): 0.8257 m  
 Radio hidráulico (R): 0.1031 m  
 Velocidad (v): 5.0743 m/s  
 Energía específica (E): 1.5252 m-Kg/Kg

Calculador

Fuente: Elaboración Propia

Se obtiene los siguientes datos del diseño del canal de un lado del margen.

Tabla 78: Diseño del canal principal de la Microcuenca N°01

DISEÑO DE UNA MARGEN DE LA MICROCUENCA N°01									
DATOS OBTENIDOS									
Caudal (Q) m3/seg	Tirante Normal (y) m	Ancho o Espejo de agua (b) M	Rugosidad (n)	Pendiente (S) m/m	Área Hidráulica (A) m2	Perímetro o Mojado (P) m	Radio Hidráulico (R) m	Velocidad (V) m/s	Tirante Total (Y) m
0.432	0.2128	0.40	0.013	0.09	0.0851	0.8257	0.1031	5.074	0.40

Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño del canal de uno de los márgenes se calculó que el caudal que evacuara es de 0.301 m3/seg.

Tabla 79: Cálculo de las dimensiones del canal principal de aguas pluviales para la Microcuenca N°01.

**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

Lugar: MICROCUENCA 01 Proyecto: PROPUESTA Y EVALUACION  
 Tramo: CANAL PRINCIPAL Revestimiento: IMPERMEABILIZANTE

**Datos:**  
 Caudal (Q): 0.301 m3/s  
 Ancho de solera (b): 0.35 m  
 Talud (Z): 0  
 Rugosidad (n): 0.013  
 Pendiente (S): 0.09 m/m

**Resultados:**  
 Tirante normal (y): 0.1855 m  
 Área hidráulica (A): 0.0649 m2  
 Espejo de agua (T): 0.3500 m  
 Número de Froude (F): 3.4368  
 Tipo de flujo: Supercrítico  
 Perímetro (p): 0.7210 m  
 Radio hidráulico (R): 0.0900 m  
 Velocidad (v): 4.6362 m/s  
 Energía específica (E): 1.2810 m-Kg/Kg

Calculador Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 10:34 a.m. 04/04/2019

Fuente: Elaboración Propia

Se obtiene los siguientes datos del diseño del canal de un lado del margen.



Tabla 80: Diseño del canal principal de la Microcuenca N°01.

DISEÑO DEL CANAL PRINCIPAL DE UNA MARGEN DE LA MICROCUENCA N°01									
DATOS OBTENIDOS									
Caudal (Q) m3/seg	Tirante Normal (y)m	Ancho o Espejo de agua (b)m	Rugosidad (n)	Pendiente (S) m/m	Área Hidráulica (A)m2	Perímetro o Mojado (P)m	Radio Hidráulico (R) m	Velocidad (V) m/s	Tirante Total (Y)m
0.301	0.1855	0.35	0.013	0.09	0.0649	0.721	0.09	4.63	0.35

Fuente: Elaboración Propia

### DISEÑO DE LA MICROCUENCA N°02

Se calculó el caudal de cada tramo para realizar el diseño del canal de evacuación pluvial.

Tabla 81: Caudal de precipitación por área tributaria de los tramos.

TRAMO	AREA TRIBUTARIA				CAUDAL QUE SE GENERA EN CADA TRAMO DE LA MICROCIENCA.	CAUDAL ACUMULADO GENERADO POR LAS AGUAS PLUVIALES (m3/seg)
	ÁREA PAVIMENTO (m2)	ÁREA TECHOS (m2)	ÁREA TOTAL (m2)	ÁREA TOTAL (km2)		
A	4773.64	9035.18	13808.82	0.0138	0.0712	0.071
1	3319.95	9884.31	13204.26	0.0132	0.0680	0.068
B	6357.86	13381.46	19739.32	0.0197	0.1017	0.241
2	793.77	1494.64	2288.41	0.0023	0.0118	0.012
C	3612.38	13773.85	17386.23	0.0174	0.0897	0.343
3	1380.75	7373.64	8754.39	0.0088	0.0452	0.045
D	1175.48	5829.76	7005.24	0.007	0.0362	0.424
4	23919.85	3276.46	27196.31	0.0272	0.1403	<b>0.140</b>
E	466.38	2557.94	3024.32	0.003	0.0156	0.580
5	1043.86	4765.91	5809.77	0.0058	0.0300	0.030
F	4234.91	20230.46	24465.37	0.0245	0.1261	<b>0.736</b>

Fuente: Elaboración Propia

El caudal de diseño del canal colector secundario tendrá el mismo diseño para todos dentro de la Microcuenca N°02, y para el cálculo del diseño se consideró el caudal más alto de todos los ramales aportantes.

Para la Microcuenca N°02 se obtuvo que el caudal más alto es de 0.140 m3/seg del ramal N°04 perteneciente a un colector secundario.

Tabla 82: Cálculo de las dimensiones del canal colector secundario de aguas pluviales de toda la microcuenca N° 02.

**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

Lugar: **MICROCUECNA 02** Proyecto: **PROPUESTA Y EVALUACION**  
 Tramo: **CANAL SECUNDARIO** Revestimiento: **IMPERMEABILIZANTE**

**Datos:**  
 Caudal (Q): **0.07** m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b): **0.25** m  
 Talud (Z): **0**  
 Rugosidad (n): **0.013**  
 Pendiente (S): **0.06** m/m

**Resultados:**  
 Tirante normal (y): **0.1015** m Perímetro (p): **0.4530** m  
 Área hidráulica (A): **0.0254** m<sup>2</sup> Radio hidráulico (R): **0.0560** m  
 Espejo de agua (T): **0.2500** m Velocidad (v): **2.7585** m/s  
 Número de Froude (F): **2.7644** Energía específica (E): **0.4893** m-Kg/Kg  
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Calculadora, Limpiar Pantalla, Imprimir, Menú Principal, Calculadora

Ejecuta las operaciones 10:43 a.m. 04/04/2019

Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño del canal se consideró en ambos lados de la calle por ende consideramos la mitad del caudal para el diseño siendo 0.07 m<sup>3</sup>/seg.

Tabla 83: Diseño del canal secundario de la Microcuenca N°02.

DISEÑO DEL CANAL SECUNDARIO DE LA MICROCUECNA 2									
DATOS OBTENIDOS									
Caudal (Q) m <sup>3</sup> /seg	Tirante Normal (y)m	Ancho o Espejo de agua (b)m	Rugosidad (n)	Pendiente (S) m/m	Área Hidráulica (A)m <sup>2</sup>	Perímetro Mojado (P)m	Radio Hidráulico (R) m	Velocidad (V) m/s	Tirante Total (Y)m
0.07	0.1015	0.25	0.013	0.06	0.0254	0.453	0.056	2.758	0.20

Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño del colector principal se consideran 2 tipos de diseños distintos para ambos márgenes tomando en cuenta el caudal de cada uno de ellos que evacuara hasta el rio Saphy.

Para el diseño del canal de uno de los márgenes se calculó que el caudal que evacuara es de 0.412 m<sup>3</sup>/seg.

Tabla 84: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales de toda la Microcuenca 02

Fuente: Elaboración Propia

Se obtiene los siguientes datos del diseño del canal de un lado de la margen.

Tabla 85: Diseño del canal principal de la Microcuenca N°02.

DISEÑO DEL CANAL PRINCIPAL DE UNA MARGEN DE LA MICROCUENCA 02									
DATOS OBTENIDOS									
Caudal (Q) m3/seg	Tirante Normal (y)m	Ancho o Espejo de agua (b)m	Rugosidad (n)	Pendiente (S) m/m	Área Hidráulica (A)m2	Perímetro Mojado (P)m	Radio Hidráulico (R) m	Velocidad (V) m/s	Tirante Total (Y)m
0.412	0.1905	0.40	0.013	0.11	0.0762	0.781	0.0976	5.4069	0.40

Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño del canal de uno de los márgenes se calculó que el caudal que evacuara es de 0.324 m<sup>3</sup>/seg.

Tabla 86: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales de toda la Microcuenca 02

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **MICROCUCENCA 02** Proyecto: **PROPUESTA Y EVALUACION**  
 Tramo: **CANAL PRINCIPAL** Revestimiento: **IMPERMEABILIZANTE**

**Datos:**  
 Caudal (Q): **0.324** m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b): **0.35** m  
 Talud (Z): **0**  
 Rugosidad (n): **0.013**  
 Pendiente (S): **0.11** m/m

**Resultados:**  
 Tirante normal (y): **0.1818** m Perímetro (p): **0.7136** m  
 Área hidráulica (A): **0.0636** m<sup>2</sup> Radio hidráulico (R): **0.0892** m  
 Espejo de agua (T): **0.3500** m Velocidad (v): **5.0920** m/s  
 Número de Froude (F): **3.8129** Energía específica (E): **1.5033** m-Kg/Kg  
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Calculadora Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 10:52 a.m. 04/04/2019

Fuente: Elaboración Propia

Se obtiene los siguientes datos del diseño del canal de un lado de la margen.

Tabla 87: Diseño del canal principal de la Microcuenca N°02.

DISEÑO DEL CANAL PRINCIPAL DE UNA MARGEN DE LA MICROCUCENCA 02									
DATOS OBTENIDOS									
Caudal (Q) m <sup>3</sup> /seg	Tirante Normal (y)m	Ancho o Espejo de agua (b)m	Rugosidad (n)	Pendiente (S) m/m	Área Hidráulica (A)m <sup>2</sup>	Perímetro Mojado (P)m	Radio Hidráulico (R) m	Velocidad (V) m/s	Tirante Total (Y)m
0.324	0.1818	0.35	0.013	0.11	0.0636	0.7136	0.0892	5.09	0.35

Fuente: Elaboración Propia

### DISEÑO DE LA MICROCUCENCA 03

Se calculó el caudal de cada tramo para realizar el diseño del canal de evacuación pluvial.

Tabla 88: Caudales de precipitaciones por área tributaria de los tramos



TRAMO	ÁREA TRIBUTARIA				CAUDAL QUE SE GENERA EN CADA TRAMO DE LA MICROCIENCA.	CAUDAL ACUMULADO GENERADO POR LAS AGUAS PLUVIALES (m3/seg)
	ÁREA PAVIMENTO (m2)	ÁREA TECHOS (m2)	ÁREA TOTAL (m2)	ÁREA TOTAL (km2)		
A	6478.35	14968.37	21446.72	0.0214	0.099	0.099
1	3027.35	4508.37	7535.72	0.0075	0.035	0.035
B	5717.34	325.64	6042.98	0.006	0.028	0.161
2	4182.61	12555.86	16738.47	0.0167	0.077	0.077
C	698.81	396.48	1095.29	0.0011	0.005	0.243
3	12777.62	2986.48	15764.1	0.0158	0.072	0.072
4	7414.38	25210.37	32624.75	0.0326	0.150	0.150
D	636.52	294.37	930.89	0.0009	0.004	0.470
5	1392.03	3745.92	5137.95	0.0051	0.024	0.024
E	10343.34	20834.67	31178.01	0.0312	0.143	0.636
6	2351.86	10170.76	12522.62	0.0125	0.058	0.058
F	598.76	3,492.75	4,091.51	0.0041	0.019	0.713
7	14788.96	9986.37	24775.33	0.0248	0.114	0.114
G	2918.56	24,050.48	26969.04	0.027	0.124	0.951
8	1348.95	8067.12	9416.07	0.0094	0.043	0.043
H	3,555.64	8,581.15	12,136.79	0.0121	0.056	1.050
9	13478.61	33241.86	46720.47	0.0467	0.215	<b>0.215</b>
I	1516.86	7470.56	8987.42	0.009	0.041	1.306
10	3768.49	20285.19	24053.68	0.0241	0.111	0.111
J	1572.56	1340.8	2913.36	0.0029	0.013	<b>1.429</b>

Fuente: Elaboración Propia

El caudal de diseño del canal colector secundario tendrá el mismo diseño para todos dentro de la microcuenca N°03, y para el cálculo del diseño se consideró el caudal más alto de todos los ramales aportantes.

Para la microcuenca N°03 se obtuvo que el caudal más alto es de 0.215 m3/seg del ramal N°09 perteneciente a un colector secundario.

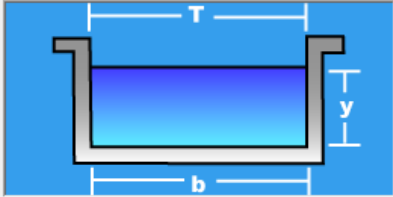
Tabla 89: Cálculo de las dimensiones del canal colector secundario de aguas pluviales de todo la Microcuenca 03.

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **MICROCUEENCA 03** Proyecto: **PROPUESTA Y EVALUACION**  
 Tramo: **CANAL SECUNDARIO** Revestimiento: **IMPERMEABILIZANTE**

**Datos:**

Caudal (Q): **0.107** m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b): **0.3** m  
 Talud (Z): **0**  
 Rugosidad (n): **0.013**  
 Pendiente (S): **0.04** m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y): **0.1351** m Perímetro (p): **0.5702** m  
 Área hidráulica (A): **0.0405** m<sup>2</sup> Radio hidráulico (R): **0.0711** m  
 Espejo de agua (T): **0.3000** m Velocidad (v): **2.6399** m/s  
 Número de Froude (F): **2.2931** Energía específica (E): **0.4903** m-Kg/Kg  
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 10:55 a.m. 04/04/2019

Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño del canal secundario se consideró en ambos lados de la calle por ende consideramos la mitad del caudal para el diseño siendo 0.107 m<sup>3</sup>/seg.

Tabla 90: Diseño del canal secundario de la Microcuenca 03.

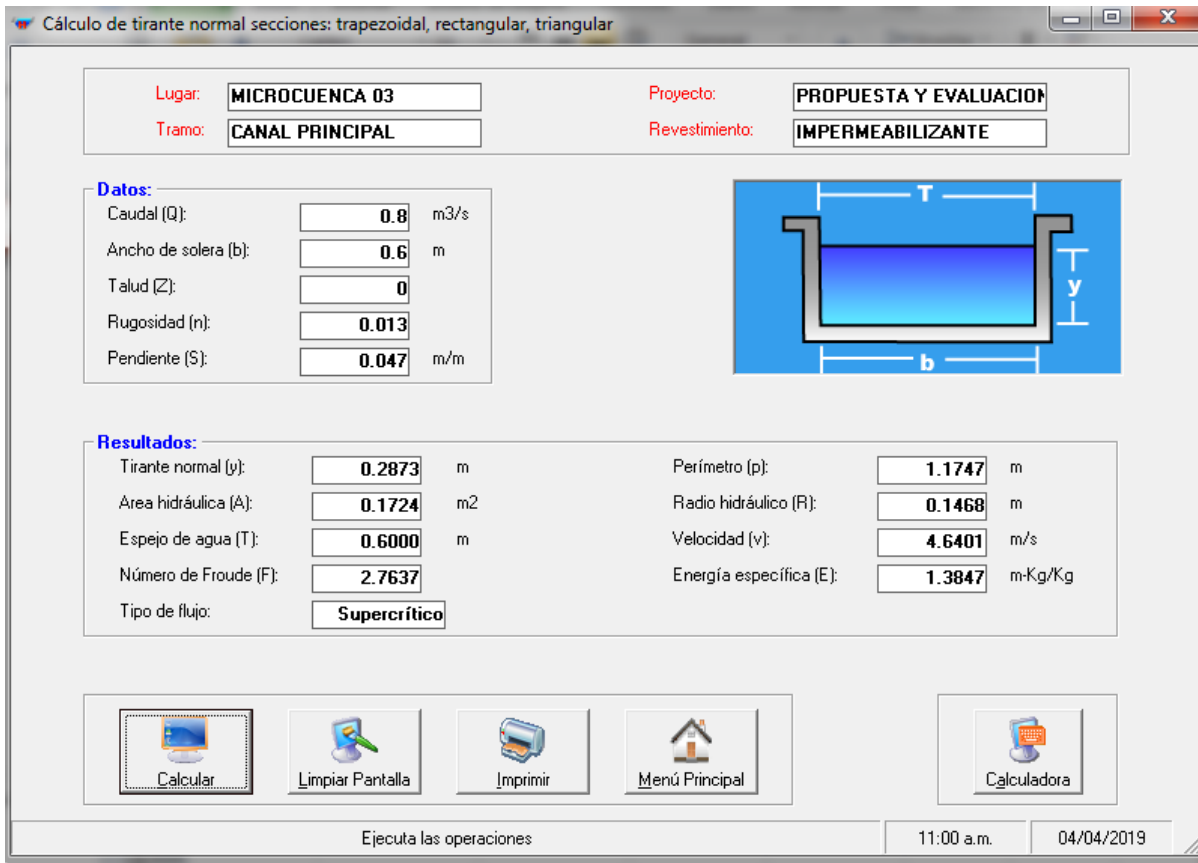
DISEÑO DEL CANAL SECUNDARIO DE LA MICROCUENCA 3									
DATOS OBTENIDOS									
Caudal (Q) m <sup>3</sup> /seg	Tirante Normal (y)m	Ancho o Espejo de agua (b)m	Rugosidad (n)	Pendiente (S) m/m	Área Hidráulica (A)m <sup>2</sup>	Perímetro Mojado (P)m	Radio Hidráulico (R) m	Velocidad (V) m/s	Tirante Total (Y)m
0.107	0.1351	0.30	0.013	0.04	0.0405	0.5702	0.0711	2.639	0.25

Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño del colector principal se consideran 2 tipos de diseños distintos para ambos márgenes tomando en cuenta el caudal de cada uno de ellos que evacua hasta el río Saphy.

Para el diseño del canal de uno de los márgenes se calculó que el caudal que evacua es de 0.80 m<sup>3</sup>/seg.

Tabla 91: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales de toda la Microcuenca 03



Fuente: Elaboración Propia

Se obtiene los siguientes datos del diseño del canal de un lado de la margen.

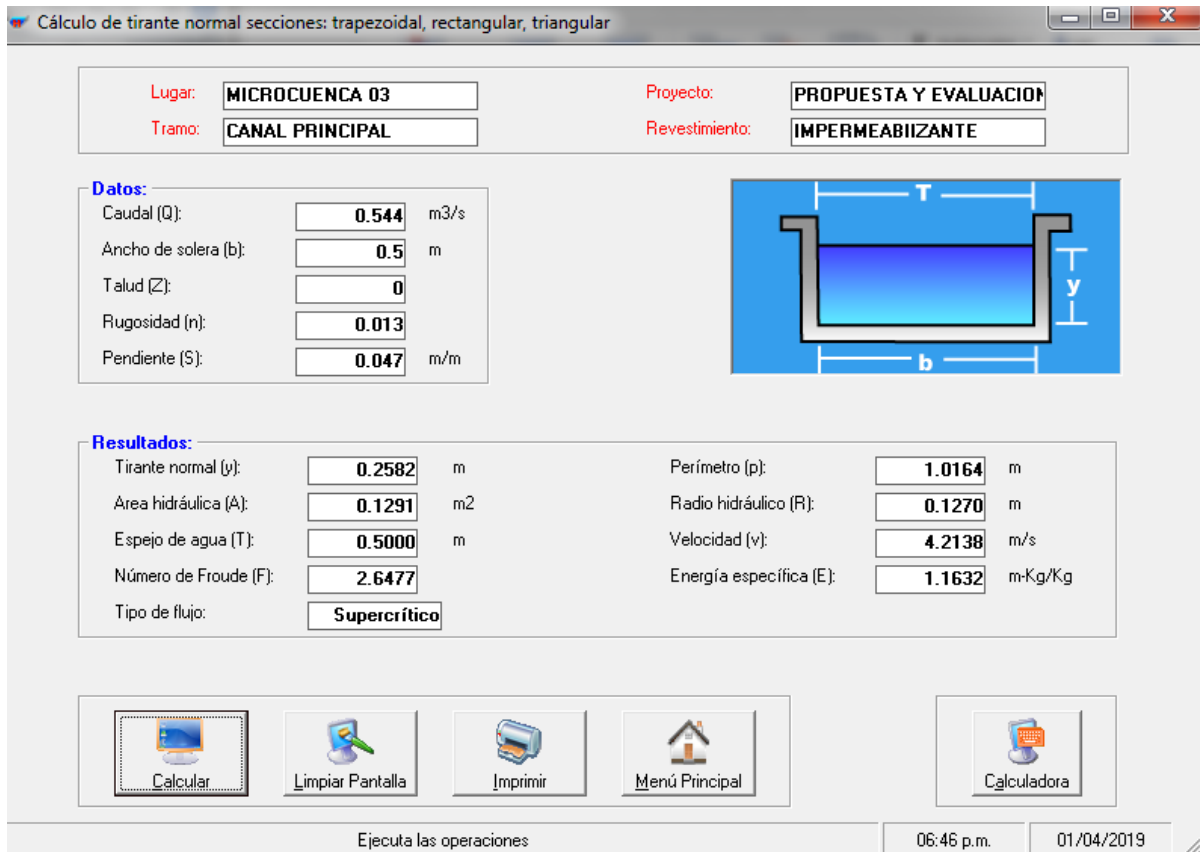
Tabla 92: Diseño del canal principal de la Microcuenca 03.

DISEÑO DEL CANAL PRINCIPAL DE UNA MARGEN DE LA MICROCUENCA 03									
DATOS OBTENIDOS									
Caudal (Q) m3/seg	Tirante Normal (y)m	Ancho o Espejo de agua (b)m	Rugosidad (n)	Pendiente (S) m/m	Área Hidráulica (A)m2	Perímetro Mojado (P)m	Radio Hidráulico (R) m	Velocidad (V) m/s	Tirante Total (Y)m
0.80	0.287	0.60	0.013	0.047	0.1724	1.1747	0.1468	4.64	0.55

Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño del canal de uno de los márgenes se calculó que el caudal que evacuara es de 0.629 m3/seg.

Tabla 93: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales de toda la Microcuenca 03



Fuente: Elaboración Propia

Se obtiene los siguientes datos del diseño del canal de un lado de la margen.

Tabla 94: Diseño del canal principal de la Microcuencia 03.

DISEÑO DEL CANAL PRINCIPAL DE UNA MARGEN DE LA MICROCUENCA 03									
DATOS OBTENIDOS									
Caudal (Q) m3/seg	Tirante Normal (y)m	Ancho o Espejo de agua (b)m	Rugosidad (n)	Pendiente (S) m/m	Área Hidráulica (A)m2	Perímetro Mojado (P)m	Radio Hidráulico (R) m	Velocidad (V) m/s	Tirante Total (Y)m
0.629	0.2882	0.50	0.013	0.047	0.1441	1.0765	0.1339	4.364	0.50

Fuente: Elaboración Propia

### DISEÑO DE LA MICROCUENCA 04



Se calculó el caudal de cada tramo para realizar el diseño del canal de evacuación pluvial.

Tabla 95: Caudales de precipitaciones por área tributaria de los tramos

TRAMO	AREA TRIBUTARIA				CAUDAL QUE SE GENERA EN CADA TRAMO DE LA MICROCIENCIA.	CAUDAL ACUMULADO GENERADO POR LAS AGUAS PLUVIALES (m3/seg)
	ÁREA PAVIMENTO (m2)	ÁREA TECHOS (m2)	ÁREA TOTAL (m2)	ÁREA TOTAL (km2)		
A	1344.86	2231.75	3576.61	0.0036	0.017	0.017
1	7491.56	19282.54	26774.1	0.0268	0.125	0.125
B	1284.53	3496.55	4781.08	0.0048	0.022	0.164
2	24260.81	36133.18	60393.99	0.0604	0.282	<b>0.282</b>
C	25389.26	56679.9	82069.16	0.0821	0.383	<b>0.828</b>

Fuente: Elaboración Propia

El caudal de diseño del canal colector secundario tendrá el mismo diseño para todos dentro de la Microcuenca N°04, y para el cálculo del diseño se consideró el caudal más alto de todos los ramales aportantes.

Para la Microcuenca N°04 se obtuvo que el caudal más alto es de 0.282 m3/seg del ramal N°02 perteneciente a un colector secundario.

Tabla 96: Cálculo de las dimensiones del canal colector secundario de aguas pluviales de toda la Microcuenca 04.

Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño del canal se consideró en ambos lados de la calle por ende consideramos la mitad del caudal para el diseño siendo 0.141 m<sup>3</sup>/seg

Tabla 97: Diseño del canal secundario de la Microcuenca 04.

DISEÑO DEL CANAL SECUNDARIO DE LA MICROCUENCA 4									
DATOS OBTENIDOS									
Caudal (Q) m <sup>3</sup> /seg	Tirante Normal (y)m	Ancho o Espejo de agua (b)m	Rugosidad (n)	Pendiente (S) m/m	Área Hidráulica (A)m <sup>2</sup>	Perímetro Mojado (P)m	Radio Hidráulico (R) m	Velocidad (V) m/s	Tirante Total (Y)m
0.141	0.1846	0.35	0.013	0.02	0.0646	0.7192	0.0898	2.1821	0.35

Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño del colector principal se consideran 2 tipos de diseños distintos para ambos márgenes tomando en cuenta el caudal de cada uno de ellos que evacua hasta el rio Saphy.

Para el diseño del canal de uno de los márgenes se calculó que el caudal que evacua es de 0.555 m<sup>3</sup>/seg.

Tabla 98: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales de toda la Microcuenca 04

Fuente: Elaboración Propia

Se obtiene los siguientes datos del diseño del canal principal de un lado de la margen.

Tabla 99: Diseño del canal principal de la Microcuenca 04.

DISEÑO DEL CANAL PRINCIPAL DE UNA MARGEN DE LA MICROCUENCA 04									
DATOS OBTENIDOS									
Caudal (Q) m3/seg	Tirante Normal (y)m	Ancho o Espejo de agua (b)m	Rugosidad (n)	Pendiente (S) m/m	Área Hidráulica (A)m2	Perímetro Mojado (P)m	Radio Hidráulico (R) m	Velocidad (V) m/s	Tirante Total (Y)m
0.555	0.2856	0.60	0.013	0.023	0.1713	1.1711	0.1463	3.239	0.55

Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño del canal de uno de los márgenes se calculó que el caudal que evacuara es de 0.273 m3/seg.

Tabla 100: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales de toda la Microcuenca 04

Fuente: Elaboración Propia

Se obtiene los siguientes datos del diseño del canal de un lado de la margen.

Tabla 101: Diseño del canal principal de la Microcuenca N° 04.

DISEÑO DEL CANAL PRINCIPAL DE UNA MARGEN DE LA MICROCUENCA 04									
DATOS OBTENIDOS									
Caudal (Q) m3/seg	Tirante Normal (y)m	Ancho o Espejo de agua (b)m	Rugosidad (n)	Pendiente (S) m/m	Área Hidráulica (A)m2	Perímetro Mojado (P)m	Radio Hidráulico (R) m	Velocidad (V) m/s	Tirante Total (Y)m
0.273	0.2236	0.45	0.013	0.023	0.1006	0.8972	0.1122	2.713	0.45

Fuente: Elaboración Propia

### DISEÑO DE LA MICROCUENCA 05

Se calculó el caudal de cada tramo para realizar el diseño del canal de evacuación pluvial.

Tabla 102: Caudal de precipitación por área tributaria de los tramos

TRAMO	ÁREA TRIBUTARIA				CAUDAL QUE SE GENERA EN CADA TRAMO DE LA MICROCIENCA.	CAUDAL ACUMULADO GENERADO POR LAS AGUAS PLUVIALES (m3/seg)
	ÁREA PAVIMENTO (m2)	ÁREA TECHOS (m2)	ÁREA TOTAL (m2)	ÁREA TOTAL (km2)		
A	597.55	2598.37	3195.92	0.0032	0.019	0.019
1	2942.09	11386.74	14328.83	0.0143	0.084	<b>0.084</b>
B	729.87	2864.37	3594.24	0.0036	0.021	0.124
2	4179.38	4068.78	8248.16	0.0082	0.037	0.037
C	615.74	1307.21	1922.95	0.0019	0.011	<b>0.172</b>

Fuente: Elaboración Propia

El caudal de diseño del canal colector secundario tendrá el mismo diseño para todos dentro de la Microcuenca N°05, y para el cálculo del diseño se consideró el caudal más alto de todos los ramales aportantes.

Para la Microcuenca N°05 se obtuvo que el caudal más alto es de 0.084 m3/seg del ramal N°01 perteneciente a un colector secundario.

Tabla 103: Cálculo de las dimensiones del canal colector secundario de aguas pluviales de toda la Microcuenca 05.

**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

Lugar: **MICROCUEENCA 05** Proyecto: **PROPUESTA Y EVALUACION**  
 Tramo: **CANAL SECUNDARIO** Revestimiento: **IMPERMEABILIZANTE**

**Datos:**  
 Caudal (Q): **0.042** m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b): **0.25** m  
 Talud (Z): **0**  
 Rugosidad (n): **0.013**  
 Pendiente (S): **0.03** m/m

**Resultados:**  
 Tirante normal (y): **0.0901** m Perímetro (p): **0.4302** m  
 Área hidráulica (A): **0.0225** m<sup>2</sup> Radio hidráulico (R): **0.0524** m  
 Espejo de agua (T): **0.2500** m Velocidad (v): **1.8647** m/s  
 Número de Froude (F): **1.9834** Energía específica (E): **0.2673** m-Kg/Kg  
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Calculadora, Limpiar Pantalla, Imprimir, Menú Principal, Calculadora

Ejecuta las operaciones 11:36 a.m. 04/04/2019

Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño del canal se consideró en ambos lados de la calle por ende consideramos la mitad del caudal para el diseño siendo 0.042 m<sup>3</sup>/seg

Tabla 104: Diseño del canal secundario de la Microcuenca 05.

DISEÑO DEL CANAL SECUNDARIO DE LA MICROCUENCA 5									
DATOS OBTENIDOS									
Caudal (Q) m <sup>3</sup> /seg	Tirante Normal (y)m	Ancho o Espejo de agua (b)m	Rugosidad (n)	Pendiente (S) m/m	Área Hidráulica (A)m <sup>2</sup>	Perímetro Mojado (P)m	Radio Hidráulico (R) m	Velocidad (V) m/s	Tirante Total (Y)m
0.042	0.0901	0.25	0.013	0.03	0.0225	0.4302	0.0524	1.8647	0.20

Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño del colector principal se consideró 1 tipos de diseño evacuando hasta el rio Saphy.

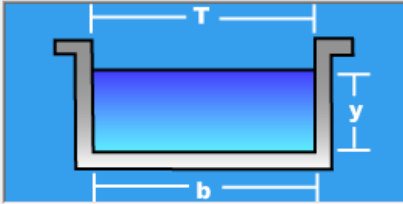
Para el diseño del canal del margen se calculó que el caudal que evacuara es de 0.172 m<sup>3</sup>/seg.

Tabla 105: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales de toda la Microcuenca 05

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **MICROCUEENCA 05** Proyecto: **PROPUESTA Y EVALUACION**  
 Tramo: **CANAL PRINCIPAL** Revestimiento: **IMPERMEABILIZANTE**

**Datos:**  
 Caudal (Q): **0.172** m3/s  
 Ancho de solera (b): **0.3** m  
 Talud (Z): **0**  
 Rugosidad (n): **0.013**  
 Pendiente (S): **0.06** m/m



**Resultados:**  
 Tirante normal (y): **0.1657** m Perímetro (p): **0.6313** m  
 Área hidráulica (A): **0.0497** m<sup>2</sup> Radio hidráulico (R): **0.0787** m  
 Espejo de agua (T): **0.3000** m Velocidad (v): **3.4609** m/s  
 Número de Froude (F): **2.7149** Energía específica (E): **0.7762** m-Kg/Kg  
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 11:40 a.m. 04/04/2019

Fuente: Elaboración Propia

Se obtiene los siguientes datos del diseño del canal.

Tabla 106: Diseño del canal principal de la Microcuenca 05.

DISEÑO DEL CANAL PRINCIPAL DE UNA MARGEN DE LA MICROCUENCA 05									
DATOS OBTENIDOS									
Caudal (Q) m3/seg	Tirante Normal (y)m	Ancho o Espejo de agua (b)m	Rugosidad (n)	Pendiente (S) m/m	Área Hidráulica (A)m <sup>2</sup>	Perímetro Mojado (P)m	Radio Hidráulico (R) m	Velocidad (V) m/s	Tirante Total (Y)m
0.172	0.1657	0.30	0.013	0.06	0.0497	0.6313	0.0787	3.4609	0.30

Fuente: Elaboración Propia

**DISEÑO DE LA MICROCUENCA 07**



Se calculó el caudal de cada tramo para realizar el diseño del canal de evacuación pluvial.

Tabla 107: Caudal de precipitación por área tributaria de los tramos

TRAMO	ÁREA TRIBUTARIA				CAUDAL QUE SE GENERA EN CADA TRAMO DE LA MICROCIENCA.	CAUDAL ACUMULADO GENERADO POR LAS AGUAS PLUVIALES (m3/seg)
	ÁREA PAVIMENTO O (m2)	ÁREA TECHOS (m2)	ÁREA TOTAL (m2)	ÁREA TOTAL (km2)		
A	3227.29	20052.21	23279.5	0.0233	0.094	0.094
1	1116.11	7607.55	8723.66	0.0087	0.040	0.040
2	1910.12	4578.39	6488.51	0.0065	0.037	0.037
B	1111.43	6139.39	7250.82	0.0073	0.035	0.206
3	1417.71	10327.51	11745.22	0.0117	0.057	0.057
4	4680.05	23517.05	28197.1	0.0282	0.162	<b>0.162</b>
C	2544.43	1934.54	4478.97	0.0045	0.026	<b>0.450</b>

Fuente: Elaboración Propia

El caudal de diseño del canal colector secundario tendrá el mismo diseño para todos dentro de la Microcuenca N°07, y para el cálculo del diseño se consideró el caudal más alto de todos los ramales aportantes.

Para la Microcuenca N°07 se obtuvo que el caudal más alto es de 0.162 m3/seg del ramal N°04 perteneciente a un colector secundario.

Tabla 108: Cálculo de las dimensiones del canal colector secundario de aguas pluviales de toda la Microcuencia 07.



Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño del canal se consideró en un solo lado de la calle ya que el ancho de las calles son menores a 3 m.

Tabla 109: Diseño del canal secundario de la Microcuencia 07.

DISEÑO DEL CANAL SECUNDARIO DE LA MICROCUENCA 7									
DATOS OBTENIDOS									
Caudal (Q) m3/seg	Tirante Normal (y)m	Ancho o Espejo de agua (b)m	Rugosidad (n)	Pendiente (S) m/m	Área Hidráulica (A)m2	Perímetro o Mojado (P)m	Radio Hidráulico (R) m	Velocidad (V) m/s	Tirante Total (Y)m
0.162	0.1583	0.30	0.013	0.06	0.0475	0.6166	0.0770	3.411	0.30

Fuente: Elaboración Propia.

Para el diseño del colector principal se consideraron 2 tipos de diseños distintos para ambos márgenes tomando en cuenta el caudal de cada uno de ellos que evacuara hasta el rio Saphy.

Para el diseño del canal de uno de los márgenes se calculó que el caudal que evacuara es de 0.241 m3/seg.



Tabla 110: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales de toda la Microcuenca 07.

**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

Lugar: **MICROCUENCA 07** Proyecto: **PROPUESTA Y EVALUACION**  
 Tramo: **CANAL PRINCIPAL** Revestimiento: **IMPERMEABILIZANTE**

**Datos:**

Caudal (Q):	<b>0.241</b>	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<b>0.35</b>	m
Talud (Z):	<b>0</b>	
Rugosidad (n):	<b>0.013</b>	
Pendiente (S):	<b>0.098</b>	m/m

**Resultados:**

Tirante normal (y):	<b>0.1522</b>	m	Perímetro (p):	<b>0.6545</b>	m
Área hidráulica (A):	<b>0.0533</b>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<b>0.0814</b>	m
Espejo de agua (T):	<b>0.3500</b>	m	Velocidad (v):	<b>4.5233</b>	m/s
Número de Froude (F):	<b>3.7015</b>		Energía específica (E):	<b>1.1951</b>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<b>Supercrítico</b>				

Diagrama de un canal trapezoidal con ancho de solera (b), tirante normal (y), y espejo de agua (T).

Botones: Calcular, Limpiar Pantalla, Imprimir, Menú Principal, Calculadora

Ejecuta las operaciones 11:49 a.m. 04/04/2019

Fuente: Elaboración Propia

Se obtiene los siguientes datos del diseño del canal de un lado de la margen.

Tabla 111: Diseño del canal principal de la Microcuenca 07..

DISEÑO DEL CANAL PRINCIPAL DE UNA MARGEN DE LA MICROCUENCA 07									
DATOS OBTENIDOS									
Caudal (Q) m <sup>3</sup> /seg	Tirante Normal (y)m	Ancho o Espejo de agua (b)m	Rugosidad (n)	Pendiente (S) m/m	Área Hidráulica (A)m <sup>2</sup>	Perímetro Mojado (P)m	Radio Hidráulico (R) m	Velocidad (V) m/s	Tirante Total (Y)m
0.241	0.1522	0.35	0.013	0.098	0.0533	0.6545	0.0814	4.523	0.30

Fuente: Elaboración Propia

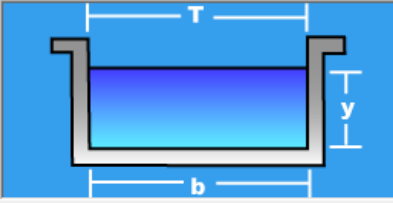
Para el diseño del canal de uno de los márgenes se calculó que el caudal que evacuara es de 0.208 m<sup>3</sup>/seg.

Tabla 112: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales de toda la Microcuenca 07

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **MICROCUEENCA 07** Proyecto: **PROPUESTA Y EVALUACION**  
 Tramo: **CANAL PRINCIPAL** Revestimiento: **IMPERMEABILIZANTE**

**Datos:**  
 Caudal (Q): **0.208** m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b): **0.3** m  
 Talud (Z): **0**  
 Rugosidad (n): **0.013**  
 Pendiente (S): **0.098** m/m



**Resultados:**  
 Tirante normal (y): **0.1589** m Perímetro (p): **0.6177** m  
 Área hidráulica (A): **0.0477** m<sup>2</sup> Radio hidráulico (R): **0.0772** m  
 Espejo de agua (T): **0.3000** m Velocidad (v): **4.3642** m/s  
 Número de Froude (F): **3.4959** Energía específica (E): **1.1296** m-Kg/Kg  
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 11:51 a.m. 04/04/2019

Fuente: Elaboración Propia

Se obtiene los siguientes datos del diseño del canal de un lado de la margen.

Tabla 113: Diseño del canal principal de la Microcuenca 07.

DISEÑO DEL CANAL PRINCIPAL DE UNA MARGEN DE LA MICROCUENCA 07									
DATOS OBTENIDOS									
Caudal (Q) m <sup>3</sup> /seg	Tirante Normal (y)m	Ancho o Espejo de agua (b)m	Rugosidad (n)	Pendiente (S) m/m	Área Hidráulica (A)m <sup>2</sup>	Perímetro Mojado (P)m	Radio Hidráulico (R) m	Velocidad (V) m/s	Tirante Total (Y)m
0.208	0.1589	0.30	0.013	0.098	0.0477	0.6177	0.0772	4.3642	0.30

Fuente: Elaboración Propia

**DISEÑO DE LA MICROCUENCA 08**

Se calculó el caudal de cada tramo para realizar el diseño del canal de evacuación pluvial.

Tabla 114 Caudal de precipitación por área tributaria de los tramos

TRAMO	ÁREA TRIBUTARIA				CAUDAL QUE SE GENERA EN CADA TRAMO DE LA MICROCIENCA.	CAUDAL ACUMULADO GENERADO POR LAS AGUAS PLUVIALES (m3/seg)
	ÁREA PAVIMENTO (m2)	ÁREA TECHOS (m2)	ÁREA TOTAL (m2)	ÁREA TOTAL (km2)		
A	2118.55	6172.94	8291.49	0.0083	0.044	0.044
1	986.86	3251.07	4237.93	0.0042	0.023	0.023
B	3180.04	5455.53	8635.57	0.0086	0.046	0.113
2	2833.48	14795.93	17629.41	0.0176	0.094	<b>0.094</b>
C	856.62	2121.12	2977.74	0.003	0.032	<b>0.238</b>

Fuente: Elaboración Propia

El caudal de diseño del canal colector secundario tendrá el mismo diseño para todos dentro de la Microcuenca N°08, y para el cálculo del diseño se consideró el caudal más alto de todos los ramales aportantes.

Para la Microcuenca N°08 se obtuvo que el caudal más alto es de 0.094 m3/seg del ramal N°02 perteneciente a un colector secundario.

Tabla 115: Cálculo de las dimensiones del canal colector secundario de aguas pluviales de toda la Microcuenca 08.

**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

Lugar: **MICROCUEENCA 08** Proyecto: **PROPUESTA Y EVALUACION**  
 Tramo: **CANAL SECUNDARIO** Revestimiento: **IMPERMEABILIZANTE**

**Datos:**  
 Caudal (Q): **0.094** m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b): **0.3** m  
 Talud (Z): **0**  
 Rugosidad (n): **0.013**  
 Pendiente (S): **0.04** m/m

**Resultados:**  
 Tirante normal (y): **0.1228** m Perímetro (p): **0.5456** m  
 Área hidráulica (A): **0.0368** m<sup>2</sup> Radio hidráulico (R): **0.0675** m  
 Espejo de agua (T): **0.3000** m Velocidad (v): **2.5512** m/s  
 Número de Froude (F): **2.3242** Energía específica (E): **0.4545** m-Kg/Kg  
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Botones: Calcular, Limpiar Pantalla, Imprimir, Menú Principal, Calculadora

Ejecuta las operaciones 11:54 a.m. 04/04/2019

Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño del canal se consideró en un solo lado de la calle ya que el ancho de las calles son menores a 3 m

Tabla 116: Diseño del canal secundario de la Microcuenca 08.

DISEÑO DEL CANAL SECUNDARIO DE LA MICROCUENCA 8									
DATOS OBTENIDOS									
Caudal (Q) m3/seg	Tirante Normal (y)m	Ancho o Espejo de agua (b)m	Rugosidad (n)	Pendiente (S) m/m	Área Hidráulica (A)m <sup>2</sup>	Perímetro Mojado (P)m	Radio Hidráulico (R) m	Velocidad (V) m/s	Tirante Total (Y)m
0.094	0.1228	0.30	0.013	0.04	0.0368	0.5456	0.0675	2.5512	0.25

Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño del colector principal se consideraron 2 tipos de diseños distintos para ambos márgenes tomando en cuenta el caudal de cada uno de ellos que evacuara hasta el rio Saphy.

Para el diseño del canal de uno de los márgenes se calculó que el caudal que evacuara es de 0.062 m<sup>3</sup>/seg.

Tabla 117: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales de toda la Microcuenca 08

**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

Lugar: MICROCUENCA 08      Proyecto: PROPUESTA Y EVALUACION  
 Tramo: CANAL PRINCIPAL      Revestimiento: IMPERMEABILIZANTE

**Datos:**

Caudal (Q):	0.062	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	0.25	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.013	
Pendiente (S):	0.04	m/m

**Resultados:**

Tirante normal (y):	0.1077	m	Perímetro (p):	0.4655	m
Area hidráulica (A):	0.0269	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.0579	m
Espejo de agua (T):	0.2500	m	Velocidad (v):	2.3017	m/s
Número de Froude (F):	2.2387		Energía específica (E):	0.3778	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Botones: Calcular, Limpiar Pantalla, Imprimir, Menú Principal, Calculadora

Footer: Ingresar el nombre del tramo del canal | 12:01 p.m. | 04/04/2019

Fuente: Elaboración Propia

Se obtiene los siguientes datos del diseño del canal de un lado de la margen.

Tabla 118: Diseño del canal principal de la Microcuenca 08.

DISEÑO DEL CANAL PRINCIPAL DE UNA MARGEN DE LA MICROCUENCA 08									
DATOS OBTENIDOS									
Caudal (Q) m <sup>3</sup> /seg	Tirante Normal (y)m	Ancho o Espejo de agua (b)m	Rugosidad (n)	Pendiente (S) m/m	Área Hidráulica (A)m <sup>2</sup>	Perímetro Mojado (P)m	Radio Hidráulico (R) m	Velocidad (V) m/s	Tirante Total (Y)m
0.062	0.1077	0.25	0.013	0.04	0.0269	0.4655	0.0579	2.3017	0.20

Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño del canal de uno de los márgenes se calculó que el caudal que evacuara es de 0.176 m<sup>3</sup>/seg.

Tabla 119: Cálculo de las dimensiones del canal colector principal de aguas pluviales de toda la Microcuenca 08.

**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

Lugar: **MICROCUEENCA 08** Proyecto: **PROPUESTA Y EVALUACION**  
 Tramo: **CANAL PRINCIPAL** Revestimiento: **IMPERMEABILIZANTE**

**Datos:**  
 Caudal (Q): **0.176** m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b): **0.35** m  
 Talud (Z): **0**  
 Rugosidad (n): **0.013**  
 Pendiente (S): **0.04** m/m

**Resultados:**  
 Tirante normal (y): **0.1681** m  
 Área hidráulica (A): **0.0588** m<sup>2</sup>  
 Espejo de agua (T): **0.3500** m  
 Número de Froude (F): **2.3295**  
 Tipo de flujo: **Supercrítico**  
 Perímetro (p): **0.6862** m  
 Radio hidráulico (R): **0.0857** m  
 Velocidad (v): **2.9914** m/s  
 Energía específica (E): **0.6242** m-Kg/Kg

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 12:02 p.m. 04/04/2019

Fuente: Elaboración Propia

Se obtiene los siguientes datos del diseño del canal de un lado de la margen.

Tabla 120: Diseño del canal principal de la Microcuenca 08.

DISEÑO DEL CANAL PRINCIPAL DE UNA MARGEN DE LA MICROCUENCA 08									
DATOS OBTENIDOS									
Caudal (Q) m <sup>3</sup> /seg	Tirante Normal (y)m	Ancho o Espejo de agua (b)m	Rugosidad (n)	Pendiente (S) m/m	Área Hidráulica (A)m <sup>2</sup>	Perímetro Mojado (P)m	Radio Hidráulico (R) m	Velocidad (V) m/s	Tirante Total (Y)m
0.176	0.1681	0.35	0.013	0.04	0.0588	0.6862	0.0857	2.9914	0.30

Fuente: Elaboración Propia



## 5. CAPÍTULO V: “DISCUSIÓN”

### **A). Contraste de resultados con referencia del marco teórico**

¿Según la norma OS - 070 será recomendable realizar sistemas separativos para la recolección de aguas pluviales en los futuros diseños?

Si es necesario ya que los nuevos diseños de redes de evacuación de aguas servidas se están realizando según la norma OS – 070 donde señala que el 80% de la demanda de agua potable ingresa al alcantarillado mas no se considera la infiltración de aguas pluviales.

### **B). Interpretación de los resultados encontrados en la investigación**

¿Existen sobrecargas de caudal en la red colectora del tramo del canal del río Saphy?

Al momento de realizar las inspecciones en las calles Saphy, Plateros, Plaza de Armas y Av. El Sol en épocas de lluvia se pudo observar el rebose en los buzones donde llega el caudal total de las micro cuencas. Siendo demostrado en los cálculos obtenidos que se muestra en la tabla N°45.

¿Los datos obtenidos de intensidades de lluvia son pertenecientes a la zona de estudio?

Según la norma OS. 0.60 señala que los lugares que no posean estación pluviográfica se puede tomar como método alternativo las curvas IDF definidas por un estudio regional “hidrología del Perú” IILA - UM-SENAMHI modificado.

¿Los resultados obtenidos pueden servir como referencia para investigaciones futuras sobre temas de alcantarillado?

Todo el procedimiento metodológico puede ser aplicado en otras investigaciones similares que tengan el mismo objetivo y problema de nuestra investigación.



¿Las calles Saphy, Plateros, Portal El Comercio, Mantas y Av. El Sol deberá tener mejor sistema de evacuación de aguas residuales?

Por ser una zona turística y de alto tránsito peatonal se debe considerar la implementación del sistema de aguas pluviales.

**C). Comentario de la demostración de la hipótesis.**

¿De qué manera se podrá dar el mejor funcionamiento del sistema recolector de aguas residuales para evitar el rebose en los buzones en épocas de lluvia?

Será necesario realizar un sistema separativo de aguas residuales y aguas pluviales que permitan el mejor funcionamiento del sistema de aguas residuales evitando rebose de buzones en el trayecto del canal del río Saphy.

**D). Aporte de la investigación**

¿Cuál es el aporte de la investigación?

La presente investigación aporta información referida a un nuevo sistema de evacuación de aguas pluviales que desembocarán en el canal del río Saphy para evitar el rebose en los buzones más críticos en épocas de lluvia.

**E). ¿El diseño de sistema separativo influye en los sistemas de alcantarillado?**

Si dentro de la investigación se inició con los cálculos de aguas residuales sin tener en cuenta que era necesario realizar un sistema de aguas pluviales, por la falta de presencia de sistemas colectores de las mismas que evitan el ingreso de aguas pluviales a las redes colectoras de agua residuales.





## CONCLUSIONES

### Conclusión N°01

Se demuestra la hipótesis general que plantea que la influencia de las aguas pluviales en la red colectora de aguas residuales en el trayecto del canal del río Saphy en épocas de lluvia sobrepasa su capacidad actual, siendo esto demostrado en la tabla Tabla 72: Comparación de los caudales con la capacidad en la red existente en el trayecto del canal del río Saphy) en la columna 8 (comparación de la red colectora actual con el aporte de las aguas residuales que aporta la población más el caudal de rejas domiciliarias de aguas pluviales).y así mismo se realizó la propuesta que daría una posible solución como es el la implementación de un sistema separativo de aguas pluviales que desembocaría según las pendientes en el canal de río Saphy detallado en el Anexo 02.

### Conclusión N°02

No se logró demostrar la sub hipótesis N°01 según la cual, la capacidad actual de conducción de la red colectora de aguas residuales en el tramo del canal del río Saphy, es suficiente, según la Tabla 72: Comparación de los caudales con la capacidad en la red existente en el trayecto del canal del río Saphy, columna N°6 (comparación de la capacidad de la red colectora de aguas residuales actual con el caudal generado por la población), la red colectora de aguas residuales, trabajando con un tirante del 50% en todo su trayecto (de acuerdo a la normatividad) no soporta el caudal máximo horario generado por la población.

### Conclusión N°03

No se logró comprobar la sub hipótesis N°02 según la cual los tirantes a los que trabaja la red colectora de aguas residuales existente, en el tramo del canal del río Saphy, son menor al 50% del diámetro de la tubería. Tal como se muestra en la Tabla N° 60: Características hidráulicas de la red colectora de aguas residuales en el trayecto del canal de río Saphy., que los buzones N° 19 al 20, 25-26, 26-27,27-32,32-33,35-36,38-42 y 45-46 el tirante de la tubería trabaja entre el 50 % y 60% del diámetro.

**Conclusión N°04**

Según la sub hipótesis N°3 “las microcuencas que existen en el área de estudio que aportan a la red colectora de aguas residuales son 2”. Hipótesis que no se verifica ya que según el estudio se demostró que existen 8 microcuencas que influyen en la red colectora de aguas residuales.

**Conclusión N°05**

No se verifica la sub hipótesis N°4. “El caudal de aporte de aguas pluviales proveniente de la zona nor- este es mayor a la del Nor-oeste”, Puesto que el lado Nor - oeste es el que tiene mayor aporte de caudal de aguas pluviales, como queda demostrado en la Tabla 53: Caudal de aporte del Lado Nor-Este y Nor - Oeste, el cálculo de los caudales obtenidos de las micro cuencas, siendo el caudal del lado nor – oeste = 4.35 m<sup>3</sup>/seg. y del lado nor- este = 0.644 m<sup>3</sup>/seg, mencionado caudal permitió saber cuánto es el aporte de aguas pluviales que ingresa a ambos márgenes de la red colectora de aguas residuales.

**Conclusión N°06**

Se logra comprobar la sub hipótesis N°5 puesto que los coeficientes de escorrentía superficial que se presentan en las microcuencas que intervienen en la red colectora del tramo del canal del río Saphy son altos del orden del 80%, en el tramo principal de cada microcuenca.



## RECOMENDACIONES

Se recomienda la implementación de un sistema de evacuación de aguas pluviales recolectadas de las viviendas y techos de las mismas se recolectara a los canales secundarios y estos a la vez los evacuaran a los canales principales, el sistema será por gravedad de las zonas para toda el área de estudio ubicado dentro del Distrito de Cusco; Las aguas recolectadas por los canales propuestos se orientarían finalmente al canal del río Saphy actualmente canalizado, siendo el más próximo y favorable de acuerdo a las pendientes de las calles.

- Se recomienda realizar trabajos de investigación y proyectos en las zonas donde existe problemas con la evacuación de aguas pluviales para poder tener una mejor calidad de vida como por ejemplo en inmediaciones de la UNSAAC, UAC. Av. Mariscal Castilla, etc.
- Se recomienda que en el trayecto del canal del Río Saphy se replantee el sistema del recolector de aguas residuales ya que se verifico en la presente investigación que existen tramos donde las pendientes no son las óptimas para el adecuado flujo de las aguas residuales como se especifica en la conclusión N°03.

**GLOSARIO.**

**ALCANTARILLA.-** Conducto subterráneo para conducir agua de lluvia, aguas servidas o una combinación de ellas.

**ALCANTARILLADO PLUVIAL.-** Conjunto de alcantarillas que transportan aguas de lluvia.

**PISTA.-** Pendiente transversal contada a partir del eje de la pista con que termina una superficie de rodadura vehicular, se expresa en porcentaje.

**BUZON.-** Estructura de forma cilíndrica generalmente de 1.20m de diámetro. Son construidos en mampostería o con elementos de concreto, prefabricados o construidos en el sitio, puede tener recubrimiento de material plástico o no, en la base del cilindro se hace una sección semicircular la cual es encargada de hacer la transición entre un colector y otro. Se usan al inicio de la red, en las intersecciones, cambios de dirección, cambios de diámetro, cambios de pendiente, su separación es función del diámetro de los conductos y tiene la finalidad de facilitar las labores de inspección, limpieza y mantenimiento general de las tuberías así como proveer una adecuada ventilación. En la superficie tiene una tapa de 60 cm de diámetro con orificios de ventilación.

**CALZADA.-** Porción de pavimento destinado a servir como superficie de rodadura vehicular.

**CANAL.-** Conducto abierto o cerrado que transporta agua de lluvia.

**CARGA HIDRAULICA.-** Suma de las cargas de velocidad, presión y posición.

**COEFICIENTE DE ESCORRENTIA.-** Coeficiente que indica la parte de la lluvia que escurre superficialmente.

**COEFICIENTE DE FRICCIÓN.-** Coeficiente de rugosidad de Manning. Parámetro que mide la resistencia al flujo en las canalizaciones.

**CUENCA.-** Es el área de terreno sobre la que actúan las precipitaciones pluviométricas y en las que las aguas drenan hacia una corriente en un lugar dado.

**CUNETETA.-** Estructura hidráulica descubierta, estrecha y de sentido longitudinal destinada al transporte de aguas de lluvia, generalmente situada al borde de la calzada.

**DRENAJE URBANO.-** Drenaje de poblados y ciudades siguiendo criterios urbanísticos.

**DURACIÓN DE LA LLUVIA.-** Es el intervalo de tiempo que media entre el principio y el final de la lluvia y se expresa en minutos

**FRECUENCIA DE LLUVIAS.-** Es el número de veces que se repite una precipitación de intensidad dada en un período de tiempo determinado, es decir el grado de ocurrencia de una lluvia.



**FLUJO UNIFORME.-** Flujo en equilibrio dinámico, es aquel en que la altura del agua es la misma a lo largo del conducto y por tanto la pendiente de la superficie del agua es igual a la pendiente del fondo del conducto.

**INTENSIDAD DE LA LLUVIA.-** Es el caudal de la precipitación pluvial en una superficie por unidad de tiempo. Se mide en milímetros por hora (mm/hora) y también en litros por segundo por hectárea (l/s/Ha).

**LLUVIA EFECTIVA.-** Porción de lluvia que escurrirá superficialmente. Es la cantidad de agua de lluvia que queda de la misma después de haberse infiltrado, evaporado o almacenado en charcos.

**PELO DE AGUA.-** Nivel que alcanza el agua en un conducto libre.

**3.39 PENDIENTE LONGITUDINAL.-** Es la inclinación que tiene el conducto con respecto a su eje longitudinal.

**PERIODO DE RETORNO.-** Periodo de retomo de un evento con una magnitud dada es el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada.

**PRECIPITACIÓN.-** Fenómeno atmosférico que consiste en el aporte de agua a la tierra en forma de lluvia, llovizna, nieve o granizo.

**REJILLA.-** Estructura de metal con aberturas generalmente de tamaño uniforme utilizadas para retener sólidos suspendidos o flotantes en aguas de lluvia o aguas residuales y no permitir que tales sólidos ingresen al sistema.

**SISTEMAS DE EVACUACION POR GRAVEDAD.-** Aquellos que descargan libremente al depósito de drenaje, ya sea natural o artificial.

**SUMIDERO.-** Estructura destinada a la captación de las aguas de lluvias, localizados generalmente antes de las esquinas con el objeto de interceptar las aguas antes de la zona de tránsito de los peatones. Generalmente están concentrados a los buzones de inspección.

**TIEMPO DE CONCENTRACION.-** Es definido como el tiempo requerido para que una gota de agua caída en el extremo más alejado de la cuenca, fluya hasta los primeros sumideros y de allí a través de los conductos hasta el punto considerado. El tiempo de concentración se divide en dos partes: el tiempo de entrada y el tiempo de fluencia. El tiempo de entrada es el tiempo necesario para que comience el flujo de agua de lluvia sobre el terreno desde el punto más alejado hasta los sitios de admisión, sean ellos sumideros o bocas de torrente. El tiempo de fluencia es el tiempo necesario para que el agua recorra los conductos desde el sitio de admisión hasta la sección considerada.

**REFERENCIAS.****BIBLIOGRAFÍA**

- Agua, S. y. (18 de Agosto de 2014). *www.aguaysig.com/*. Obtenido de <https://www.aguaysig.com/2014/08/tiempo-de-concentracion-de-la-cuenca.html>
- Ambiental, Q. (2010). *Quimica Ambiental* . Obtenido de <https://quimiambiental>
- Ambiente, E. d. (2015). *EIMA*. Obtenido de <http://eimaformacion.com/>
- Aparicio, M. J. (1989). *Fundamentos de hidrologia de superficie*. Cuernava, Mexico: LIMUSA S.A.de C.V.
- Arzapalo, M. I. (2015). *Radio Hidráulico* . Huamanga, Perú.: UNSCH.
- Comunicaciones, M. D. (2002). *Manual de Hidrologia, Hidraulica y Drenaje*. Lima, Rimac.: DEE Laboratorio .
- Graciela Viviana Zucarelli, M. d. (2017). Flujo en canales abiertos: caracterización en cursos de la provincia de Santa Fe, República Argentina. En M. d. Graciela Viviana Zucarelli. Argentina: Unl.
- Graphene Themes, E. (2016). *EcuRed: Enciclopedia Cubana*. Obtenido de [https://www.ecured.cu/Aguas\\_residuales](https://www.ecured.cu/Aguas_residuales)
- Gúzman, J. E. (2012). *Topografía*. Estado de México: Red Tercer Milenio.
- Héctor, M. R., & Ibáñez Asensio, S. (s.f.). Métodos para la determinación del tiempo de concentración de una cuenca hidrográfica. *Universidad politecnica de Valencia.*, 08.
- Hernandez, S. R. (2018). *Metodologia de la investigación*. Mexico.
- Mendoza, I. L. (2002). *Topografía Plana*. Merida.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2009). Norma OS 0.60. *Drenaje Pluvial Urbano*.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2009). Norma OS. 070. *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Perú.
- MTC. (2012). *Manual de hidrologia*. lima: Laboratorio DEE.



R., L. V. (2015). *catarina.udlap.mx*. Obtenido de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/vazquez\\_r\\_d/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/vazquez_r_d/capitulo2.pdf)

Ramirez, M. (2006). *Intensidades máximas de lluvia* .

Saneamiento., C. d. (s.f.). <https://es.scribd.com/presentation/300170368/Variacion-de-La-Demanda>.

Santos Deltell, M. (1991). *Estudio de las precipitaciones extraordinarias*. Valencia, España: XII Congreso Nacional de Geografía.

Usal.es. (s.f.). *Aula virtual usal*. Obtenido de [http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/Demos/Simulacion/modulos/Curso/uni\\_03/U3C3S2.htm](http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/Demos/Simulacion/modulos/Curso/uni_03/U3C3S2.htm)

Villón, I. M. (2002). *Hidrología*. Costa Rica: MaxSoft.

## TRABAJOS CITADOS

Agua, S. y. (18 de Agosto de 2014). [www.aguaysig.com/](http://www.aguaysig.com/). Obtenido de <https://www.aguaysig.com/2014/08/tiempo-de-concentracion-de-la-cuenca.html>

Ambiental, Q. (2010). *Quimica Ambiental* . Obtenido de <https://quimiambiental>

Ambiente, E. d. (2015). *EIMA*. Obtenido de <http://eimaformacion.com/>

Aparicio, M. J. (1989). *Fundamentos de hidrologia de superficie*. Cuernava, Mexico: LIMUSA S.A.de C.V.

Arzapalo, M. I. (2015). *Radio Hidráulico* . Huamanga, Perú.: UNSCH.

Comunicaciones, M. D. (2002). *Manual de Hidrologia, Hidraulica y Drenaje*. Lima, Rimac.: DEE Laboratorio .

Graciela Viviana Zucarelli, M. d. (2017). Flujo en canales abiertos: caracterización en cursos de la provincia de Santa Fe, República Argentina. En M. d. Graciela Viviana Zucarelli. Argentina: Unl.

Graphene Themes, E. (2016). *EcuRed: Enciclopedia Cubana*. Obtenido de [https://www.ecured.cu/Aguas\\_residuales](https://www.ecured.cu/Aguas_residuales)



Gúzman, J. E. (2012). *Topografía*. Estado de México: Red Tercer Milenio.

Héctor, M. R., & Ibáñez Asensio, S. (s.f.). Métodos para la determinación del tiempo de concentración de una cuenca hidrográfica. *Universidad politecnica de Valencia.*, 08.

Hernandez, S. R. (2018). *Metodología de la investigación*. Mexico.

Mendoza, I. L. (2002). *Topografía Plana*. Merida.

Ministerio de Vivienda, C. y. (2009). Norma OS 0.60. *Drenaje Pluvial Urbano*.

Ministerio de Vivienda, C. y. (2009). Norma OS. 070. *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Perú.

MTC. (2012). *Manual de hidrología*. lima: Laboratorio DEE.

R., L. V. (2015). *catarina.udlap.mx*. Obtenido de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/vazquez\\_r\\_d/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/vazquez_r_d/capitulo2.pdf)

Ramirez, M. (2006). *Intensidades máximas de lluvia* .

Saneamiento., C. d. (s.f.). <https://es.scribd.com/presentation/300170368/Variacion-de-La-Demanda>.

Santos Deltell, M. (1991). *Estudio de las precipitaciones extraordinarias*. Valencia, España: XII Congreso Nacional de Geografía.

Usal.es. (s.f.). *Aula virtual usal*. Obtenido de [http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/Demos/Simulacion/modulos/Curso/uni\\_03/U3C3S2.htm](http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/Demos/Simulacion/modulos/Curso/uni_03/U3C3S2.htm)

Villón, I. M. (2002). *Hidrología*. Costa Rica: MaxSoft.