

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

Evaluación y propuesta de mejora de la red de alcantarillado y desagüe para la reducción del riesgo de inundación en la Urbanización Patibamba Baja, Abancay

Presentado por:

Katherin Palomino Vargas

Para optar el Título de Ingeniero Civil

Abancay, Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“Evaluación y propuesta de mejora de la red de alcantarillado y desagüe para la reducción del riesgo de inundación en la Urbanización Patibamba Baja, Abancay”

Presentado por **Katherin Palomino Vargas**, para optar el Título de:  
**INGENIERO CIVIL**

Sustentado y aprobado el 09 de marzo del año 2023, ante el jurado evaluador:

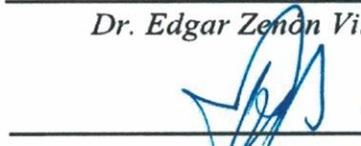
**Presidente:**

  
Mg. Adolfo Severino Serrano Berrio

**Primer Miembro:**

  
Dr. Edgar Zenón Vilca Mansilla

**Segundo Miembro:**

  
Mtro. Percy Leonidas Cortez Miranda

**Asesor:**

  
Ing. Darwin Duhamel Loayza Encalada

## **Agradecimiento**

*A Dios, por haberme dado la gran oportunidad de gozar de salud y así poder culminar con esta investigación y que sea útil para quien lo necesite.*

*A mis padres, hermanos y familiares quienes con su apoyo y aliento me motivaron a seguir adelante.*

*A mis docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, por la formación académica de calidad brindados durante toda mi formación profesional.*

*A mis amigos por los buenos momentos compartidos y quienes con su desinteresada ayuda impulsaron la investigación de tesis.*

*Y finalmente, a mi alma máter, la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, por haberme formado tanto en el aspecto de conocimiento y en lo profesional.*

***Katherin Palomino Vargas***



## **Dedicatoria**

*A mi querida madre, Marina Vargas Cabrera, a mis abuelos, Lucio Darío y Leonor, a mis hermanos y a todos mis familiares; por todo el apoyo incondicional y el amor que me han brindado, para ser quién soy y quién seré en un futuro, sin el sacrificio de ellos sería más complicado cumplir con mi proyecto de vida.*

***Katherin Palomino Vargas***



“Evaluación y Propuesta de Mejora de la Red de Alcantarillado y Desagüe para la Reducción del Riesgo de Inundación en la Urbanización Patibamba Baja, Abancay”

Línea de Investigación: Ingeniería de la construcción

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



## ÍNDICE DE CONTENIDO

|  | Pág.      |
|--|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....                        | <b>1</b>  |
| <b>RESUMEN</b> .....                             | <b>2</b>  |
| <b>ABSTRACT</b> .....                            | <b>3</b>  |
| <b>CAPÍTULO I</b> .....                          | <b>4</b>  |
| <b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....          | <b>4</b>  |
| 1.1 Descripción del problema .....               | 4         |
| 1.2 Enunciado del problema .....                 | 7         |
| 1.2.1 Problema general .....                     | 7         |
| 1.2.2 Problemas específicos.....                 | 7         |
| 1.2.3 Justificación.....                         | 7         |
| <b>CAPÍTULO II</b> .....                         | <b>9</b>  |
| <b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....               | <b>9</b>  |
| 2.1 Objetivos de la investigación .....          | 9         |
| 2.2.1 Objetivo general .....                     | 9         |
| 2.2.2 Objetivos específicos.....                 | 9         |
| 2.2 Hipótesis de la investigación.....           | 10        |
| 2.2.3 Hipótesis general .....                    | 10        |
| 2.2.4 Hipótesis específicas.....                 | 10        |
| 2.3 Operacionalización de variables .....        | 10        |
| <b>CAPÍTULO III</b> .....                        | <b>11</b> |
| <b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....           | <b>11</b> |
| 3.1 Antecedentes .....                           | 11        |
| 3.1.1 Antecedentes internacionales.....          | 11        |
| 3.1.2 Antecedentes Nacionales .....              | 12        |
| 3.2 Marco teórico .....                          | 13        |
| 3.2.1 Sistema de drenaje Pluvial.....            | 13        |
| 3.2.2 Componentes de un sistema de drenaje ..... | 15        |
| 3.2.3 Diseño de sistemas de drenaje .....        | 16        |
| 3.2.4 Sistema de alcantarillado .....            | 18        |

|   |  |           |
|---|--|-----------|
| 3.2.5                                       | Peligro.....   | 19        |
| 3.2.6                                       | Inundaciones.....  | 21        |
| 3.2.7                                       | Tipos de inundaciones .....  | 23        |
| 3.2.8                                       | Vulnerabilidad .....   | 24        |
| 3.2.9                                       | Determinación del riesgo por inundación.....                         | 33        |
| 3.3   | Marco conceptual.....  | 34        |
| <b>CAPÍTULO IV.....</b>                     |  | <b>36</b> |
| <b>METODOLOGÍA.....</b>                     |  | <b>36</b> |
| 4.1   | Tipo y nivel de Investigación.....                                   | 36        |
| 4.2   | Diseño de Investigación.....   | 36        |
| 4.3   | Población y Muestra.....   | 36        |
| 4.4   | Procedimiento .....  | 37        |
| 4.4.1                                       | Procedimiento del Primer Objetivo Especifico .....                   | 37        |
| 4.4.2                                       | Procedimiento del Segundo Objetivo Especifico .....                  | 38        |
| 4.4.3                                       | Procedimiento del Tercer Objetivo Especifico .....                   | 39        |
| 4.4.4                                       | Procedimiento del Cuarto Objetivo Especifico .....                   | 39        |
| 4.5   | Técnicas e instrumentos.....   | 39        |
| 4.6   | Estadístico de investigación.....                                    | 39        |
| <b>CAPÍTULO V .....</b>                     |  | <b>40</b> |
| <b>RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>       |  | <b>40</b> |
| 5.1   | Análisis de resultados.....  | 40        |
| 5.1.1                                       | Caudal de Precipitación Pluvial.....                                 | 40        |
| 5.1.2                                       | Caudal de Aguas Residuales.....                                      | 45        |
| 5.1.3                                       | Diámetros de la red de alcantarillado y desagüe.....                 | 48        |
| 5.1.4                                       | Nivel de riesgo de Inundación en la Urbanización Patibamba Baja..... | 55        |
| 5.1.5                                       | Propuesta de mejora a la red de Alcantarillado y Desagüe.....        | 60        |
| 5.2   | Contrastación de hipótesis .....                                     | 65        |
| 5.3   | Discusión .....  | 66        |
| <b>CAPÍTULO VI.....</b>                     |  | <b>68</b> |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b> |  | <b>68</b> |
| 6.1   | Conclusiones.....  | 68        |



|   |           |
|---|-----------|
| 6.2 Recomendaciones .....               | 69        |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b> | <b>70</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                     | <b>74</b> |



## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1 — Operacionalización de variables.....  | 10 |
| Tabla 2 — Coeficiente de escurrimiento de acuerdo a la superficie .....                                     | 17 |
| Tabla 3 — Coeficiente de escurrimiento de acuerdo a la superficie .....                                     | 17 |
| Tabla 4 — Principales tipos de peligros de origen natural en el Perú.....                                   | 21 |
| Tabla 5 — Tipos de vulnerabilidades ante riesgo de inundación.....  | 24 |
| Tabla 6 — Indicador localización de vivienda (Lv).....  | 25 |
| Tabla 7 — Material de construcción utilizada en viviendas (Cv).....   | 25 |
| Tabla 8 — Características geológicas, calidad y tipo de suelo (Cg).....                                     | 26 |
| Tabla 9 — Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos (Cn).....        | 26 |
| Tabla 10 — Grados de la vulnerabilidad física .....   | 27 |
| Tabla 11 — Explotación de los recursos naturales (Er).....  | 27 |
| Tabla 12 — Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos (Fe).....                                 | 28 |
| Tabla 13 — Grados de la vulnerabilidad ambiental ecológica.....   | 28 |
| Tabla 14 — Actividad económica (Ae).....  | 29 |
| Tabla 15 — Grado de escasez (servicios, ingresos y competitividad (Ge).....                                 | 30 |
| Tabla 16 — Grados de la vulnerabilidad económica.....   | 30 |
| Tabla 17 — Organización social (Os).....  | 31 |
| Tabla 18 — Grado, tipo de relación e integración entre las instituciones y organizaciones locales (Gr)..... | 32 |
| Tabla 19 — Grados de la vulnerabilidad social.....  | 32 |
| Tabla 20 — Grados de la vulnerabilidad total.....   | 33 |
| Tabla 21 – Parámetros de las Áreas por Sector .....   | 38 |
| Tabla 22 – Parámetros de las Áreas de Drenaje Pluvial.....  | 41 |
| Tabla 23 – Valores recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje.....                                | 41 |
| Tabla 24 – Periodo de retorno adoptado para el proyecto.....  | 42 |
| Tabla 25 – Tiempo de Concentración para las Áreas de Drenaje Pluvial .....                                  | 42 |
| Tabla 26 – Coeficiente de escorrentía para áreas urbanas.....   | 43 |
| Tabla 27 – Intensidades Máximas .....   | 43 |
| Tabla 28 – Intensidades Máximas .....   | 44 |
| Tabla 29 – Caudal de Diseño.....  | 45 |
| Tabla 30 — Tasa de Crecimiento Poblacional Estimada.....  | 45 |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 31 — Proyección de la población actual.....  | 46 |
| Tabla 32 — Parámetros hidráulicos a considerar en la evaluación .....                    | 46 |
| Tabla 33 – Tabla de valores de Caudales de Infiltración ( $Q_{iu}$ ) .....               | 47 |
| Tabla 34 – Cálculo del Caudal Máximo Diario y Caudal Máximo Horario .....                | 47 |
| Tabla 35 — Resultados generales de la evaluación de la vulnerabilidad .....              | 56 |
| Tabla 36 – Características de Diseño .....   | 63 |
| Tabla 37 – Diseño de la sección de alcantarillado.....                                   | 64 |
| Tabla 38 – Instrumento de recojo de información del Nivel de Vulnerabilidad de Viviendas | 75 |
| Tabla 39 – Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia de las Precipitaciones .....      | 79 |
| Tabla 40 – Resultados del modelo en el software SewerCAD.....                            | 81 |
| Tabla 41 – Diámetro y Tipo de Material de Tubería del Plano Catastral, EPS EMUSAP.....   | 84 |
| Tabla 42 –Frecuencias de resultados .....  | 89 |
| Tabla 43 – Caudal unitario por vivienda: 0.012579 l/s .....                              | 89 |
| Tabla 44 – Longitud total de la Red Colectora.....                                       | 91 |
| Tabla 45 – Matriz de consistencia .....  | 98 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 — Clasificación de peligros .....  | 20 |
| Figura 2 —Tipos de inundaciones.....  | 23 |
| Figura 3 —Distribución de la población en términos de vulnerabilidad.....                           | 24 |
| Figura 4 — Matriz de estratificación de riesgo. ....  | 34 |
| Figura 5 — Diagrama de flujo del procedimiento empleado .....                                       | 37 |
| Figura 6 — Sectorización de las Áreas de Drenaje Pluvial.....                                       | 40 |
| Figura 7 — Curvas Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF) .....                                     | 44 |
| Figura 8 — Pantalla de inicio del programa SewerCAD.....  | 48 |
| Figura 9 — Configuración inicial del software SewerCAD .....  | 49 |
| Figura 10 — Configuración inicial del sistema de unidades en SewerCAD .....                         | 49 |
| Figura 11 — Configuración del modo de dibujo en SewerCAD.....                                       | 50 |
| Figura 12 — Configuración de las propiedades de cálculo en SewerCAD .....                           | 51 |
| Figura 13 — Configuración de las propiedades de cálculo en SewerCAD .....                           | 51 |
| Figura 14 — Configuración de prototipos. ....   | 52 |
| Figura 15 — Red importada a SewerCAD .....  | 52 |
| Figura 16 — Vista de cotas de buzones en SewerCAD.....  | 53 |
| Figura 17 — Etiquetas en SewerCAD .....   | 53 |
| Figura 18 — Caudales unitarios en cada tramo en SewerCAD.....                                       | 54 |
| Figura 19 — Nivel de vulnerabilidad estimado en la zona de estudio. ....                            | 57 |
| Figura 20 — Zonas de peligro por inundación. ....   | 58 |
| Figura 21 — Niveles de peligro en la zona de estudio. ....  | 59 |
| Figura 22 — Matriz de estratificación de riesgo para la zona estudiada.....                         | 59 |
| Figura 23 — Calle no pavimentada en la zona de estudio .....  | 60 |
| Figura 24 — Obstrucciones que impiden la recolección de las aguas de precipitación pluvial<br>..... | 61 |
| Figura 25 — Rejilla de recolección ubicada en la zona de estudio.....                               | 61 |
| Figura 26 — Intercepción sin elementos de recolección del agua superficial .....                    | 62 |
| Figura 27 — Vivienda construida por debajo del nivel de la calle .....                              | 62 |
| Figura 28 — Curvas Lamina – Duración – Frecuencia.....  | 80 |
| Figura 29 — Curvas Intensidad – Duración y Frecuencia – IDF.....                                    | 80 |
| Figura 30 — Ubicación de las Áreas de Drenaje Pluvial. ....   | 86 |
| Figura 31 — Ubicación de las Áreas de Drenaje Pluvial, drenaje pluvial artesanal. ....              | 86 |



|  |    |
|--|----|
| Figura 32 — Ubicación de las Áreas de Drenaje Pluvial. ....  | 87 |
| Figura 33 — Ubicación de las Áreas de Drenaje Pluvial, que erradamente desemboca a una vivienda .....                              | 87 |
| Figura 34 — Drenaje Pluvial con exceso de desechos y escombros, todo ello afecta a que el agua transcurra de manera correcta. .... | 88 |
| Figura 35 — Base de datos de las 105 viviendas analizadas en la zona de estudio. ....  | 88 |
| Figura 36 — Pantalla de inicio del software HCanales. ....   | 93 |
| Figura 37 — Pantalla de inicio del software HCanales. ....   | 93 |
| Figura 38 — Pantalla de inicio del software HCanales. ....   | 94 |
| Figura 39 — Pantalla de inicio del software HCanales. ....   | 94 |
| Figura 40 — Pantalla de inicio del software HCanales. ....   | 95 |
| Figura 41 — Pantalla de inicio del software HCanales. ....   | 95 |
| Figura 42 — Pantalla de inicio del software HCanales. ....   | 96 |
| Figura 43 — Pantalla de inicio del software HCanales. ....   | 96 |
| Figura 44 — Pantalla de inicio del software HCanales. ....   | 97 |
| Figura 45 — Pantalla de inicio del software HCanales. ....   | 97 |



## INTRODUCCIÓN

A los fines de manejar, controlar y conducir de manera apropiada las aguas que provienen de la precipitación pluvial, se construyen sistemas de alcantarillado pluvial, con lo cual se evita que se generen inundaciones. Dichos sistemas, están constituidos por conductos en forma de red, así como estructuras de captación y también estructuras complementarias que evitan que el agua de la precipitación pluvial se concentre o acumule y, a su vez, permiten drenar la zona a la que sirven; mitigando el riesgo de inundaciones y los daños que estas pueden causar a la integridad física de las estructuras y las personas.

En el caso del Perú, se ha observado que el servicio de alcantarillado ha venido presentado algunos inconvenientes y, en especial, en el caso de Abancay se ha presenciado ausencia de sistemas de drenaje pluvial, existencia de fuertes pendientes, existencia de diversos objetos, que obstruyen el escurrimiento superficial libre, drenaje aguas pluviales provenientes de las viviendas de forma directa a las calles, etc. que generan riesgo de inundación.

Por lo cual el presente proyecto de tesis, se enfoca en desarrollar la evaluación y propuesta de mejora de la red de alcantarillado y desagüe para la reducción del riesgo de inundación en la urbanización Patibamba baja, Abancay. Así, este estudio descriptivo y diseño no experimental quedó estructurado en seis capítulos.

En el capítulo I, denominado planteamiento del problema, se realiza el diagnóstico de la problemática y la formulación de las interrogantes, además de presentar la justificación de la investigación. En el capítulo II, se establecen los objetivos de la investigación, se formulan las hipótesis y se identifican las variables presentando la operacionalización de las mismas. En el capítulo III, se realiza un recorrido por los antecedentes, tanto nacionales como internacionales, se presentan las bases teóricas necesarias para el desarrollo de la investigación y se presenta el marco conceptual. En el capítulo IV, se presenta la metodología empleada en el desarrollo de la investigación, definiendo el tipo, nivel y diseño de la investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos. En el capítulo V, se establecen los resultados con sus respectivas interpretaciones y discusión. En el capítulo VI, se precisan las conclusiones y recomendaciones. Finalmente, se indican las referencias y anexos empleados en la investigación.



## RESUMEN

Esta investigación, cuyo objetivo es desarrollar la evaluación y propuesta de mejora de la red de alcantarillado y desagüe para la reducción del riesgo de inundación en la urbanización Patibamba baja, Abancay, es una investigación aplicada, con diseño no experimental y nivel descriptivo, partiendo de la toma de datos en campo haciendo uso de una ficha de observación aplicada a una población compuesta por la urbanización Patibamba baja, ubicada en la ciudad de Abancay. Con los datos obtenidos durante el trabajo de campo se realizó una modelación hidráulica en el programa SewerCAD. En base a lo anterior, se encontró que el sistema actual posee capacidad suficiente para la demanda que se presenta en la zona, por lo que la realidad problemática debe su razón a fallas en el funcionamiento debido a elementos que no realizan su trabajo de manera eficaz, en especial la captación de las aguas superficiales, las cuales no existen en el área de estudio, y las que hay se encuentran en estado de deterioro y requieren de labores de mantenimiento. En cuanto al nivel de riesgo, se encontró que la población posee una vulnerabilidad y exposición al peligro en nivel Alto, por lo que el nivel de riesgo resulta en igual magnitud. De este modo, la propuesta de mejora consistió en tramos de conductos circulares de 24" de diámetro y secciones de colectores triangulares de 0.30 x 0.20 m que permitirán complementar la red existente y mejorar el funcionamiento de los elementos actuales.

**Palabras claves:** *riesgo de inundación, caudal, aguas residuales, aguas pluviales, SewerCAD.*



## ABSTRACT

This research, whose objective is to develop the evaluation and proposal for the improvement of the sewerage and drainage network to reduce the risk of flooding in the Patibamba baja urbanisation, Abancay, is an applied research, with a non-experimental design and descriptive level, based on field data collection using an observation sheet applied to a population composed of the Patibamba baja urbanisation, located in the city of Abancay. With the data obtained during the field work, a hydraulic modelling was carried out in the SewerCAD programme. Based on the above, it was found that the current system has sufficient capacity for the demand in the area, so that the problematic reality is due to malfunctions due to elements that do not perform their work effectively, especially the collection of surface water, which does not exist in the study area, and those that do exist are in a state of deterioration and require maintenance work. Regarding the level of risk, it was found that the population has a vulnerability and exposure to danger at a High level, so the level of risk is of equal magnitude. Thus, the improvement proposal consisted of sections of circular conduits of 24" diameter and triangular collector sections of 0.30 x 0.20 m that will complement the existing network and improve the functioning of the current elements.

**Keywords:** *flood risk, flow, wastewater, stormwater, SewerCAD.*



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción del problema

En la medida que la tierra se calienta, debido al aumento exacerbado de las emisiones de gases de efecto invernadero, se estima un acelerado derretimiento de los glaciares, lo que trae a su vez como consecuencia un aumento en las precipitaciones y en la frecuencia de ocurrencia de eventos meteorológicos extremos, así como también, modificaciones en las diferentes estaciones del año (KOLBERT, 2018). De acuerdo Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2017), en el informe emanado de la Organización Meteorológica Mundial se expone que desde los años 70, la temperatura a nivel mundial ha estado en constante aumento, al punto que para el cierre del año 2017 la temperatura global promedio estuvo 1.1 °C por encima de la temperatura que se registraba en la era preindustrial, convirtiéndose en el segundo año más cálido registrado en la historia. Así mismo, el informe revela que de los 18 años más cálidos que se han experimentado en la historia, 17 de ellos han sido en este siglo y que el nivel del calentamiento en los últimos tres años ha sido excepcional.

La repercusión de este incremento de la temperatura en América Latina, tiene relación directa con el fenómeno El Niño, él se encuentra desde el año 2015 en el Pacífico propiciando efectos negativos en los países de la región; en el caso de Argentina, el sur de Chile y el norte de Perú, donde se han generado fuertes lluvias que han afectado la producción agrícola y pesquera, grandes inundaciones con pérdidas materiales, económicas y humanas y cambios en las condiciones de los ecosistemas marinos (FERREIRO, 2016). En el caso específico del Perú, se ha producido un incremento de las lluvias torrenciales, deslizamientos de tierra, grandes inundaciones y avalanchas de lodo, siendo el responsable del incremento en diez veces más del nivel de lluvia que ocurre en todo el país (ONU, 2017).

En las zonas donde se originan constantes lluvias en determinados períodos del año, se construyen sistemas de alcantarillado pluvial con la finalidad de manejar, controlar y conducir de manera adecuada el agua de lluvia que llegan a las cubiertas de los edificios, avenidas y calles, jardines, así como a veredas, entre otros, siendo llevadas (de manera separada a las aguas residuales) a sitios en donde no provoquen inconvenientes o daños a los habitantes y el entorno. Dichos sistemas, están constituidos por conductos en forma



de red, así como estructuras de captación y también estructuras complementarias que evitan que el agua de lluvia se concentre o acumule y, a su vez, permiten drenar la zona a la que sirven; mitigando el riesgo de inundaciones y los daños que estas pueden causar (GAMBOA, y otros, 2019).

En el Perú, los principales departamentos y ciudades que se ubican en la sierra del país, así como en aquellas zonas donde se producen grandes precipitaciones en el año, poseen sistemas de drenaje de agua pluvial, ya que durante los periodos de lluvia que se dan al año las calles se inundan, afectando a la población. De acuerdo a la norma-OS. 060, se establece que en toda nueva edificación que se realice en zonas urbanas en aquellas localidades en donde existan frecuentes precipitaciones con lluvias iguales o superiores a los 10 mm en 24 horas, se deberá construir sistemas de alcantarillados de agua pluviales con la finalidad que se haga un manejo racional del agua de lluvia, evitando daños tanto en las edificaciones como en las obras públicas (pistas, redes eléctricas, redes de agua, entre otras), así como también, evitar el acumulamiento de agua que se convierte en focos de contaminación y/o transmisión de enfermedades (PEÑA, y otros, 2018; CÓRDOBA, 2020).

Sin embargo, en los últimos años, el servicio de alcantarillado viene presentando deficiencia debido a la falta de mejoras del servicio y a la ausencia de inspección, que ha propiciado atoros y aniegos, así como también el colapso de los buzones de la red existente (GARRIAZO, y otros, 2019). Por ejemplo, la zona urbana de la ciudad de Abancay presenta importantes problemas relacionados al drenaje pluvial, entre los que se destacan (Grupo de Trabajo Municipal de Prevención y Reducción de Riesgos, 2018):

- Ausencia de sistemas de drenaje pluvial.
- Existencia de fuertes pendientes
- Generación inmediata de caudales al generarse las precipitaciones pluviales, que tienden a incrementarse debido a que los tiempos de concentración son mínimos y a los fuertes y altos coeficientes de concentración, que ocasionan altas concentraciones de flujos en las partes bajas de la ciudad.
- Existencias de diversos objetos, diferentes tipos de vehículos estacionados o en marcha y concentración de desechos sólidos orgánicos e inorgánicos en las avenidas y calles, que obstruyen el escurrimiento superficial libre.
- Drenaje aguas pluviales provenientes de las viviendas de forma directa a las calles.



- Diseño de aproximadamente el 50% de las calles transversalmente a los cauces que atraviesan la ciudad, lo que no permite que el agua pluvial acumulada pueda desfogar directamente a estos, generándose altas concentraciones de volúmenes de aguas que no logran evacuar directamente a los cauces, lo que propicia inundaciones parciales en cada una de estas.

Todas estas debilidades, generan problemas de inundación en 53 centros urbanos de la ciudad de Abancay al momento de originarse precipitaciones pluviales intensas, siendo uno de ellos Patibamba baja uno de ellos producto de precipitaciones (Grupo de Trabajo Municipal de Prevención y Reducción de Riesgos, 2018).

Es así que, en el mes de abril del año 2016 se produjo fuertes precipitaciones por más de cinco horas afectando las urbanizaciones Ichubambilla, Vista Alta, Tablada Alta, Patibamba Baja y el Circuito Mariño, dejando como saldo negativo la pérdida de dos vidas humanas, dos heridos, también se vieron afectadas por inundaciones dos instituciones públicas, dos centros educativos y 650 viviendas, seis viviendas inhabitable y distintas calles que quedaron intransitables (MINAN, 2016; RPP, 2016).

Así mismo, en el mes de setiembre del año 2020. se produjo nuevamente una fuerte lluvia acompañada de granizo y vientos fuertes que causó estragos en la ciudad de Abancay, específicamente en la parte baja de la misma, generando daños materiales por inundación en 40 viviendas y afectando a 50 familias en los centros poblados Asociación Victoria, Geranios, Enrique Pelach, Cercado de Abancay, Magisterial, Atumpata y Patibamba Baja, quedando afectados 150 metros de carretera Prolongación Mariño y 700 metros lineales de vías afirmadas (RCR, 2020; Chaski.pe, 2020).

Por lo tanto, la presente investigación tiene como propósito llevar a cabo una evaluación y propuesta de mejora de la red de alcantarillado y desagüe para la reducción del riesgo de inundación en la urbanización Patibamba Baja, ya que es una de las zonas que se encuentran siempre afectadas cuando se producen grandes precipitaciones en la ciudad de Abancay.



## 1.2 Enunciado del problema

### 1.2.1 Problema general

¿De qué manera la evaluación y propuesta de mejora de la red de alcantarillado y desagüe permitirá reducir el riesgo de inundación en la urbanización Patibamba baja, Abancay?

### 1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la situación actual del caudal de aguas residuales y del caudal proveniente de la precipitación pluvial que ingresa a la red de alcantarillado y desagüe de la urbanización Patibamba baja, Abancay?
- ¿Cuál es el diámetro de tubería adecuado para la red de alcantarillado y desagüe de la urbanización Patibamba baja, Abancay?
- ¿Cuál es el nivel actual de riesgo de inundación en la urbanización Patibamba baja, Abancay?
- ¿Cuál es la propuesta de mejora en la red de alcantarillado y desagüe de la urbanización Patibamba baja, Abancay?

### 1.2.3 Justificación

La investigación se justifica desde un nivel práctico, pues la evaluación y formulación de una propuesta de mejora de la red de alcantarillado y desagüe de la urbanización Patibamba está orientada a reducir el riesgo de inundación ante las lluvias que se registran de manera continua en la ciudad de Abancay, incidiendo de manera positiva en la calidad de vida de sus habitantes.

La investigación también se justifica teóricamente, ya que sirve como aporte teórico que demuestra el desarrollo de las evaluaciones del estado de operatividad y conservación de una red de alcantarillado, así como, por medio de estudios básicos de ingeniería, entre ellos de topografía, hidrológico y de estructura, se puede diagnosticar y proponer una mejora a dicha red, pues la zona de estudio se encontraba afectada constantemente por inundaciones producto de las fuertes lluvias que se producen en la ciudad de Abancay, reduciendo de manera



significativa el riesgo de inundación, todo conforme a lo dispuesto en la Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano.

Desde el ámbito metodológico, se justifica la investigación debido a que los resultados obtenidos en el desarrollo del estudio sirven como una referencia teórica para la ejecución de futuras investigaciones que se relacionen con el tema de estudio, particularmente, donde los instrumentos empleados para recolectar y sistematizar la información, representaron un soporte para evaluar y proponer la mejora de la red de alcantarillado según las necesidades de la zona de estudio.



## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 2.1 Objetivos de la investigación

##### 2.2.1 Objetivo general

Desarrollar la evaluación y propuesta de mejora de la red de alcantarillado y desagüe para la reducción del riesgo de inundación en la urbanización Patibamba baja, Abancay.

##### 2.2.2 Objetivos específicos

- Determinar el caudal de agua residual y el caudal proveniente de la precipitación pluvial que ingresa a la red de alcantarillado y desagüe de la urbanización Patibamba baja, Abancay.
- Determinar el diámetro de tubería adecuado para la red de alcantarillado y desagüe de la urbanización Patibamba baja, Abancay.
- Evaluar el nivel actual de riesgo de inundación en la urbanización Patibamba baja, Abancay.
- Realizar la propuesta de mejora en la red de alcantarillado y desagüe de la urbanización Patibamba baja, Abancay.



## 2.2 Hipótesis de la investigación

### 2.2.3 Hipótesis general

La evaluación y propuesta de mejora de la red de alcantarillado y desagüe reduciría el riesgo de inundación en la urbanización Patibamba baja, Abancay.

### 2.2.4 Hipótesis específicas

- El caudal de agua residual y el caudal proveniente de la precipitación pluvial que ingresa a la red de alcantarillado y desagüe de la urbanización Patibamba baja, Abancay, superaría la capacidad de conducción.
- El diámetro de tubería para la red de alcantarillado y desagüe de la urbanización Patibamba baja, Abancay, no es adecuado.
- El nivel actual de riesgo de inundación, es alto, en la urbanización Patibamba baja, Abancay.
- La propuesta de mejora en la red de alcantarillado y desagüe de la urbanización Patibamba baja, Abancay, permitiría una reducción del riesgo de inundación.

## 2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1 — Operacionalización de variables

| VARIABLE                        | DIMENSIÓN                  | INDICADOR   |
|---------------------------------|----------------------------|---|
| Riesgo de inundación            | Física                     | Localización de viviendas   |
|                                 |                            | Material de construcción utilizada en viviendas   |
|                                 |                            | Características geológicas, calidad y tipo de suelo                                     |
|                                 |                            | Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos        |
|                                 | Ambiental                  | Explotación de los recursos naturales   |
|                                 |                            | Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos                                  |
|                                 | Económico                  | Actividad económica   |
|                                 |                            | Grado de escasez (ingresos, servicios y competitividad)                                 |
|                                 | Social                     | Nivel de organización   |
|                                 |                            | Grado y tipo de relación e integración entre las instituciones y organizaciones locales |
| Red de alcantarillado y desagüe | Funcionamiento actual      | Mantenimiento<br>Vida útil  |
|                                 | Caudal de aguas residuales | Flujo volumétrico   |
|                                 | Caudal de aguas pluviales  | Velocidad   |
|                                 |                            | Area  |
|                                 |                            | Intensidad de lluvia  |
|                                 | Diámetro de la red         | Demanda de agua residual  |
|                                 |                            | Capacidad del colector de aguas residuales  |
|                                 |                            | Area de estudio   |



## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 3.1 Antecedentes

##### 3.1.1 Antecedentes internacionales

**MARCILLO (2021)**. Realizó una investigación con el objetivo de diseñar el alcantarillado pluvial de la comunidad Manantiales del cantón Montecristi - provincia de Manabí, para ello se hizo uso de una metodología científica, histórica, descriptiva y estadística. La simulación hidráulica fue realizada con el software SEWERGEMS mediante el cual se analizó el comportamiento de la red bajo condiciones de carga sanitaria durante la temporada de precipitaciones, con lo que se pudo demostrar que el diseño responde a las exigencias de la normativa técnica vigente. Se concluyó que el sistema diseñado garantiza un buen servicio del sistema de alcantarillado pluvial, lo que evitará inundaciones que se originan por las precipitaciones que se dan en épocas de lluvia (MARCILLO).

**MERCHÁN (2021)**. En su tesis que tuvo el objetivo propuesto el diseño del sistema de alcantarillado pluvial para el sector Las Delias de la provincia del Guayas – Ecuador donde, actualmente, se presenta inundaciones. La metodología utilizada constó de dos fases, la fase de campo, en la que se recolectó información acerca del alcantarillado pluvial existente y las pendientes del terreno y la fase de oficina, donde se hizo uso del software SewerCAD para la verificación del diseño. el diseño del alcantarillado fue dividido en tres tramos, para los cuales se destinaron

83 cámaras de inspección con tuberías de concreto de 1200 mm, con un presupuesto referencial de \$ 12.860.797,87. Se concluyó que, el diseño óptimo se obtiene a través del uso de software ya que las hojas de cálculo presentan deficiencias (MERCHÁN, 2021).

**PINARGOTE (2020)**. Realizó un trabajo de investigación con el objetivo de realizar el diseño de sistema de drenaje pluvial funcional, técnico y económico que contribuya con el saneamiento básico de la comunidad. La metodología utilizada siguió un diseño no experimental, basado en una inspección de campo. El diseño propuesto cuenta con alcantarillado y canales abiertos, con descarga directa y pozos de inspección con separación promedio de 25 metros con diámetros que van



desde 200 mm. El costo aproximado del desarrollo del sistema drenaje asciende a la cantidad de \$ 71,036.55. se concluyó que, el diseño responde a lo descrito en las normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1,000 habitantes (PINARGOTE).

**OROZCO y TAPIA (2017).** Realizó una investigación con el objetivo de diseñar el Sistema de alcantarillado Sanitario, Pluvial para el centro parroquial Quimiag, teniendo en cuenta aspectos técnicos, económicos y ambientales. La información fue recolectada por medio de una inspección de campo que permitió determinar las características topográficas de la zona y el estado actual del sistema de drenaje pluvial. El sistema resultante contó con la capacidad para satisfacer a una población futura de 875 personas durante un periodo de diseño de 25 años, con tuberías de diámetro que van de 200 mm a 300 mm, con planta de tratamiento de aguas residuales y filtro de sedimentos. El coste aproximado fue de 478,951.57 dólares (OROZCO, y otros, 2017).

### 3.1.2 Antecedentes Nacionales

**GAMBOA y CHUQUILIN (2019).** Llevaron a cabo una investigación titulada con el objetivo proponer un diseño estructural e hidráulico para el alcantarillado pluvial de la urbanización “LA UNIÓN”. La investigación fue descriptiva – aplicativa, con un nivel básico y un diseño no experimental. El diseño propuesto consta de una cuneta rectangular revestida de concreto armado de sección 0.40 x 0.35 metros que brinda una mayor eficacia al sistema. Se concluyó que, conocer la topografía del terreno permitió optimizar el dimensionamiento hidráulico y el diseño estructural de las obras proyectadas (GAMBOA, y otros, 2019).

**GARRIAZO y RODRÍGUEZ (2019).** Llevaron a cabo un estudio con el objetivo de realizar el diseño de un sistema de alcantarillado con una planta compacta de tratamiento. La investigación fue de tipo cuantitativa, con un nivel explicativo, la información fue recolectada a través de una encuesta aplicada a los pobladores. el sistema fue diseñado con una demanda de desagüe igual al Caudal de criterio QP  
 $= 1.049 \text{ L/S}$ , cumpliendo con la pendiente, la tensión tractiva (entre 15.16 Pa y mínima es de 2.00 Pa) y las alturas de Buzones (mínimo  $H=1.20$ ). Las autoras concluyen que el nuevo diseño de sistema de alcantarillado permitirá corregir los errores del sistema actual conforme a lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones (GARRIAZO, y otros, 2019).



**TAPIA (2019).** En su tesis se planteó como objetivo determinar la propuesta de diseño del sistema del drenaje por precipitaciones en la zona urbana de la ciudad de Caraz. La investigación fue de tipo descriptiva, con un diseño no experimental de tipo transversal. Durante el estudio se evaluó dos alternativas de sistemas de alcantarillado: un sistema combinado y un sistema unitario. De acuerdo a las altas precipitaciones y la posición longitudinal de las calles se seleccionó el sistema de drenaje unitario, para una intensidad de lluvia máxima de 104.57 mm/hr y un periodo de retorno de 25 años. Como conclusión se comprobó que, la construcción del sistema diseñado permitirá mejorar la captación de aguas de lluvia y optimizar la eficiencia del sistema (TAPIA, 2020).

**PEÑA y ROCHA (2018).** Llevaron a cabo una investigación con el fin diseñar un sistema de alcantarillado pluvial del pasaje Anturio Urbanización Palmira. La investigación fue descriptiva no experimental, los datos recolectados durante el trabajo de campo fueron registrados en una ficha de recolección de datos. El diseño resultante es un sistema de alcantarillado con cunetas de 0.50 m de altura y 0.50 m de solera, con un borde libre de 30 cm, esto para un periodo de retorno de 10 años, y una intensidad de lluvia de 71.73 mm/h y caudal de diseño de 0.113 m<sup>3</sup>/s. El diseño está respaldado por las normas OS 060, OS 100 y normas técnicas peruanas (PEÑA, y otros, 2018).

## 3.2 Marco teórico

### 3.2.1 Sistema de drenaje Pluvial

Se define como una red de construcciones de secciones variadas en su geometría (cuadrada, circular, rectangular, ovoide o trapezoidal) utilizadas para transportar el flujo de aguas pluviales de una ciudad. Su utilidad radica en que permiten trasladar los caudales de agua cuando existen volúmenes de lluvias fuertes y por largos periodos de tiempo. En términos generales, evacuan las aguas pluviales y evitan que estas se dirijan hacia el sistema de recolección de aguas servidas (PEÑA, y otros, 2018).

De acuerdo a la Ley General de Drenaje (El Peruano, 2018), son sistemas que se construyen en las arterias viales de las ciudades con el propósito de que se capte y conduzca las aguas de tipo pluviales, el fin último de este tipo de estructura es tratar que se minimice los daños el agua pluvial pueda producir a las personas y a



las edificaciones dentro del entorno urbano. Desde una perspectiva complementaria, busca dar seguridad a la población para que esta pueda desarrollar de forma normal su vida en las diferentes avenidas y calles a través de su transitabilidad normal, lo que permite contribuir a un tráfico apropiado tanto de personas como de vehículos mientras duran las lluvias.

Muchos de los problemas que presentan los sistemas de agua pluvial radican en que no se toman en cuenta los lineamientos técnicos apropiados para su construcción. Tal como señala (CÓRDOBA, 2020), en el Perú, a pesar de contar con el reglamento nacional de edificaciones, los entes encargados de velar por una adecuada gestión muchas veces no articulan de forma adecuada las implementaciones necesarias, por lo que muchos desarrollos se elaboran de forma técnicamente deficiente, generando casos de inundaciones y focos de contaminación por la mezcla de aguas pluviales y residuales.

En cuanto a las fallas que afectan el correcto funcionamiento de este tipo de sistemas se encuentran las obstrucciones por vegetación o acumulación de basura, lo cual causa que los elementos que conforman la red, a pesar de estar adecuadamente diseñados, sean ineficaces para captar y conducir los flujos de agua; otro caso suele darse cuando, para vencer las dificultades del terreno se emplean sistemas de bombeo que, al no recibir un mantenimiento adecuado, merma la capacidad de desalojar las aguas que ingresan a sistema (HERNÁNDEZ, 2018).

En base a lo anterior, se debe entender que el funcionamiento de los sistemas de drenaje no solo depende de las condiciones y criterios utilizados durante su diseño, sino también de la medida en que tales condiciones se mantengan a lo largo del tiempo, siendo necesario el empleo de obras de mantenimiento.

De acuerdo a (IBANA, y otros, 2021), la consecuencia fundamental del mal funcionamiento de los sistemas de drenaje, además de la posible inundación de la zona, es la contaminación de las masas de agua superficiales como ríos o lagos, lo que genera extensos problemas a la biodiversidad acuática, así como también, pone en riesgo la salud humana, es especial cuando de ella se toma agua para el consumo humano o realización de actividades recreativas. Este efecto se recrudece cuando las aguas pluviales se mezclan con las aguas residuales de forma descontrolada acabando en el colapso de la red y el flujo de las aguas contaminadas hacia la superficie, razón por la cual, los sistemas deben de ser



diseñados cautelosamente, prefiriendo separar las aguas residuales de las aguas de lluvia. Aun cuando se diseñen para captar ambos efluentes, de debe tener presente que el aumento de caudal genera igualmente un aumento para las plantas de tratamiento, lo cual suele generar costos mayores (HAYDAR, 2016).

### 3.2.2 Componentes de un sistema de drenaje

Según (TAPIA, 2020), los componentes principales de un sistema de drenaje se agrupan de acuerdo a la función para la que se utilizan, siendo estos.

- **Estructuras de captación:** son los encargados de recoger el agua que se transportará. Los sumideros o las puertas de tormenta se utilizan como estructura de captura en este tipo de sistema, pero también hay conexiones domésticas que transfieren las aguas pluviales de los techos y patios de las casas. Las bombas de sumideros suelen tener rejillas o cubiertas para evitar que los objetos entren y obstruyan las tuberías.
- **Estructuras de conducción:** son las responsables de transportar el agua recolectada hacia zonas de tratamiento o vertido. Es la parte medular del sistema de drenaje pluvial, estando conformado por conductos cerrados (tuberías) y abiertos (canales).
- **Estructuras de conexión y mantenimiento:** elementos que permiten la conexión y aplicación de mantenimiento a los conductos de la red; ya que contribuye a conectar varias tuberías de diferentes diámetros o materiales, así como también poseen un espacio lo suficientemente cómodo para que una persona pueda bajar al nivel de las tuberías y maniobrar para las actividades de inspección y mantenimiento de los conductos. Este tipo de estructura se denomina cámaras de revisión.
- **Estructuras de descarga:** son las estructuras que se ubican en la parte terminal de la red, teniendo como propósito proteger y mantener libre de obstáculos la descarga final del sistema.
- **Instalaciones complementarias:** aquellos elementos que no necesariamente son parte del sistema de alcantarillado, sin embargo, en ciertos casos son de vital importancia para su funcionamiento correcto. Son parte de estas las estaciones de bombeo, las plantas de tratamiento, entre otras.



- **Disposición final:** se refiere al lugar al cual se conducen las aguas; no forma parte del sistema de alcantarillado, sin embargo, es fundamental que el sitio de disposición final sea identificado en la formulación del proyecto a fin de evitar daños medioambientales e incluso a la población que está cerca de la zona de vertido.

### 3.2.3 Diseño de sistemas de drenaje

El diseño de la red requiere que se determine geometría de la misma en la que se incluye bases de diseño, caudal del agua de lluvia, coeficiente de escurrimiento intensidad de precipitación e intensidad diaria (PEÑA, y otros, 2018).

- **Bases de diseño:** corresponde a la vida útil del proyecto, que se calcula en promedio 25 años, y es el mismo número de años necesarios para el diseño.
- **Caudal de Escorrentía:** se calcula en función de la intensidad, la duración y la frecuencia de las lluvias que se producen en una población dada a lo largo del tiempo, como se mide por pluviómetros, y a lo largo de un período de tiempo que se considera representativo. El método comúnmente aceptado para su cálculo es el llamado método racional, válido para las cuencas hidrográficas menores de 100 hectáreas. (PEÑA, y otros, 2018). Para esto se utilizará la ecuación 1.

$$Q = C \times I \times A \quad (1)$$

Donde:

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

C = Coeficiente de escurrimiento o impermeabilidad

I = Intensidad de lluvia (mm/h)

A = Área de drenaje o aportación (Ha)

- **Coeficiente de escurrimiento:** es la relación calculada entre el flujo de agua y la precipitación total para la sección de diseño. Este coeficiente se determina por el tipo de área, la impermeabilidad del suelo, la retención en las depresiones, la intercepción por la vegetación y la evaporación, entre otros factores, y se basa en datos empíricos calculados en el campo. Es así, que el valor C se determina por el tiempo que tarda la lluvia en humectar el suelo. Los valores más aceptados se muestran en la Tabla 2 (PEÑA, y otros, 2018).



**Tabla 2 — Coeficiente de escurrimiento de acuerdo a la superficie**

| TIPO DE SUPERFICIE                          | C           |
|---|-------------|
| Cubierta metálica o teja vidriada           | 0.95        |
| Cubierta con teja ordinaria                 | 0.90        |
| Pavimento asfáltico en buenas condiciones   | 0.85– 0.90  |
| Pavimento de hormigón                       | 0.80 – 0.85 |
| Empedrado con juntas pequeñas               | 0.75 – 0.80 |
| Empedrado con juntas ordinarias             | 0.40 – 0.50 |
| Superficie afirmada (tierra compactada)     | 0.25 -0.60  |
| Superficies no pavimentadas (suelo natural) | 0.10 – 0.30 |
| Parques y jardines                          | 0.05 – 0.25 |

Extraído de Peña y Rocha (2018)

También es importante mencionar, que de acuerdo a la zona que se determinen en una población, el valor de C se valora como se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3 — Coeficiente de escurrimiento de acuerdo a la superficie**

| TIPO DE SUPERFICIE                        | C           |
|---|-------------|
| Cubierta metálica o teja vidriada         | 0.95        |
| Cubierta con teja ordinaria               | 0.90        |
| Pavimento asfáltico en buenas condiciones | 0.85– 0.90  |
| Pavimento de hormigón                     | 0.80 – 0.85 |

Extraído de Peña y Rocha (2018)

- Intensidad de precipitación:** La relación entre el volumen de agua precipitada y el tiempo que se tarda en precipitarse en una zona o área específica, se calcula para ver si hay una diferencia en la puntuación para un periodo de precipitaciones medias, excluyendo las precipitaciones extremas y las tormentas máximas. Las ecuaciones representativas se crean para cada tipo de área, y se basan en la intensidad diaria dentro de un período de vuelta, como informan las estaciones, utilizando datos e información pluviométrica. Los mapas de isolíneas con valores de período de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años se utilizan para conseguir un registro medio de diez años, con una tasa de error del 10% considerada aceptable en este tipo de análisis estadístico (Peña y Rocha, 2018).
- Intensidad diaria:** es la cantidad de lluvia que ha caído en una determinada zona o área a lo largo de un día de 24 horas.

### 3.2.4 Sistema de alcantarillado

La red de agua servida es una colección de conductos matrices y principales que recogen, evacuan y transportan las aguas servidas producidas en la vivienda; la red de tuberías se diseñará en función de los flujos máximos y de los flujos de entrada para el periodo de diseño (RNE, 2006).

La Norma OS.060 del (RNE, 2006), establece que el drenaje pluvial se clasifica en dos tipos:

- **Drenaje urbano mayor:** La red de agua servida es una colección de conductos principales y matrices que recogen, evacuan y transportan las aguas servidas producidas en la vivienda, estableciendo un inicio y un final del periodo de diseño; la red de tuberías se diseñará en función de los flujos máximos y de los flujos de entrada para el periodo de diseño.
- **Drenaje urbano menor:** es un tipo de sistema de aguas residuales que permite eliminar los canales cada dos o diez años.

El diseño de un sistema de alcantarillado parte de la determinación del consumo de agua por parte de la población, según lo cual, el diseño hidráulico debe realizarse con el caudal máximo horario del consumo o datación, el cual corresponde a aquel a la hora de máxima descarga, de lo cual se desprenden las siguientes consideraciones (TOTOCAYO, 2021):

- a) El caudal de diseño corresponde al consumo medio diario de la población, pudiéndose estimar a partir de lo indicado en la norma OS.100 para la dotación diaria de cada habitante. Así, la dotación puede variar típicamente entre 150 a 220 litros por habitante por día.
- b) Los valores del consumo diario deben ser multiplicador por el factor  $K$  para que así se tomen en cuenta las variaciones diarias en el consumo, teniendo valores que van desde 0.5 a 2.5.
- c) El caudal de agua consumido por la población ingresa en un 80% a la red de alcantarillado. Sin embargo, también debe considerarse el caudal proveniente de infiltraciones por conexiones erradas o caudal de agua de lluvia que ingresa al sistema.



d) Finalmente, el caudal de diseño debe ser para la población futura, al término del periodo de diseño elegido para el sistema, típicamente, 20 a 25 años.

El correcto funcionamiento de la red de evacuación de aguas residuales hace posible que la población esté libre de focos contaminantes que facilitan la aparición de enfermedades gastrointestinales, además de los problemas ocasionados por la presencia de agua y malos olores en las zonas afectadas. Considerando que las tuberías de la red se ubican enterradas, su inspección se dificulta, sin embargo, las consecuencias no suelen tardar por hacerse visibles. De ello, la experiencia señala como posibles causas a los problemas en los sistemas de aguas residuales a (HIDROTEC, 2017):

- Asentamientos y contracciones en suelos arcillosos
- Bloqueos por grasa
- Corrosión
- Depósito de sedimentos
- Obstrucciones
- Juntas con fugas

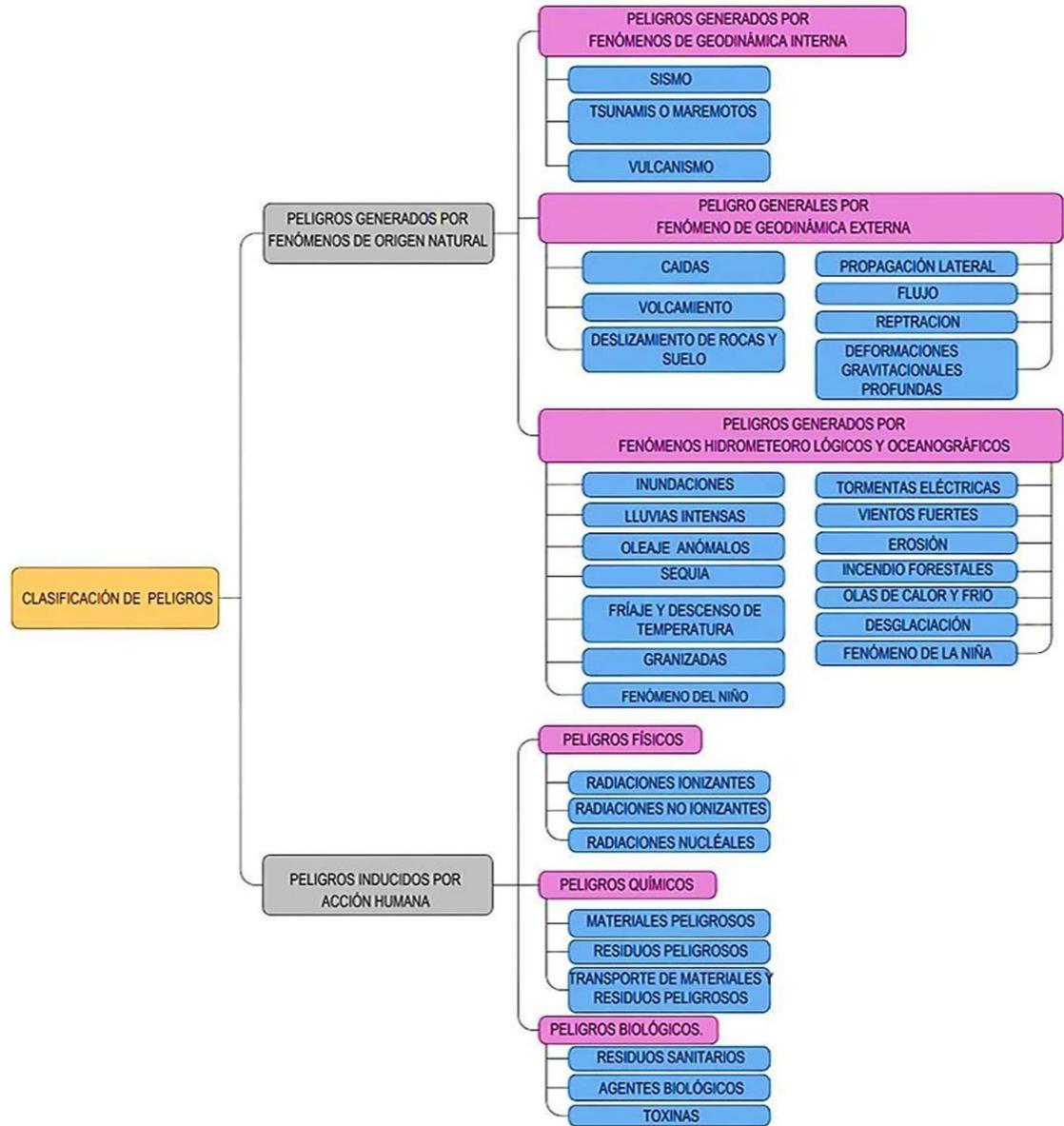
De las razones antes mencionadas, el diseño hidráulico debe proveer al sistema las características necesarias para garantizar la velocidad de la descarga, lo cual se relaciona con la pendiente de la tubería y el diámetro de la misma. Velocidades inferiores facilitan la acumulación de sedimentos, que terminan por causar obstrucciones y disminuir la capacidad del sistema, propiciando el colapso. Durante este hecho, al agua suele ascender a la superficie por medio de los buzones de inspección que se ubican a lo largo de la red, sin embargo, en la práctica, este fenómeno es causado hasta el 80% de las veces por mal uso del sistema, donde la población suele desechar irresponsablemente basura dentro de las cajas de registro (EMSA PUNO, 2021).

### 3.2.5 Peligro

Es la probabilidad de que un fenómeno natural o de un fenómeno inducido por el hombre ocurra en un momento y lugar determinado, cuyas consecuencias son potencialmente dañinas (INDECI, 2009). De acuerdo a la definición dada por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres



(CENEPRED, 2015), el peligro es aquella probabilidad de que un fenómeno que posee potencialidad de daño, con un origen natural o un origen inducido por la acción del ser humano, se encuentra presente en un espacio o zona específica, con una intensidad, duración y frecuencia definida. El peligro en función de su origen puede ser natural o inducidos por el hombre, tal y como se aprecia en la Figura 1.



**Figura 1 — Clasificación de peligros**

Extraído de CENEPRED (2015)

De acuerdo a (SINAGERD, 2014), dentro del Plan Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (PLANAGERD) 2014 -2021, señalan los principales peligros que se presentan en el territorio nacional, y hace mención de aquellos peligros naturales que puedan generar riesgo desastres, los cuales tienen relación directa respecto a



su ubicación y a las características geográficas. Para efecto de esta investigación, se describen los peligros por inundación en la Tabla 4.

**Tabla 4 — Principales tipos de peligros de origen natural en el Perú**

| Tipos de Peligro   | Descripción   | Áreas Expuestas   |
|--|---|---|
| <b>Inundaciones</b><br>Desbordes laterales de las aguas de lagos, ríos y mares que tienden a cubrir de forma temporal los terrenos bajos, los adyacentes a sus riberas y las llamadas zonas inundables. Se producen en épocas de grandes precipitaciones, por marejadas y por tsunami. | Las primeras manifestaciones adversas producto de la llegada de la temporada de lluvias se dan en las viviendas, afectándose la infraestructura de edificaciones y cualquier otro tipo de construcción, así mismo se produce el deterioro de puentes y carreteras, lo que genera en ciertos casos el aislamiento de ciudades enteras. También, se afecta el sector agropecuario.<br><br>Esta situación se agrava cuando las precipitaciones son intensas y con mayor duración, haciendo más complejo el escenario adverso, afectando el normal desenvolvimiento de las actividades socioeconómicas de la población. | Población, Medios de vida, Infraestructura<br><br>Cuenca del Mantaro, Ramis, Vilcanota, Majes, Santa, Mayo, Amazonas (Loreto), Marañón (Amazonas), cuenca del Huallaga. |

Extraído de SINAGERD (2014)

### 3.2.6 Inundaciones

La evaporación del agua de presas, ríos, lagos y otras fuentes naturales o artificiales, así como la evaporación, que es nada más que una serie de procesos de evaporación (el agua líquida pasa por el vapor) comienza las precipitaciones pluviales (MARTINEZ, 2017). Posterior a ello, se inicia la condensación que es el proceso en el cual el agua en su estado gaseoso pasa a su estado líquido, el cual se produce en la atmósfera al ascender el aire caliente enfriándose y disminuyendo así, la capacidad que tiene para almacenar vapor de agua, dando como resultado la formación de gotas de lluvia (VERA, y otros, 2013).

En consecuencia, las aguas caen sobre la superficie de la tierra, como los suelos con erodabilidad y erosividad. La primera es el proceso por el que las precipitaciones tienden a erosionar el suelo, con la máxima intensidad de la lluvia determinada utilizando bandas pluviométricas que indican las precipitaciones en momentos específicos (MARTINEZ, 2017).



$$R = 6866 \left(\frac{p}{P}\right)^{0.85} \quad (2)$$

Donde:

*R*: índice medio de erosividad anual ( $MJ*mm*ha^{-1}*h^{-1}*año^{-1}$ ).

*P*: precipitación media mensual ( $mm/h$ )

*p*: precipitación media anual ( $mm/año$ )

La erodabilidad “K”, indica la vulnerabilidad que tiene el suelo ante a la erosión en cuanto a las características de tipo físicas de los mismos: textura, capacidad de filtración, la permeabilidad, la granulometría, contenido de materia orgánica, estructura, entre otros. En este sentido, el factor K expresa la resistencia del suelo respecto a la energía de la lluvia, considerando el área de influencia y la duración del fenómeno. Se puede calcular el factor K utilizando la ecuación 3, (MARTINEZ, 2017).

$$K = \frac{1.313 * [2.1 * 10^{-4} * (12 - MO) * M_{1.14} + 3.25(s - 2) + 2.5(p - 3)]}{100} \quad (3)$$

Dónde:

*K*: factor de erodabilidad del suelo ( $ton-ha-h-ha^{-1}-MJ^{-1}-cm^{-1}$ )

*MO*: Porcentaje de materia orgánica del suelo

*S*: Código de la estructura del suelo (mm)

*P*: Código de la permeabilidad (mm/h)

*M*: (% limo + arena muy fina) x (100 - % arcilla)

Este cálculo permite medir la capacidad del campo del suelo ante la presencia de precipitaciones, cuando se satura esta capacidad de almacenamiento se produce la escorrentía sumándose a los niveles del caudal del río (MARTINEZ, 2017).

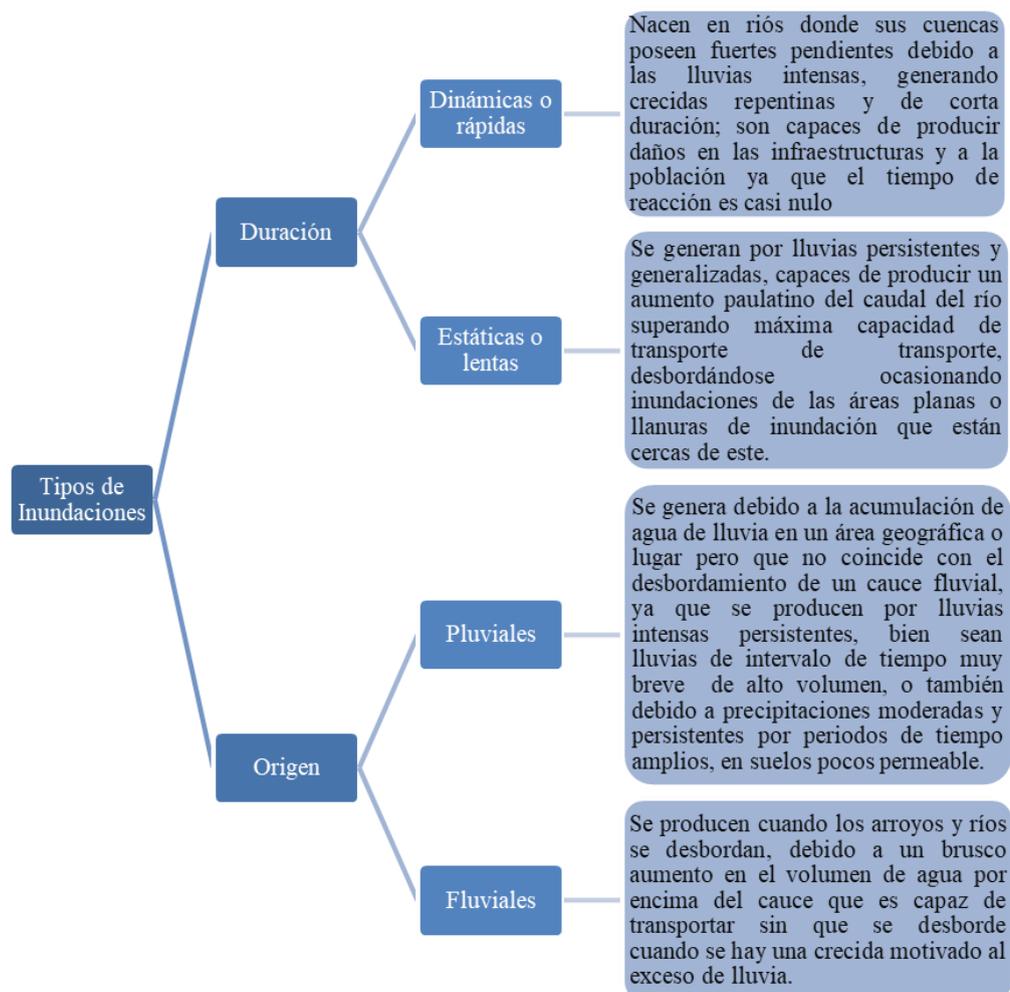
Los goteos caen en una cuenca hidrográfica, que es nada más que una parte de una zona geográfica dividida por divisiones de agua, en teoría, teniendo como característica común un colector o río. Cuando existen épocas de máximas precipitaciones o se encuentran por encima de la precipitación media, el caudal tiende a incrementarse el caudal y, por ende, las inundaciones se producen, lo que provoca inundaciones que pueden amenazar la vida y las infraestructuras de la población (MARTINEZ, 2017).



De acuerdo al Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2011), las inundaciones se producen por lluvias continuas o intensas que superan la capacidad del campo de tierra, superan el volumen máximo de transporte de los ríos y la cuenca principal se llena, inundando las tierras que la rodean, causando daños a las personas (vida, bienes e infraestructuras), al suelo de las terrazas de los ríos y al medio ambiente. Por lo tanto, cuando las llanuras de inundación son ocupadas por los seres humanos con la finalidad de beneficiarse de los recursos naturales y se establecen cerca de ellos, se incrementa la gravedad del peligro.

### 3.2.7 Tipos de inundaciones

De acuerdo a (INDECI, 2011), las inundaciones se clasifican en dos tipos: por su duración y por su origen, tal y como se aprecia en la Figura 2.



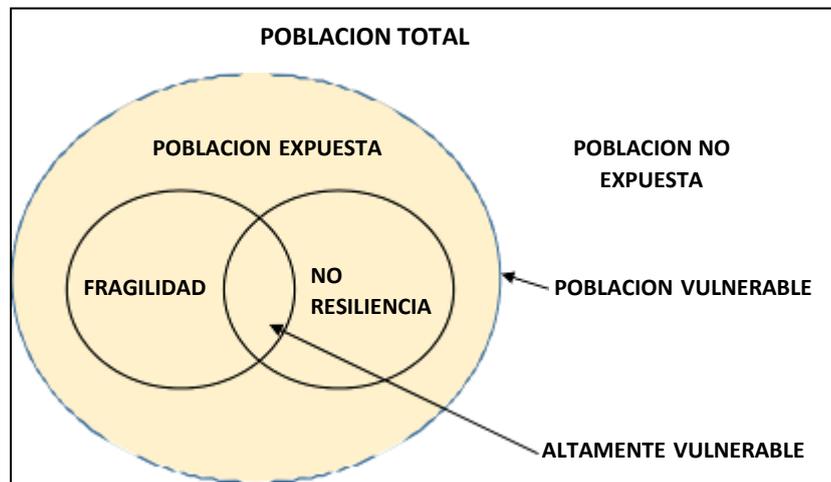
**Figura 2 —Tipos de inundaciones**

Extraído de INDECI (2011)



### 3.2.8 Vulnerabilidad

Se refiere al grado de susceptibilidad a la que está la población, sus estructuras físicas y las diferentes actividades socioeconómicas, a poder sufrir daños producto de una amenaza o peligro (INDECI, 2011). En la figura 3, se muestra la distribución de la población en términos de vulnerabilidad.



**Figura 3 —Distribución de la población en términos de vulnerabilidad**

Extraído de CENEPRED (2015)

Cuando se determina si hay o no un riesgo de inundación, el análisis de la vulnerabilidad comienza con una metodología que determina un conjunto de indicadores para cada tipo de vulnerabilidad que están relacionados con las condiciones más comunes en las que se produce este tipo de evento (INDECI, 2011). La Tabla 5 muestra los tipos de vulnerabilidades ante riesgo por inundación seleccionadas para la presente investigación.

**Tabla 5 — Tipos de vulnerabilidades ante riesgo de inundación.**

| TIPOS DE VULNERABILIDADES  | INDICADORES   |
|----------------------------|---|
| <b>Física</b>              | Localización de viviendas   |
|                            | Material de construcción utilizada en viviendas   |
|                            | Características geológicas, calidad y tipo de suelo                                     |
|                            | Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos        |
| <b>Ambiental ecológica</b> | Explotación de los recursos naturales   |
|                            | Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos                                  |
| <b>Económica</b>           | Actividad económica   |
|                            | Grado de escasez (ingresos, servicios y competitividad)                                 |
| <b>Social</b>              | Nivel de organización   |
|                            | Grado y tipo de relación e integración entre las instituciones y organizaciones locales |

Extraído de INDECI (2011)



Una vez identificados los diversos elementos que están en riesgo, se realiza un análisis de vulnerabilidad que está directa o indirectamente relacionado con la posibilidad de una inundación. Para ello, identificaremos, evaluaremos y analizaremos cada uno de los indicadores que demuestren el nivel de fragilidad capacidades y susceptibilidad, característicos de una condición espacial determinada de vulnerabilidad territorial en la zona en cuestión. Este análisis nos dará una imagen global de las causas, el estado y las capacidades de la población ante el peligro (INDECI, 2011).

**e) Vulnerabilidad física**

**Tabla 6 — Indicador localización de vivienda (Lv)**

| INDICADORES                 | RANGO                | GRADO DE VULNERABILIDAD |
|-----------------------------|----------------------|-------------------------|
| Muy cercana 0.2 – 0 Km.     | $0,75 < V \leq 1$    | Muy Alta                |
| Cercana 0.2 – 1 Km.         | $0,50 < V \leq 0,75$ | Alta                    |
| Medianamente cerca 1 – 5 Km | $0,25 < V \leq 0,50$ | Media                   |
| Muy alejada > 5 Km.         | $0 < V \leq 0,25$    | Baja                    |

Extraído del Manual de Estimación del Riesgo Ante Inundaciones Fluviales, INDECI (2011).

**Tabla 7 — Material de construcción utilizada en viviendas (Cv)**

| DESCRIPCIÓN  | RANGO                | GRADO DE VULNERABILIDAD |
|--|----------------------|-------------------------|
| Estructuras de adobe, caña y otros de menor resistencia, en estado precario.         | $0,75 < V \leq 1$    | Muy Alta                |
| Estructuras de adobe, piedra o madera, sin refuerzos estructurales.                  | $0,50 < V \leq 0,75$ | Alta                    |
| Estructura de concreto, acero o madera, sin adecuada técnica constructiva            | $0,25 < V \leq 0,50$ | Media                   |
| Estructura sismorresistente con adecuada técnica constructiva (de concreto o acero). | $0 < V \leq 0,25$    | Baja                    |

Extraído del Manual de Estimación del Riesgo Ante Inundaciones Fluviales, INDECI (2011).



**Tabla 8 — Características geológicas, calidad y tipo de suelo (Cg)**

| DESCRIPCIÓN  | RANGO                | GRADO DE VULNERABILIDAD |
|--|----------------------|-------------------------|
| Zona muy fracturada, fallada, suelos colapsables (relleno, mapa freático alta con turba, material inorgánico, etc.). | $0,75 < V \leq 1$    | Muy Alta                |
| Zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante.  | $0,50 < V \leq 0,75$ | Alta                    |
| Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante.   | $0,25 < V \leq 0,50$ | Media                   |
| Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas.  | $0 < V \leq 0,25$    | Baja                    |

Extraído del Manual de Estimación del Riesgo Ante Inundaciones Fluviales, INDECI (2011).

**Tabla 9 — Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos (Cn)**

| DESCRIPCIÓN   | RANGO                | GRADO DE VULNERABILIDAD |
|---|----------------------|-------------------------|
| Desconocimiento e incumplimiento de la normativa vigente. | $0,75 < V \leq 1$    | Muy Alta                |
| Con normativa vigente sin cumplimiento.                   | $0,50 < V \leq 0,75$ | Alta                    |
| Con normativa vigente medianamente cumplidas.             | $0,25 < V \leq 0,50$ | Media                   |
| Con normativa vigente estrictamente cumplidas.            | $0 < V \leq 0,25$    | Baja                    |

Extraído del Manual de Estimación del Riesgo Ante Inundaciones Fluviales, INDECI (2011).

Después de establecer el valor de cada indicador, podemos calcular el nivel de vulnerabilidad física utilizando la ecuación 4.

$$VF (\%) = \frac{Lv + Cv + Cg + Cn}{4} \quad (4)$$

Donde:

*VF*: Vulnerabilidad Física

*Lv*: Indicador localización de vivienda

*Cv*: Material de construcción utilizada en viviendas

*Cg*: Características geológicas, calidad y tipo de suelo

*Cn*: Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos



Obtenido el valor de la vulnerabilidad física, se estratificará a partir de los grados que se describen en la tabla 10.

**Tabla 10 — Grados de la vulnerabilidad física**

| GRADO    | RANGO VULNERABILIDAD FÍSICA |
|----------|-----------------------------|
| Muy Alto | $0,75 < V \leq 1$           |
| Alto     | $0,50 < V \leq 0,75$        |
| Media    | $0,25 < V \leq 0,50$        |
| Baja     | $0 < V \leq 0,25$           |

Extraído del Manual de Estimación del Riesgo Ante Inundaciones Fluviales, INDECI (2011).

**f) Vulnerabilidad ambiental ecológica**

**Tabla 11 — Explotación de los recursos naturales (Er)**

| DESCRIPCIÓN   | RANGO                | GRADO DE VULNERABILIDAD |
|---|----------------------|-------------------------|
| Prácticas negligentes e intensas de degradación en el cauce y márgenes del río u otro continente de agua (deterioro en el consumo/uso indiscriminado de los suelos, recursos forestales), entre otros considerados básicos propios del lugar en estudio). | $0,75 < V \leq 1$    | Muy Alta                |
| Prácticas negligentes periódicas o estacionales de degradación de cauce y márgenes del río u otro continente de agua (deterioro en el consumo/uso indiscriminado de los suelos y recursos forestales).  | $0,50 < V \leq 0,75$ | Alta                    |
| Prácticas de degradación del cauce y márgenes del río u otro continente de agua (deterioro en el consumo/uso indiscriminado de los suelos y recursos forestales) sin asesoramiento técnico capacitado. Pero las actividades son de baja intensidad.       | $0,25 < V \leq 0,50$ | Media                   |
| Prácticas de consumo/uso del cauce y márgenes del río u otro continente de agua (suelos y recursos forestales) con asesoramiento técnico capacitado bajo criterios de sostenibilidad.   | $0 < V \leq 0,25$    | Baja                    |

Extraído del Manual de Estimación del Riesgo Ante Inundaciones Fluviales, INDECI (2011).



**Tabla 12 — Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos (Fe)**

| DESCRIPCIÓN   | RANGO                | GRADO DE VULNERABILIDAD |
|---|----------------------|-------------------------|
| El área de estudio presenta equipamientos o establecimientos que emiten sustancias o materiales contaminantes y/o tóxicos, afectando a más del 50% de la población.   | $0,75 < V \leq 1$    | Muy Alta                |
| El área de estudio presenta equipamientos o establecimientos que emiten sustancias o materiales contaminantes y/o tóxicos, afectando a más de la quinta de la población (entre el 20% y 50% de la población). | $0,50 < V \leq 0,75$ | Alta                    |
| El área de estudio presenta equipamientos o establecimientos que emiten sustancias o materiales contaminantes y/o tóxicos, afectando a sectores focalizados de la población (< 20%).                          | $0,25 < V \leq 0,50$ | Media                   |
| El área de estudio no presenta equipamientos o establecimientos que emiten sustancias o materiales contaminantes y/o tóxicos, por lo que la población no se ve afectada.                                      | $0 < V \leq 0,25$    | Baja                    |

Extraído del Manual de Estimación del Riesgo Ante Inundaciones Fluviales, INDECI (2011).

Establecido el valor a cada indicador, se procede a calcular el grado de vulnerabilidad ambiental ecológica a partir de la ecuación 5.

$$VAE (\%) = \frac{Er + Fe}{2} \quad (5)$$

En donde:

*VAE*: Vulnerabilidad Ambiental - Ecológica

*Er*: Explotación de recursos naturales

*Fe*: Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos

Obtenido el valor de la vulnerabilidad ambiental ecológica, se estratificará a partir de los grados descritos en la tabla 13.

**Tabla 13 — Grados de la vulnerabilidad ambiental ecológica**

| GRADO    | RANGO VULNERABILIDAD AMBIENTAL ECOLÓGICA |
|----------|--|
| Muy Alto | $0,75 < V \leq 1$                        |
| Alto     | $0,50 < V \leq 0,75$                     |
| Media    | $0,25 < V \leq 0,50$                     |
| Baja     | $0 < V \leq 0,25$                        |

Extraído del Manual de Estimación del Riesgo Ante Inundaciones Fluviales, INDECI (2011).



g) Vulnerabilidad económica

Tabla 14 —Actividad económica (Ae)

| DESCRIPCIÓN  | RANGO                | GRADO DE VULNERABILIDAD |
|--|----------------------|-------------------------|
| El sistema de producción se basa en una actividad primaria extractiva, sin tecnificación, sin ningún criterio de sostenibilidad. El sistema de producción, bajo las condiciones en que se encuentran, no tiene oportunidades de insertarse a un mercado competitivo. Las actividades económicas realizadas por la población son poco rentables. No existen importantes inversiones. Se presenta un gran nivel de informalidad en las actividades económicas. | $0,75 < V \leq 1$    | Muy Alta                |
| El sistema de producción, bajo las condiciones en que se encuentran, tiene muy poca posibilidad de insertarse a un mercado competitivo. Las actividades económicas realizadas por la población son poco rentables en su mayoría. Existen aisladas inversiones de rango medio, que tienen poco arrastre en la dinamización económica del lugar. Se presenta un importante nivel de informalidad en las actividades económicas                                 | $0,50 < V \leq 0,75$ | Alta                    |
| El sistema de producción cuenta con algunos puntos que presentan competitividad. Algunas actividades económicas realizadas por la población presentan cierto nivel de rentabilidad. Existen algunas inversiones que empiezan a dinamizar el área en estudio. Se presenta un importante nivel de informalidad en las actividades económicas.  | $0,25 < V \leq 0,50$ | Media                   |
| El sistema de producción del área en estudio se encuentra o presenta un proceso importante de inserción a la competitividad. Las actividades económicas presentan un proceso de crecimiento y dinamismo presentando interesantes niveles de rentabilidad. Existen importantes inversiones productivas y económicas que dinamizan o empiezan a dinamizar el área en estudio. Se presenta un importante nivel de informalidad en las actividades económicas    | $0 < V \leq 0,25$    | Baja                    |

Extraído del Manual de Estimación del Riesgo Ante Inundaciones Fluviales, INDECI (2011).



**Tabla 15 — Grado de escasez (servicios, ingresos y competitividad (Ge))**

| DESCRIPCIÓN   | RANGO                | GRADO DE VULNERABILIDAD |
|---|----------------------|-------------------------|
| El área en estudio se encuentra a una distancia que hace que la fluidez entre las áreas de producción y los mercados de intercambio y consumo sea muy pesado (locales y nacionales).                  | $0,75 < V \leq 1$    | Muy Alta                |
| El área en estudio se encuentra a una distancia que dificulta la fluidez entre las áreas de producción y los mercados de intercambio y consumo (locales y nacionales).                                | $0,50 < V \leq 0,75$ | Alta                    |
| El área en estudio se encuentra a una distancia que proporciona cierta fluidez (diaria) en las áreas de producción y los mercados de intercambio y consumo (locales, nacionales y/o internacionales). | $0,25 < V \leq 0,50$ | Media                   |
| El área en estudio una dinámica fluida con sus mercados de intercambio y consumo. (Mercados locales, nacionales y/o internacionales).   | $0 < V \leq 0,25$    | Baja                    |

Extraído del Manual de Estimación del Riesgo Ante Inundaciones Fluviales, INDECI (2011).

Establecido el valor a cada indicador, se procede a calcular el nivel de vulnerabilidad específicamente económica a partir de la ecuación 6.

$$VE (\%) = \frac{Ae + Ge}{2} \tag{6}$$

En donde:

*VE*: Vulnerabilidad Económica

*De*: Actividad Económica

*Ge*: Grado de escasez (servicios, ingresos y competitividad)

Obtenido el valor de la vulnerabilidad económica, se estratificará a partir de los grados descritos en la tabla 16.

**Tabla 16 — Grados de la vulnerabilidad económica**

| GRADO    | RANGO VULNERABILIDAD ECONÓMICA |
|----------|--------------------------------|
| Muy Alto | $0,75 < V \leq 1$              |
| Alto     | $0,50 < V \leq 0,75$           |
| Media    | $0,25 < V \leq 0,50$           |
| Baja     | $0 < V \leq 0,25$              |

Extraído del Manual de Estimación del Riesgo Ante Inundaciones Fluviales, INDECI (2011).



**h) Vulnerabilidad social**

**Tabla 17 — Organización social (Os)**

| DESCRIPCIÓN  | RANGO                | GRADO DE VULNERABILIDAD |
|--|----------------------|-------------------------|
| La organización política o social de la población es nula o presenta altos niveles de corrupción en su clase dirigencia y desprestigio popular. Existen disputas internas. La participación de la población, en la generación de estrategias de desarrollo o gestión del territorio, es nula o muy aislada. Existe un nulo o efímero interés de la población por participar en algún tipo de organización social. No existen comités vecinales de organización social (de defensa civil, seguridad ciudadana, vaso de leche, entre otros). No existen gremios organizados  | $0,75 < V \leq 1$    | Muy Alta                |
| La organización política o social de la población es efímera o nunca funcionan. Existen disputas internas entre estas organizaciones. Presentan algunos casos de corrupción en su clase dirigencial y desprestigio popular. Existe un bajo interés de la población por participar en algún tipo de organización social. La participación de la población, en la generación de estrategias de desarrollo o gestión del territorio, debido a su nivel de desorganización tiene poca fuerza en la toma de decisiones. Existen comités vecinales de organización social (de defensa civil, seguridad ciudadana, vaso de leche, entre otros), pero son muy deficientes en su gestión. No existen gremios organizados  | $0,50 < V \leq 0,75$ | Alta                    |
| Existe organización política o social de la población. No existen disputas internas entre estas organizaciones con normalidad. Presentan casos aislados de corrupción en su clase dirigencial. Las organizaciones tienen funcionamiento todo el año pero en condiciones de “sobre vivencia”. La participación de la población, en la generación de estrategias de desarrollo o gestión del territorio, tienen cierta presencia. Sus propuestas son tomadas en cuenta. Existe un cierto interés de la población por participar en algún tipo de organización social. Existen comités vecinales de organización social, que cuentan con deficiencias, en proceso de formación, pero con un capital humano interesante de gestión   | $0,25 < V \leq 0,50$ | Media                   |
| Existe organización activa política o social de la población. Existen clases dirigenciales comprometidas con la prevención de riesgos, el desarrollo y la gestión eficiente de su territorio. Las organizaciones tienen funcionamiento todo el año pero en condiciones de básicas o mejores. La participación de la población, en la generación de estrategias de desarrollo o gestión del territorio, tiene importante presencia. Sus propuestas son tomadas en cuenta. Existe interés de la población por participar en algún tipo de organización social. Existen comités vecinales de organización social (de defensa civil, seguridad ciudadana, vaso de leche, entre otros), en proceso de consolidación o con amplia trayectoria y gestión eficiente. Existen gremios organizados | $0 < V \leq 0,25$    | Baja                    |

Extraído del Manual de Estimación del Riesgo Ante Inundaciones Fluviales, INDECI (2011).



**Tabla 18 — Grado, tipo de relación e integración entre las instituciones y organizaciones locales (Gr)**

| DESCRIPCIÓN  | RANGO                | GRADO DE VULNERABILIDAD |
|--|----------------------|-------------------------|
| No existe relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales          | $0,75 < V \leq 1$    | Muy Alta                |
| Débil relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales              | $0,50 < V \leq 0,75$ | Alta                    |
| Existe una parcial relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales | $0,25 < V \leq 0,50$ | Media                   |
| Fuerte relación e integración entre las Instituciones y organizaciones locales             | $0 < V \leq 0,25$    | Baja                    |

Extraído del Manual de Estimación del Riesgo Ante Inundaciones Fluviales, INDECI (2011).

Establecido el valor a cada indicador, se procede a calcular el nivel de vulnerabilidad social a partir de la ecuación 7.

$$VS (\%) = \frac{Os + Gr}{2} \quad (7)$$

En donde:

*VS*: Vulnerabilidad Social

*Os*: Organización social

*Gr*: Grado y tipo de Relación e Integración entre las Instituciones y Organizaciones Locales

Obtenido el valor de la vulnerabilidad social, se estratificará a partir de los grados descritos en la tabla 19.

**Tabla 19 — Grados de la vulnerabilidad social**

| GRADO    | RANGO VULNERABILIDAD SOCIAL |
|----------|-----------------------------|
| Muy Alto | $0,75 < V \leq 1$           |
| Alto     | $0,50 < V \leq 0,75$        |
| Media    | $0,25 < V \leq 0,50$        |
| Baja     | $0 < V \leq 0,25$           |

Extraído del Manual de Estimación del Riesgo Ante Inundaciones Fluviales, INDECI (2011).

Culminado el proceso donde se identificó, evaluó y analizó los distintos indicadores considerados en cada uno de los tipos de vulnerabilidad, ponderarán

los resultados obtenidos para cada una de estas con el fin de ponderar y estratificar la vulnerabilidad total, calculándose a partir de la ecuación 8 (INDECI, 2011).

$$VT (\%) = \frac{VF + VAE + VE + VS}{4} \quad (8)$$

En donde:

*VT*: Vulnerabilidad Total

*VF*: Vulnerabilidad Física

*VAE*: Vulnerabilidad Ambiental - Ecológica

*VE*: Vulnerabilidad Económica

*VS*: Vulnerabilidad Social

Obtenido el valor de la vulnerabilidad total, se estratificará a partir de los grados descritos en la tabla 20.

**Tabla 20 — Grados de la vulnerabilidad total**

| GRADO    | RANGO VULNERABILIDAD TOTAL |
|----------|----------------------------|
| Muy Alto | $0,75 < V \leq 1$          |
| Alto     | $0,50 < V \leq 0,75$       |
| Media    | $0,25 < V \leq 0,50$       |
| Baja     | $0 < V \leq 0,25$          |

Extraído del Manual de Estimación del Riesgo Ante Inundaciones Fluviales, INDECI (2011).

### 3.2.9 Determinación del riesgo por inundación

De acuerdo a la Ley N° 29664 el riesgo es una función que se basa en el peligro y la vulnerabilidad. En el caso de riesgo por inundaciones, se basa fundamentalmente en el cálculo probabilístico a partir de la ecuación 9 (INDECI, 2011):

$$R = f(P, V) \quad (9)$$

Donde:

*R* = Riesgo

*f* = En función

*P* = Peligro

*V* = Vulnerabilidad



La ecuación anterior es la base para estimar el riesgo de inundación, con cada variable expresada en términos de probabilidad: riesgo (P), vulnerabilidad (V) y, como resultado, riesgo (R) (INDECI, 2011).

La matriz de entrada doble: matriz del grado de peligro y matriz del grado de vulnerabilidad se utilizarán para estratificar el nivel de riesgo (ver figura 4).

|                       |                             |                             |                             |                              |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Peligro Muy Alto<br>1 | Riesgo Medio<br>0,25        | Riesgo Alto<br>0,5          | Riesgo Muy Alto<br>0,75     | Riesgo Muy Alto<br>1         |
| Peligro Alto<br>0,75  | Riesgo Bajo<br>0,19         | Riesgo Medio<br>0,38        | Riesgo Alto<br>0,56         | Riesgo Muy Alto<br>0,75      |
| Peligro Medio<br>0,5  | Riesgo Bajo<br>0,13         | Riesgo Medio<br>0,25        | Riesgo Medio<br>0,38        | Riesgo Alto<br>0,5           |
| Peligro Bajo<br>0,25  | Riesgo Bajo<br>0,06         | Riesgo Bajo<br>0,13         | Riesgo Bajo<br>0,19         | Riesgo Medio<br>0,25         |
|                       | Vulnerabilidad Baja<br>0,25 | Vulnerabilidad Media<br>0,5 | Vulnerabilidad Alta<br>0,75 | Vulnerabilidad Muy Alta<br>1 |

| Nivel de Riesgo | Rangos          |
|-----------------|-----------------|
| Riesgo Muy Alto | 0,75 < R ≤ 1    |
| Riesgo Alto     | 0,50 < R ≤ 0,75 |
| Riesgo Medio    | 0,25 < R ≤ 0,50 |
| Riesgo Bajo     | 0 < R ≤ 0,25    |

Figura 4 — Matriz de estratificación de riesgo.

Extraído de INDECI (2011).

### 3.3 Marco conceptual

**Análisis de la vulnerabilidad:** es la etapa en la que se evalúan los riesgos, se hace un análisis de los factores físico, ambiental ecológico, económico y social al nivel de una peligrosidad determinada (INDECI, 2011).

**Análisis de riesgos:** es un procedimiento técnico para identificar y caracterizar las amenazas, analizar las vulnerabilidades y calcular, controlar, gestionar y comunicar los riesgos con el fin de lograr un desarrollo a largo plazo a partir de una toma de decisiones sólidas en la Gestión del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2015).

**Caudal:** es la cantidad de agua que fluye por una tubería en un tiempo determinado (GAMBOA, y otros, 2019).



**Intensidad de la lluvia:** para un determinado período de tiempo, es el flujo de precipitaciones en la superficie. Los milímetros por hora (mm/hora) o los litros por segundo por hectárea son las unidades de medición (lts / Ha) (GAMBOA, y otros, 2019).

**Inundación:** son las que se producen como resultado de precipitaciones continuas o intensas que superan la capacidad de campo del suelo, cuando se supera el volumen máximo de transporte de un río y el principal canal se llena, inundando la tierra circundante (INDECI, 2011).

**Riesgo:** estimación matemática de la probabilidad de pérdidas de vidas, daños a bienes materiales. A las propiedades y a la economía, en un período específico y en una zona determinada, ante un evento específico de emergencia y se determina a partir del del peligro y la vulnerabilidad (INDECI, 2009).

**Vulnerabilidad:** es el nivel de resistencia o exposición que tiene un grupo de elementos o elemento, a la aparición de un peligro, que puede ser físico, medioambiental, económico o social (INDECI, 2009).



## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA

#### 4.1 Tipo y nivel de Investigación

Respecto al tipo de investigación, la misma fue aplicada, según (BEHAR, 2008), son investigaciones cuyo propósito central es aplicar y utilizar el conocimiento que se ha adquirido con anterioridad con el fin de ser confortado con la realidad. Busca aplicar de manera inmediata dichos conocimientos a problemas concretos y de esta manera poder obtener resultados de forma inmediata.

En cuanto al nivel de la investigación, fue descriptiva, pues se buscó especificar las características y las propiedades que se presentan con mayor frecuencia en el objeto de estudio (HERNÁNDEZ, y otros, 2014).

#### 4.2 Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es no experimental, pues no hubo manipulación de las variables, solamente se realizó un análisis de los hechos que se dieron en la realidad objeto de estudio después de su ocurrencia (CARRASCO, 2017).

#### 4.3 Población y Muestra

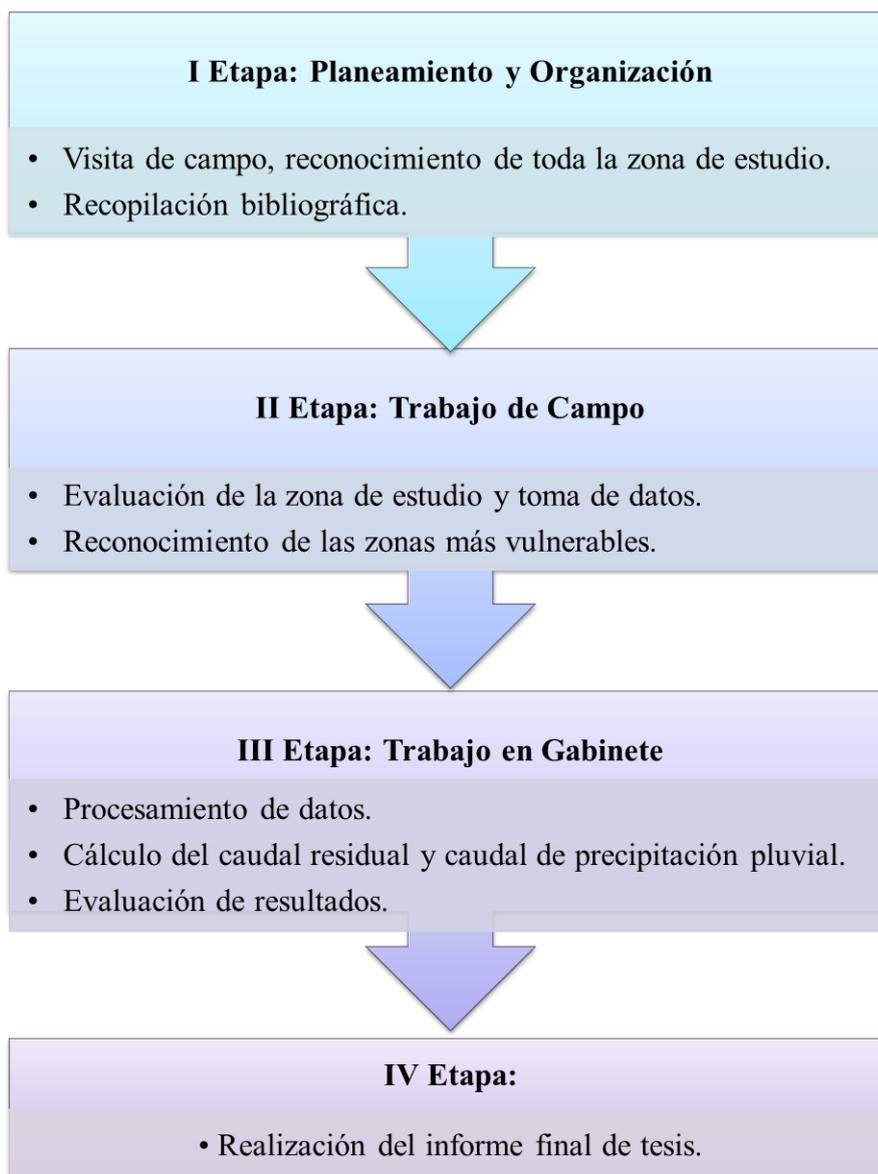
Para Niño (NIÑO, 2019), la población es el total de elementos o unidades (personas, objetos, fenómenos, sucesos, entre otros) que se ubican dentro del contexto de estudio de una investigación. Para efectos del presente estudio, la población estuvo conformada por Urbanización Patibamba Baja, conformado por el Jr. Los Geranios, Jr. Los Claveles, Jr. Los Nogales, Jr. Los Álamos, Jr. Las Magnolias I, Jr. Girasol, Jr. Las Magnolias II, Pje. Santa Lucia, Av. Corona de Cristo y la Calle SN, ubicada en la ciudad de Abancay, con un total de 105 viviendas y una Densidad poblacional de 3.088 hab/vivienda.

La muestra es aquel subconjunto representativo y fiel de las características que posee la población, es por ello, que se debe calcular con el fin de poder realizar inferencias a partir de las propiedades que posee la totalidad de la población (PALOMINO, y otros, 2015). Es así, que en el presente estudio no se requirió determinar la muestra, ya que por ser un estudio que buscaba evaluar la red de alcantarillado y desagüe para la reducción del riesgo de inundación, se trabajó con la totalidad de la población, es decir la urbanización Patibamba baja.



#### 4.4 Procedimiento

El procedimiento empleado para el desarrollo de la tesis es el siguiente:



**Figura 5 — Diagrama de flujo del procedimiento empleado**

##### 4.4.1 Procedimiento del Primer Objetivo Especifico

Para determinar el caudal de aguas residuales y caudal proveniente de la precipitación pluvial, se realizó una visita a campo haciendo el reconocimiento de toda la zona de estudio, posteriormente se realizó la evaluación del estado de los buzones y del sistema de alcantarillado pluvial, este último solo existía en un sector, el cual no contaba con el mantenimiento adecuado.

Para el caudal de aguas residuales, lo primero que se realizó es la cuantificación del total de viviendas existentes en la zona de estudio, siendo un total de 105



viviendas en todos los sectores, para calcular la población total se obtuvo datos de la densidad poblacional del INEI - XII Censo 2017, dando como resultado 3.088 habitantes por vivienda, y basándonos en la Norma OS – 070, se utilizó un coeficiente de retorno de 0.80 y una Dotación de 220 l/hab.día. Para calcular el total del Caudal de Aguas residuales se hace una Suma de un Caudal producto de la Infiltración.

Para el caudal proveniente de la precipitación pluvial, se utilizó el método racional, según la Norma OS.060, este método se usa sólo deberá aplicarse para cuencas menores de 13 Km<sup>2</sup>, posterior a ello, se realiza la delimitación de áreas por sectores, el cual se muestra a continuación:

**Tabla 21 – Parámetros de las Áreas por Sector**

| SECTOR               | ÁREA<br>(m <sup>2</sup> ) |
|----------------------|---------------------------|
| Jr. Los Geranios     | 3609.498                  |
| Jr. Los Claveles     | 2822.253                  |
| Jr. Los Nogales      | 16659.118                 |
| Jr. Los Álamos       | 6279.099                  |
| Jr. Las Magnolias I  | 4450.919                  |
| Jr. Girasol          | 3175.639                  |
| Jr. Las Magnolias II | 16031.156                 |
| Pje. Santa Lucia     | 7603.374                  |
| Av. Corona de Cristo | 9072.768                  |
| Calle SN             | 5018.719                  |

Luego se pasa a calcular las intensidades de precipitación, para el cual se hizo uso de datos de Intensidad, Duración y Frecuencia, extraídos del portal del SENAMHI, para luego procesarlos y calcular una curva IDF, y basándonos en la Norma OS – 060, se utilizó una tabla de valores de coeficiente de escurrentía, con todos estos datos se realizó el cálculo del caudal proveniente de la precipitación pluvial.

#### 4.4.2 Procedimiento del Segundo Objetivo Especifico

Para determinar el diámetro de tubería adecuado para la red de alcantarillado y desagüe, fue en función a los resultados obtenidos para el primer objetivo específico, el cálculo de caudales de aguas residuales y el caudal proveniente de la precipitación pluvial, también se utilizó el plano de la red de alcantarillado sanitario de la ciudad de Abancay, el cual tiene datos de longitud de tuberías, ubicación de buzones, sus altitudes y curvas de nivel, proporcionados por la EPS



EMUSAP, todo ello contrastado detalladamente en visita a campo, con todos estos datos se realizó el modelamiento hidráulico de la red de alcantarillado sanitario con el software SewerCAD, dándonos resultados de velocidad de flujo y Diámetros.

#### **4.4.3 Procedimiento del Tercer Objetivo Especifico**

Para evaluar el nivel actual de riesgo de inundación, se realizó la visita a campo, el nivel de vulnerabilidad se determinó haciendo uso de un instrumento elaborado (Anexo 4), verificándose la condición de cada una de las viviendas en la zona de estudio, después de ello se pasó a calcular el nivel de peligro existente, para lo cual se hizo uso de un mapa de peligros realizado por INDECI en toda la ciudad de Abancay, figurando la zona de estudio en un peligro de nivel “alto”, con estos resultados de vulnerabilidad y peligro se pasó a calcular el nivel de riesgo en el cual se encuentra la zona de estudio.

#### **4.4.4 Procedimiento del Cuarto Objetivo Especifico**

Para la propuesta de mejora en la red de alcantarillado y desagüe, se realizó la visita a campo y se evaluó el estado existente de toda la red de alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial, se verificó que no existe un sistema independiente de drenaje pluvial, causa a ello en épocas de lluvia ocurre inundaciones en viviendas aledañas a la red, en función a estos datos y con ayuda del software Hcanales se dimensionó los lados de los conductos del drenaje pluvial propuesto para la zona de estudio.

### **4.5 Técnicas e instrumentos**

Durante la ejecución de la investigación se utilizó como técnica la observación, que no es otra cosa que observar de manera atenta y detenida el fenómeno en estudio para posteriormente registrar dicha información y realizar su análisis (PALOMINO, y otros, 2015). Como instrumento se empleó la ficha de observación, la cual permite registrar aspectos resaltantes sobre el fenómeno en evaluación para su posterior análisis (ARIAS, 2020).

### **4.6 Estadístico de investigación**

En la presente investigación, se utilizó la estadística descriptiva presentando los resultados en tablas y gráficos en el mismo orden de los objetivos e hipótesis que se han propuesto.





**Tabla 22 – Parámetros de las Áreas de Drenaje Pluvial**

| SECTOR               | A (m <sup>2</sup> ) | COTA MAYOR (m.s.n.m.) | COTA MENOR (m.s.n.m.) | LONGITUD (m) | PENDIENTE S (m/m) |
|----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|-------------------|
| Jr. Los Geranios     | 3609.50             | 2294                  | 2278                  | 198.057      | 0.0808            |
| Jr. Los Claveles     | 2822.25             | 2294                  | 2287                  | 103.554      | 0.0676            |
| Jr. Los Nogales      | 16659.12            | 2288                  | 2266                  | 421.717      | 0.0522            |
| Jr. Los Álamos       | 6279.10             | 2292                  | 2282                  | 94.048       | 0.1063            |
| Jr. Las Magnolias I  | 4450.92             | 2286                  | 2277                  | 95.748       | 0.0940            |
| Jr. Girasol          | 3175.64             | 2278                  | 2272                  | 96.670       | 0.0621            |
| Jr. Las Magnolias II | 16031.16            | 2286                  | 2266                  | 239.217      | 0.0836            |
| Pje. Santa Lucia     | 7603.37             | 2273                  | 2263                  | 102.062      | 0.0980            |
| Av. Corona de Cristo | 9072.77             | 2266                  | 2256                  | 220.989      | 0.0453            |
| Calle SN             | 5018.72             | 2267                  | 2257                  | 82.270       | 0.1216            |

Para la selección del periodo de retorno se tomó en consideración la relación entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, como lo señala el Manual de Hidrología y Drenaje del Ministerio de Transporte y Comunicaciones. En la tabla 23, se muestran los valores recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje, donde, para alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua en cunetas corresponde un riesgo de 35%.

**Tabla 23 – Valores recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje**

| TIPO DE OBRA  | RIESGO ADMISIBLE (**)<br>(%) |
|---|------------------------------|
| Puentes (*)   | 25                           |
| Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes              | 30                           |
| Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas | 35                           |
| Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)                       | 40                           |
| Subdrenes   | 40                           |
| Defensas Ribereñas  | 25                           |

Extraído del Manual de hidrología, hidráulica y drenaje, MTC (2012).

Asimismo, el Manual de Hidrología y Drenaje establece valores de periodo de retorno en función de la vida útil del proyecto y el riesgo de falla, como se observa en la tabla 24. Es así que, para un riesgo admisible de 35% y una vida útil de 20 años corresponde un periodo de retorno de 47 años, sin embargo, al tomar en cuenta el calentamiento global, el cambio climático y el fenómeno del niño, el periodo de retorno es de 50 años para proyectos de alcantarillado pequeños.

**Tabla 24 – Periodo de retorno adoptado para el proyecto**

| Nº | VIDA UTIL DEL PROYECTO (AÑOS) | RIESGO DE FALLA (%) | PERÍODO DE RETORNO (AÑOS) |
|----|-------------------------------|---------------------|---------------------------|
| 1  | 20                            | 5                   | 390                       |
| 2  | 20                            | 10                  | 190                       |
| 3  | 20                            | 15                  | 124                       |
| 4  | 20                            | 20                  | 90                        |
| 5  | 20                            | 25                  | 70                        |
| 6  | 20                            | 30                  | 57                        |
| 7  | 20                            | 35                  | 47                        |
| 8  | 25                            | 5                   | 488                       |
| 9  | 25                            | 10                  | 238                       |
| 10 | 25                            | 15                  | 154                       |
| 11 | 25                            | 20                  | 113                       |
| 12 | 25                            | 25                  | 87                        |
| 13 | 25                            | 30                  | 71                        |
| 14 | 25                            | 35                  | 59                        |

Extraído del Manual de hidrología, hidráulica y drenaje, MTC (2012).

Posteriormente, se calculó el tiempo que tarda una gota que cae en el punto hidrológicamente alejado de la cuenca en llegar a su salida, esto se puede observar en la tabla 25.

**Tabla 25 – Tiempo de Concentración para las Áreas de Drenaje Pluvial**

| SECTOR               | Parámetros Morfométricos     |                                  |                                      | Tiempo de Concentración (min) |                   |                    |                |
|----------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|
|                      | Área<br>A<br>Km <sup>2</sup> | Longitud<br>Principal<br>L<br>Km | Pendiente<br>Principal<br>S<br>(m/m) | Témez<br>(1978)               | Kirpich<br>(1990) | Ventura<br>- Heron | Definitivo     |
|                      |                              |                                  |                                      | Tc<br>min.                    |                   |                    | Tc def<br>min. |
| Jr. Los Geranios     | 0.0036                       | 0.1981                           | 0.0808                               | 3.61                          | 1.32              | 3.06               | 2.66           |
| Jr. Los Claveles     | 0.0028                       | 0.1036                           | 0.0676                               | 2.28                          | 0.92              | 1.91               | 1.70           |
| Jr. Los Nogales      | 0.0167                       | 0.4217                           | 0.0522                               | 6.96                          | 3.30              | 10.10              | 6.79           |
| Jr. Los Álamos       | 0.0063                       | 0.0940                           | 0.1063                               | 1.94                          | 0.60              | 1.11               | 1.22           |
| Jr. Las Magnolias I  | 0.0045                       | 0.0957                           | 0.0940                               | 2.02                          | 0.67              | 1.27               | 1.32           |
| Jr. Girasol          | 0.0032                       | 0.0967                           | 0.0621                               | 2.20                          | 0.93              | 1.95               | 1.69           |
| Jr. Las Magnolias II | 0.0160                       | 0.2392                           | 0.0836                               | 4.14                          | 1.48              | 3.58               | 3.07           |
| Pje. Santa Lucia     | 0.0076                       | 0.1021                           | 0.0980                               | 2.10                          | 0.68              | 1.30               | 1.36           |
| Av. Corona de Cristo | 0.0091                       | 0.2210                           | 0.0453                               | 4.38                          | 2.24              | 6.10               | 4.24           |
| Calle SN             | 0.0050                       | 0.0823                           | 0.1216                               | 1.71                          | 0.49              | 0.85               | 1.02           |

De igual manera, se determinó el coeficiente de escorrentía, tomando en cuenta el tipo de pavimento, la superficie de las veredas, techos y azoteas. Como se muestra en la tabla 26. Para el presente trabajo se determinó el promedio de los tres parámetros mencionados como coeficiente, lo que dio como resultado un C de 0.75.

**Tabla 26 – Coeficiente de escorrentía para áreas urbanas**

| Características de la superficie | Coeficiente de Escorrentía   |             |
|----------------------------------|------------------------------|-------------|
| Calles                           | Pavimento Asfáltico          | 0,70 a 0,95 |
|                                  | Pavimento de concreto        | 0,80 a 0,95 |
|                                  | Pavimento de Adoquines       | 0,70 a 0,85 |
| Veredas                          | 0,70 a 0,85                  |             |
| Techos y Azoteas                 | 0,75 a 0,95                  |             |
| Césped, suelo arenoso            | Plano ( 0 - 2%) Pendiente    | 0,05 a 0,10 |
|                                  | Promedio ( 2 - 7%) Pendiente | 0,10 a 0,15 |
|                                  | Pronunciado (>7%) Pendiente  | 0,15 a 0,20 |
| Césped, suelo arcilloso          | Plano ( 0 - 2%) Pendiente    | 0,13 a 0,17 |
|                                  | Promedio ( 2 - 7%) Pendiente | 0,18 a 0,22 |
|                                  | Pronunciado (>7%) Pendiente  | 0,25 a 0,35 |
| Praderas                         | 0,20                         |             |

Norma OS.060, 2006.

Por otra parte, se realizó un análisis de la intensidad, duración y frecuencia máximas en la estación de Tamburco, por medio de la aplicación del método Bell, como se muestra en la tabla 27.

**Tabla 27 – Intensidades Máximas**

| FRECUENCIA<br>(Años) | DURACIÓN EN MINUTOS (min) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                      | 5                         | 10   | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40   | 45   | 50   | 55   | 60   |
| <b>T2</b>            | 4.55                      | 3.06 | 2.42 | 2.05 | 1.80 | 1.62 | 1.49 | 1.38 | 1.29 | 1.21 | 1.15 | 1.09 |
| <b>T5</b>            | 5.19                      | 3.48 | 2.76 | 2.34 | 2.05 | 1.85 | 1.69 | 1.57 | 1.46 | 1.38 | 1.30 | 1.24 |
| <b>T10</b>           | 5.72                      | 3.84 | 3.04 | 2.58 | 2.27 | 2.04 | 1.87 | 1.73 | 1.62 | 1.52 | 1.44 | 1.37 |
| <b>T25</b>           | 6.52                      | 4.37 | 3.46 | 2.94 | 2.58 | 2.32 | 2.13 | 1.97 | 1.84 | 1.73 | 1.64 | 1.56 |
| <b>T50</b>           | 7.20                      | 4.83 | 3.82 | 3.24 | 2.85 | 2.57 | 2.35 | 2.17 | 2.03 | 1.91 | 1.81 | 1.72 |
| <b>T100</b>          | 7.94                      | 5.33 | 4.22 | 3.57 | 3.14 | 2.83 | 2.59 | 2.40 | 2.24 | 2.11 | 2.00 | 1.90 |
| <b>T500</b>          | 9.98                      | 6.70 | 5.30 | 4.49 | 3.95 | 3.56 | 3.26 | 3.02 | 2.82 | 2.65 | 2.51 | 2.39 |

Con los valores obtenidos en la Tabla 27, se viene a graficar las curvas de Intensidad Duración y frecuencia, viéndose claramente que dicha curva mantiene una relación entre la Intensidad de una precipitación (mm/h), el Tiempo de Duración (min), y la frecuencia con la que se observa, la curva IDF para nuestro trabajo se muestra en la figura 7.





**Figura 7 — Curvas Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF)**

Finalmente, se obtuvieron las intensidades máximas para cada una de las áreas de drenaje Pluvial, tal como se muestra en la tabla 28.

**Tabla 28 – Intensidades Máximas**

| SECTOR               | Periodo de Retorno (años) | Duración (min) | I max (mm/hr) |
|----------------------|---------------------------|----------------|---------------|
| Jr. Los Geranios     | 50                        | 2.66           | 10.340233     |
| Jr. Los Claveles     | 500                       | 1.70           | 18.550135     |
| Jr. Los Nogales      | 50                        | 6.79           | 6.033401      |
| Jr. Los Álamos       | 500                       | 1.22           | 22.516796     |
| Jr. Las Magnolias I  | 500                       | 1.32           | 21.484788     |
| Jr. Girasol          | 50                        | 1.69           | 13.427624     |
| Jr. Las Magnolias II | 500                       | 3.07           | 13.227963     |
| Pje. Santa Lucia     | 500                       | 1.36           | 21.106399     |
| Av. Corona de Cristo | 50                        | 4.24           | 7.911325      |
| Calle SN             | 500                       | 1.02           | 24.985268     |

Por otro lado, se realizaron los cálculos hidráulicos del sistema, iniciando con el caudal de escorrentía para las diferentes áreas de drenaje Pluvial utilizando el método racional, los resultados se muestran en la tabla 29.



**Tabla 29 – Caudal de Diseño**

| SECTOR               | Coefficiente de escorrentía (C) | Área (m <sup>2</sup> ) | I max (mm/h) | Q (l/s)        |
|----------------------|---------------------------------|------------------------|--------------|----------------|
| Jr. Los Geranios     | 0.75                            | 3609.50                | 10.340233    | 7.782          |
| Jr. Los Claveles     | 0.75                            | 2822.25                | 18.550135    | 10.916         |
| Jr. Los Nogales      | 0.75                            | 16659.12               | 6.0334013    | 20.957         |
| Jr. Los Álamos       | 0.75                            | 6279.10                | 22.516796    | 29.479         |
| Jr. Las Magnolias I  | 0.75                            | 4450.92                | 21.484788    | 19.938         |
| Jr. Girasol          | 0.75                            | 3175.64                | 13.427624    | 8.891          |
| Jr. Las Magnolias II | 0.75                            | 16031.16               | 13.227963    | 44.214         |
| Pje. Santa Lucia     | 0.75                            | 7603.37                | 21.106399    | 33.460         |
| Av. Corona de Cristo | 0.75                            | 9072.77                | 7.9113249    | 14.966         |
| Calle SN             | 0.75                            | 5018.72                | 24.985268    | 26.145         |
| <b>TOTAL</b>         |                                 | <b>74722.54</b>        |              | <b>216.747</b> |

Por tanto, en la zona de estudio de área total de 74722.54 m<sup>2</sup>, el caudal total proveniente de la precipitación pluvial que se acumula será de 216.747 l/s.

### 5.1.2 Caudal de Aguas Residuales

Teniendo en cuenta que el caudal de Aguas Residuales depende del consumo de agua potable por parte de la población, para su determinación se parte de obtener la cantidad de personas que habitan la zona de estudio. En relación a ello, se recurrió a los informes del INEI y los resultados de los censos realizados anteriormente para obtener la tasa de crecimiento poblacional en el distrito de Abancay, tal como se muestra en la tabla 30.

**Tabla 30 — Tasa de Crecimiento Poblacional Estimada.**

| Población Distrital                 | Año del Censo | Población        |
|-------------------------------------|---------------|------------------|
| Distrito Abancay                    | 2007          | 51225 habitantes |
| Distrito Abancay                    | 2017          | 69028 habitantes |
| <b>Tasa de crecimiento obtenida</b> |               | <b>3.028%</b>    |

Datos obtenidos de los censos realizado por el INEI - XII Censo 2017.

Entre tanto, la tasa de crecimiento calculada permite obtener una proyección de la población según los periodos de diseño típicos de las obras sanitarias, donde, para el caso de estudio, se consideran un total de 20 años. De esta manera, en la tabla 31 se muestran los resultados obtenidos en dicha proyección, partiendo de los

registros catastrales de la Urbanización Patibamba Baja, de donde se obtuvo el número de viviendas presentes actualmente y procediendo a multiplicar este dato por la densidad poblacional reportada por el INEI para la zona de estudio.

**Tabla 31 — Proyección de la población actual**

| Indicador                         | Cantidad           |
|-----------------------------------|--------------------|
| Tasa de crecimiento               | 3.028%             |
| Densidad poblacional              | 3.088 hab/vivienda |
| Viviendas actuales                | 105 viviendas      |
| Viviendas proyectadas al año 2042 | 169 viviendas      |
| Población proyectada              | 522 habitantes     |

Consecutivamente, se procedió a establecer los parámetros de diseño a utilizar en el cálculo del Caudal de Aguas Residuales, partiendo de los lineamientos contenidos en el reglamento nacional de edificaciones, sección de obras sanitarias, según se muestra en la tabla 32.

**Tabla 32 — Parámetros hidráulicos a considerar en la evaluación**

| Descripción            | Dato           | Cantidad      | Fuente          |
|------------------------|----------------|---------------|-----------------|
| Dotación               | Consumo diario | 220 l/hab/día | R.N.E.          |
| Coeficiente de Qmd     | K <sub>1</sub> | 1.30          | RM - 192 - 2018 |
| Coeficiente de Qmh     | K <sub>2</sub> | 2.00          | RM - 192 - 2018 |
| Coeficiente de Retorno | C              | 0.80          | OS - 070 - 2009 |

De los valores mostrados en la tabla 32, se recalca el consumo considerado de 220 litros de agua por habitante por día, lo cual se considera característico en zonas de clima templado y cálido, según las referidas normas. Así mismo, se destaca el hecho de que se considera que, del consumo realizado, solo el 80% del agua ingresa al sistema de drenaje. De esta manera, el caudal medio de aguas residuales es calculado usando la ecuación 10.

$$Q_{med} = Dotacion * Poblacion * Coef. Retorno \quad (10)$$

$$Q_{med} = 220 \frac{l}{hab.* día} * 522 hab * 0.80$$

$$Q_{med} = 1.063 l/s$$

El caudal de Infiltración Total, es igual al caudal de infiltración unitario ( $Q_{iu}$ ), cuyos valores están en la tabla 33, según corresponda, todo ello multiplicado por la longitud total de la tubería ( $L_{to}$ ), en este caso el total es de 2.55 Km (Ver ANEXO.8), entonces tenemos mediante la ecuación 11.

**Tabla 33 – Tabla de valores de Caudales de Infiltración ( $Q_{iu}$ )**

|                     | Caudales de Infiltración (l/s/km) |      |                 |      |                             |      |                |      |
|---------------------|-----------------------------------|------|-----------------|------|-----------------------------|------|----------------|------|
|                     | Tubo de cemento                   |      | Tubo de arcilla |      | Tubo de arcilla vitrificada |      | Tubo de P.V.C. |      |
| Unión               | Cemento                           | Goma | Cemento         | Goma | Cemento                     | Goma | Cemento        | Goma |
| Nivel Freático bajo | 0.5                               | 0.2  | 0.5             | 0.1  | 0.2                         | 0.1  | 0.1            | 0,05 |
| Nivel Freático alto | 0.8                               | 0.2  | 0.7             | 0.1  | 0.3                         | 0.1  | 0.15           | 0.5  |

$$Q_{infiltración} = Q_{iu} [l/(s * Km)] * L_{to}(Km) \tag{11}$$

$$Q_{infiltración} = \frac{0.05 l}{s * Km} * 2.55 Km$$

$$Q_{infiltración} = 0.128 l/s$$

Teniendo en cuenta que en caudal Promedio diario Anual del sistema de alcantarillado será igual al caudal medio de aguas residuales más el caudal de Infiltración.

$$Q_p = Q_{med} + Q_{infiltración} \tag{12}$$

$$Q_p = 1.063 l/s + 0.128 l/s$$

$$Q_p = 1.191 l/s$$

Aunado a lo anterior, las evaluaciones deben considerar el caudal máximo diario o el caudal máximo horario, multiplicando este valor por los factores “K” mostrados en la tabla 32, los resultados se muestran en la tabla 34.

**Tabla 34 – Cálculo del Caudal Máximo Diario y Caudal Máximo Horario**

| Caudal   | $Q_{med}$ (l/s) | Factor K | $Q_{med} * K$ (l/s) |
|----------|-----------------|----------|---------------------|
| $Q_{md}$ | 1.191           | 1.30     | 1.548               |
| $Q_{mh}$ | 1.191           | 2.00     | 2.382               |



Con los valores de la dotación y el coeficiente de retorno se obtuvo el caudal unitario por vivienda, y posteriormente, el caudal en los nodos de la red, cuyos valores se pueden observar en el ANEXO.7; al respecto, el caudal por vivienda se estimó a partir de la población en el área de estudio y el número de conexiones domiciliarias, de manera que se cumple lo mostrado en la siguiente expresión:

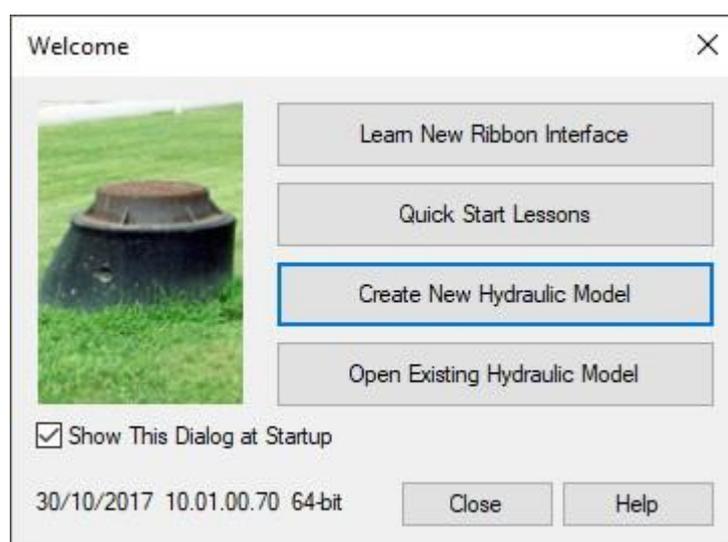
$$Q_{unitario} = \frac{522 \text{ hab.}}{169 \text{ viv.}} * \frac{220 \text{ l}}{\text{hab.*día}} * 0.80 * 2.00 \quad (13)$$

$$Q_{unitario} = 0.013 \text{ l/s (por vivienda)}$$

### 5.1.3 Diámetros de la red de alcantarillado y desagüe

Una vez obtenido el caudal que ingresa al sistema producto de la precipitación pluvial por cada sector el cual se muestra en la tabla 29, y el caudal de aguas residuales producto del consumo por parte de los residentes de la zona mostrado en la ecuación 12, se procedió a realizar una evaluación de los diámetros que componen actualmente la red de alcantarillado en la zona de estudio empleando el software *SewerCAD CONNECT Edition* para modelar digitalmente la red.

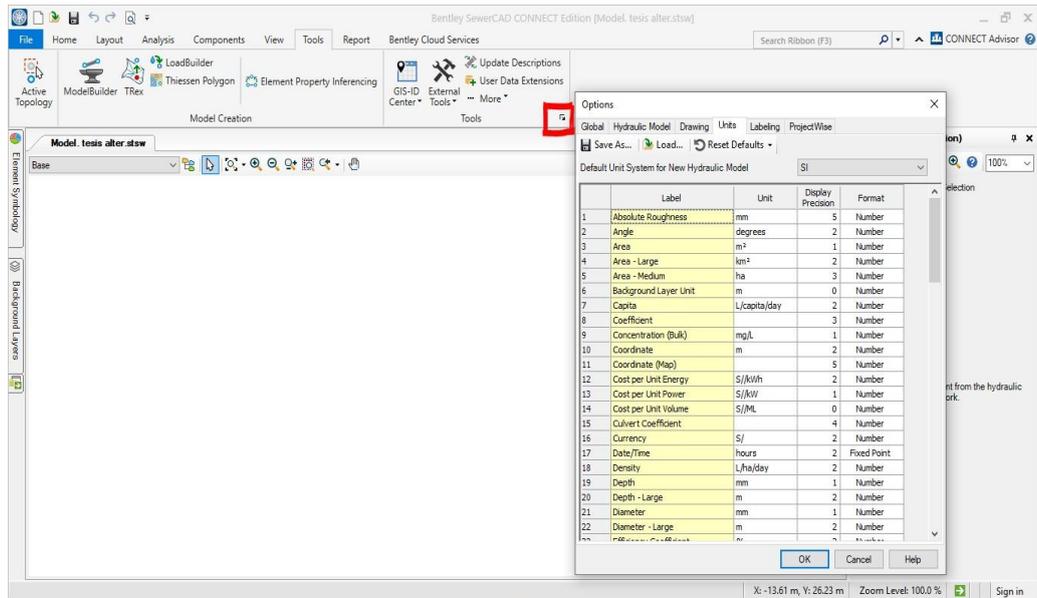
Al ingresar al programa, se selecciona la opción Create New Hydraulic Model para iniciar con la modelación del proyecto, como muestra la figura 8.



**Figura 8 — Pantalla de inicio del programa SewerCAD.**

Extraído de: SewerCAD CONNECT Edition

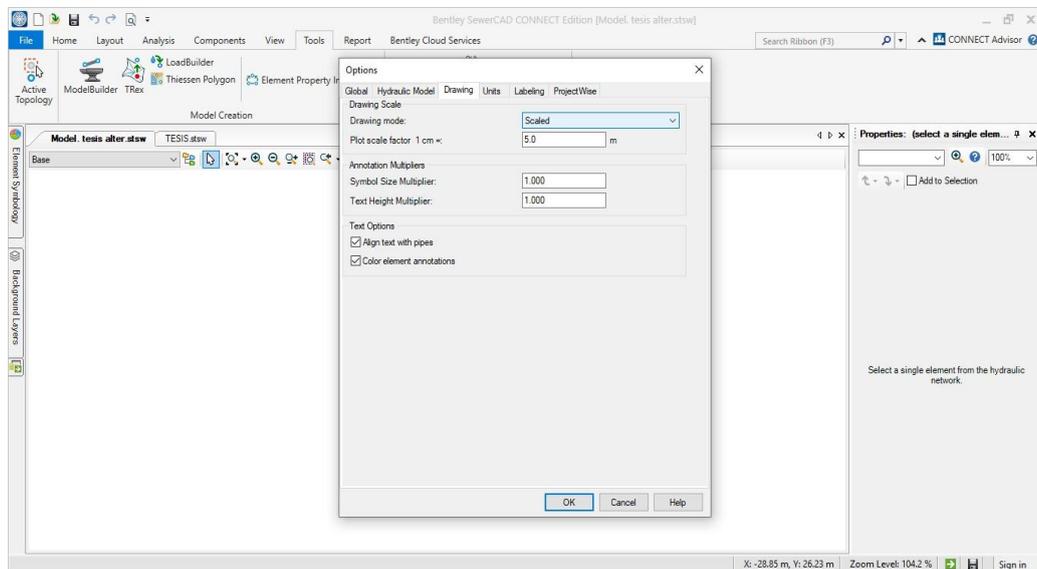
Seguidamente se configuran las unidades de trabajo, seleccionando el Sistema Internacional de Unidades (SI), como muestra la figura 9.



**Figura 9 — Configuración inicial del software SewerCAD.**

Extraído de SewerCAD CONNECT Edition

Posteriormente, en la ventana se selecciona *Drawing* y se elige el modo escala (*Scaled*), como se ilustra en la figura 10.

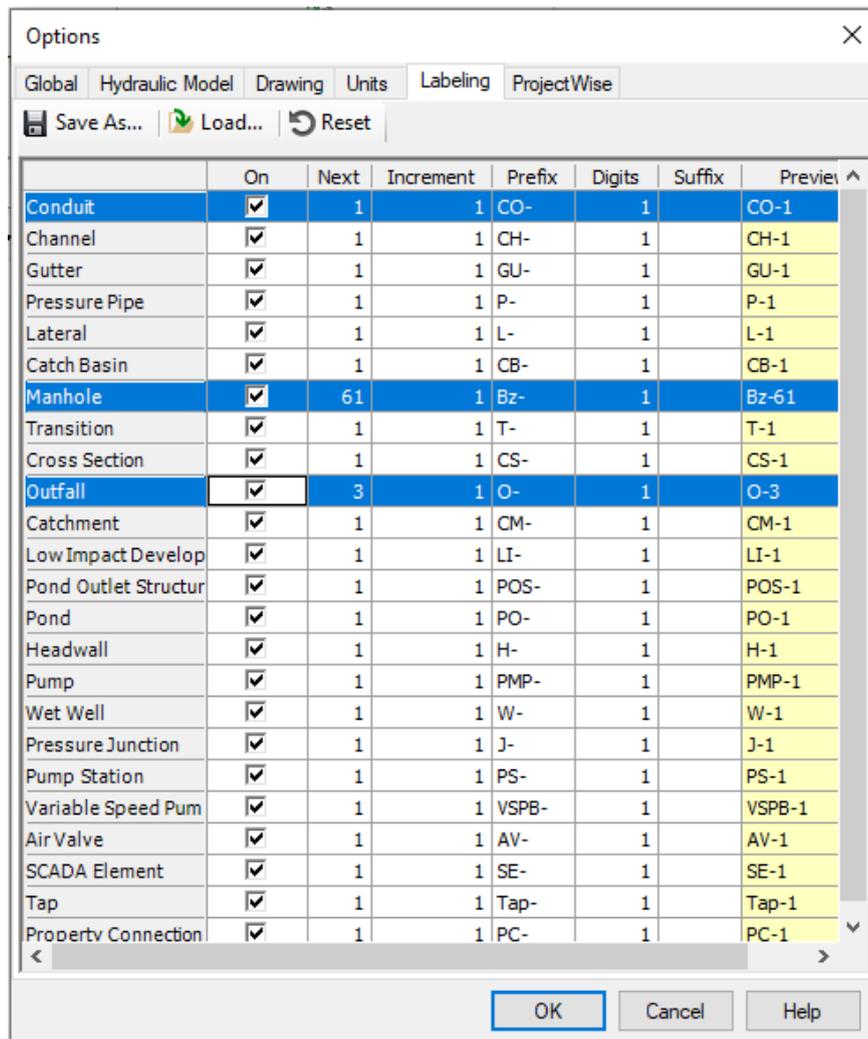


**Figura 10 — Configuración inicial del sistema de unidades en SewerCAD.**

Extraído de SewerCAD CONNECT Edition

Adicionalmente, en la pestaña *Labeling* se colocan prefijos de los elementos a modelar, como muestra la figura 11, donde Bz representa los buzones, y O representa las descargas.

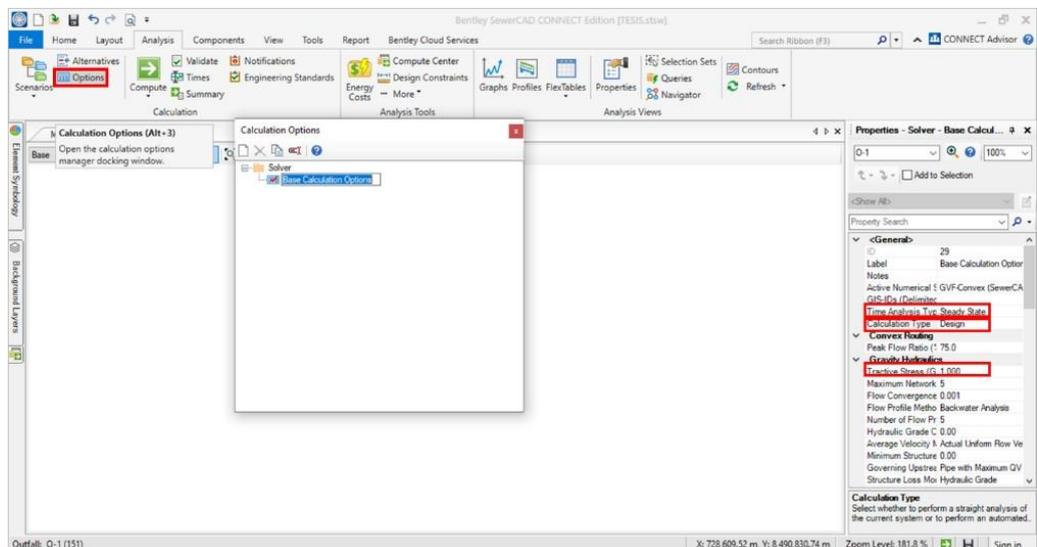




**Figura 11 — Configuración del modo de dibujo en SewerCAD.**

Extraído de SewerCAD CONNECT Edition

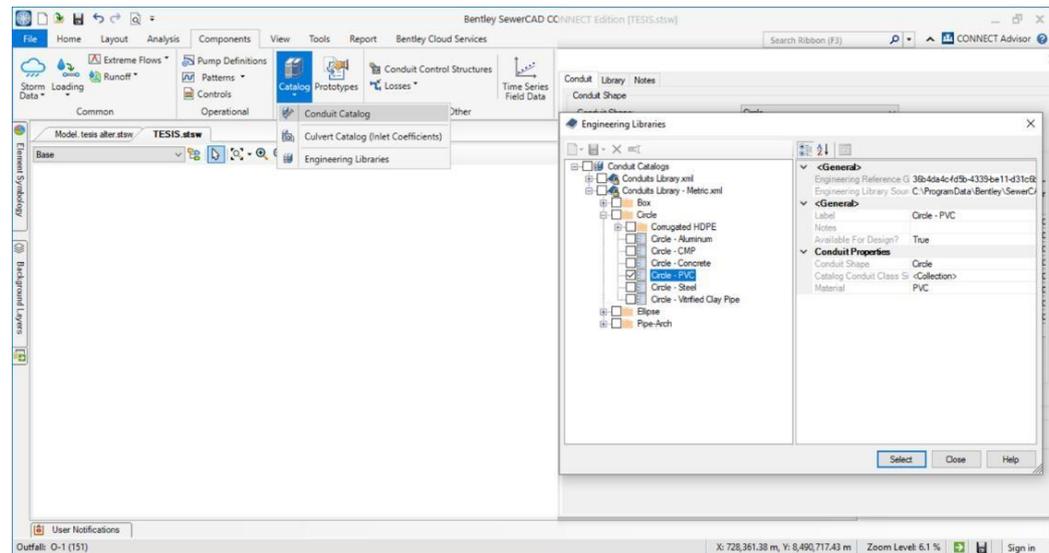
Entretanto, en el menú *Analysis* se define las opciones de cálculo, de lo cual se utiliza la opción *Steady State*, así como también, en la pestaña *Calculation Type*, se asigna la opción *Design* (figura 12).



**Figura 12 — Configuración de las propiedades de cálculo en SewerCAD.**

Extraído de SewerCAD CONNECT Edition

Para configurar las propiedades de los colectores, en el menú *Components* se selecciona la opción *Conduit Catalog*. A continuación, se selecciona el catálogo *Circle-PVC* para indicar el tipo de tubería a modelar (figura 13).

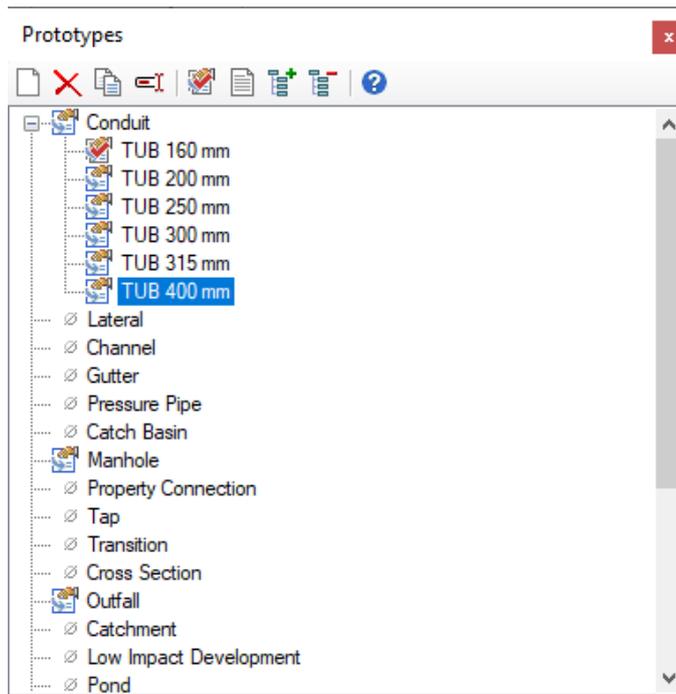


**Figura 13 — Configuración de las propiedades de cálculo en SewerCAD.**

Extraído de SewerCAD CONNECT Edition

Los colectores serán modelados en PVC, considerando diámetros de 160 mm, 200 mm, 250 mm, 300 mm, 315 mm, y 400 mm. En la ventana de edición de propiedades, se configura las propiedades que se visualizan en la figura 14.

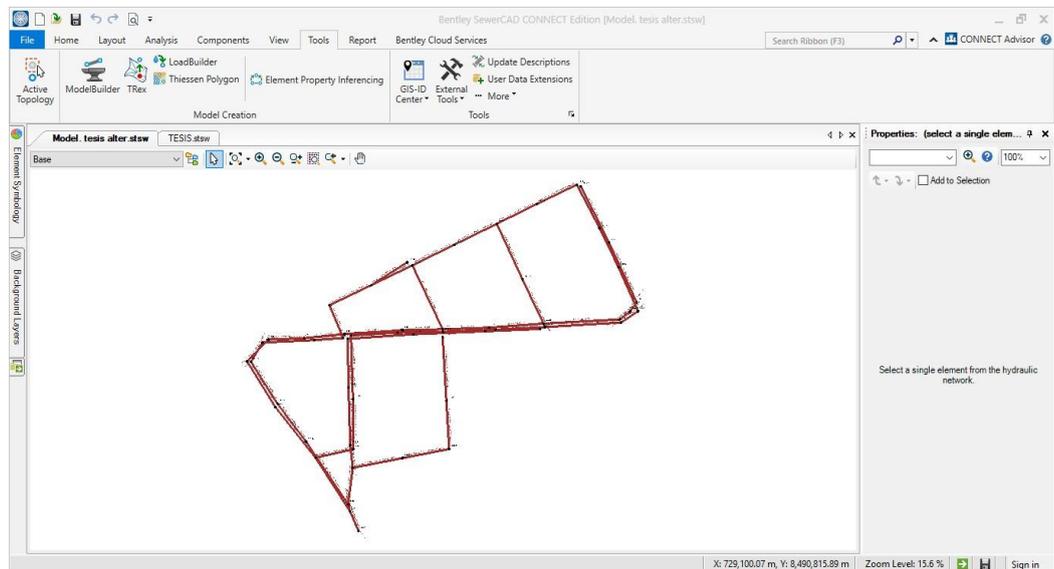




**Figura 14 — Configuración de prototipos.**

Extraído de SewerCAD CONNECT Edition

Luego de los pasos para configurar el modelo, se importan los planos al SewerCAD desde un archivo en formato DXF. Una vez realizados los pasos anteriores, se selecciona la opción *ModelBuilder*, obteniéndose el resultado que se muestra en la figura 15.

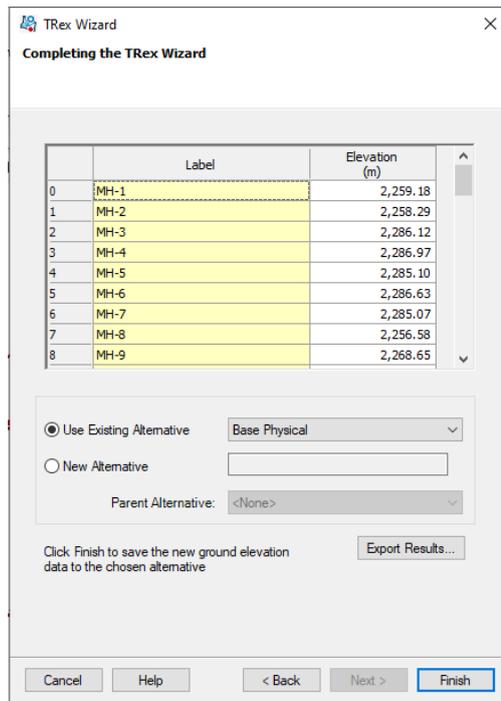


**Figura 15 — Red importada a SewerCAD.**

Extraído de SewerCAD CONNECT Edition.

Por otro lado, para asignar las cotas de fondo de la red se interpola a partir de las curvas de nivel mediante la opción *TRex*, como se muestra en la figura 16.

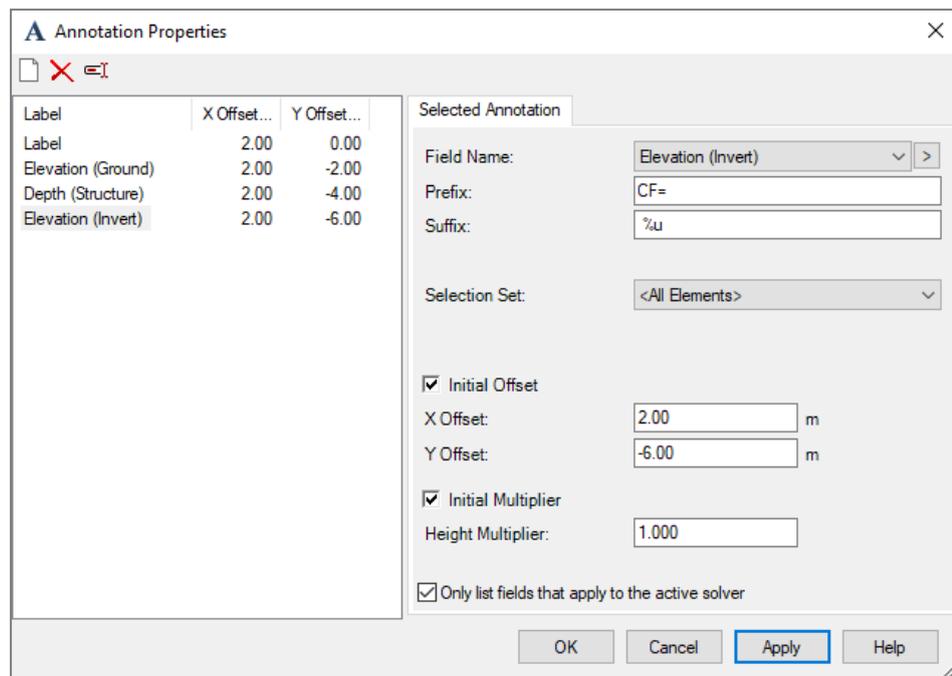




**Figura 16 — Vista de cotas de buzones en SewerCAD.**

Extraído de SewerCAD CONNECT Edition

Consecutivamente, a través de la ventana *Element Symbology* se especifican las etiquetas a utilizar en el modelo para cada variable (diámetro, longitud, caudal, velocidad). Finalmente, en el campo *Height Multiplier* se coloca el factor de multiplicación la cual afectará el tamaño de la letra (Figura 17).



**Figura 17 — Etiquetas en SewerCAD.**

Extraído de SewerCAD CONNECT Edition



Se procede a ingresar los datos del caudal unitario en la columna denominada *Base Flow*, se introduce los caudales unitarios que circula en los buzones, quedando el modelo configurado como se ve en la Figura 18. El cálculo de estos caudales se muestra en el ANEXO 7.

| ID | Label       | Load Definition       | Pattern | Base Flow (l/s) | Unit Sanitary Load | Loading Unit Count |
|----|-------------|-----------------------|---------|-----------------|--------------------|--------------------|
| 1  | 123 Bz-1302 | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.04            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 2  | 124 Bz-1246 | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.03            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 3  | 36 Bz-3219  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.01            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 4  | 35 Bz-1304  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.01            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 5  | 68 Bz-3218  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.03            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 6  | 54 Bz-1303  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.06            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 7  | 67 Bz-1301  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.01            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 8  | 53 Bz-1300  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.04            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 9  | 85 Bz-1310  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.04            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 10 | 101 Bz-3217 | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.03            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 11 | 84 Bz-1311  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.03            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 12 | 94 Bz-1299  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.03            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 13 | 91 Bz-1298  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.01            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 14 | 51 Bz-3216  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.01            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 15 | 60 Bz-1312  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.03            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 16 | 50 Bz-3215  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.03            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 17 | 59 Bz-1313  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.04            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 18 | 64 Bz-1294  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.01            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 19 | 57 Bz-3214  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.01            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 20 | 56 Bz-1296  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.01            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 21 | 139 Bz-3213 | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.04            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 22 | 87 Bz-1295  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.01            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 23 | 90 Bz-1297  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.03            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 24 | 62 Bz-1293  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.01            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |
| 25 | 79 Bz-1252  | Sanitary Pattern Load | Fixed   | 0.03            | Unit Sanitary (Dr  | 0.0                |

**Figura 18 — Caudales unitarios en cada tramo en SewerCAD**

Extraído de SewerCAD CONNECT Edition

Luego, para validar el modelo se hace click en *Analysis* y se selecciona la opción *Validate*. Los resultados del modelamiento hidráulico correspondiente a tuberías tales como: diámetros, pendiente, velocidad, caudal, material, entre otros, se muestran en el ANEXO 3. Los resultados de la simulación hidráulica de la red dentro del software se muestran en el ANEXO 11, A-2.

Como resultado de esta evaluación, se obtuvieron tuberías con diámetros de 160mm, 200mm, 250mm, 300mm, 315mm y 400 mm, siendo definido en el ANEXO 3, realizando una comparación con los diámetros existentes del sistema de alcantarillado sanitario/desagüe ver ANEXO 4, en el lugar de análisis, se puede indicar que es más que suficiente para absorber el caudal de agua considerado, ya que ambos diámetros coinciden en función a tamaño, con una ratio demanda/capacidad máxima del 6.04%.



De ello, es posible deducir que el problema de inundación en la zona de estudio no es la capacidad de la tubería, sino más bien la conducción de las aguas superficiales hacia la red de drenaje.

Como dato particular, del modelo se puede leer que la pendiente promedio en la zona es del 7%, llegando incluso a presentarse pendientes del 10% en un tramo, lo cual apoya la teoría de que las condiciones del terreno, en conjugación con la infraestructura de drenaje existente, que presenta deficiencias, se confabulan para incidir negativamente en el funcionamiento de la red, siendo que se hace necesario la implementación de medidas alternativas para poder mejorar la situación problemática que se experimenta hoy en día. En función de ello, se procede a estimar la magnitud de la vulnerabilidad presente en las viviendas afectadas como indicador de la necesidad de una mejora, así como para poder estimar el tipo de solución más acertado.

Los resultados de los diámetros de tuberías, se pueden apreciar en el ANEXO 11, Lamina A-2.

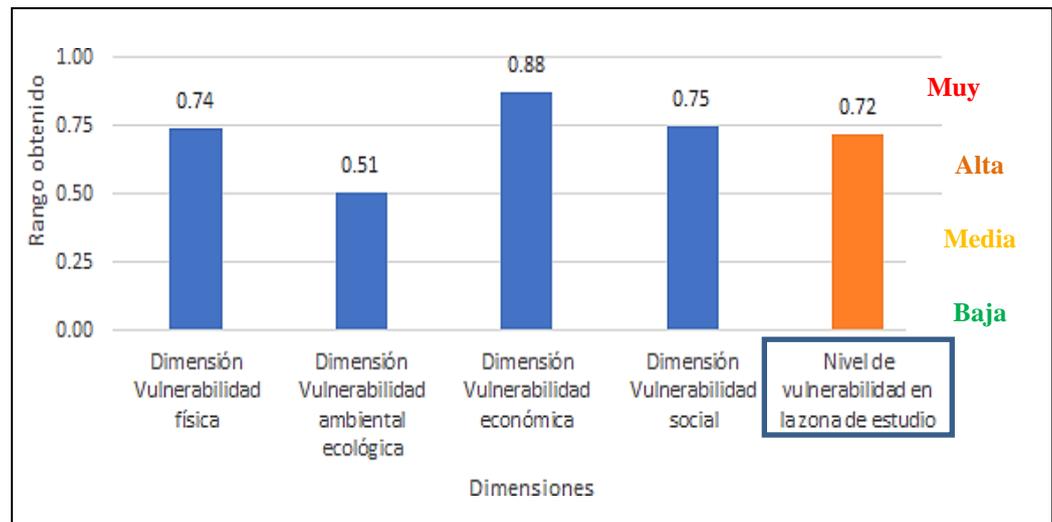
#### **5.1.4 Nivel de riesgo de Inundación en la Urbanización Patibamba Baja**

Luego de levantar la información de campo utilizando el formato elaborado (Ver ANEXO. 1), se obtuvieron los datos relacionados a la condición de las viviendas en la zona de estudio y su nivel de vulnerabilidad, cuya base de datos se muestra en el ANEXO 6. Se procede a mostrar un resumen de los mismos en la tabla 35, donde se muestra la frecuencia obtenida en cada uno de los indicadores evaluados, para las 105 vivienda presentes en el área.

Tabla 35 — Resultados generales de la evaluación de la vulnerabilidad

| Dimensiones                                  | Indicadores   | Nivel de vulnerabilidad presente |      |       |      | Índice de vulnerabilidad |          |
|--|---|----------------------------------|------|-------|------|--------------------------|----------|
|  |   | Muy alta                         | Alta | Media | Baja |                          |          |
| Dimensión Vulnerabilidad física              | Indicador localización de vivienda (Lv)   | 105                              | 0    | 0     | 0    | 1.00                     | Muy alta |
|  | Indicador Material de construcción utilizada en viviendas (Cv)  | 0                                | 66   | 39    | 0    | 0.66                     | Alta     |
|  | Indicador Características geológicas, calidad y tipo de suelo (Cq)                                    | 0                                | 0    | 105   | 0    | 0.50                     | Media    |
|  | Indicador Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos (Cn)       | 66                               | 0    | 39    | 0    | 0.81                     | Muy alta |
| Dimensión Vulnerabilidad ambiental ecológica | Indicador Explotación de los recursos naturales (Er)  | 0                                | 0    | 105   | 0    | 0.50                     | Media    |
|  | Indicador Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos (Fe)                                 | 0                                | 7    | 98    | 0    | 0.52                     | Alta     |
| Dimensión Vulnerabilidad económica           | Indicador Actividad económica (Ae)  | 0                                | 105  | 0     | 0    | 0.75                     | Alta     |
|  | Indicador Grado de escasez (servicios, ingresos y competitividad (Ge)                                 | 105                              | 0    | 0     | 0    | 1.00                     | Muy alta |
| Dimensión Vulnerabilidad social              | Indicador Organización social (Os)  | 0                                | 105  | 0     | 0    | 0.75                     | Alta     |
|  | Indicador Grado, tipo de relación e integración entre las instituciones y organizaciones locales (Gr) | 0                                | 105  | 0     | 0    | 0.75                     | Alta     |

En base a esos resultados, se elaboró el gráfico de la Figura 19, donde se muestra en nivel de cada dimensión y la vulnerabilidad estimada para la zona de estudio.



**Figura 19 — Nivel de vulnerabilidad estimado en la zona de estudio.**

De esta manera, se observa en la figura 18 que la zona presenta una vulnerabilidad física, ambiental – ecológica y social en un nivel “Alto”, mientras que la vulnerabilidad económica se presenta como “Muy alta”. Ello es motivado a que la gran mayoría de las viviendas se encuentra en contacto directo o muy cercano al flujo de aguas y la canalización, a la vez que las estructuras están edificadas con materiales poco resistentes (adobe, piedra o madera, sin refuerzo estructural), construidas en desconocimiento de las normas y lineamientos técnicos apropiados.

Así mismo, se detectó que la zona cuenta con un nivel efímero de organización social, así como la no presencia de organizaciones externas que ejecuten una gestión adecuada en cuanto al riesgo de inundación, exhibiendo así una débil relación e integración entre instituciones y organizaciones locales. Por las razones anteriores, y obedeciendo a la escala de medición empleada, la vulnerabilidad de la zona frente a las inundaciones se presenta en un nivel “Alto”.

En cuanto al nivel de peligro, se recabó información de fuentes oficiales, encontrando en el Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres



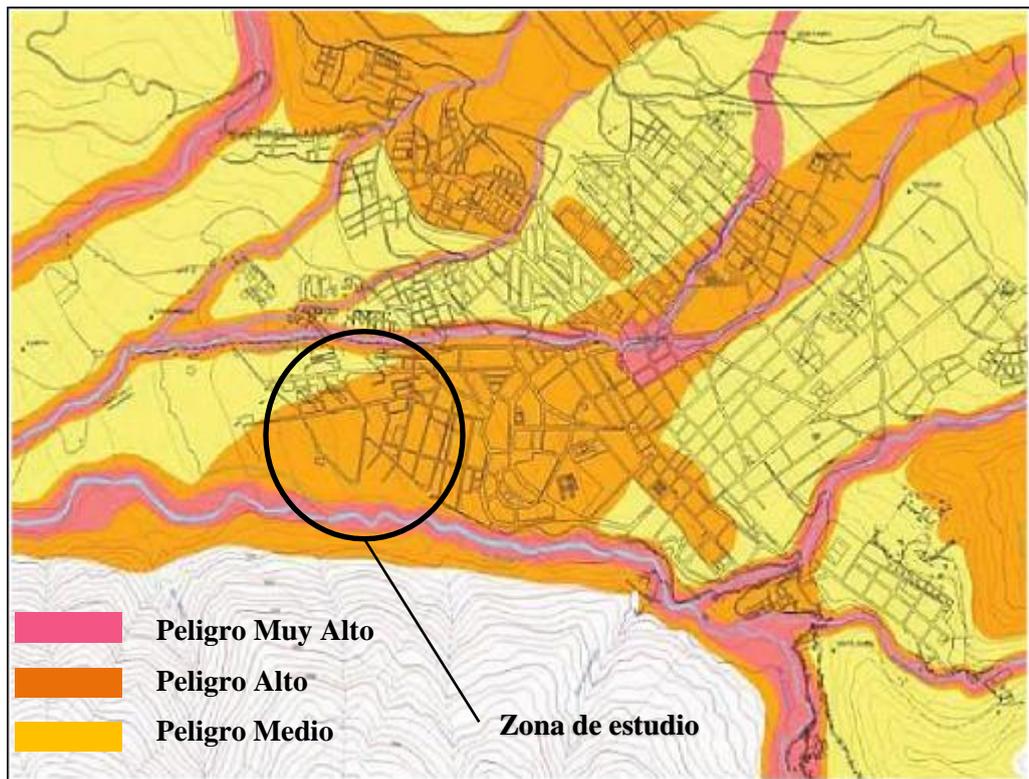
(SIGRID, 2007) un mapa que señala las áreas que se encuentran en amenaza de inundación debido a la confluencia de características topográficas y manifestaciones hidrográficas de la zona. Así, en la figura 20, se muestra la zona de estudio, la cual se aprecia está ubicada dentro del área señalada como “Área de exposición a inundaciones” en el mapa “Cartografía de Peligros” elaborado por la referida entidad.



**Figura 20 — Zonas de peligro por inundación.**

Extraído del Mapa de peligros climáticos (inundaciones) de la ciudad de Abancay – Apurímac, (INDECI, 2007).

De manera similar, la figura 21 muestra el mapa correspondiente a la intensidad de peligro, igualmente elaborado por la fuente antes mencionada.



**Figura 21 — Niveles de peligro en la zona de estudio.**

Extraído del Mapa de peligros múltiples de la ciudad de Abancay, Apurímac, (INDECI, 2007).

De la información mostrada anteriormente, se obtiene que la zona de estudio presenta un nivel de peligro catalogado como “Alto”. A partir de ello procedió a estimar el nivel de riesgo, donde este depende de la vulnerabilidad y el peligro presente, aplicando la matriz de estratificación de riesgo mostrada en la figura 22.

|                              |                                    |                                    |                                    |                                     |
|------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Peligro Muy Alto</b><br>1 | <b>Riesgo Medio</b><br>0,25        | <b>Riesgo Alto</b><br>0,5          | <b>Riesgo Muy Alto</b><br>0,75     | <b>Riesgo Muy Alto</b><br>1         |
| <b>Peligro Alto</b><br>0,75  | <b>Riesgo Bajo</b><br>0,19         | <b>Riesgo Medio</b><br>0,38        | <b>Riesgo Alto</b><br>0,56         | <b>Riesgo Muy Alto</b><br>0,75      |
| <b>Peligro Medio</b><br>0,5  | <b>Riesgo Bajo</b><br>0,13         | <b>Riesgo Medio</b><br>0,25        | <b>Riesgo Medio</b><br>0,38        | <b>Riesgo Alto</b><br>0,5           |
| <b>Peligro Bajo</b><br>0,25  | <b>Riesgo Bajo</b><br>0,06         | <b>Riesgo Bajo</b><br>0,13         | <b>Riesgo Bajo</b><br>0,19         | <b>Riesgo Medio</b><br>0,25         |
|                              | <b>Vulnerabilidad Baja</b><br>0,25 | <b>Vulnerabilidad Media</b><br>0,5 | <b>Vulnerabilidad Alta</b><br>0,75 | <b>Vulnerabilidad Muy Alta</b><br>1 |

**Figura 22 — Matriz de estratificación de riesgo para la zona estudiada.**

Extraído de (INDECI,2011).



De esta manera, queda demostrado, en función de la información recolectada en campo referida a las viviendas de la población objeto de estudio, así como también las consideraciones emanadas de organismos oficiales, que la zona presenta un nivel de riesgo “Alto”. En base a ello, se hace necesario la formulación de soluciones prácticas al problema descrito, dado que la población, sus viviendas, y por ende su calidad de vida, se ve afectada enormemente por la ocurrencia de las inundaciones.

### 5.1.5 Propuesta de mejora a la red de Alcantarillado y Desagüe

Para mejorar los problemas asociados con el drenaje urbano convencional se realizó una evaluación para proponer soluciones efectivas que garanticen el adecuado funcionamiento del sistema. Como primer punto, relativo al diagnóstico del problema raíz y su manifestación en campo, se tiene el hecho de que los flujos de agua que se generan con las precipitaciones son evacuados por las calles, fenómeno que se ve potenciado por las pendientes naturales del terreno en la zona analizada, a lo cual se suma que hay calles que no se encuentran pavimentadas, por lo que el agua no fluye libremente, encontrando elementos que entorpecen el recorrido hacia los puntos de recolección, como muestran las figuras 23 y 24.

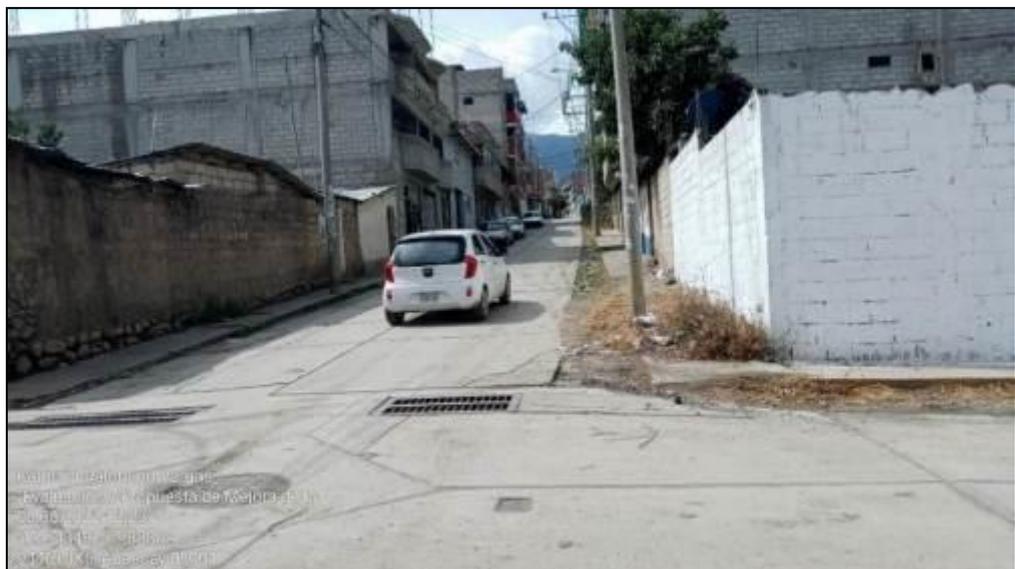


Figura 23 — Calle no pavimentada en la zona de estudio



**Figura 24 — Obstrucciones que impiden la recolección de las aguas de precipitación pluvial**

Así mismo, otros sectores poseen elementos para la recolección de las aguas de lluvia, como muestra la Figura 25, donde se puede apreciar que los colectores tipo rejillas no abarcan todo el ancho de la calle, lo que resulta en que no se logra drenar toda el agua superficial que fluye por la zona.



**Figura 25 — Rejilla de recolección ubicada en la zona de estudio**

Aunado a lo anterior, hay intercepciones entre calles que no cuentan con ningún elemento de recolección de las aguas superficiales, por lo que los flujos de los sectores de mayor elevación se juntan y causan mayores problemas en los tramos descendientes, como ilustra la Figura 26.



**Figura 26 — Intercepción sin elementos de recolección del agua superficial**

Se tiene también la presencia de viviendas construidas por debajo del nivel de la calle, que son susceptibles a la inundación cuando las aguas superficiales fluyen de manera descontrolada (Figura 27).



**Figura 27 — Vivienda construida por debajo del nivel de la calle**

Para iniciar con el diseño de la propuesta de mejora a la red de alcantarillado y desagüe, se definieron las áreas de drenaje Pluvial como se muestra en el ANEXO 11, Lámina A-3.

También se determinaron las características de diseño para cada uno de los sectores, incluyendo las longitudes de los tramos, las cotas y pendientes necesarias para el diseño del sistema, los resultados se muestran en la tabla 36.

**Tabla 36 – Características de Diseño**

| SECTOR               | CAUDAL (l/s) | COTA MAYOR (m.s.n.m.) | COTA MENOR (m.s.n.m.) | LONGITUD (m) | PENDIENTE S (m/m) |
|----------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------|-------------------|
| Jr. Los Geranios     | 7.782        | 2294                  | 2278                  | 198.057      | 0.081             |
| Jr. Los Claveles     | 10.916       | 2294                  | 2287                  | 103.554      | 0.068             |
| Jr. Los Nogales      | 20.957       | 2288                  | 2266                  | 421.717      | 0.052             |
| Jr. Los Álamos       | 29.479       | 2292                  | 2282                  | 94.048       | 0.106             |
| Jr. Las Magnolias I  | 19.938       | 2286                  | 2277                  | 95.748       | 0.094             |
| Jr. Girasol          | 8.891        | 2278                  | 2272                  | 96.670       | 0.062             |
| Jr. Las Magnolias II | 44.214       | 2286                  | 2266                  | 239.217      | 0.084             |
| Pje. Santa Lucia     | 33.460       | 2273                  | 2263                  | 102.062      | 0.098             |
| Av. Corona de Cristo | 14.966       | 2266                  | 2256                  | 220.989      | 0.045             |
| Calle SN             | 26.145       | 2267                  | 2257                  | 82.270       | 0.122             |

El cálculo hidráulico del alcantarillado fue realizado utilizando el software Hcanales, en la tabla 37, se muestra el resumen de los resultados obtenidos para cada área de drenaje, como se puede notar, los conductos en Jr. Los Álamos, Jr. Las Magnolias I, Jr. Las Magnolias II, Pje. Santa Lucia y Calle SN serán estructuras cerradas de PVC de tipo circular de 24”, mientras que, los colectores serán estructuras abiertas de concreto de tipo triangular de 0.30 x 0.20 m. El detalle de los resultados obtenidos con el programa se puede apreciar en el ANEXO 9.

Tabla 37 – Diseño de la sección de alcantarillado

| SECTOR               | Tipo de sección       | Tirante normal (y) (m) | Área hidráulica A (m <sup>2</sup> ) | Espejo de agua (T) (m) | Numero de Froude (F) | Tipo de flujo | Perímetro mojado (p) (m) | Radio hidráulico (R) (m) | Velocidad (v) (m/s) | Energía específica (E) (m-Kg/Kg) |
|----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------|----------------------|---------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|----------------------------------|
| Jr. Los Geranios     | Sumidero triangular   | 0.0493                 | 0.0049                              | 0.1974                 | 3.2470               | Supercrítico  | 0.2207                   | 0.0221                   | 1.5975              | 0.1794                           |
| Jr. Los Claveles     | Alcantarilla circular | 0.0328                 | 0.0055                              | 0.2475                 | 4.2692               | Supercrítico  | 0.2590                   | 0.0212                   | 1.9906              | 0.2347                           |
| Jr. Los Nogales      | Colector triangular   | 0.0777                 | 0.0121                              | 0.3107                 | 2.8147               | Supercrítico  | 0.3473                   | 0.0347                   | 1.7373              | 0.2315                           |
| Jr. Los Álamos       | Alcantarilla circular | 0.0471                 | 0.0094                              | 0.2921                 | 5.6152               | Supercrítico  | 0.3120                   | 0.0300                   | 3.1486              | 0.5524                           |
| Jr. Las Magnolias I  | Alcantarilla circular | 0.0403                 | 0.0074                              | 0.2722                 | 5.1761               | Supercrítico  | 0.2879                   | 0.0258                   | 2.6802              | 0.4064                           |
| Jr. Girasol          | Colector triangular   | 0.0545                 | 0.0059                              | 0.2180                 | 2.8941               | Supercrítico  | 0.2437                   | 0.0244                   | 1.4964              | 0.1686                           |
| Jr. Las Magnolias II | Alcantarilla circular | 0.0605                 | 0.0135                              | 0.3262                 | 5.1291               | Supercrítico  | 0.3554                   | 0.0380                   | 3.2704              | 0.6057                           |
| Pje. Santa Lucia     | Alcantarilla circular | 0.0510                 | 0.0105                              | 0.3027                 | 5.4443               | Supercrítico  | 0.3251                   | 0.0351                   | 3.1796              | 0.5663                           |
| Av. Corona de Cristo | Colector triangular   | 0.0703                 | 0.0099                              | 0.2812                 | 2.5789               | Supercrítico  | 0.3144                   | 0.0314                   | 1.5144              | 0.1872                           |
| Calle SN             | Alcantarilla circular | 0.0431                 | 0.0082                              | 0.2807                 | 5.9386               | Supercrítico  | 0.2980                   | 0.0276                   | 3.1822              | 0.5592                           |

## 5.2 Contratación de hipótesis

- **Hipótesis Específica 1:** *El caudal de agua residual y el caudal proveniente de la precipitación pluvial que ingresa a la red de alcantarillado y desagüe de la urbanización Patibamba baja, Abancay, superaría la capacidad de conducción.*

Por medio de la modelación hidráulica realizada en el programa SewerCAD, se determinó que los caudales de agua que ingresan a la red de alcantarillado y desagüe ocupan hasta un 6.04% de la capacidad de la red, por lo tanto, se debe rechazar la hipótesis planteada, siendo que la ocurrencia de las inundaciones no está relacionada a los caudales de agua y la capacidad del sistema, sino, en su funcionamiento y condiciones de operación.

- **Hipótesis Específica 2:** *El diámetro de tubería para la red de alcantarillado y desagüe de la urbanización Patibamba baja, Abancay, no es adecuado.*

De manera similar al caso anterior, el modelo elaborado en el programa SewerCAD revela que el diámetro de tubería de la red resulta suficiente, debiendo rechazar la hipótesis planteada, sin embargo, lo cierto es que con las visitas de campo se detectó que existen tramos de la vialidad que no presentan elementos para captar y conducir adecuadamente las aguas superficiales, lo cual causa su desboque, afectando negativamente a la población de la zona de estudio. En este sentido, a pesar de que los diámetros son adecuados, se puede decir que el problema viene a ser generado por la falta de elementos adecuados del sistema de drenaje en la totalidad del área de estudio.

- **Hipótesis Específica 3:** *El nivel actual de riesgo de inundación, es alto, en la urbanización Patibamba baja, Abancay.*

La recopilación de datos de campo utilizando el formato elaborado con el fin de recabar información sobre la vulnerabilidad que presentan las viviendas del sector de estudio, así como el cruce de información con los mapas de peligro elaborados por el SIGRID, da como resultado que la zona presenta un nivel de riesgo Alto, cumpliéndose la hipótesis de la investigación. Así, las condiciones del terreno y el comportamiento de las variables meteorológicas en la zona dan como resultado una alta incidencia en el nivel de peligro que presenta la zona, lo cual se ve amplificado por las condiciones que presentan las edificaciones y la sociedad en el área estudiada.



- **Hipótesis Específica 4:** *La propuesta de mejora en la red de alcantarillado y desagüe de la urbanización Patibamba baja, Abancay, permitiría una reducción del riesgo de inundación.*

La dotación de infraestructura que sea capaz de funcionar adecuadamente frente a las precipitaciones que se experimentan en la zona de estudio permitiría disminuir el nivel de peligro por inundación, mitigando la probabilidad de que las aguas superficiales fluyan de manera descontrolada, poniendo en riesgo las viviendas, otras estructuras y finalmente a las personas presentes en el área estudiada. Así mismo, la implementación de las propuestas de mejora traería consigo un acercamiento de las autoridades a la comunidad, favoreciendo la creación de planes de contingencia y medidas no estructurales que favorezcan a la población, disminuyendo así la vulnerabilidad en la dimensión social. Todo ello conduciría a una disminución del riesgo total presente en la urbanización Patibamba baja, Abancay.

### 5.3 Discusión

La red de alcantarillado sanitario existente en la urbanización Patibamba baja, Abancay, al largo de su periodo de vida, ha presentado ineficiencias en su funcionamiento adecuado y esto ha sido reflejado en los colapsos de los buzones en los diferentes puntos de la ciudad, siendo frecuentes en temporada de lluvia en las siguientes calles: Jr. Los Geranios, Jr. Los Claveles, Jr. Los Nogales, Jr. Los Álamos, Jr. Las Magnolias I, Jr. Girasol, Jr. Las Magnolias II, Pje. Santa Lucia, Av. Corona de Cristo y Calle SN. Las redes de alcantarillado sanitario están diseñadas solo para evacuar aguas residuales y no considerando el aporte pluvial, este aporte le genera carga adicional de caudal saturando su capacidad para lo que fue diseñada.

En relación a los aportes que ejercen los caudales de agua residual y aguas pluviales, el análisis matemático realizado por medio de la simulación hidráulica permitió comparar los ratios demanda/capacidad del sistema, considerando tanto el aporte de las aguas de lluvia como de las aguas residuales, un contexto que resulta similar a lo planteado por Orozco (OROZCO, y otros, 2017), dando como resultado que, teóricamente, el sistema debería ser suficiente para conducir los caudales de agua calculados, lo que se presenta de forma contraria a la realidad expuesta. Tales hechos coinciden con lo hallado por Merchán (MERCHÁN, 2021), cuyos resultados indicaron que las condiciones del terreno, entre ellas, la irregularidad de la pendiente, se presenta como causa principal de las



inundaciones, dado que estas potencian la velocidad del flujo de las aguas, aculándose con mayor velocidad y escapando de los elementos de captación que posee el sistema.

En cuanto a los diámetros de la red, el modelo hidráulico en SewerCAD presenta como resultado que este es adecuado para conducir los caudales estimados. Por una parte, la investigación pone en evidencia que el uso de este tipo de programas no está limitado al diseño de elementos para infraestructura, sino que también pueden ser utilizados como herramientas de diagnóstico. De manera similar a lo expuesto por Tapia (TAPIA, 2020), se encontró que el problema no es generado por la capacidad de la red, sino por su forma de funcionamiento, a lo que se suma la falta de mantenimiento adecuado. En base a lo anterior, es posible decir que el buen funcionamiento de un proyecto depende en gran medida de que las condiciones de su ejecución se acerquen a las condiciones bajo las cuales se realizó el diseño, ya que, de irrespetar los criterios técnicos empleados en ellos, o cuando estos no representan de manera fehaciente las condiciones de campo, el desempeño logrado estará lejos de satisfacer eficazmente las condiciones impuestas por la realidad.

Por su parte, lo relacionado al nivel de riesgo de inundación, se tiene que la población presenta un nivel de vulnerabilidad Alto, donde además se observa que los valores obtenidos por el método empleado se acercan de manera sustancial a los límites superiores de dicho rango, es decir que, de manera práctica, de no tomar las acciones correctivas necesarias y que las condiciones sigan en deterioro con el paso del tiempo, se puede alcanzar un nivel de vulnerabilidad Muy Alto. Por su parte, los indicadores de peligro muestran que la zona se encuentra en un área calificada como susceptible a peligros “Altos”. Siendo que esta información está disponible al público en general, existe entonces un irrespeto y desconocimiento profundo de las normas de prevención y los lineamientos expuestos en la política pública, siendo que en principio no se debería de edificar asentamientos urbanos en áreas señaladas por el ordenamiento territorial como no aptas o de peligro elevado.



## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- Mediante el procesamiento de datos en gabinete se estimó que, en toda la zona de estudio el caudal de aguas residuales es de 1.191 l/s y el caudal proveniente de la precipitación pluvial es de 216.747 l/s, sumado ambos dan un total de 217.938 l/s, lo cual supera la capacidad de conducción de las tuberías instaladas en la red de alcantarillado sanitario, producto a ello se genera inundaciones en épocas de lluvia.
- En cuanto a los diámetros de tubería de la red actual que existe en la zona de estudio, el modelamiento hidráulico en el programa SewerCAD demostró que las tuberías con diámetro de 160 mm, 200 mm, 250 mm, 300 mm, 315 mm, y 400 mm, son capaces de asumir el caudal considerado. Además, se observó que existe un 6.04% de relación demanda/capacidad, lo cual indica que los problemas presentes en el área de estudio no dependen de la capacidad de la red sino de la eficiencia de su funcionamiento. Esto se debe, principalmente, al estado de deterioro y falta de mantenimiento, así como tramos en los que no se distinguen elementos de drenaje o son insuficientes para la captación de aguas de la precipitación pluvial.
- En cuanto a determinar el nivel de riesgo de inundación en la urbanización, este indicador se presenta en un nivel “Alto”, dado que las viviendas del sector han sido construidas en su mayoría sin la supervisión técnica adecuada, así como en desconocimiento de buenas prácticas constructivas y del empleo de materiales adecuados, siendo que muchas edificaciones son de materiales pocos resistentes a los efectos de las inundaciones, tales como viviendas de adobe y de madera. Todo ello causa que la vulnerabilidad estimada haya dado como resultado un nivel “Alto”. Por su parte, en cuanto al nivel de peligro, la zona presenta un nivel “Alto”, dadas las condiciones del terreno y las características locales del clima. En función de lo anterior, el nivel de riesgo de inundación denota la necesidad de tomar acciones para corregir los problemas detectado en miras de preservar la calidad de vida de los habitantes.
- En relación a la propuesta de mejoras para la red de alcantarillado y desagüe se utilizó el software Hcanales para realizar el cálculo hidráulico del alcantarillado, obteniendo



como resultado tramos de conductos circulares de 24” de diámetro y secciones de colectores triangulares de 0.30 x 0.20 m, que permitirán complementar la red existente y mejorar el funcionamiento de los elementos actuales.

## 6.2 Recomendaciones

- Se recomienda a futuros investigadores el uso de normativas vigentes para determinar el caudal de agua residual y el caudal proveniente de la precipitación pluvial, conjuntamente con estudios de campo, ya que de ello depende los valores utilizados en el correcto procedimiento para el cálculo y posterior diseño de un sistema independiente de red de alcantarillado sanitario y red de alcantarillado pluvial.
- Se recomienda profundizar los conocimientos sobre la variación del desempeño que pueda tener un sistema hidráulico con el paso de los años de servicio y la forma en que la presencia de obstrucciones influye en el funcionamiento de las tuberías.
- Se recomienda crear planes preventivos de desastres donde la población tenga participación activa. Además, se debe dar a conocer buenas prácticas constructivas con la finalidad de disminuir los niveles de vulnerabilidad en edificaciones futuras, y así disminuir el nivel de riesgo presente.
- Se recomienda la instalación de un sistema de alcantarillado pluvial en el Jr. Los Geranios, Jr. Los Claveles, Jr. Los Nogales, Jr. Los Álamos, Jr. Las Magnolias I, Jr. Girasol, Jr. Las Magnolias II, Pje. Santa Lucia, Av. Corona de Cristo y Calle SN, para asegurar la conducción total de los fluidos y evitar riesgos de inundación.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ARIAS, José. 2020.** *Proyecto de tesis: Guía de elaboración [en línea]*. Arequipa : Editorial José Luis Arias González, 2020, 2020.

**BEHAR, D. 2008.** 2008. *Metodología de la investigación*. Caracas : Santillana, 2008.

**CARRASCO, Sergio. 2017.** *Metodología de la investigación científica*. Lima : San Marcos, 2017. pág. 424 pp. ISBN: 9972342425.

**CENEPRED, Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. 2015.** *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales*. Lima : CENEPRED, 2015, 2015.

**Chaski.pe. 2020.** Sorpresiva lluvia con granizada y vientos fuertes alarmó Abancay. [En línea] 8 de setiembre de 2020. [Citado el: 6 de agosto de 2021.] <https://chaski.pe/detalle/sorpresiva-lluvia-con-granizada-y-vientos-fuertes-alarma-abancay-1578>.

**CÓRDOBA, Juan. 2020.** 2020. El problema del drenaje pluvial en Arequipa, Perú. *IAGUA*. [En línea] 2020. [Citado el: 9 de agosto de 2021.] <https://www.iagua.es/blogs/juan-carlos-cordova-lizarraga/problema-drenaje-pluvial-arequipa-peru>.

**El Peruano. 2018.** *Decreto Legislativo N° 1356: Decreto Legislativo que aprueba la Ley General de Drenaje Pluvial*. Diario oficial El Peruano : Lima, Perú, 2018, 2018.

**EMSA PUNO, Empresa Municipal de Saneamiento Básico de Puno. 2021.** El 80% de los colapsos en los buzones de desagüe es debido al mal uso. [En línea] 5 de marzo de 2021. <https://www.emsapuno.com.pe/institucional/index.php/imagen-institucional/notas-de-prensa/el-80-de-los-colapsos-en-los-buzones-de-desague-es-debido-al-mal-uso>.

**FERREIRO, Cristina. 2016.** El fenómeno 'El Niño' en América Latina: repercusiones económicas. *BBVA*. [En línea] 2016. [Citado el: 7 de agosto de 2021.] <https://www.bbva.com/es/repercusiones-climaticas-del-fenomeno-el-nino-en-america-latina/>.

**GAMBOA, James y CHUQUILIN, Elvin. 2019.** Diseño hidráulico y estructural para el sistema de alcantarillado pluvial urbano de la Urbanización Popular La Unión, Distrito de soritor, Provincia de Moyobamba – Región San Martín. *Tesis (Titulo en Ingeniería Civil)*. Tarapoto : Universidad Nacional de San Martín, 2019, 2019.

**GARRIAZO, Rosario y RODRÍGUEZ, Deysi. 2019.** Diseño del sistema de alcantarillado con una propuesta de planta de tratamiento compacta para el Centro Poblado Santa Cruz, 2019. *Tesis (Titulo en Ingeniería Civil)*. Lima : Universidad Cesar Vallejo, 2019, 2019.



**Grupo de Trabajo Municipal de Prevención y Reducción de Riesgos. 2018.** Plan de contingencia ante lluvias intensas periodo 2018 – 2019. 2018. [En línea] 2018. [Citado el: 6 de agosto de 2021.] [http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//8159\\_plan-de-contingencia-ante-lluvias-intensas-del-districto-de-abancay-periodo-2018-2019](http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//8159_plan-de-contingencia-ante-lluvias-intensas-del-districto-de-abancay-periodo-2018-2019).

**HAYDAR, Simón. 2016.** *¿Separar o combinar las aguas de drenaje urbano? - el caso de las ciudades con alto porcentaje de auto construcción.* Colombia : Universidad de Los Andes, 2016.

**HERNÁNDEZ, Manuel. 2018.** *Diseño del drenaje pluvial y evaluación de impacto ambiental en Urb. El Chilcal de la ciudad de Piura.* Piura, Perú : Universidad de Piura, 2018.

**HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. 2014.** *Metodología de la Investigación.* 6ta ed. México : McGraw- Hill, 2014. pág. 589. ISBN: 9781456223960.

**HIDROTEC. 2017.** Problemas en redes de saneamiento: Patologías más comunes. [En línea] 2017. <https://www.hidrotec.com/blog/problemas-en-la-red-de-saneamiento-patologias-comunes/>.

**IBANA, Karla, y otros. 2021.** Contaminación de agua superficial de la periferia urbana de Puerto Maldonado, al sureste de la amazonia peruana. s.l. : Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 2021. Vol. 32, 6. ISSN 1609-9117.

**INDECI, Instituto Nacional de Defensa Civil. 2009.** *Manual básico para la estimación de riesgos [en línea].* Lima : INDECI, 2009, 2009.

—. **2011.** *Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones Fluviales [en línea].* Lima : INDECI, 2011, 2011.

**KOLBERT, Elizabeth. 2018.** Lluvias cambiantes: panorama extremo. *National Geographic en español.* [En línea] 2018. [Citado el: 9 de agosto de 2021.] <https://www.gen espanol.com/fotografia/lluvias-cambiantes-panorama-extremo-articulos/>.

**LEY N° 29664.** *Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD).* Diario Oficial El Peruano : Lima, Perú. 2011.

**MARCILLO, Javier.** Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial de la Comunidad Manantiales del Cantón Montecristi - Provincia de Manabí. *Tesis (Título en Ingeniería Civil),.* Manabí : Universidad Estatal del Sur de Manabí, 2021.

**MARTINEZ, Ruben. 2017.** Evaluación de riesgos por inundaciones en el Barrio Bajo del distrito de Yuraycau, provincia de Rioja, región San Martín. *Tesis (Maestro en Gestión Ambiental).* Lima : Universidad Nacional Federico Villarreal, 2017, 2017.



**MERCHÁN, Adrián. 2021.** Propuesta de diseño de alcantarillado pluvial para el sector inundable del cantón Durán, Las Delias. *Tesis (Título en Ingeniería Civil)*. Guayaquil : Universidad de Guayaquil, 2021, 2021. Universidad de Guayaquil.

**MINAN, Ministerio del Ambiente. 2016.** Apurímac: Municipalidad de Abancay atendió a familias afectadas por torrenciales lluvias. 2016. [En línea] 2016. [Citado el: 6 de agosto de 2021.] <https://sinia.minam.gob.pe/contenido/apurimac-municipalidad-abancay-atendio-familias-afectadas-torrenciales>.

**NIÑO, Victor. 2019.** 2019. *Metodología de la investigación. Diseño, ejecución e informe*. Bogotá : Ediciones de la U, 2019.

**ONU, Organización de las Naciones Unidas. 2017.** 2017 fue el año más cálido registrado en la historia sin un fenómeno de El Niño. 2018a. [En línea] 2017. [Citado el: 6 de agosto de 2021.] <https://news.un.org/es/story/2018/01/1425341>.

—. **2017.** Perú: entre las diez crisis humanitarias menos reportadas por los medios en 2017. 2018b. [En línea] 2017. [Citado el: 6 de agosto de 2021.] <https://news.un.org/es/story/2018/01/1425501>.

**OROZCO, Tatiana y Tapia, Jessica. 2017.** Diseño de un alcantarillado sanitario y pluvial para el centro parroquial Quimiag. *Tesis (Título en Ingeniería Civil)*. Riobamba : Universidad Nacional deChimborazo, 2017, 2017.

**PALOMINO, J., y otros. 2015.** 2015. *Metodología de la investigación*. Lima : San Marcos, 2015.

**PEÑA, Jimmy y ROCHA, Alfredo. 2018.** Diseño del sistema de alcantarillado pluvial del Pasaje Anturio Urbanización Palmira, Independencia Huaraz 2018. *Tesis( Título Ingeriaría Ciuvil)*. Huaráz: Unoversidad Cesar Vallejo, 2018. 2018.

**PINARGOTE, Karla.** Diseño de alcantarillado pluvial en la ciudadela El Centenario en la ciudad de Calceta-cantón Bolívar. *Tesis (Título en Ingeniería Civil)*. Manabí : Universidad Estatal del Sur de Manabí, 2020.

**RCR, Red de Comunicación Regional. 2020.** Más de 40 viviendas afectadas por fuerte aguacero, granizada y ventarrón que atemorizó Abancay destacado. [En línea] 8 de setiembre de 2020. [Citado el: 6 de agosto de 2021.] <https://www.rcrperu.com/mas-de-40-viviendas-afectadas-por-fuerte-aguacero-granizada-y-ventarron-que-atemorizo-abancay-destacado/>.

**RNE, Reglamento Nacional de Edificaciones. 2006.** *Norma OS.060: Drenaje pluvial urbano*. Diario Oficial El Peruano : Lima, 2006, 2006.

—. **2006.** *Norma OS.070: Redes de aguas residuales*. Diario Oficial El Peruano : Lima, 2006, 2006.



**RPP, Radio Programas del Perú. 2016.** Lluvia de más de 5 horas afectó viviendas en Abancay. [En línea] 8 de abril de 2016. [Citado el: 6 de agosto de 2021.] <https://rpp.pe/peru/apurimac/lluvia-de-mas-de-5-horas-afecto-viviendas-abancay-noticia-952143>.

**SINAGERD, Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. 2014.** *Plan Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (PLANAGERD) 2014 -2021 [en línea]*. Lima : Secretaria de Gestión del Riesgo de Desastres - SGRD, 2014, 2014.

**TAPIA, Jean. 2020.** Propuesta de diseño del sistema de drenaje por precipitaciones en la zona urbana de la ciudad de Caraz – Ancash. *Tesis (Título en Ingeniería Civil)*. Chimbote : Universidad San Pedro,, 2020.

**TOTOCAYO, Elmer. 2021.** *Análisis y diseño, de la cámara de bombeo para la evacuación de las aguas residuales, residencial Perlas del Altiplano Juliaca - 2021*. Lima, Perú : Universidad César Vallejo, 2021.

**VERA, Carolina y CAMILLONI, Ines. 2013.** El ciclo sin fin del agua. 2013. [En línea] 2013. [Citado el: 27 de octubre de 2021.] <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL002315.pdf>.



## ANEXOS



## ANEXO 1.

**Tabla 38 – Instrumento de recojo de información del Nivel de Vulnerabilidad de Viviendas**

| <b>Dimensión Vulnerabilidad física</b>  |              |
|---|--------------|
| <b>Indicador localización de vivienda (Lv)</b>  |              |
| <b>INDICADORES</b>  | <b>RANGO</b> |
| Muy cercana 0.2 – 0 Km.   |              |
| Cercana 0.2 – 1 Km.   |              |
| Medianamente cerca 1 – 5 Km   |              |
| Muy alejada > 5 Km.   |              |
| <b>Indicador Material de construcción utilizada en viviendas (Cv)</b>   |              |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>RANGO</b> |
| Estructuras de adobe, caña y otros de menor resistencia, en estado precario   |              |
| Estructuras de adobe, piedra o madera, sin refuerzos estructurales  |              |
| Estructura de concreto, acero o madera, sin adecuada técnica constructiva   |              |
| Estructura sismorresistente con adecuada técnica constructiva (de concreto o acero)                                 |              |
| <b>Indicador Características geológicas, calidad y tipo de suelo (Cq)</b>   |              |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>RANGO</b> |
| Zona muy fracturada, fallada, suelos colapsables (relleno, napa freática alta con turba, material inorgánico, etc.) |              |
| Zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante  |              |
| Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante   |              |
| Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas  |              |
| <b>Indicador Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos (Cn)</b>              |              |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>RANGO</b> |
| Desconocimiento e incumplimiento de la normativa vigente  |              |
| Con normativa vigente sin cumplimiento  |              |
| Con normativa vigente medianamente cumplidas  |              |
| Con normativa vigente estrictamente cumplidas   |              |
| <b>Dimensión Vulnerabilidad ambiental ecológica</b>   |              |
| <b>Indicador Explotación de los recursos naturales (Er)</b>   |              |

| DESCRIPCIÓN  | RANGO |
|--|-------|
| Prácticas negligentes e intensas de degradación en el cauce y márgenes del río u otro continente de agua (deterioro en el consumo/uso indiscriminado de los suelos, recursos forestales), entre otros considerados básicos propios del lugar en estudio)   |       |
| Prácticas negligentes periódicas o estacionales de degradación de cause y márgenes del río u otro continente de agua (deterioro en el consumo/uso indiscriminado de los suelos y recursos forestales)  |       |
| Prácticas de degradación del cauce y márgenes del río u otro continente de agua (deterioro en el consumo/uso indiscriminado de los suelos y recursos forestales) sin asesoramiento técnico capacitado. Pero las actividades son de baja intensidad.  |       |
| Prácticas de consumo/uso del cauce y márgenes del río u otro continente de agua (suelos y recursos forestales) con asesoramiento técnico capacitado bajo criterios de sostenibilidad.  |       |
| <b>Indicador Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos (Fe)</b>   |       |
| DESCRIPCIÓN  | RANGO |
| El área de estudio presenta equipamientos o establecimientos que emiten sustancias o materiales contaminantes y/o tóxicos, afectando a más del 50% de la población.  |       |
| El área de estudio presenta equipamientos o establecimientos que emiten sustancias o materiales contaminantes y/o tóxicos, afectando a más de la quinta de la población (entre el 20% y 50% de la población).  |       |
| El área de estudio presenta equipamientos o establecimientos que emiten sustancias o materiales contaminantes y/o tóxicas, afectando a sectores focalizados de la población (< 20%).   |       |
| El área de estudio no presenta equipamientos o establecimientos que emiten sustancias o materiales contaminantes y/o tóxicos, por lo que la población no se ve afectada  |       |
| <b>Dimensión Vulnerabilidad económica</b>  |       |
| <b>Indicador Actividad económica (Ae)</b>  |       |
| DESCRIPCIÓN  | RANGO |
| El sistema de producción se basa en una actividad primaria extractiva, sin tecnificación, sin ningún criterio de sostenibilidad. El sistema de producción, bajo las condiciones en que se encuentran, no tiene oportunidades de insertarse a un mercado competitivo. Las actividades económicas realizadas por la población son poco rentables. No existen importantes inversiones. Se presenta un gran nivel de informalidad en las actividades económicas. |       |
| El sistema de producción, bajo las condiciones en que se encuentran, tiene muy poca posibilidad de insertarse a un mercado competitivo. Las actividades económicas realizadas por la población son poco rentables en su mayoría. Existen aisladas inversiones de rango medio, que tienen poco arrastre en la dinamización económica del lugar. Se presenta un importante nivel de informalidad en las actividades económicas                                 |       |
| El sistema de producción cuenta con algunos puntos que presentan competitividad. Algunas actividades económicas realizadas por la población presentan cierto nivel de rentabilidad. Existen algunas inversiones que  |       |

|   |              |
|---|--------------|
| empiezan a dinamizar el área en estudio. Se presenta un importante nivel de informalidad en las actividades económicas.   |              |
| El sistema de producción del área en estudio se encuentra o presenta un proceso importante de inserción a la competitividad. Las actividades económicas presentan un proceso de crecimiento y dinamismo presentando interesantes niveles de rentabilidad. Existen importantes inversiones productivas y económicas que dinamizan o empiezan a dinamizar el área en estudio. Se presenta un importante nivel de informalidad en las actividades económicas   |              |
| <b>Indicador Grado de escasez (servicios, ingresos y competitividad (Ge)</b>  |              |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>RANGO</b> |
| El área en estudio se encuentra a una distancia que hace que la fluidez entre las áreas de producción y los mercados de intercambio y consumo sea muy pesada (locales y nacionales).  |              |
| El área en estudio se encuentra a una distancia que dificulta la fluidez entre las áreas de producción y los mercados de intercambio y consumo (locales y nacionales).  |              |
| El área en estudio se encuentra a una distancia que proporciona cierta fluidez (diaria) en las áreas de producción y los mercados de intercambio y consumo (locales, nacionales y/o internacionales).   |              |
| El área en estudio una dinámica fluida con sus mercados de intercambio y consumo. (Mercados locales, nacionales y/o internacionales).   |              |
| <b>Dimensión Vulnerabilidad social</b>  |              |
| <b>Indicador Organización social (Os)</b>   |              |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>RANGO</b> |
| La organización política o social de la población es nula o presenta altos niveles de corrupción en su clase dirigencia y desprestigio popular. Existen disputas internas. La participación de la población, en la generación de estrategias de desarrollo o gestión del territorio, es nula o muy aislada. Existe un nulo o efímero interés de la población por participar en algún tipo de organización social. No existen comités vecinales de organización social (de defensa civil, seguridad ciudadana, vaso de leche, entre otros). No existen gremios organizados   |              |
| La organización política o social de la población es efímera o nunca funcionan. Existen disputas internas entre estas organizaciones. Presentan algunos casos de corrupción en su clase dirigencial y desprestigio popular. Existe un bajo interés de la población por participar en algún tipo de organización social. La participación de la población, en la generación de estrategias de desarrollo o gestión del territorio, debido a su nivel de desorganización tiene poca fuerza en la toma de decisiones. Existen comités vecinales de organización social (de defensa civil, seguridad ciudadana, vaso de leche, entre otros), pero son muy deficientes en su gestión. No existen gremios organizados |              |
| Existe organización política o social de la población. No existen disputas internas entre estas organizaciones con normalidad. Presentan casos aislados de corrupción en su clase dirigencial. Las organizaciones tienen funcionamiento todo el año, pero en condiciones de "sobre vivencia". La participación de la población, en la generación de estrategias de desarrollo o   |              |



|  |                     |
|--|---------------------|
| <p>gestión del territorio, tienen cierta presencia. Sus propuestas son tomadas en cuenta. Existe un cierto interés de la población por participar en algún tipo de organización social. Existen comités vecinales de organización social, que cuentan con deficiencias, en proceso de formación, pero con un capital humano interesante de gestión</p>   |                     |
| <p>Existe organización activa política o social de la población. Existen clases dirigenciales comprometidas con la prevención de riesgos, el desarrollo y la gestión eficiente de su territorio. Las organizaciones tienen funcionamiento todo el año, pero en condiciones de básicas o mejores. La participación de la población, en la generación de estrategias de desarrollo o gestión del territorio, tiene importante presencia. Sus propuestas son tomadas en cuenta. Existe interés de la población por participar en algún tipo de organización social. Existen comités vecinales de organización social (de defensa civil, seguridad ciudadana, vaso de leche, entre otros), en proceso de consolidación o con amplia trayectoria y gestión eficiente. Existen gremios organizados</p> |                     |
| <p><b>Indicador Grado, tipo de relación e integración entre las instituciones y organizaciones locales (Gr)</b></p>  |                     |
| <p><b>DESCRIPCIÓN</b></p>  | <p><b>RANGO</b></p> |
| <p>No existe relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales</p>   |                     |
| <p>Débil relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales</p>   |                     |
| <p>Existe una parcial relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales</p>  |                     |
| <p>Fuerte relación e integración entre las Instituciones y organizaciones locales</p>  |                     |

Extraído del Manual de Estimación del Riesgo Ante Inundaciones Fluviales, INDECI (2011).



**ANEXO 2.**

**Tabla 39 – Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia de las Precipitaciones**

| INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN, PARA DIFERENTES DURACIONES Y PERIODOS DE RETORNO |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Duración  | TR2             | TR5             | TR10            | TR30            | TR50            | TR75            | TR100           | TR200           | TR500           | TR1000          |
| 1-hr  | 11.5(10.4-12.4) | 13.1(11.9-14.3) | 14.4(13.1-15.8) | 16.9(15.3-18.6) | 18.1(16.4-20.1) | 19.2(17.4-21.4) | 20.0(18.1-22.3) | 22.1(19.9-24.7) | 25.2(22.6-28.4) | 27.8(25.0-31.5) |
| 2-hr  | 7.7(7.0-8.4)    | 8.8(8.0-9.6)    | 9.7(8.8-10.6)   | 11.3(10.2-12.5) | 12.2(11.0-13.5) | 12.9(11.7-14.3) | 13.4(12.1-15.0) | 14.8(13.4-16.6) | 16.9(15.2-19.0) | 18.7(16.8-21.1) |
| 3-hr  | 6.1(5.6-6.6)    | 6.9(6.3-7.6)    | 7.7(7.0-8.4)    | 9.0(8.1-9.9)    | 9.6(8.7-10.7)   | 10.2(9.2-11.4)  | 10.6(9.6-11.9)  | 11.7(10.6-13.2) | 13.4(12.0-15.1) | 14.8(13.3-16.7) |
| 4-hr  | 5.2(4.7-5.6)    | 5.9(5.4-6.4)    | 6.5(5.9-7.1)    | 7.6(6.9-8.4)    | 8.2(7.4-9.1)    | 8.7(7.8-9.6)    | 9.0(8.1-10.1)   | 10.0(9.0-11.1)  | 11.3(10.2-12.8) | 12.5(11.2-14.2) |
| 5-hr  | 4.5(4.1-4.9)    | 5.2(4.7-5.7)    | 5.7(5.2-6.3)    | 6.7(6.1-7.4)    | 7.2(6.5-8.0)    | 7.6(6.9-8.5)    | 7.9(7.2-8.8)    | 8.8(7.9-9.8)    | 10.0(9.0-11.2)  | 11.0(9.9-12.5)  |
| 6-hr  | 4.1(3.7-4.4)    | 4.7(4.2-5.1)    | 5.1(4.7-5.6)    | 6.0(5.4-6.7)    | 6.5(5.9-7.2)    | 6.9(6.2-7.6)    | 7.1(6.5-8.0)    | 7.9(7.1-8.8)    | 9.0(8.1-10.1)   | 9.9(8.9-11.2)   |
| 7-hr  | 3.7(3.4-4.1)    | 4.3(3.9-4.7)    | 4.7(4.3-5.2)    | 5.5(5.0-6.1)    | 5.9(5.4-6.6)    | 6.3(5.7-7.0)    | 6.5(5.9-7.3)    | 7.2(6.5-8.1)    | 8.2(7.4-9.3)    | 9.1(8.2-10.3)   |
| 8-hr  | 3.5(3.2-3.8)    | 3.9(3.6-4.3)    | 4.4(4.0-4.8)    | 5.1(4.6-5.6)    | 5.5(5.0-6.1)    | 5.8(5.3-6.5)    | 6.1(5.5-6.7)    | 6.7(6.0-7.5)    | 7.6(6.9-8.6)    | 8.4(7.6-9.5)    |
| 9-hr  | 3.2(3.0-3.5)    | 3.7(3.4-4.0)    | 4.1(3.7-4.5)    | 4.8(4.3-5.3)    | 5.1(4.6-5.7)    | 5.4(4.9-6.0)    | 5.7(5.1-6.3)    | 6.2(5.6-7.0)    | 7.1(6.4-8.0)    | 7.9(7.1-8.9)    |
| 10-hr   | 3.0(2.8-3.3)    | 3.5(3.2-3.8)    | 3.8(3.5-4.2)    | 4.5(4.1-5.0)    | 4.8(4.4-5.4)    | 5.1(4.6-5.7)    | 5.3(4.8-5.9)    | 5.9(5.3-6.6)    | 6.7(6.0-7.5)    | 7.4(6.6-8.4)    |
| 11-hr   | 2.9(2.6-3.1)    | 3.3(3.0-3.6)    | 3.6(3.3-4.0)    | 4.2(3.8-4.7)    | 4.6(4.1-5.1)    | 4.8(4.4-5.4)    | 5.0(4.6-5.6)    | 5.6(5.0-6.2)    | 6.3(5.7-7.1)    | 7.0(6.3-7.9)    |
| 12-hr   | 2.7(2.5-3.0)    | 3.1(2.8-3.4)    | 3.5(3.1-3.8)    | 4.0(3.7-4.5)    | 4.3(3.9-4.8)    | 4.6(4.2-5.1)    | 4.8(4.3-5.3)    | 5.3(4.8-5.9)    | 6.0(5.4-6.8)    | 6.7(6.0-7.5)    |
| 13-hr   | 2.6(2.4-2.8)    | 3.0(2.7-3.3)    | 3.3(3.0-3.6)    | 3.9(3.5-4.3)    | 4.1(3.8-4.6)    | 4.4(4.0-4.9)    | 4.6(4.1-5.1)    | 5.1(4.6-5.7)    | 5.8(5.2-6.5)    | 6.4(5.7-7.2)    |
| 14-hr   | 2.5(2.3-2.7)    | 2.9(2.6-3.1)    | 3.2(2.9-3.5)    | 3.7(3.3-4.1)    | 4.0(3.6-4.4)    | 4.2(3.8-4.7)    | 4.4(4.0-4.9)    | 4.8(4.4-5.4)    | 5.5(5.0-6.2)    | 6.1(5.5-6.9)    |
| 15-hr   | 2.4(2.2-2.6)    | 2.8(2.5-3.0)    | 3.0(2.8-3.3)    | 3.6(3.2-3.9)    | 3.8(3.5-4.2)    | 4.0(3.7-4.5)    | 4.2(3.8-4.7)    | 4.7(4.2-5.2)    | 5.3(4.8-6.0)    | 5.9(5.3-6.6)    |
| 16-hr   | 2.3(2.1-2.5)    | 2.7(2.4-2.9)    | 2.9(2.7-3.2)    | 3.4(3.1-3.8)    | 3.7(3.3-4.1)    | 3.9(3.5-4.3)    | 4.1(3.7-4.5)    | 4.5(4.0-5.0)    | 5.1(4.6-5.8)    | 5.6(5.1-6.4)    |
| 17-hr   | 2.2(2.0-2.4)    | 2.6(2.3-2.8)    | 2.8(2.6-3.1)    | 3.3(3.0-3.7)    | 3.6(3.2-3.9)    | 3.8(3.4-4.2)    | 3.9(3.5-4.4)    | 4.3(3.9-4.9)    | 4.9(4.4-5.6)    | 5.5(4.9-6.2)    |
| 18-hr   | 2.2(2.0-2.4)    | 2.5(2.3-2.7)    | 2.7(2.5-3.0)    | 3.2(2.9-3.5)    | 3.4(3.1-3.8)    | 3.6(3.3-4.1)    | 3.8(3.4-4.2)    | 4.2(3.8-4.7)    | 4.8(4.3-5.4)    | 5.3(4.7-6.0)    |
| 19-hr   | 2.1(1.9-2.3)    | 2.4(2.2-2.6)    | 2.7(2.4-2.9)    | 3.1(2.8-3.4)    | 3.3(3.0-3.7)    | 3.5(3.2-3.9)    | 3.7(3.3-4.1)    | 4.1(3.7-4.6)    | 4.6(4.2-5.2)    | 5.1(4.6-5.8)    |
| 20-hr   | 2.0(1.9-2.2)    | 2.3(2.1-2.5)    | 2.6(2.3-2.8)    | 3.0(2.7-3.3)    | 3.2(2.9-3.6)    | 3.4(3.1-3.8)    | 3.6(3.2-4.0)    | 3.9(3.6-4.4)    | 4.5(4.0-5.1)    | 5.0(4.5-5.6)    |
| 21-hr   | 2.0(1.8-2.2)    | 2.3(2.1-2.5)    | 2.5(2.3-2.7)    | 2.9(2.7-3.2)    | 3.1(2.8-3.5)    | 3.3(3.0-3.7)    | 3.5(3.1-3.9)    | 3.8(3.5-4.3)    | 4.4(3.9-4.9)    | 4.8(4.3-5.5)    |
| 22-hr   | 1.9(1.8-2.1)    | 2.2(2.0-2.4)    | 2.4(2.2-2.7)    | 2.8(2.6-3.2)    | 3.1(2.8-3.4)    | 3.2(2.9-3.6)    | 3.4(3.1-3.8)    | 3.7(3.4-4.2)    | 4.3(3.8-4.8)    | 4.7(4.2-5.3)    |
| 23-hr   | 1.9(1.7-2.1)    | 2.2(2.0-2.4)    | 2.4(2.2-2.6)    | 2.8(2.5-3.1)    | 3.0(2.7-3.3)    | 3.2(2.9-3.5)    | 3.3(3.0-3.7)    | 3.6(3.3-4.1)    | 4.2(3.7-4.7)    | 4.6(4.1-5.2)    |
| 24-hr   | 1.8(1.7-2.0)    | 2.1(1.9-2.3)    | 2.3(2.1-2.5)    | 2.7(2.5-3.0)    | 2.9(2.6-3.2)    | 3.1(2.8-3.4)    | 3.2(2.9-3.6)    | 3.6(3.2-4.0)    | 4.0(3.6-4.6)    | 4.5(4.0-5.1)    |

Extraído del Ministerio Del Ambiente (SENAMHI, 2022)



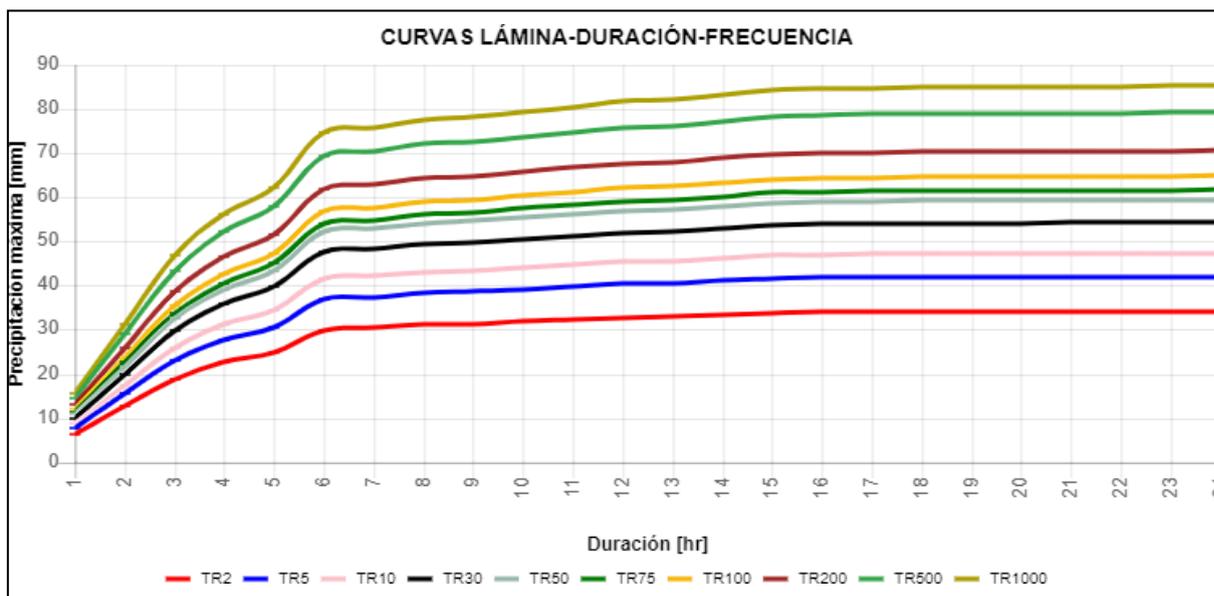


Figura 28 — Curvas Lamina – Duración – Frecuencia

Extraído del Ministerio Del Ambiente (SENAMHI, 2022)

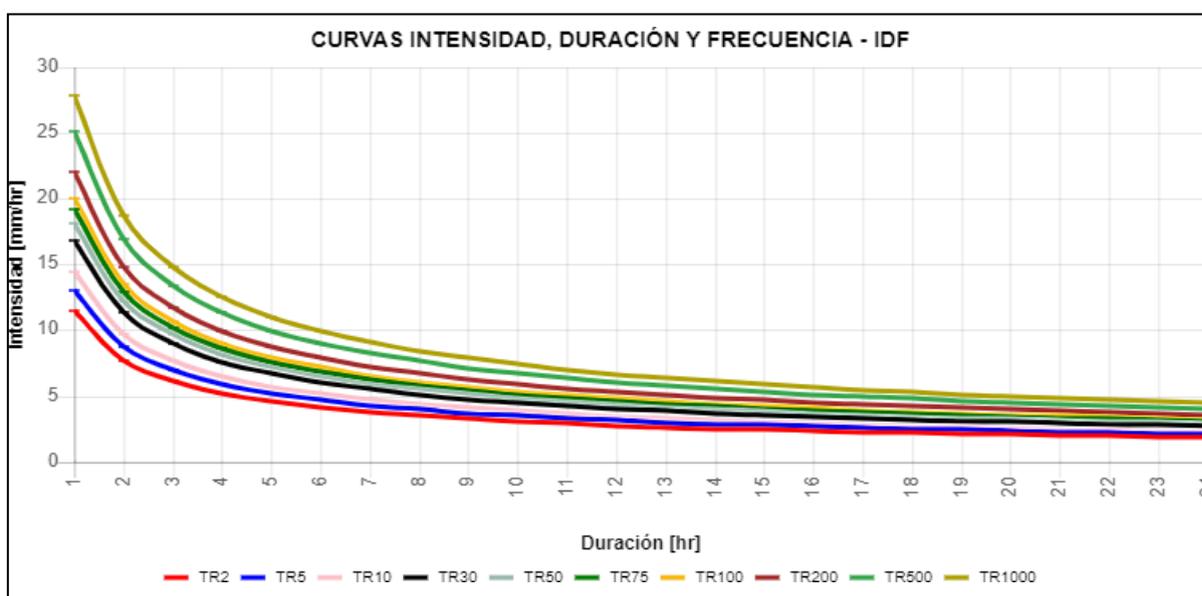


Figura 29 — Curvas Intensidad – Duración y Frecuencia – IDF

Extraído del Ministerio Del Ambiente (SENAMHI,2022)



## ANEXO 3.

Tabla 40 – Resultados del modelo en el software SewerCAD

| Start Node | Stop Node | Elevation Ground (Start) (m) | Elevation Ground (Stop) (m) | Length (Scaled) (m) | Slope (Calculated) (m/m) | Material | Section Type | Diameter (mm) | Manning's n | Flow (L/s) | Velocity (m/s) | Depth (Middle) (m) | Capacity (Full Flow) (L/s) | Flow / Capacity (Design) (%) | Depth/Rise (%) |
|------------|-----------|------------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------|----------|--------------|---------------|-------------|------------|----------------|--------------------|----------------------------|------------------------------|----------------|
| Bz-1304    | Bz-3219   | 2259.18                      | 2258.29                     | 7.06                | 0.018                    | PVC      | Circle       | 250           | 0.010       | 0.58       | 0.61           | 0.03               | 31.40                      | 1.85%                        | 16.40          |
| Bz-3208    | Bz-3207   | 2286.12                      | 2286.97                     | 14.00               | 0.063                    | PVC      | Circle       | 315           | 0.010       | 0.05       | 0.45           | 0.01               | 58.88                      | 0.08%                        | 4.20           |
| Bz-1500    | Bz-3208   | 2285.19                      | 2286.12                     | 27.10               | 0.082                    | PVC      | Circle       | 315           | 0.010       | 0.08       | 0.56           | 0.01               | 67.27                      | 0.12%                        | 5.00           |
| Bz-1239    | Bz-1240   | 2286.66                      | 2285.08                     | 33.20               | 0.100                    | PVC      | Circle       | 300           | 0.010       | 0.06       | 0.57           | 0.01               | 74.37                      | 0.08%                        | 4.50           |
| Bz-3219    | O-1       | 2258.29                      | 2256.58                     | 19.00               | 0.009                    | PVC      | Circle       | 400           | 0.010       | 1.32       | 0.60           | 0.03               | 21.86                      | 6.04%                        | 18.20          |
| Bz-3215    | Bz-3216   | 2268.65                      | 2267.2                      | 26.20               | 0.057                    | PVC      | Circle       | 250           | 0.010       | 0.15       | 0.60           | 0.01               | 56.07                      | 0.27%                        | 6.80           |
| Bz-1300    | Bz-1303   | 2264.97                      | 2262.97                     | 34.30               | 0.100                    | PVC      | Circle       | 250           | 0.010       | 0.15       | 0.74           | 0.01               | 74.37                      | 0.20%                        | 8.30           |
| Bz-1296    | Bz-3214   | 2272.07                      | 2270.67                     | 37.20               | 0.069                    | PVC      | Circle       | 250           | 0.010       | 0.11       | 0.60           | 0.01               | 61.94                      | 0.18%                        | 5.90           |
| Bz-1313    | Bz-1312   | 2269.02                      | 2267.02                     | 31.55               | 0.047                    | PVC      | Circle       | 400           | 0.010       | 0.49       | 0.80           | 0.02               | 50.99                      | 0.96%                        | 12.20          |
| Bz-1293    | Bz-1296   | 2273.1                       | 2272.07                     | 31.40               | 0.083                    | PVC      | Circle       | 250           | 0.010       | 0.10       | 0.60           | 0.01               | 67.56                      | 0.15%                        | 5.60           |
| Bz-1294    | Bz-1313   | 2270.15                      | 2269.02                     | 42.90               | 0.049                    | PVC      | Circle       | 400           | 0.010       | 0.45       | 0.79           | 0.02               | 52.16                      | 0.86%                        | 11.80          |
| Bz-1303    | Bz-1304   | 2262.97                      | 2259.18                     | 22.40               | 0.100                    | PVC      | Circle       | 250           | 0.010       | 0.34       | 0.93           | 0.02               | 74.37                      | 0.46%                        | 11.50          |
| Bz-1301    | Bz-3218   | 2264.51                      | 2262.23                     | 51.45               | 0.100                    | PVC      | Circle       | 300           | 0.010       | 0.16       | 0.74           | 0.02               | 74.37                      | 0.22%                        | 10.80          |
| Bz-1199    | Bz-1236   | 2293.49                      | 2290.53                     | 43.70               | 0.082                    | PVC      | Circle       | 250           | 0.010       | 0.00       | 0.00           | 0.00               | 67.39                      | 0.00%                        | 0.00           |
| Bz-1236    | Bz-1235   | 2290.53                      | 2287.23                     | 43.75               | 0.086                    | PVC      | Circle       | 250           | 0.010       | 0.01       | 0.31           | 0.00               | 69.09                      | 0.01%                        | 2.30           |
| Bz-1249    | Bz-1251   | 2276.41                      | 2274.38                     | 44.00               | 0.050                    | PVC      | Circle       | 300           | 0.010       | 0.08       | 0.46           | 0.01               | 52.57                      | 0.15%                        | 5.20           |
| Bz-1253    | Bz-1252   | 2278.51                      | 2275.76                     | 44.00               | 0.100                    | PVC      | Circle       | 250           | 0.010       | 0.05       | 0.53           | 0.01               | 74.37                      | 0.07%                        | 4.50           |
| Bz-1252    | Bz-1293   | 2275.76                      | 2273.1                      | 43.90               | 0.090                    | PVC      | Circle       | 250           | 0.010       | 0.09       | 0.60           | 0.01               | 70.43                      | 0.13%                        | 5.30           |
| Bz-1234    | Bz-1253   | 2282.84                      | 2278.51                     | 43.90               | 0.071                    | PVC      | Circle       | 250           | 0.010       | 0.04       | 0.43           | 0.01               | 62.78                      | 0.06%                        | 3.50           |

| Start Node | Stop Node | Elevation Ground (Start) (m) | Elevation Ground (Stop) (m) | Length (Scaled) (m) | Slope (Calculated) (m/m) | Material | Section Type | Diameter (mm) | Manning's n | Flow (L/s) | Velocity (m/s) | Depth (Middle) (m) | Capacity (Full Flow) (L/s) | Flow / Capacity (Design) (%) | Depth/Rise (%) |
|------------|-----------|------------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------|----------|--------------|---------------|-------------|------------|----------------|--------------------|----------------------------|------------------------------|----------------|
| Bz-1311    | Bz-1310   | 2265.13                      | 2263.08                     | 51.95               | 0.046                    | PVC      | Circle       | 250           | 0.010       | 0.19       | 0.60           | 0.01               | 50.55                      | 0.38%                        | 7.80           |
| Bz-1295    | Bz-1251   | 2272.48                      | 2274.38                     | 43.65               | 0.069                    | PVC      | Circle       | 300           | 0.010       | 0.11       | 0.60           | 0.01               | 61.76                      | 0.18%                        | 5.90           |
| Bz-1235    | Bz-1234   | 2287.23                      | 2282.84                     | 44.40               | 0.096                    | PVC      | Circle       | 250           | 0.010       | 0.03       | 0.44           | 0.00               | 73.02                      | 0.04%                        | 3.00           |
| Bz-1297    | Bz-1298   | 2272.2                       | 2268.76                     | 40.90               | 0.100                    | PVC      | Circle       | 250           | 0.010       | 0.10       | 0.65           | 0.01               | 74.37                      | 0.13%                        | 5.60           |
| Bz-3216    | Bz-1311   | 2267.2                       | 2265.13                     | 48.70               | 0.055                    | PVC      | Circle       | 250           | 0.010       | 0.16       | 0.60           | 0.01               | 54.94                      | 0.29%                        | 7.20           |
| Bz-1301    | Bz-1299   | 2264.51                      | 2267.97                     | 54.00               | 0.081                    | PVC      | Circle       | 300           | 0.010       | 0.15       | 0.68           | 0.01               | 67.05                      | 0.22%                        | 6.80           |
| Bz-1241    | Bz-1244   | 2281.01                      | 2278.58                     | 49.20               | 0.054                    | PVC      | Circle       | 300           | 0.010       | 0.04       | 0.40           | 0.01               | 54.58                      | 0.07%                        | 3.80           |
| Bz-3214    | Bz-3215   | 2270.67                      | 2268.65                     | 36.40               | 0.065                    | PVC      | Circle       | 250           | 0.010       | 0.13       | 0.60           | 0.01               | 60.17                      | 0.22%                        | 6.30           |
| Bz-1244    | Bz-1249   | 2278.58                      | 2276.41                     | 47.60               | 0.047                    | PVC      | Circle       | 300           | 0.010       | 0.06       | 0.43           | 0.01               | 50.83                      | 0.12%                        | 4.50           |
| Bz-1312    | Bz-3217   | 2267.02                      | 2264.89                     | 44.80               | 0.055                    | PVC      | Circle       | 400           | 0.010       | 0.52       | 0.86           | 0.02               | 55.12                      | 0.94%                        | 12.50          |
| Bz-1298    | Bz-1300   | 2268.76                      | 2264.97                     | 54.00               | 0.100                    | PVC      | Circle       | 250           | 0.010       | 0.11       | 0.66           | 0.01               | 74.37                      | 0.15%                        | 6.20           |
| Bz-3205    | Bz-3206   | 2293.57                      | 2290.49                     | 59.20               | 0.052                    | PVC      | Circle       | 315           | 0.010       | 0.00       | 0.00           | 0.00               | 53.68                      | 0.00%                        | 1.40           |
| Bz-1299    | Bz-1295   | 2267.97                      | 2272.48                     | 40.90               | 0.065                    | PVC      | Circle       | 300           | 0.010       | 0.13       | 0.60           | 0.01               | 60.07                      | 0.22%                        | 6.30           |
| Bz-3218    | Bz-3219   | 2262.23                      | 2258.29                     | 55.40               | 0.100                    | PVC      | Circle       | 400           | 0.010       | 0.73       | 1.17           | 0.03               | 74.37                      | 0.98%                        | 17.20          |
| Bz-3217    | Bz-3218   | 2264.89                      | 2262.23                     | 67.20               | 0.076                    | PVC      | Circle       | 400           | 0.010       | 0.54       | 0.97           | 0.02               | 64.62                      | 0.84%                        | 13.60          |
| Bz-3206    | Bz-3207   | 2290.49                      | 2286.97                     | 58.75               | 0.060                    | PVC      | Circle       | 315           | 0.010       | 0.03       | 0.36           | 0.01               | 57.58                      | 0.05%                        | 3.30           |
| Bz-1297    | Bz-1250   | 2272.2                       | 2274.92                     | 60.20               | 0.090                    | PVC      | Circle       | 250           | 0.010       | 0.08       | 0.57           | 0.01               | 70.41                      | 0.11%                        | 5.00           |
| Bz-1250    | Bz-1245   | 2274.92                      | 2277.93                     | 61.50               | 0.040                    | PVC      | Circle       | 250           | 0.010       | 0.05       | 0.38           | 0.01               | 47.18                      | 0.11%                        | 4.20           |
| Bz-1310    | Bz-1304   | 2263.08                      | 2259.18                     | 58.60               | 0.040                    | PVC      | Circle       | 250           | 0.010       | 0.23       | 0.60           | 0.02               | 46.90                      | 0.49%                        | 10.60          |
| Bz-1237    | Bz-1238   | 2291.27                      | 2288.85                     | 46.10               | 0.062                    | PVC      | Circle       | 200           | 0.010       | 0.03       | 0.37           | 0.01               | 58.75                      | 0.05%                        | 3.30           |
| Bz-1239    | Bz-1238   | 2286.66                      | 2288.85                     | 55.00               | 0.058                    | PVC      | Circle       | 200           | 0.010       | 0.05       | 0.44           | 0.01               | 56.54                      | 0.09%                        | 4.10           |
| Bz-1302    | Bz-1246   | 2263.96                      | 2261.9                      | 45.20               | 0.090                    | PVC      | Circle       | 200           | 0.010       | 0.09       | 0.60           | 0.01               | 70.46                      | 0.13%                        | 5.60           |
| Bz-1246    | Bz-1247   | 2261.9                       | 2269.68                     | 45.30               | 0.099                    | PVC      | Circle       | 200           | 0.010       | 0.06       | 0.57           | 0.01               | 73.95                      | 0.08%                        | 4.70           |



| Start Node | Stop Node | Elevation Ground (Start) (m) | Elevation Ground (Stop) (m) | Length (Scaled) (m) | Slope (Calculated) (m/m) | Material | Section Type | Diameter (mm) | Manning's n | Flow (L/s) | Velocity (m/s) | Depth (Middle) (m) | Capacity (Full Flow) (L/s) | Flow / Capacity (Design) (%) | Depth/Rise (%) |
|------------|-----------|------------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------|----------|--------------|---------------|-------------|------------|----------------|--------------------|----------------------------|------------------------------|----------------|
| Bz-1243    | Bz-3209   | 2283.88                      | 2281.27                     | 48.20               | 0.039                    | PVC      | Circle       | 200           | 0.010       | 0.05       | 0.38           | 0.01               | 46.74                      | 0.11%                        | 6.40           |
| Bz-1303    | Bz-1302   | 2262.97                      | 2263.96                     | 48.20               | 0.092                    | PVC      | Circle       | 200           | 0.010       | 0.13       | 0.66           | 0.01               | 71.25                      | 0.18%                        | 8.00           |
| Bz-1235    | Bz-1243   | 2287.15                      | 2283.88                     | 57.60               | 0.100                    | PVC      | Circle       | 200           | 0.010       | 0.04       | 0.48           | 0.01               | 74.37                      | 0.05%                        | 3.50           |
| Bz-1247    | Bz-1248   | 2269.68                      | 2275.89                     | 63.60               | 0.088                    | PVC      | Circle       | 200           | 0.010       | 0.04       | 0.46           | 0.01               | 69.56                      | 0.06%                        | 3.80           |
| Bz-1253    | Bz-3211   | 2278.42                      | 2276.65                     | 68.30               | 0.077                    | PVC      | Circle       | 200           | 0.010       | 0.03       | 0.40           | 0.01               | 65.11                      | 0.05%                        | 6.40           |
| Bz-3213    | Bz-1294   | 2272.17                      | 2270.15                     | 42.90               | 0.038                    | PVC      | Circle       | 400           | 0.010       | 0.44       | 0.72           | 0.02               | 46.08                      | 0.95%                        | 11.40          |
| Bz-3211    | Bz-3212   | 2276.65                      | 2274.61                     | 41.90               | 0.027                    | PVC      | Circle       | 400           | 0.010       | 0.35       | 0.60           | 0.02               | 38.99                      | 0.90%                        | 10.50          |
| Bz-3210    | Bz-3211   | 2278.4                       | 2276.65                     | 47.60               | 0.031                    | PVC      | Circle       | 400           | 0.010       | 0.30       | 0.60           | 0.02               | 41.64                      | 0.72%                        | 9.80           |
| Bz-3209    | Bz-3210   | 2281.27                      | 2278.4                      | 50.65               | 0.034                    | PVC      | Circle       | 400           | 0.010       | 0.28       | 0.60           | 0.01               | 43.17                      | 0.65%                        | 9.20           |
| Bz-3212    | Bz-3213   | 2274.61                      | 2272.17                     | 46.90               | 0.027                    | PVC      | Circle       | 400           | 0.010       | 0.40       | 0.62           | 0.02               | 38.54                      | 1.04%                        | 11.10          |
| Bz-1500    | Bz-3209   | 2285.19                      | 2281.27                     | 59.20               | 0.100                    | PVC      | Circle       | 400           | 0.010       | 0.10       | 0.65           | 0.01               | 74.37                      | 0.13%                        | 7.20           |
| Bz-1254    | Bz-1252   | 2278.57                      | 2275.76                     | 41.40               | 0.100                    | PVC      | Circle       | 160           | 0.010       | 0.01       | 0.33           | 0.01               | 74.37                      | 0.01%                        | 3.50           |
| Bz-1242    | Bz-1245   | 2280.84                      | 2277.93                     | 59.30               | 0.060                    | PVC      | Circle       | 250           | 0.010       | 0.03       | 0.36           | 0.01               | 57.59                      | 0.05%                        | 3.30           |
| Bz-1241    | Bz-3209   | 2281.15                      | 2281.27                     | 3.62                | 0.100                    | PVC      | Circle       | 300           | 0.010       | 0.10       | 0.65           | 0.01               | 74.37                      | 0.13%                        | 7.20           |
| Bz-1240    | Bz-1241   | 2285.08                      | 2281.15                     | 59.80               | 0.076                    | PVC      | Circle       | 300           | 0.010       | 0.08       | 0.54           | 0.01               | 64.71                      | 0.12%                        | 5.00           |
| Bz-1199    | Bz-1237   | 2293.38                      | 2291.27                     | 46.00               | 0.070                    | PVC      | Circle       | 200           | 0.010       | 0.00       | 0.00           | 0.00               | 62.23                      | 0.00%                        | 1.40           |



## ANEXO 4.

Tabla 41 – Diámetro y Tipo de Material de Tubería del Plano Catastral, EPS EMUSAP

| Buzón Inicial | Buzón Final | Altura Inicial (m) | Altura Final (m) | Material | Diámetro (mm) |
|---------------|-------------|--------------------|------------------|----------|---------------|
| Bz-1304       | Bz-3219     | 2,259.18           | 2,258.29         | PVC      | 250           |
| Bz-3208       | Bz-3207     | 2,286.12           | 2,286.97         | PVC      | 315           |
| Bz-1500       | Bz-3208     | 2,285.19           | 2,286.12         | PVC      | 315           |
| Bz-1239       | Bz-1240     | 2,286.66           | 2,285.08         | PVC      | 300           |
| Bz-3219       | O-1         | 2,258.29           | 2,256.58         | PVC      | 400           |
| Bz-3215       | Bz-3216     | 2,268.65           | 2,267.20         | PVC      | 250           |
| Bz-1300       | Bz-1303     | 2,264.97           | 2,262.97         | PVC      | 250           |
| Bz-1296       | Bz-3214     | 2,272.07           | 2,270.67         | PVC      | 250           |
| Bz-1313       | Bz-1312     | 2,269.02           | 2,267.02         | PVC      | 400           |
| Bz-1293       | Bz-1296     | 2,273.10           | 2,272.07         | PVC      | 250           |
| Bz-1294       | Bz-1313     | 2,270.15           | 2,269.02         | PVC      | 400           |
| Bz-1303       | Bz-1304     | 2,262.97           | 2,259.18         | PVC      | 250           |
| Bz-1301       | Bz-3218     | 2,264.51           | 2,262.23         | PVC      | 300           |
| Bz-1199       | Bz-1236     | 2,293.49           | 2,290.53         | PVC      | 250           |
| Bz-1236       | Bz-1235     | 2,290.53           | 2,287.23         | PVC      | 250           |
| Bz-1249       | Bz-1251     | 2,276.41           | 2,274.38         | PVC      | 300           |
| Bz-1253       | Bz-1252     | 2,278.51           | 2,275.76         | PVC      | 250           |
| Bz-1252       | Bz-1293     | 2,275.76           | 2,273.10         | PVC      | 250           |
| Bz-1234       | Bz-1253     | 2,282.84           | 2,278.51         | PVC      | 250           |
| Bz-1311       | Bz-1310     | 2,265.13           | 2,263.08         | PVC      | 250           |
| Bz-1295       | Bz-1251     | 2,272.48           | 2,274.38         | PVC      | 300           |
| Bz-1235       | Bz-1234     | 2,287.23           | 2,282.84         | PVC      | 250           |
| Bz-1297       | Bz-1298     | 2,272.20           | 2,268.76         | PVC      | 250           |
| Bz-3216       | Bz-1311     | 2,267.20           | 2,265.13         | PVC      | 250           |
| Bz-1301       | Bz-1299     | 2,264.51           | 2,267.97         | PVC      | 300           |
| Bz-1241       | Bz-1244     | 2,281.01           | 2,278.58         | PVC      | 300           |
| Bz-3214       | Bz-3215     | 2,270.67           | 2,268.65         | PVC      | 250           |
| Bz-1244       | Bz-1249     | 2,278.58           | 2,276.41         | PVC      | 300           |
| Bz-1312       | Bz-3217     | 2,267.02           | 2,264.89         | PVC      | 400           |
| Bz-1298       | Bz-1300     | 2,268.76           | 2,264.97         | PVC      | 250           |
| Bz-3205       | Bz-3206     | 2,293.57           | 2,290.49         | PVC      | 315           |
| Bz-1299       | Bz-1295     | 2,267.97           | 2,272.48         | PVC      | 300           |
| Bz-3218       | Bz-3219     | 2,262.23           | 2,258.29         | PVC      | 400           |
| Bz-3217       | Bz-3218     | 2,264.89           | 2,262.23         | PVC      | 400           |
| Bz-3206       | Bz-3207     | 2,290.49           | 2,286.97         | PVC      | 315           |
| Bz-1297       | Bz-1250     | 2,272.20           | 2,274.92         | PVC      | 250           |

|         |         |          |          |     |     |
|---------|---------|----------|----------|-----|-----|
| Bz-1250 | Bz-1245 | 2,274.92 | 2,277.93 | PVC | 250 |
| Bz-1310 | Bz-1304 | 2,263.08 | 2,259.18 | PVC | 250 |
| Bz-1237 | Bz-1238 | 2,291.27 | 2,288.85 | PVC | 200 |
| Bz-1239 | Bz-1238 | 2,286.66 | 2,288.85 | PVC | 200 |
| Bz-1302 | Bz-1246 | 2,263.96 | 2,261.90 | PVC | 200 |
| Bz-1246 | Bz-1247 | 2,261.90 | 2,269.68 | PVC | 200 |
| Bz-1243 | Bz-3209 | 2,283.88 | 2,281.27 | PVC | 200 |
| Bz-1303 | Bz-1302 | 2,262.97 | 2,263.96 | PVC | 200 |
| Bz-1235 | Bz-1243 | 2,287.15 | 2,283.88 | PVC | 200 |
| Bz-1247 | Bz-1248 | 2,269.68 | 2,275.89 | PVC | 200 |
| Bz-1253 | Bz-3211 | 2,278.42 | 2,276.65 | PVC | 200 |
| Bz-3213 | Bz-1294 | 2,272.17 | 2,270.15 | PVC | 400 |
| Bz-3211 | Bz-3212 | 2,276.65 | 2,274.61 | PVC | 400 |
| Bz-3210 | Bz-3211 | 2,278.40 | 2,276.65 | PVC | 400 |
| Bz-3209 | Bz-3210 | 2,281.27 | 2,278.40 | PVC | 400 |
| Bz-3212 | Bz-3213 | 2,274.61 | 2,272.17 | PVC | 400 |
| Bz-1500 | Bz-3209 | 2,285.19 | 2,281.27 | PVC | 400 |
| Bz-1254 | Bz-1252 | 2,278.57 | 2,275.76 | PVC | 160 |
| Bz-1242 | Bz-1245 | 2,280.84 | 2,277.93 | PVC | 250 |
| Bz-1241 | Bz-3209 | 2,281.15 | 2,281.27 | PVC | 300 |
| Bz-1240 | Bz-1241 | 2,285.08 | 2,281.15 | PVC | 300 |
| Bz-1199 | Bz-1237 | 2,293.38 | 2,291.27 | PVC | 200 |

Extraído del Plano Catastral proporcionado por la EPS EMUSAP.

## ANEXO 5. Recolección de datos en campo y base de datos



**Figura 30 — Ubicación de las Áreas de Drenaje Pluvial.**



**Figura 31 — Ubicación de las Áreas de Drenaje Pluvial, drenaje pluvial artesanal.**



**Figura 32 — Ubicación de las Áreas de Drenaje Pluvial.**



**Figura 33 — Ubicación de las Áreas de Drenaje Pluvial, que erradamente desemboca a una vivienda.**



**Figura 34 — Drenaje Pluvial con exceso de desechos y escombros, todo ello afecta a que el agua transcurra de manera correcta.**

|    | A  | B | C            | D | E | F | G | H | I | J |
|----|--|---|--------------|---|---|---|---|---|---|---|
| 1  | <b>Dimensión Vulnerabilidad física</b>   |   |              |   |   |   |   |   |   |   |
| 2  | <b>Indicador localización de vivienda (Lv)</b>   |   |              |   |   |   |   |   |   |   |
| 3  | <b>INDICADORES</b>   |   | <b>RANGO</b> |   |   |   |   |   |   |   |
| 4  | Muy cercana 0.2 - 0 Km.  |   | 1            |   |   |   |   |   |   |   |
| 5  | Cercana 0.2 - 1 Km.  |   |              |   |   |   |   |   |   |   |
| 6  | Medianamente cerca 1 - 5 Km  |   |              |   |   |   |   |   |   |   |
| 7  | Muy alejada > 5 Km.  |   |              |   |   |   |   |   |   |   |
| 8  | <b>Indicador Material de construcción utilizada en viviendas (Cy)</b>  |   |              |   |   |   |   |   |   |   |
| 9  | <b>DESCRIPCIÓN</b>   |   | <b>RANGO</b> |   |   |   |   |   |   |   |
| 10 | Estructuras de adobe, cana y otros de menor resistencia, sin estado precario                                     |   |              |   |   |   |   |   |   |   |
| 11 | Estructuras de adobe, piedra o madera, sin refuerzos estructurales   |   |              |   |   |   |   |   |   |   |
| 12 | Estructura de concreto, acero o madera, sin adecuada técnica constructiva  |   | 0.50         |   |   |   |   |   |   |   |
| 13 | Estructura sismorresistente con adecuada técnica constructiva (de concreto o acero)                              |   |              |   |   |   |   |   |   |   |
| 14 | <b>Indicador Características geológicas, calidad y tipo de suelo (Cq)</b>  |   |              |   |   |   |   |   |   |   |
| 15 | <b>DESCRIPCIÓN</b>   |   | <b>RANGO</b> |   |   |   |   |   |   |   |
| 16 | Zona muy fracturada, fallada, suelos colapsables (relleno, mapa frática alta con tumba, material orgánico, etc.) |   |              |   |   |   |   |   |   |   |
| 17 | Zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante   |   |              |   |   |   |   |   |   |   |
| 18 | Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante  |   | 0.50         |   |   |   |   |   |   |   |
| 19 | Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas                                     |   |              |   |   |   |   |   |   |   |
| 20 | <b>Indicador Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos (Cn)</b>           |   |              |   |   |   |   |   |   |   |
| 21 | <b>DESCRIPCIÓN</b>   |   | <b>RANGO</b> |   |   |   |   |   |   |   |
| 22 | Desconocimiento e incumplimiento de la normativa vigente   |   |              |   |   |   |   |   |   |   |
| 23 | Con normativa vigente sin cumplimiento   |   |              |   |   |   |   |   |   |   |
| 24 | Con normativa vigente medianamente cumplidas   |   | 0.50         |   |   |   |   |   |   |   |
| 25 | Con normativa vigente estrictamente cumplidas  |   |              |   |   |   |   |   |   |   |

| DESCRIPCIÓN  | RANGO           | GRADO DE VULNERABILIDAD |
|--|-----------------|-------------------------|
| Desconocimiento e incumplimiento de la normativa vigente | 0.75 < V ≤ 1    | Muy Alta                |
| Con normativa vigente sin cumplimiento                   | 0.50 < V ≤ 0.75 | Alta                    |
| Con normativa vigente medianamente cumplidas             | 0.25 < V ≤ 0.50 | Media                   |

**Figura 35 — Base de datos de las 105 viviendas analizadas en la zona de estudio.**

**ANEXO 6. Datos recolectados para el análisis de vulnerabilidad en la población de estudio**

Población de estudio: 105 viviendas

**Tabla 42 –Frecuencias de resultados**

| Dimensiones                                  | Indicadores de vulnerabilidad   | Frecuencia de resultados |      |      |      |
|--|---|--------------------------|------|------|------|
|  |   | 1                        | 0.75 | 0.50 | 0.25 |
| Dimensión Vulnerabilidad física              | Indicador localización de vivienda (Lv)   | 105                      | 0    | 0    | 0    |
|  | Indicador Material de construcción utilizada en viviendas (Cv)  | 0                        | 66   | 39   | 0    |
|  | Indicador Características geológicas, calidad y tipo de suelo (Cq)                                    | 0                        | 0    | 105  | 0    |
|  | Indicador Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos (Cn)       | 66                       | 0    | 39   | 0    |
| Dimensión Vulnerabilidad ambiental ecológica | Indicador Explotación de los recursos naturales (Er)  | 0                        | 0    | 105  | 0    |
|  | Indicador Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos (Fe)                                 | 0                        | 7    | 98   | 0    |
| Dimensión Vulnerabilidad económica           | Indicador Actividad económica (Ae)  | 0                        | 105  | 0    | 0    |
|  | Indicador Grado de escasez (servicios, ingresos y competitividad (Ge)                                 | 105                      | 0    | 0    | 0    |
| Dimensión Vulnerabilidad social              | Indicador Organización social (Os)  | 0                        | 105  | 0    | 0    |
|  | Indicador Grado, tipo de relación e integración entre las instituciones y organizaciones locales (Gr) | 0                        | 105  | 0    | 0    |

**ANEXO 7. Caudal unitario****Tabla 43 – Caudal unitario por vivienda**

| Nodo    | Aportes (viviendas) | Caudal (l/s) |
|---------|---------------------|--------------|
| Bz-1302 | 3                   | 0.0377       |
| Bz-1246 | 2                   | 0.0252       |
| Bz-3219 | 1                   | 0.0126       |
| Bz-1304 | 1                   | 0.0126       |
| Bz-3218 | 2                   | 0.0252       |
| Bz-1303 | 5                   | 0.0629       |
| Bz-1301 | 1                   | 0.0126       |
| Bz-1300 | 3                   | 0.0377       |
| Bz-1310 | 3                   | 0.0377       |
| Bz-3217 | 2                   | 0.0252       |
| Bz-1311 | 2                   | 0.0252       |
| Bz-1299 | 2                   | 0.0252       |
| Bz-1298 | 1                   | 0.0126       |

| Nodo         | Aportes<br>(viviendas) | Caudal<br>(l/s) |
|--------------|------------------------|-----------------|
| Bz-3216      | 1                      | 0.0126          |
| Bz-1312      | 2                      | 0.0252          |
| Bz-3215      | 2                      | 0.0252          |
| Bz-1313      | 3                      | 0.0377          |
| Bz-1294      | 1                      | 0.0126          |
| Bz-3214      | 1                      | 0.0126          |
| Bz-1296      | 1                      | 0.0126          |
| Bz-3213      | 3                      | 0.0377          |
| Bz-1295      | 1                      | 0.0126          |
| Bz-1297      | 2                      | 0.0252          |
| Bz-1293      | 1                      | 0.0126          |
| Bz-1252      | 2                      | 0.0252          |
| Bz-1253      | 1                      | 0.0126          |
| Bz-1253      | 2                      | 0.0252          |
| Bz-1254      | 1                      | 0.0126          |
| Bz-1234      | 1                      | 0.0126          |
| Bz-1235      | 1                      | 0.0126          |
| Bz-1235      | 3                      | 0.0377          |
| Bz-1236      | 1                      | 0.0126          |
| Bz-1199      | 0                      | 0.0000          |
| Bz-3205      | 0                      | 0.0000          |
| Bz-1238      | 2                      | 0.0252          |
| Bz-3206      | 2                      | 0.0252          |
| Bz-1237      | 2                      | 0.0252          |
| Bz-1243      | 1                      | 0.0126          |
| Bz-3207      | 2                      | 0.0252          |
| Bz-1239      | 1                      | 0.0126          |
| Bz-3208      | 2                      | 0.0252          |
| Bz-1500      | 2                      | 0.0252          |
| Bz-1240      | 1                      | 0.0126          |
| Bz-1241      | 2                      | 0.0252          |
| Bz-3209      | 2                      | 0.0252          |
| Bz-1241      | 3                      | 0.0377          |
| Bz-1242      | 2                      | 0.0252          |
| Bz-1244      | 2                      | 0.0252          |
| Bz-3210      | 2                      | 0.0252          |
| Bz-1245      | 2                      | 0.0252          |
| Bz-3211      | 2                      | 0.0252          |
| Bz-1249      | 1                      | 0.0126          |
| Bz-1248      | 3                      | 0.0377          |
| Bz-1250      | 2                      | 0.0252          |
| Bz-3212      | 4                      | 0.0503          |
| Bz-1251      | 3                      | 0.0377          |
| Bz-1247      | 2                      | 0.0252          |
| <b>TOTAL</b> |                        | <b>0.012579</b> |

## ANEXO 8.

Tabla 44 – Longitud total de la Red Colectora

| RED COLECTORA                              | LONGITUD TOTAL (M) |
|--|--------------------|
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-56 | 7.06               |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-54 | 10.76              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-53 | 12.35              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-5  | 19.21              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-45 | 19.67              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-17 | 21.01              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-34 | 21.40              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-18 | 27.70              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-41 | 28.72              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-19 | 33.34              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-40 | 34.15              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-35 | 34.43              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-24 | 36.93              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-25 | 41.89              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-26 | 42.64              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-14 | 43.22              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-20 | 43.30              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-16 | 43.95              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-28 | 44.34              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-30 | 44.69              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-22 | 44.43              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-27 | 44.90              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-32 | 45.40              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-29 | 46.50              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-23 | 46.90              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-12 | 44.56              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-15 | 49.45              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-11 | 49.86              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-42 | 50.59              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-1  | 52.29              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-33 | 54.02              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-51 | 59.10              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-21 | 59.63              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-44 | 60.23              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-43 | 60.92              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-52 | 61.81              |

| RED COLECTORA                              | LONGITUD TOTAL (M) |
|--|--------------------|
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-3  | 62.59              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-2  | 68.42              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-31 | 71.10              |
| LINEA DESAGUE(COL PRINCIPAL) (Polyline)-4  | 70.10              |
| LINEA DESAGUE(COL SECUN) (Polyline)-7      | 40.86              |
| LINEA DESAGUE(COL SECUN) (Polyline)-6      | 45.14              |
| LINEA DESAGUE(COL SECUN) (Polyline)-37     | 45.24              |
| LINEA DESAGUE(COL SECUN) (Polyline)-38     | 45.30              |
| LINEA DESAGUE(COL SECUN) (Polyline)-9      | 45.88              |
| LINEA DESAGUE(COL SECUN) (Polyline)-8      | 46.05              |
| LINEA DESAGUE(COL SECUN) (Polyline)-36     | 48.17              |
| LINEA DESAGUE(COL SECUN) (Polyline)-10     | 55.33              |
| LINEA DESAGUE(COL SECUN) (Polyline)-39     | 59.54              |
| LINEA DESAGUE(COL SECUN) (Polyline)-13     | 64.13              |
| LINEA DESAGUE(COL SECUN) (Polyline)-59     | 3.62               |
| LINEA DESAGUE(COL SECUN) (Polyline)-50     | 38.29              |
| LINEA DESAGUE(COL SECUN) (Polyline)-48     | 38.28              |
| LINEA DESAGUE(COL SECUN) (Polyline)-47     | 44.47              |
| LINEA DESAGUE(COL SECUN) (Polyline)-46     | 51.63              |
| LINEA DESAGUE(COL SECUN) (Polyline)-49     | 55.52              |
| LINEA DESAGUE(COL SECUN) (Polyline)-55     | 72.52              |
| LINEA DESAGUE(COL SECUN) (Polyline)-58     | 40.35              |
| <b>TOTAL (m)</b>                           | <b>2550.08</b>     |
| <b>TOTAL (Km)</b>                          | <b>2.55</b>        |

### ANEXO 9. Diseño de Drenaje Pluvial propuesto.

Diseño de la sección de sumidero (Jr. Los Geranios)

|        |   |                |  |
|--------|---|----------------|--|
| Lugar: | <input type="text" value="Abancay"/>          | Proyecto:      | <input type="text" value="Evaluación y Propuesta de"/> |
| Tramo: | <input type="text" value="Jr. Los Geranios"/> | Revestimiento: | <input type="text" value="Concreto"/>                  |

**Datos:**

|                      |                                      |                   |
|----------------------|--------------------------------------|-------------------|
| Caudal (Q):          | <input type="text" value="0.00778"/> | m <sup>3</sup> /s |
| Ancho de solera (b): | <input type="text" value="0"/>       | m                 |
| Talud (Z):           | <input type="text" value="2"/>       |                   |
| Rugosidad (n):       | <input type="text" value="0.014"/>   |                   |
| Pendiente (S):       | <input type="text" value="0.0808"/>  | m/m               |

**Resultados:**

|                       |   |                |                         |                                     |         |
|-----------------------|---|----------------|-------------------------|-------------------------------------|---------|
| Tirante normal (y):   | <input type="text" value="0.0493"/>       | m              | Perímetro (p):          | <input type="text" value="0.2207"/> | m       |
| Área hidráulica (A):  | <input type="text" value="0.0049"/>       | m <sup>2</sup> | Radio hidráulico (R):   | <input type="text" value="0.0221"/> | m       |
| Espejo de agua (T):   | <input type="text" value="0.1974"/>       | m              | Velocidad (v):          | <input type="text" value="1.5975"/> | m/s     |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="3.2470"/>       |                | Energía específica (E): | <input type="text" value="0.1794"/> | m·Kg/Kg |
| Tipo de flujo:        | <input type="text" value="Supercrítico"/> |                |                         |                                     |         |

Figura 36 — Pantalla de inicio del software HCanales.

Extraído de: HCanales v.3.1

Diseño de la sección de alcantarilla (Jr. Los Claveles)

|        |   |                |  |
|--------|---|----------------|--|
| Lugar: | <input type="text" value="Abancay"/>          | Proyecto:      | <input type="text" value="Evaluación y Propuesta de"/> |
| Tramo: | <input type="text" value="Jr. Los Claveles"/> | Revestimiento: | <input type="text" value="Tub. PVC D=0.50 m"/>         |

**Datos:**

|                |                                      |                   |
|----------------|--------------------------------------|-------------------|
| Caudal (Q):    | <input type="text" value="0.01092"/> | m <sup>3</sup> /s |
| Diámetro (d):  | <input type="text" value="0.5"/>     | m                 |
| Rugosidad (n): | <input type="text" value="0.01"/>    |                   |
| Pendiente (S): | <input type="text" value="0.0676"/>  | m/m               |

**Resultados:**

|                       |   |                |                         |                                     |         |
|-----------------------|---|----------------|-------------------------|-------------------------------------|---------|
| Tirante normal (y):   | <input type="text" value="0.0328"/>       | m              | Perímetro mojado (p):   | <input type="text" value="0.2590"/> | m       |
| Área hidráulica (A):  | <input type="text" value="0.0055"/>       | m <sup>2</sup> | Radio hidráulico (R):   | <input type="text" value="0.0212"/> | m       |
| Espejo de agua (T):   | <input type="text" value="0.2475"/>       | m              | Velocidad (v):          | <input type="text" value="1.9906"/> | m/s     |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="4.2692"/>       |                | Energía específica (E): | <input type="text" value="0.2347"/> | m·Kg/Kg |
| Tipo de flujo:        | <input type="text" value="Supercrítico"/> |                |                         |                                     |         |

Figura 37 — Pantalla de inicio del software HCanales.

Extraído de: HCanales v.3.1

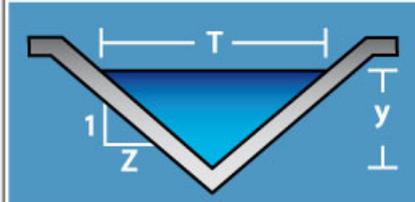


Diseño de la sección de colector (Jr. Los Nogales)

|        |  |                |  |
|--------|--|----------------|--|
| Lugar: | <input type="text" value="Abancay"/>         | Proyecto:      | <input type="text" value="Evaluación y Propuesta de"/> |
| Tramo: | <input type="text" value="Jr. Los Nogales"/> | Revestimiento: | <input type="text" value="Concreto"/>                  |

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Datos:</b>        |  |
| Caudal (Q):          | <input type="text" value="0.02096"/> m <sup>3</sup> /s |
| Ancho de solera (b): | <input type="text" value="0"/> m                       |
| Talud (Z):           | <input type="text" value="2"/>                         |
| Rugosidad (n):       | <input type="text" value="0.014"/>                     |
| Pendiente (S):       | <input type="text" value="0.0522"/> m/m                |

|                       |  |                         |   |
|-----------------------|--|-------------------------|---|
| <b>Resultados:</b>    |  |                         |   |
| Tirante normal (y):   | <input type="text" value="0.0777"/> m              | Perímetro (p):          | <input type="text" value="0.3473"/> m       |
| Área hidráulica (A):  | <input type="text" value="0.0121"/> m <sup>2</sup> | Radio hidráulico (R):   | <input type="text" value="0.0347"/> m       |
| Espejo de agua (T):   | <input type="text" value="0.3107"/> m              | Velocidad (v):          | <input type="text" value="1.7373"/> m/s     |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="2.8147"/>                | Energía específica (E): | <input type="text" value="0.2315"/> m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo:        | <input type="text" value="Supercrítico"/>          |                         |   |

Figura 38 — Pantalla de inicio del software HCanales.

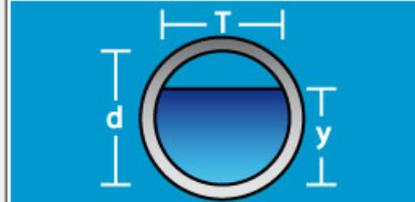
Extraído de: HCanales v.3.1

Diseño de la sección de alcantarilla (Jr. Los Álamos)

|        |   |                |  |
|--------|---|----------------|--|
| Lugar: | <input type="text" value="Abancay"/>        | Proyecto:      | <input type="text" value="Evaluación y Propuesta de"/> |
| Tramo: | <input type="text" value="Jr. Los Álamos"/> | Revestimiento: | <input type="text" value="Tub. PVC D=0.50 m"/>         |

|                |  |
|----------------|--|
| <b>Datos:</b>  |  |
| Caudal (Q):    | <input type="text" value="0.02948"/> m <sup>3</sup> /s |
| Diámetro (d):  | <input type="text" value="0.5"/> m                     |
| Rugosidad (n): | <input type="text" value="0.01"/>                      |
| Pendiente (S): | <input type="text" value="0.1063"/> m/m                |

|                       |  |                         |   |
|-----------------------|--|-------------------------|---|
| <b>Resultados:</b>    |  |                         |   |
| Tirante normal (y):   | <input type="text" value="0.0471"/> m              | Perímetro mojado (p):   | <input type="text" value="0.3120"/> m       |
| Área hidráulica (A):  | <input type="text" value="0.0094"/> m <sup>2</sup> | Radio hidráulico (R):   | <input type="text" value="0.0300"/> m       |
| Espejo de agua (T):   | <input type="text" value="0.2921"/> m              | Velocidad (v):          | <input type="text" value="3.1486"/> m/s     |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="5.6152"/>                | Energía específica (E): | <input type="text" value="0.5524"/> m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo:        | <input type="text" value="Supercrítico"/>          |                         |   |

Figura 39 — Pantalla de inicio del software HCanales.

Extraído de: HCanales v.3.1



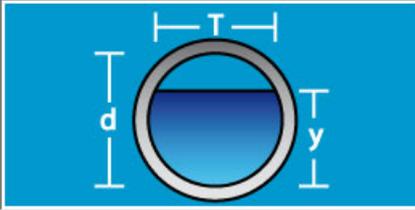
Diseño de la sección de alcantarilla (Jr. Las Magnolias I)

|        |  |                |  |
|--------|--|----------------|--|
| Lugar: | <input type="text" value="Abancay"/>             | Proyecto:      | <input type="text" value="Evaluación y Propuesta de"/> |
| Tramo: | <input type="text" value="Jr. Las Magnolias I"/> | Revestimiento: | <input type="text" value="Tub. PVC D=0.50 m"/>         |

**Datos:**

|                |                                      |                   |
|----------------|--------------------------------------|-------------------|
| Caudal (Q):    | <input type="text" value="0.01994"/> | m <sup>3</sup> /s |
| Diámetro (d):  | <input type="text" value="0.5"/>     | m                 |
| Rugosidad (n): | <input type="text" value="0.01"/>    |                   |
| Pendiente (S): | <input type="text" value="0.0940"/>  | m/m               |

**Resultados:**

|                       |   |                |                         |                                     |         |
|-----------------------|---|----------------|-------------------------|-------------------------------------|---------|
| Tirante normal (y):   | <input type="text" value="0.0403"/>       | m              | Perímetro mojado (p):   | <input type="text" value="0.2879"/> | m       |
| Área hidráulica (A):  | <input type="text" value="0.0074"/>       | m <sup>2</sup> | Radio hidráulico (R):   | <input type="text" value="0.0258"/> | m       |
| Espejo de agua (T):   | <input type="text" value="0.2722"/>       | m              | Velocidad (v):          | <input type="text" value="2.6802"/> | m/s     |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="5.1761"/>       |                | Energía específica (E): | <input type="text" value="0.4064"/> | m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo:        | <input type="text" value="Supercrítico"/> |                |                         |                                     |         |

Figura 40 — Pantalla de inicio del software HCanales.

Extraído de: HCanales v.3.1

Diseño de la sección de colector (Jr. Girasol)

|        |  |                |  |
|--------|--|----------------|--|
| Lugar: | <input type="text" value="Abancay"/>     | Proyecto:      | <input type="text" value="Evaluación y Propuesta de"/> |
| Tramo: | <input type="text" value="Jr. Girasol"/> | Revestimiento: | <input type="text" value="Concreto"/>                  |

**Datos:**

|                      |                                      |                   |
|----------------------|--------------------------------------|-------------------|
| Caudal (Q):          | <input type="text" value="0.00889"/> | m <sup>3</sup> /s |
| Ancho de solera (b): | <input type="text" value="0"/>       | m                 |
| Talud (Z):           | <input type="text" value="2"/>       |                   |
| Rugosidad (n):       | <input type="text" value="0.014"/>   |                   |
| Pendiente (S):       | <input type="text" value="0.0621"/>  | m/m               |

**Resultados:**

|                       |   |                |                         |                                     |         |
|-----------------------|---|----------------|-------------------------|-------------------------------------|---------|
| Tirante normal (y):   | <input type="text" value="0.0545"/>       | m              | Perímetro (p):          | <input type="text" value="0.2437"/> | m       |
| Área hidráulica (A):  | <input type="text" value="0.0059"/>       | m <sup>2</sup> | Radio hidráulico (R):   | <input type="text" value="0.0244"/> | m       |
| Espejo de agua (T):   | <input type="text" value="0.2180"/>       | m              | Velocidad (v):          | <input type="text" value="1.4964"/> | m/s     |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="2.8941"/>       |                | Energía específica (E): | <input type="text" value="0.1686"/> | m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo:        | <input type="text" value="Supercrítico"/> |                |                         |                                     |         |

Figura 41 — Pantalla de inicio del software HCanales.

Extraído de: HCanales v.3.1



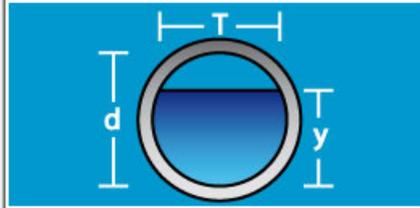
Diseño de la sección de alcantarilla (Jr. Las Magnolias II)

|        |   |                |  |
|--------|---|----------------|--|
| Lugar: | <input type="text" value="Abancay"/>              | Proyecto:      | <input type="text" value="Evaluación y Propuesta de"/> |
| Tramo: | <input type="text" value="Jr. Las Magnolias II"/> | Revestimiento: | <input type="text" value="Tub. PVC D=0.50 m"/>         |

**Datos:**

|                |                                      |                   |
|----------------|--------------------------------------|-------------------|
| Caudal (Q):    | <input type="text" value="0.04421"/> | m <sup>3</sup> /s |
| Diámetro (d):  | <input type="text" value="0.5"/>     | m                 |
| Rugosidad (n): | <input type="text" value="0.01"/>    |                   |
| Pendiente (S): | <input type="text" value="0.0836"/>  | m/m               |

**Resultados:**

|                       |   |                |                         |                                     |         |
|-----------------------|---|----------------|-------------------------|-------------------------------------|---------|
| Tirante normal (y):   | <input type="text" value="0.0605"/>       | m              | Perímetro mojado (p):   | <input type="text" value="0.3554"/> | m       |
| Área hidráulica (A):  | <input type="text" value="0.0135"/>       | m <sup>2</sup> | Radio hidráulico (R):   | <input type="text" value="0.0380"/> | m       |
| Espejo de agua (T):   | <input type="text" value="0.3262"/>       | m              | Velocidad (v):          | <input type="text" value="3.2704"/> | m/s     |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="5.1291"/>       |                | Energía específica (E): | <input type="text" value="0.6057"/> | m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo:        | <input type="text" value="Supercrítico"/> |                |                         |                                     |         |

Figura 42 — Pantalla de inicio del software HCanales.

Extraído de: HCanales v.3.1

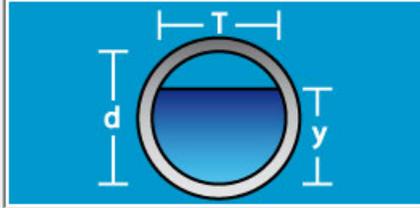
Diseño de la sección de alcantarilla (Pje. Santa Lucia)

|        |   |                |  |
|--------|---|----------------|--|
| Lugar: | <input type="text" value="Abancay"/>          | Proyecto:      | <input type="text" value="Evaluación y Propuesta de"/> |
| Tramo: | <input type="text" value="Pje. Santa Lucia"/> | Revestimiento: | <input type="text" value="Tub. PVC D=0.50 m"/>         |

**Datos:**

|                |                                      |                   |
|----------------|--------------------------------------|-------------------|
| Caudal (Q):    | <input type="text" value="0.03346"/> | m <sup>3</sup> /s |
| Diámetro (d):  | <input type="text" value="0.5"/>     | m                 |
| Rugosidad (n): | <input type="text" value="0.01"/>    |                   |
| Pendiente (S): | <input type="text" value="0.0980"/>  | m/m               |

**Resultados:**

|                       |   |                |                         |                                     |         |
|-----------------------|---|----------------|-------------------------|-------------------------------------|---------|
| Tirante normal (y):   | <input type="text" value="0.0510"/>       | m              | Perímetro mojado (p):   | <input type="text" value="0.3251"/> | m       |
| Área hidráulica (A):  | <input type="text" value="0.0105"/>       | m <sup>2</sup> | Radio hidráulico (R):   | <input type="text" value="0.0324"/> | m       |
| Espejo de agua (T):   | <input type="text" value="0.3027"/>       | m              | Velocidad (v):          | <input type="text" value="3.1796"/> | m/s     |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="5.4443"/>       |                | Energía específica (E): | <input type="text" value="0.5663"/> | m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo:        | <input type="text" value="Supercrítico"/> |                |                         |                                     |         |

Figura 43 — Pantalla de inicio del software HCanales.

Extraído de: HCanales v.3.1

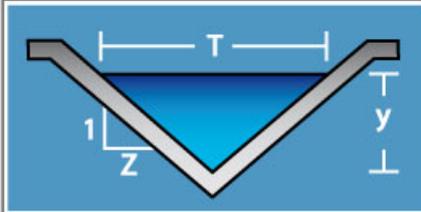


Diseño de la sección de colector (Av. Corona de Cristo)

|        |   |                |  |
|--------|---|----------------|--|
| Lugar: | <input type="text" value="Abancay"/>              | Proyecto:      | <input type="text" value="Evaluación y Propuesta de"/> |
| Tramo: | <input type="text" value="Av. Corona de Cristo"/> | Revestimiento: | <input type="text" value="Concreto"/>                  |

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Datos:</b>        |  |
| Caudal (Q):          | <input type="text" value="0.01497"/> m <sup>3</sup> /s |
| Ancho de solera (b): | <input type="text" value="0"/> m                       |
| Talud (Z):           | <input type="text" value="2"/>                         |
| Rugosidad (n):       | <input type="text" value="0.014"/>                     |
| Pendiente (S):       | <input type="text" value="0.0453"/> m/m                |

|                       |  |                         |   |
|-----------------------|--|-------------------------|---|
| <b>Resultados:</b>    |  |                         |   |
| Tirante normal (y):   | <input type="text" value="0.0703"/> m              | Perímetro (p):          | <input type="text" value="0.3144"/> m       |
| Área hidráulica (A):  | <input type="text" value="0.0099"/> m <sup>2</sup> | Radio hidráulico (R):   | <input type="text" value="0.0314"/> m       |
| Espejo de agua (T):   | <input type="text" value="0.2812"/> m              | Velocidad (v):          | <input type="text" value="1.5144"/> m/s     |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="2.5789"/>                | Energía específica (E): | <input type="text" value="0.1872"/> m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo:        | <input type="text" value="Supercrítico"/>          |                         |   |

Figura 44 — Pantalla de inicio del software HCanales.

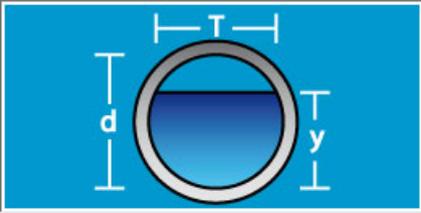
Extraído de: HCanales v.3.1

Diseño de la sección de alcantarilla (Calle SN)

|        |                                       |                |  |
|--------|---------------------------------------|----------------|--|
| Lugar: | <input type="text" value="Abancay"/>  | Proyecto:      | <input type="text" value="Evaluación y Propuesta de"/> |
| Tramo: | <input type="text" value="Calle SN"/> | Revestimiento: | <input type="text" value="Tub. PVC D=0.50 m"/>         |

|                |  |
|----------------|--|
| <b>Datos:</b>  |  |
| Caudal (Q):    | <input type="text" value="0.02614"/> m <sup>3</sup> /s |
| Diámetro (d):  | <input type="text" value="0.5"/> m                     |
| Rugosidad (n): | <input type="text" value="0.01"/>                      |
| Pendiente (S): | <input type="text" value="0.1216"/> m/m                |

|                       |  |                         |   |
|-----------------------|--|-------------------------|---|
| <b>Resultados:</b>    |  |                         |   |
| Tirante normal (y):   | <input type="text" value="0.0431"/> m              | Perímetro mojado (p):   | <input type="text" value="0.2980"/> m       |
| Área hidráulica (A):  | <input type="text" value="0.0082"/> m <sup>2</sup> | Radio hidráulico (R):   | <input type="text" value="0.0276"/> m       |
| Espejo de agua (T):   | <input type="text" value="0.2807"/> m              | Velocidad (v):          | <input type="text" value="3.1822"/> m/s     |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="5.9386"/>                | Energía específica (E): | <input type="text" value="0.5592"/> m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo:        | <input type="text" value="Supercrítico"/>          |                         |   |

Figura 45 — Pantalla de inicio del software HCanales.

Extraído de: HCanales v.3.1



ANEXO 10.

Tabla 45 – Matriz de Consistencia

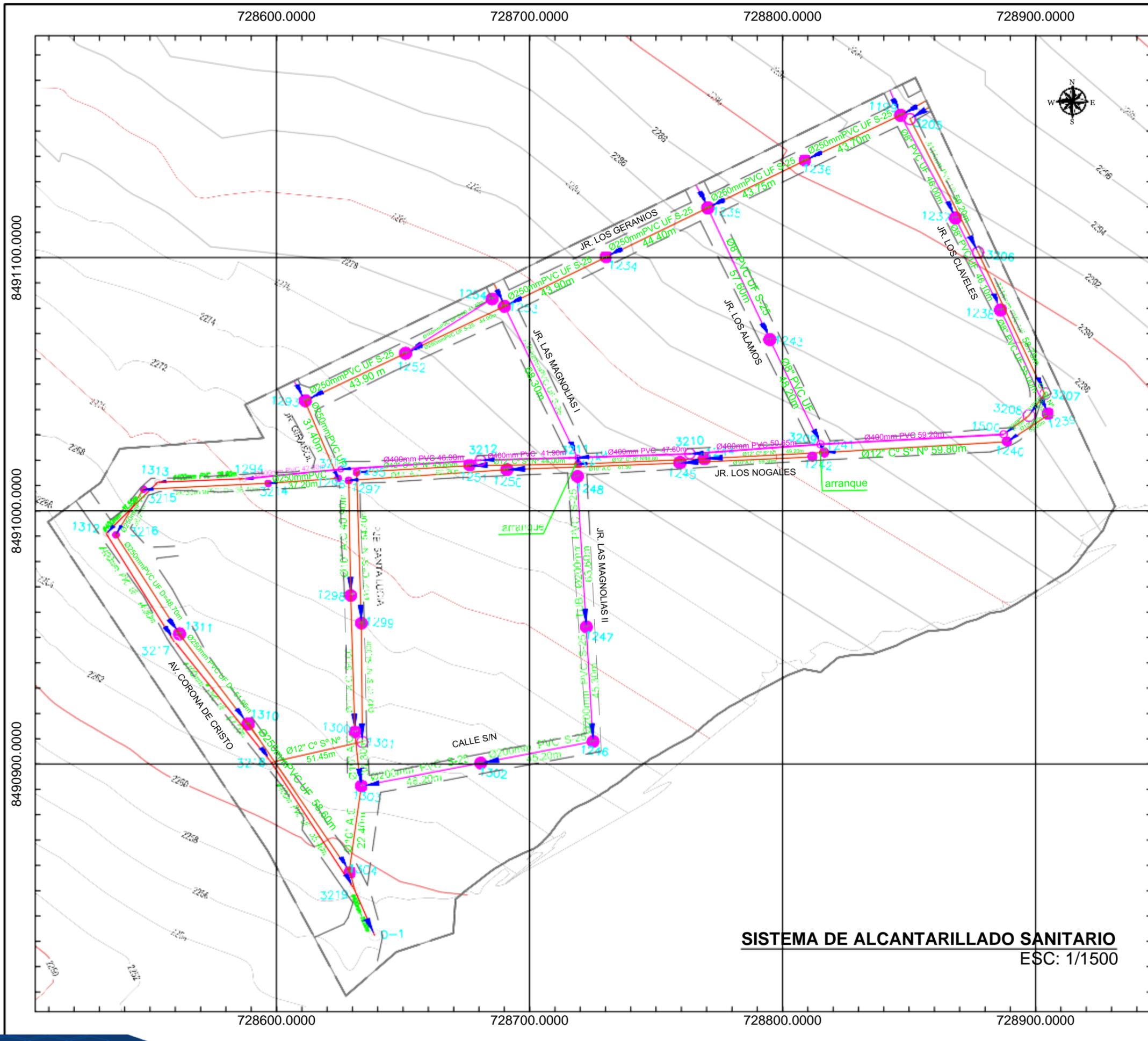
| “EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA RED DE ALCANTARILLADO Y DESAGÜE PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN EN LA URBANIZACIÓN PATIBAMBA BAJA, ABANCAY”  |   |  |                      |  |  |  |
|---|---|--|----------------------|--|--|--|
| Problemas   | Objetivos   | Hipótesis  | Variable             | Dimensiones                                | Indicadores  | Metodología de la investigación  |
| <p><b>Problema General:</b><br/>¿De qué manera la evaluación y propuesta de mejora de la red de alcantarillado y desagüe permitirá reducir el riesgo de inundación en la urbanización Patibamba baja, Abancay?</p> <p><b>Problema específico 1:</b><br/>¿Cuál es la situación actual del caudal de aguas residuales y del caudal proveniente de la precipitación pluvial que ingresa a la red de alcantarillado y desagüe de la urbanización Patibamba baja, Abancay?</p> | <p><b>Objetivo general:</b><br/>Desarrollar la evaluación y propuesta de mejora de la red de alcantarillado y desagüe para la reducción del riesgo de inundación en la urbanización Patibamba baja, Abancay.</p> <p><b>Objetivo específico 1:</b><br/>Determinar el caudal de agua residual y el caudal proveniente de la precipitación pluvial que ingresa en la red de alcantarillado y desagüe de la urbanización Patibamba baja, Abancay.</p> | <p><b>Hipótesis general:</b><br/>La evaluación y propuesta de mejora de la red de alcantarillado y desagüe reduciría el riesgo de inundación en la urbanización Patibamba baja, Abancay.</p> <p><b>Hipótesis específica 1:</b><br/>El caudal de agua residual y el caudal proveniente de la precipitación pluvial que ingresa a la red de alcantarillado y desagüe de la urbanización Patibamba baja, Abancay, superaría la capacidad de conducción.</p> | Riesgo de inundación | Física<br>Ambiental<br>Económico<br>Social | <p>Localización de viviendas</p> <p>Material de construcción utilizado en viviendas</p> <p>Características geológicas, calidad y tipo de suelo</p> <p>Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos</p> <p>Explotación de los recursos naturales</p> <p>Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos</p> <p>Actividad económica</p> <p>Grado de escasez</p> <p>Nivel de organización</p> <p>Grado y tipo de relación e integración entre las instituciones y organizaciones locales</p> | <p>Diseño de la investigación:<br/>No experimental</p> <p>Tipo de investigación:<br/>Aplicada</p> <p>Nivel de la investigación:<br/>Descriptiva</p> <p>Técnica:<br/>La observación</p> <p>Instrumentos:<br/>Ficha de observación</p> |

| "EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA RED DE ALCANTARILLADO Y DESAGÜE PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN EN LA URBANIZACIÓN PATIBAMBA BAJA, ABANCAY"        |   |   |                       |                               |   |                                 |                            |           |
|---|---|---|-----------------------|-------------------------------|---|---------------------------------|----------------------------|-----------|
| Problemas   | Objetivos   | Hipótesis   | Variable              | Dimensiones                   | Indicadores                                     | Metodología de la investigación |                            |           |
| <p><b>Problema específico 2:</b><br/>¿Cuál es el diámetro de tubería adecuado para la red de alcantarillado y desagüe de la urbanización Patibamba baja, Abancay?</p> | <p><b>Objetivo específico 2:</b><br/>Determinar el diámetro de tubería adecuado para la red de alcantarillado y desagüe de la urbanización Patibamba baja, Abancay.</p> | <p><b>Hipótesis específica 2:</b><br/>El diámetro de tubería para la red de alcantarillado y desagüe de la urbanización Patibamba baja, Abancay, no es adecuado.</p>                                  | Red de alcantarillado | Funcionamiento actual         | Mantenimiento<br>Vida útil<br>Flujo volumétrico |                                 |                            |           |
| <p><b>Problema específico 3:</b><br/>¿Cuál es el nivel actual de riesgo de inundación en la urbanización Patibamba baja, Abancay?</p>                                 | <p><b>Objetivo específico 3:</b><br/>Evaluar el nivel actual de riesgo de inundación en la urbanización Patibamba baja, Abancay.</p>                                    | <p><b>Hipótesis específica 3:</b><br/>El nivel actual de riesgo de inundación, es alto, en la urbanización Patibamba baja, Abancay.</p>   |                       |                               |   |                                 | Caudal de aguas residuales | Velocidad |
| <p><b>Problema específico 4:</b><br/>¿Cuál es la propuesta de mejora en la red de alcantarillado y desagüe de la urbanización Patibamba baja, Abancay?</p>            | <p><b>Objetivo específico 4:</b><br/>Realizar la propuesta de mejora en la red de alcantarillado y desagüe de la urbanización Patibamba baja, Abancay.</p>              | <p><b>Hipótesis específica 4:</b><br/>La propuesta de mejora en la red de alcantarillado y desagüe de la urbanización Patibamba baja, Abancay, permitiría una reducción del riesgo de inundación.</p> |                       |                               |   |                                 | Caudal de aguas pluviales  | Área      |
|   |   |   |                       | Diámetro de tubería de la red | Intensidad de lluvia                            |                                 |                            |           |
|   |   |   |                       |                               | Demanda de agua residual                        |                                 |                            |           |
|   |   |   |                       |                               | Capacidad del colector de aguas residuales      |                                 |                            |           |
|   |   |   |                       |                               | Área de estudio                                 |                                 |                            |           |

## ANEXO 11. Planos







| Buzón Inicial | Buzón Final | Altura Inicial (m.s.n.m.) | Altura Final (m.s.n.m.) | Material | Diametro (mm) |
|---------------|-------------|---------------------------|-------------------------|----------|---------------|
| De-120        | De-3216     | 2,250.3                   | 2,255.26                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-3217     | 2,250.3                   | 2,255.27                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1208     | 2,250.3                   | 2,255.28                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1209     | 2,250.3                   | 2,255.29                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1210     | 2,250.3                   | 2,255.30                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1211     | 2,250.3                   | 2,255.31                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1212     | 2,250.3                   | 2,255.32                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1213     | 2,250.3                   | 2,255.33                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1214     | 2,250.3                   | 2,255.34                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1215     | 2,250.3                   | 2,255.35                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1216     | 2,250.3                   | 2,255.36                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1217     | 2,250.3                   | 2,255.37                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1218     | 2,250.3                   | 2,255.38                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1219     | 2,250.3                   | 2,255.39                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1220     | 2,250.3                   | 2,255.40                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1221     | 2,250.3                   | 2,255.41                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1222     | 2,250.3                   | 2,255.42                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1223     | 2,250.3                   | 2,255.43                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1224     | 2,250.3                   | 2,255.44                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1225     | 2,250.3                   | 2,255.45                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1226     | 2,250.3                   | 2,255.46                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1227     | 2,250.3                   | 2,255.47                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1228     | 2,250.3                   | 2,255.48                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1229     | 2,250.3                   | 2,255.49                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1230     | 2,250.3                   | 2,255.50                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1231     | 2,250.3                   | 2,255.51                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1232     | 2,250.3                   | 2,255.52                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1233     | 2,250.3                   | 2,255.53                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1234     | 2,250.3                   | 2,255.54                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1235     | 2,250.3                   | 2,255.55                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1236     | 2,250.3                   | 2,255.56                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1237     | 2,250.3                   | 2,255.57                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1238     | 2,250.3                   | 2,255.58                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1239     | 2,250.3                   | 2,255.59                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1240     | 2,250.3                   | 2,255.60                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1241     | 2,250.3                   | 2,255.61                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1242     | 2,250.3                   | 2,255.62                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1243     | 2,250.3                   | 2,255.63                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1244     | 2,250.3                   | 2,255.64                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1245     | 2,250.3                   | 2,255.65                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1246     | 2,250.3                   | 2,255.66                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1247     | 2,250.3                   | 2,255.67                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1248     | 2,250.3                   | 2,255.68                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1249     | 2,250.3                   | 2,255.69                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1250     | 2,250.3                   | 2,255.70                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1251     | 2,250.3                   | 2,255.71                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1252     | 2,250.3                   | 2,255.72                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1253     | 2,250.3                   | 2,255.73                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1254     | 2,250.3                   | 2,255.74                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1255     | 2,250.3                   | 2,255.75                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1256     | 2,250.3                   | 2,255.76                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1257     | 2,250.3                   | 2,255.77                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1258     | 2,250.3                   | 2,255.78                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1259     | 2,250.3                   | 2,255.79                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1260     | 2,250.3                   | 2,255.80                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1261     | 2,250.3                   | 2,255.81                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1262     | 2,250.3                   | 2,255.82                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1263     | 2,250.3                   | 2,255.83                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1264     | 2,250.3                   | 2,255.84                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1265     | 2,250.3                   | 2,255.85                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1266     | 2,250.3                   | 2,255.86                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1267     | 2,250.3                   | 2,255.87                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1268     | 2,250.3                   | 2,255.88                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1269     | 2,250.3                   | 2,255.89                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1270     | 2,250.3                   | 2,255.90                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1271     | 2,250.3                   | 2,255.91                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1272     | 2,250.3                   | 2,255.92                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1273     | 2,250.3                   | 2,255.93                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1274     | 2,250.3                   | 2,255.94                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1275     | 2,250.3                   | 2,255.95                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1276     | 2,250.3                   | 2,255.96                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1277     | 2,250.3                   | 2,255.97                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1278     | 2,250.3                   | 2,255.98                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1279     | 2,250.3                   | 2,255.99                | PVC      | 250           |
| De-120        | De-1280     | 2,250.3                   | 2,256.00                | PVC      | 250           |

**LEYENDA**

| SIMBOLO | DESCRIPCION                            |
|---------|--|
|         | LÍNEA DESAGÜE (COLECTORES SECUNDARIOS) |
|         | LÍNEA DESAGÜE (COLECTORES PRINCIPALES) |
|         | LÍNEA DESAGÜE (EMISOR)                 |
|         | BUZONES DE INSPECCION (CODIGO Y COTAS) |
|         | CODIFICACION DE CRUCES                 |

**SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO**  
ESC: 1/1500

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

TEMA DE TESIS:  
"EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA RED DE ALCANTARILLADO Y DESAGÜE PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN EN LA URBANIZACIÓN PATIBAMBA BAJA, ABANCAY"

TESISTA:  
**KATHERIN PALOMINO VARGAS**

PLANO:  
**SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO**

UBICACIÓN:  
URBANIZACIÓN PATIBAMBA BAJA

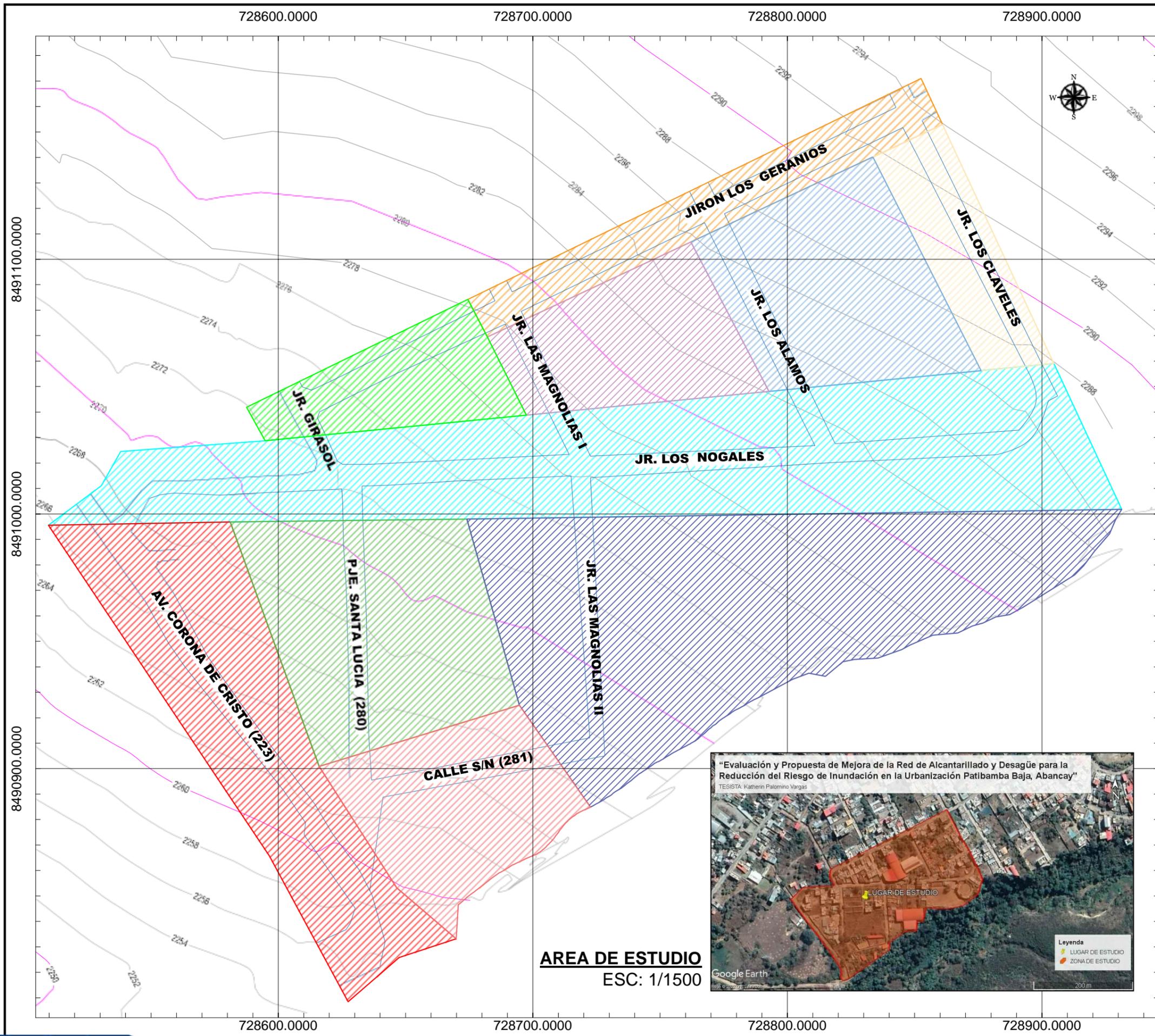
UBICACIÓN:  
DISTR. ABANCAY PROV. ABANCAY REG. APURÍMAC

ESCALA:  
INDICADA

FECHA:  
DICIEMBRE 2022

ESCUELA PROFESIONAL:  
Ingeniería Civil

LÁMINA:  
**A 2**



| SECTOR               | Área (m²) | COTA MAYOR (m.s.n.m) | COTA MENOR (m.s.n.m) | LONGITUD (m) | PENDIENTE S (m/m) |
|----------------------|-----------|----------------------|----------------------|--------------|-------------------|
| Jr. Los Geranios     | 3609.50   | 2294                 | 2278                 | 198.057      | 0.0808            |
| Jr. Los Claveles     | 2822.25   | 2294                 | 2287                 | 103.554      | 0.0676            |
| Jr. Los Nogales      | 16659.12  | 2288                 | 2266                 | 421.717      | 0.0522            |
| Jr. Los Álamos       | 6279.10   | 2292                 | 2282                 | 94.048       | 0.1063            |
| Jr. Las Magnolias I  | 4450.92   | 2286                 | 2277                 | 95.748       | 0.0940            |
| Jr. Girasol          | 3175.64   | 2278                 | 2272                 | 96.670       | 0.0621            |
| Jr. Las Magnolias II | 16031.16  | 2286                 | 2266                 | 239.217      | 0.0836            |
| Pje. Santa Lucía     | 7603.37   | 2273                 | 2263                 | 102.062      | 0.0980            |
| Av. Corona de Cristo | 9072.77   | 2266                 | 2256                 | 220.989      | 0.0453            |
| Calle SN             | 5018.72   | 2267                 | 2257                 | 82.270       | 0.1216            |

| SECTOR               | Parámetros Morfométricos |                         |                           | Tiempo de Concentración (min) |                      |                       |                  |
|----------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------|------------------|
|                      | Área (Km²)               | Longitud Principal (Km) | Pendiente Principal (m/m) | Témez (1978) (min)            | Kirpich (1990) (min) | Ventura - Heron (min) | Definitivo (min) |
| Jr. Los Geranios     | 0.0036                   | 0.1981                  | 0.0808                    | 3.61                          | 1.32                 | 3.06                  | 2.66             |
| Jr. Los Claveles     | 0.0028                   | 0.1036                  | 0.0676                    | 2.28                          | 0.92                 | 1.91                  | 1.70             |
| Jr. Los Nogales      | 0.0167                   | 0.4217                  | 0.0522                    | 6.96                          | 3.30                 | 10.10                 | 6.79             |
| Jr. Los Álamos       | 0.0063                   | 0.0940                  | 0.1063                    | 1.94                          | 0.60                 | 1.11                  | 1.22             |
| Jr. Las Magnolias I  | 0.0045                   | 0.0957                  | 0.0940                    | 2.02                          | 0.67                 | 1.27                  | 1.32             |
| Jr. Girasol          | 0.0032                   | 0.0967                  | 0.0621                    | 2.20                          | 0.93                 | 1.95                  | 1.69             |
| Jr. Las Magnolias II | 0.0160                   | 0.2392                  | 0.0836                    | 4.14                          | 1.48                 | 3.58                  | 3.07             |
| Pje. Santa Lucía     | 0.0076                   | 0.1021                  | 0.0980                    | 2.10                          | 0.68                 | 1.30                  | 1.36             |
| Av. Corona de Cristo | 0.0091                   | 0.2210                  | 0.0453                    | 4.38                          | 2.24                 | 6.10                  | 4.24             |
| Calle SN             | 0.0050                   | 0.0823                  | 0.1216                    | 1.71                          | 0.49                 | 0.85                  | 1.02             |

| SECTOR               | Coefficiente de escorrentía (C) | Área (m²)       | I max (mm/h) | Q (l/s)        |
|----------------------|---------------------------------|-----------------|--------------|----------------|
| Jr. Los Geranios     | 0.75                            | 3609.50         | 10.340233    | 7.782          |
| Jr. Los Claveles     | 0.75                            | 2822.25         | 18.550135    | 10.916         |
| Jr. Los Nogales      | 0.75                            | 16659.12        | 6.0334013    | 20.957         |
| Jr. Los Álamos       | 0.75                            | 6279.10         | 22.516796    | 29.479         |
| Jr. Las Magnolias I  | 0.75                            | 4450.92         | 21.484788    | 19.938         |
| Jr. Girasol          | 0.75                            | 3175.64         | 13.427624    | 8.891          |
| Jr. Las Magnolias II | 0.75                            | 16031.16        | 13.227963    | 44.214         |
| Pje. Santa Lucía     | 0.75                            | 7603.37         | 21.106399    | 33.460         |
| Av. Corona de Cristo | 0.75                            | 9072.77         | 7.9113249    | 14.966         |
| Calle SN             | 0.75                            | 5018.72         | 24.985268    | 26.145         |
| <b>TOTAL</b>         |                                 | <b>74722.54</b> |              | <b>216.747</b> |

**LEYENDA**

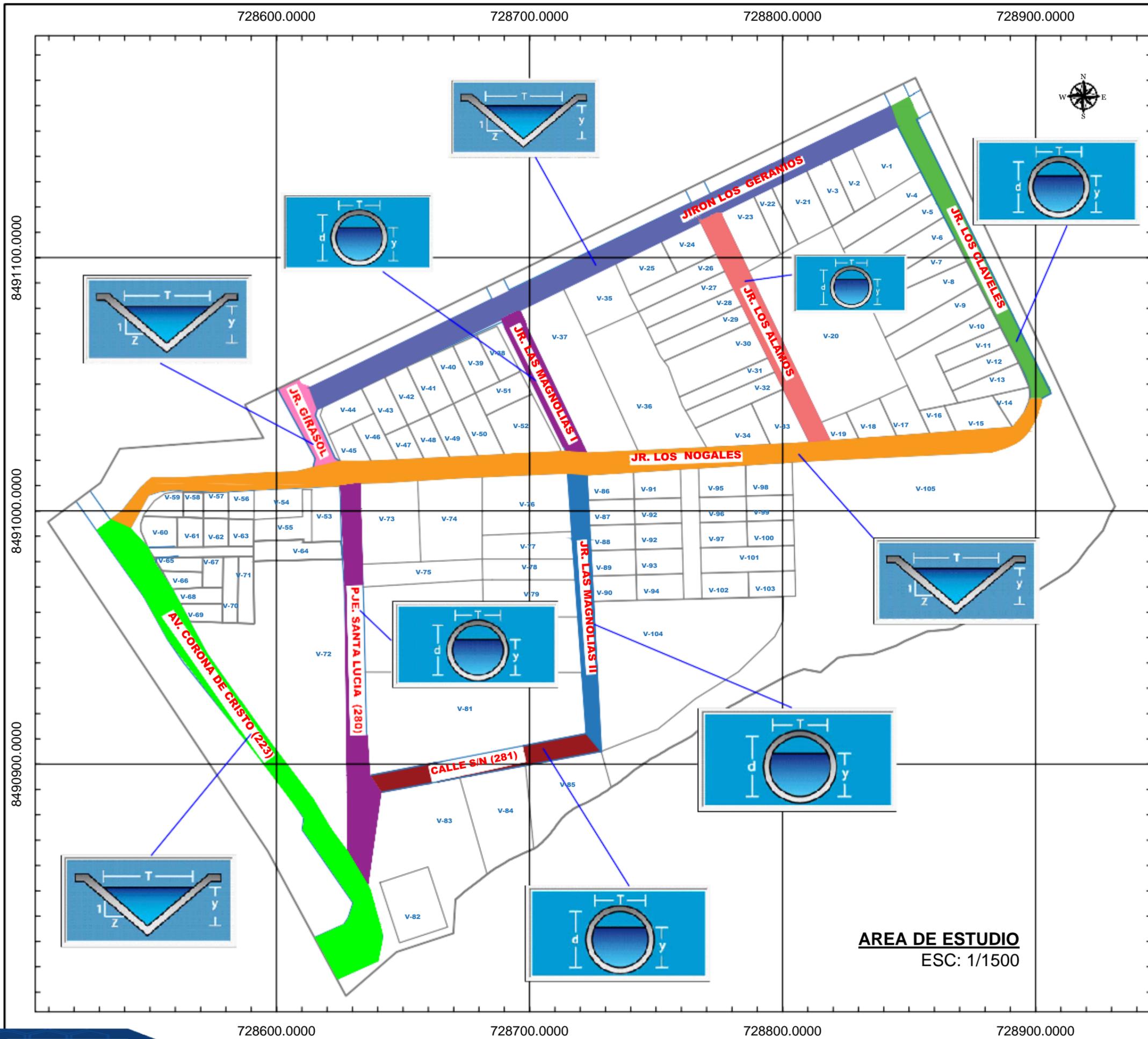
| SIMBOLO | DESCRIPCION                          |
|---------|--------------------------------------|
|         | ÁREAS DELIMITADAS DE DRENAJE PLUVIAL |
|         | CURVAS DE NIVEL                      |



**AREA DE ESTUDIO**  
ESC: 1/1500

|  |  |  |                          |  |
|--|--|--|--------------------------|--|
| <p>UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC</p> | TEMA DE TESIS:<br>"EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA RED DE ALcantarillado Y DESAGÜE PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN EN LA URBANIZACIÓN PATIBAMBA BAJA, ABANCAY" | UBICACIÓN:<br>URBANIZACIÓN PATIBAMBA BAJA                | LÁMINA:<br><b>A 3</b>    |  |
|  | TESISISTA:<br><b>KATHERIN PALOMINO VARGAS</b>  | UBICACIÓN:<br>DISTR. ABANCAY PROV. ABANCAY REG. APURÍMAC |                          |  |
|  | PLANO:<br><b>Sectorización de las Áreas de Drenaje Pluvial</b>   | ESCALA:<br>INDICADA                                      | FECHA:<br>DICIEMBRE 2022 | ESCUELA PROFESIONAL:<br>Ingeniería Civil |
|  |  |  |                          |  |





**AREA DE ESTUDIO**  
ESC: 1/1500

| SECTOR               | Tipo de canal  | Numero de manzanas | Area (m <sup>2</sup> ) | Equipo de manzanas | Numero de manzanas | Tipo de flujo | Perimetro (m) | Costo (S/) | Velocidad (m/s) | Forma específica (m) |
|----------------------|----------------|--------------------|------------------------|--------------------|--------------------|---------------|---------------|------------|-----------------|----------------------|
| Jr. Los Geranios     | Alcantarillado | 5047               | 60380                  | 3.894              | 3.240              | Superficial   | 6.200         | 6.200      | 1.200           | 1.200                |
| Jr. Los Clavales     | Alcantarillado | 5048               | 60380                  | 3.894              | 3.240              | Superficial   | 6.200         | 6.200      | 1.200           | 1.200                |
| Jr. Los Alamos       | Alcantarillado | 5049               | 60380                  | 3.894              | 3.240              | Superficial   | 6.200         | 6.200      | 1.200           | 1.200                |
| Jr. Las Magnolias I  | Alcantarillado | 5050               | 60380                  | 3.894              | 3.240              | Superficial   | 6.200         | 6.200      | 1.200           | 1.200                |
| Jr. Los Nogales      | Alcantarillado | 5051               | 60380                  | 3.894              | 3.240              | Superficial   | 6.200         | 6.200      | 1.200           | 1.200                |
| Jr. Las Magnolias II | Alcantarillado | 5052               | 60380                  | 3.894              | 3.240              | Superficial   | 6.200         | 6.200      | 1.200           | 1.200                |
| Pje. Santa Lucia     | Alcantarillado | 5053               | 60380                  | 3.894              | 3.240              | Superficial   | 6.200         | 6.200      | 1.200           | 1.200                |
| Av. Corona de Cristo | Alcantarillado | 5054               | 60380                  | 3.894              | 3.240              | Superficial   | 6.200         | 6.200      | 1.200           | 1.200                |
| Calle S/N            | Alcantarillado | 5055               | 60380                  | 3.894              | 3.240              | Superficial   | 6.200         | 6.200      | 1.200           | 1.200                |

| SECTOR               | Coefficiente de escorrentia (C) | Area (m <sup>2</sup> ) | T max (mm/h) | Q (l/s)        |
|----------------------|---------------------------------|------------------------|--------------|----------------|
| Jr. Los Geranios     | 0.75                            | 3609.50                | 10.346233    | 7.782          |
| Jr. Los Clavales     | 0.75                            | 3822.25                | 18.550135    | 10.916         |
| Jr. Los Nogales      | 0.75                            | 18659.12               | 6.0334013    | 20.957         |
| Jr. Los Alamos       | 0.75                            | 6279.10                | 22.516796    | 29.479         |
| Jr. Las Magnolias I  | 0.75                            | 4450.92                | 21.484788    | 19.938         |
| Jr. Girasol          | 0.75                            | 3175.64                | 13.427624    | 8.891          |
| Jr. Las Magnolias II | 0.75                            | 18031.16               | 13.227983    | 44.214         |
| Pje. Santa Lucia     | 0.75                            | 7603.37                | 21.106399    | 33.460         |
| Av. Corona de Cristo | 0.75                            | 9072.77                | 7.9113249    | 14.966         |
| Calle S/N            | 0.75                            | 5018.72                | 24.983268    | 26.145         |
| <b>TOTAL</b>         |                                 | <b>74722.54</b>        |              | <b>216.747</b> |

| LEYENDA |  |
|---------|--|
| SIMBOLO | DESCRIPCION                                  |
|         | ÁREAS DELIMITADAS DE ALCANTARILLADO PLUVIAL  |
|         | SECCIÓN TRIANGULAR DE ALCANTARILLADO PLUVIAL |
|         | SECCIÓN CIRCULAR DE ALCANTARILLADO PLUVIAL   |

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

TEMA DE TESIS:  
"EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA RED DE ALCANTARILLADO Y DESAGÜE PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN EN LA URBANIZACIÓN PATIBAMBA BAJA, ABANCAY"

TESISTA:  
**KATHERIN PALOMINO VARGAS**

PLANO:  
**DRENAJE PLUVIAL**

ESCALA:  
INDICADA

FECHA:  
DICIEMBRE 2022

UBICACIÓN:  
URBANIZACIÓN PATIBAMBA BAJA

UBICACIÓN:  
DISTR. ABANCAY PROV. ABANCAY REG. APURÍMAC

ESCUELA PROFESIONAL:  
Ingeniería Civil

LÁMINA:  
**A**  
**4**

