



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“EVALUACIÓN, SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO URBANO EN LA
LOCALIDAD DE ILAVE, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN
PUNO-2020”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. EDILBERTO MAMANI CUTISACA

Bach. PAULO JHENRY PALOMINO QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

A mis queridos padres Benedicto y Sabina por el apoyo incondicional.

Así como a mis queridos hermanos Edith, Fredy y Omar.

También a mi novia y a todos mis amigos, por permitir en mi vida un viaje más feliz.

Edilberto Mamani Cutisaca



DEDICATORIA

A mi familia, por la confianza y el apoyo incondicional que he recibido en todo momento a lo largo de mi desarrollo y formación profesional, por buscar en mí una persona de permanente superación, compromiso y trabajo.

Paulo Jhenry Palomino Quispe



AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por darnos fuerzas para permitirnos desarrollar y culminar el presente trabajo.

A nuestra alma mater Universidad Nacional del Altiplano – Puno, nuestra institución, y en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por habernos dado la oportunidad de conocer este maravilloso mundo de la ingeniería y así poder escalar un peldaño más en el campo del conocimiento.

Al honorable jurado compuesto por él M.Sc.Ing . Zenón Mellado Vargas, M.Sc.Ing. Nestor Eloy Gonzales Sucasaire y el D.Sc.Ing. Félix Rojas Chahuares por el veredicto sapiente y justiciero.

A nuestro director de tesis Ing. Guillermo Nestor Fernandez Sila por las orientaciones, recomendaciones y sobre todo por su confianza.

A nuestra querida familia, de la cual estamos muy orgullosos, gracias a ellos estamos cumpliendo un paso más de lograr nuestro propósito en nuestra vida.

A nuestros compañeros de aula, amigos que cultivamos en nuestra vida universitaria, de ustedes nos llevamos grandes recuerdos inolvidables y les agradecemos profundamente.

Edilberto Mamani y Jhenry Palomino



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 12

ABSTRACT..... 13

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 14

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... 16

1.2.1. Problema general..... 16

1.2.2. Problemas específicos 16

1.3. JUSTIFICACIÓN..... 16

1.4. OBJETIVOS 17

1.4.1. Objetivo general 17

1.4.2. Objetivos específicos 17

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES..... 18

2.2. MARCO TEÓRICO..... 23

2.2.1. Sistema de alcantarillado..... 23

2.2.2. Condición actual de la red de alcantarillado 28

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN..... 40

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA 40



| | |
|--|------------|
| 3.2.1. Población..... | 40 |
| 3.2.2. Muestra..... | 40 |
| 3.3. TÉCNICA E INSTRUMENTO | 41 |
| 3.4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO | 41 |
| 3.5. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO..... | 44 |
| 3.6. MATERIALES Y EQUIPOS | 44 |
| 3.6.1. Equipos Utilizados | 44 |
| 3.6.2. Reconocimiento del software SewerCAD | 48 |
| 3.7. PROCEDIMIENTO | 50 |
| 3.7.1. Investigación en campo..... | 50 |
| 3.7.2. Investigación en Gabinete | 53 |
| CAPÍTULO IV | |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | |
| 4.1. RESULTADOS | 74 |
| 4.1.1. Resultados del estado estructural de las tuberías | 74 |
| 4.1.2. Resultados del análisis del comportamiento hidráulico | 76 |
| 4.1.3. Resultados de la propuesta de mejora (optimización)..... | 102 |
| 4.2. DISCUSIÓN..... | 120 |
| V. CONCLUSIONES | 122 |
| VI. RECOMENDACIONES | 123 |
| VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 124 |
| ANEXOS..... | 129 |

TEMA: Alcantarillado Sanitario

ÁREA: Hidráulica

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Hidráulica y Medio Ambiente

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 26 de agosto del 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------------|---|----|
| Figura 1 | Esquema de un sistema unitario de recolección de aguas servidas y aguas de lluvia..... | 24 |
| Figura 2 | Esquema de un sistema separado de recolección de aguas servidas y aguas de lluvia. | 25 |
| Figura 3 | Relación tirante sobre diámetro en colector y emisor | 39 |
| Figura 4 | Ubicación de la localidad de Ilave..... | 42 |
| Figura 5 | Ubicación de los tres colectores principales..... | 44 |
| Figura 6 | Robot EJ-2021 | 45 |
| Figura 7 | Principales elementos del software Sewercad | 48 |
| Figura 8 | Metodología y utilización del software SewerCAD..... | 49 |
| Figura 9 | Representación gráfica de la población por varios métodos | 58 |
| Figura 10 | Plano de redes de alcantarillado existente de la localidad de Ilave..... | 64 |
| Figura 11 | Polígonos de Thiessen de los colectores de la red principal..... | 65 |
| Figura 12 | Áreas de drenaje de cada buzón para realizar el aporte de caudales en Arcmap | 66 |
| Figura 13 | Algunas características de la tubería en SewerCAD | 69 |
| Figura 14 | Algunas características de buzón en SewerCAD | 69 |
| Figura 15 | Tirante de agua (H) en conducto circular | 71 |
| Figura 16 | Resultado de SewerCAD de la tubería T04-01 | 72 |
| Figura 17 | Resultados del estado estructural de tuberías de la red principal de alcantarillado | 74 |
| Figura 18 | Perfil hidráulico colector principal de Perú BIRF al año cero | 83 |
| Figura 19 | Perfil hidráulico de colector principal de Caymahui al año cero. | 84 |
| Figura 20 | Perfil hidráulico de colector principal Santa Rosa al año cero..... | 85 |



| | | |
|------------------|--|-----|
| Figura 21 | Perfil hidráulico de colector principal Perú BIRF al año 20. | 96 |
| Figura 22 | Perfil hidráulico de colector principal Caymahui al año 20 | 97 |
| Figura 23 | Perfil hidráulico colector principal Santa Rosa al año 20. | 98 |
| Figura 24 | Perfil hidráulico colector principal Perú BIRF al año 20 (mejora). | 110 |
| Figura 25 | Perfil hidráulico colector principal Caymahui al año 20 (mejora) | 111 |
| Figura 26 | Perfil hidráulico de colector principal Santa Rosa al año 20 (mejora).... | 112 |
| Figura 27 | Comparación de velocidades entre los años cero, 20 y el 20 (mejora) ... | 117 |
| Figura 28 | Comparación de tirante sobre diámetro entre los años cero, 20 y el 20 (mejora) en la red..... | 118 |
| Figura 29 | Comparación de tensión tractiva entre los años cero, 20 y el 20 (mejora) | 119 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|--|----|
| Tabla 1 | Caudales de Infiltración | 31 |
| Tabla 2 | Coefficientes de rugosidad (n) | 35 |
| Tabla 3 | Coefficiente de rugosidad en laboratorio y campo..... | 35 |
| Tabla 4 | Velocidad Máxima..... | 36 |
| Tabla 5 | Tensión tractiva mínima por diferentes autores..... | 38 |
| Tabla 6 | Coordenadas UTM de la localidad de Ilave..... | 41 |
| Tabla 7 | Coordenadas UTM de inicio y fin de los colectores principales alcantarillado | 43 |
| Tabla 8 | Calles intervenidas en la red principal | 43 |
| Tabla 9 | Coordenadas U.T.M. WGS84-Puntos de Control Geodésico..... | 51 |
| Tabla 10 | Indicadores, calificación e índices de medida de las inspecciones televisivas | 53 |
| Tabla 11 | Cálculo de razón de crecimiento por método aritmético | 54 |
| Tabla 12 | Cálculo de razón de crecimiento por método geométrico | 55 |
| Tabla 13 | Cálculo de tasa de crecimiento promedio por método logarítmico | 56 |
| Tabla 14 | Cálculo de tasa de crecimiento promedio por método Wappus..... | 57 |
| Tabla 15 | Población proyectada por varios métodos y promedios | 58 |
| Tabla 16 | Longitud total de tuberías y números de buzones de localidad de Ilave..... | 59 |
| Tabla 17 | Caudales en año cero (2020) por áreas de drenaje..... | 61 |
| Tabla 18 | Longitud total de tuberías y números de buzones en Ilave | 62 |
| Tabla 19 | Caudales en el año 20 (2040) por áreas de drenaje..... | 63 |
| Tabla 20 | Aportes de caudales por bombeo a áreas de drenaje año 0..... | 66 |
| Tabla 21 | Aportes de caudales por bombeo a áreas de drenaje año 20..... | 67 |
| Tabla 22 | Diámetro interno de tubería | 68 |



| | | |
|-----------------|--|-----|
| Tabla 23 | Características de los buzones para el contraste de cálculo manual | 71 |
| Tabla 24 | Comparación de datos de tubería manual con SewerCAD | 72 |
| Tabla 25 | Resultados del estado estructural de las tuberías de la red principal de alcantarillado sanitario de la localidad de Ilave. | 75 |
| Tabla 26 | Resultados de la simulación al año cero (2020)..... | 77 |
| Tabla 27 | Evaluación del comportamiento hidráulico al año cero..... | 86 |
| Tabla 28 | Resultados de la simulación al año 20 (2040). | 90 |
| Tabla 29 | Evaluación del comportamiento hidráulico al año 20..... | 99 |
| Tabla 30 | Resultados de la simulación al año 20 (mejora) | 104 |
| Tabla 31 | Comparación de características principales de la tubería | 113 |



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

| | |
|-------|--|
| AD | : Área de drenaje. |
| Bz | : Buzón o cámara de inspección. |
| CCTV | : Circuito Cerrado de Televisión |
| CSN | : Concreto simple normalizado |
| DN | : Diámetro nominal |
| EBAR | : Estación de bombeo de agua residual |
| NTP | : Norma Técnica Peruana |
| PVC | : Policloruro de vinilo |
| RNE | : Reglamento Nacional de Edificaciones |
| UGASS | : Unidad de Gestión Administrativa de Servicios de Saneamiento de Ilave. |
| T | : Tubería |



RESUMEN

La investigación se realizó con el propósito de evaluar la condición actual del sistema de alcantarillado sanitario en la localidad de Ilave, región Puno-2020. La indagación es de enfoque cuantitativo, según su finalidad es aplicada, de nivel descriptivo, transeccional o transversal y de diseño no experimental. Como técnica de la investigación, se tomó en cuenta la observación y como instrumentos se utilizaron la información documental proporcionada por parte de UGASS-Ilave, el robot EJ-2021, las fichas técnicas de inspección y los equipos topográficos. La población es 85 700.20 metros de tubería y la muestra es la red principal, que comprende 7 767.60 metros. Los resultados de la investigación son los siguientes: el estado estructural de las tuberías es regular y que existen tramos de la red que no cumplen con el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070. Por lo tanto, se propone la mejora de la red, considerando una población futura de 49 061 habitantes al año 2040, efectuando el cambio de material y diámetro de las tuberías en diferentes tramos de la red.

Palabras clave: Alcantarillado sanitario, estado estructural, evaluación, inspección televisiva.



ABSTRACT

The research was carried out with the purpose of evaluating the current condition of the sanitary sewer system in the town of Ilave, Puno region-2020. The inquiry has a quantitative approach, depending on its purpose is applied, at a descriptive, transactional or cross-sectional level, and with a non-experimental design. As a research technique, observation was taken into account and the documentary information provided by UGASS-Ilave, the EJ-2021 robot, the technical inspection sheets and the topographic equipment were used as instruments. The population is 85,700.20 meters of pipeline and the sample is the main network, which comprises 7,767.60 meters. The results of the investigation are the following: the structural state of the pipes is regular and that there are sections of the network that do not comply with the National Building Regulations OS.070. Therefore, the improvement of the network is proposed, considering a future population of 49,061 inhabitants in the year 2040, changing the material and diameter of the pipes in different sections of the network.

Keywords: Sanitary sewer, structural condition, evaluation, television inspection.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, a nivel mundial se vienen ejecutando una gran cantidad de sistemas de alcantarillado sanitario, estas obras son de gran importancia, ya que; nos permiten desaguar las aguas servidas provenientes de las viviendas, centros comerciales, centros educativos, centros hospitalarios, industrias, etc., evitando la afectación al medio ambiente y previniendo diversas enfermedades que pueden afectar a los pobladores de las zonas donde aún no se tiene este tipo de obras. (Porta, 2021)

El objetivo de la ONU en el 2008 fue reducir a la mitad la cantidad de personas sin acceso al agua y desagüe para el 2015, sin embargo, no se cumplió con la meta y si no se ponen a trabajar para reducir la brecha, esta meta no se cumplirá hasta 2026; se resalta que aún existen alrededor de 2.4 mil millones de personas en el mundo que no tienen los servicios básicos de saneamiento según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (Chalco & Jesús, 2019).

En América Latina (Ensink & Cairncross, 2012) afirman que la cobertura deficiente de saneamiento y los desperfectos en la recolección del alcantarillado pueden provocar la contaminación a gran escala del medio ambiente (p.15).

En el Perú uno de los problemas de saneamiento es el sistema de alcantarillado sanitario debido al desgaste de las tuberías, la antigüedad de uso (aproximadamente 30 años, pero si la descarga es agresiva esta se reduce a 10 años) y la descarga de aguas servidas de las plantas industriales. La norma establece que las industrias deben tratar sus aguas residuales antes de descargarlas al alcantarillado. (Chalco & Jesús, 2019)



El servicio de desagüe, en la localidad de Ilave a nivel general resulta ser limitado; porque el 39% de la población tiene desagüe dentro de su vivienda, este servicio se encuentra consolidado mayormente en la zona urbana y en menor medida en la zona rural y urbano-marginal. (MPCI-PIP, 2016)

Por otro lado, la situación actual del sistema de alcantarillado sanitario en la localidad de Ilave, se encuentra en condiciones imperfectas, debido a que presenta constantes fallas (colapsos, atoros y obstrucciones) en las redes de alcantarillado en diferentes puntos de la localidad. Entre los principales problemas que lo generan se resalta la ausencia de un sistema de drenaje pluvial eficiente, la falta de educación sanitaria de los pobladores de la localidad y la antigüedad que presentan las tuberías (más de 30 años) según (EMSAPUNO, 2012, p. 75).

La situación que presenta la zona urbana en la localidad de Ilave del total de predios ocupados que son 9167, se sabe que 6880 (75.05%) cuenta con el servicio de alcantarillado y 2287 (24.95%) no cuenta con este servicio. También se sabe que las primeras instalaciones de la red de alcantarillado son de tubería de concreto. (MPCI, 2016)

Tomando en cuenta que la situación actual continúe en las mismas condiciones, esto provocará la contaminación de las fuentes de agua y también afectará la salud de la población con la proliferación de enfermedades entéricas.

Por lo tanto, frente a la problemática presentada se realizó la presente investigación, con el objetivo de evaluar el sistema de alcantarillado sanitario actual en la localidad de Ilave, y establecer una propuesta de mejora (optimización).



1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la condición actual del sistema del alcantarillado sanitario en la localidad de Ilave, región Puno-2020?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el estado estructural de las tuberías de la red principal de alcantarillado sanitario?
- ¿Cuál es el comportamiento hidráulico de la red principal de alcantarillado sanitario?
- ¿Qué acciones se debe proponer para mejorar la red principal del alcantarillado sanitario?

1.3. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, la población de la localidad de Ilave viene creciendo desproporcionadamente, generando el incremento del caudal en la red principal y ocasionando que el servicio de alcantarillado sanitario sea deficiente. Esto trae como efecto la contaminación de las fuentes de agua (ríos y riachuelos que atraviesan la localidad) y la proliferación de enfermedades entéricas; deteriorando la calidad de vida de la población y el descenso del nivel socioeconómico. Motivo por el cual esta investigación permite conocer, cuáles son las deficiencias del sistema de alcantarillado sanitario en la localidad de Ilave y una vez identificadas dar una propuesta de mejora (optimización) de manera que cumpla con las exigencias mínimas establecidas por el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070.



1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la condición actual del sistema de alcantarillado sanitario en la localidad de Ilave, región Puno-2020.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el estado estructural de las tuberías de la red principal de alcantarillado sanitario.
- Analizar el comportamiento hidráulico de la red principal de alcantarillado sanitario.
- Proponer la mejora de la red principal de alcantarillado sanitario.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Internacional

Villafuerte (2022) realizó la indagación con el objetivo de elaborar una metodología de catastro en inspecciones televisivas, mediante un formato de registro catastral eficiente y confiable para diagnosticar con precisión y rapidez los daños que presenta las redes de alcantarillado y así minimizar los gastos innecesarios, reducir el impacto ambiental y social que esto genera. La metodología de la investigación fue de nivel exploratorio. Obtuvo como resultado, la recolección de datos de tres tramos de la red de alcantarillado, analizando los daños detectados, los problemas más relevantes fueron: permeabilidad, oquedad, separación en junta, desviación puntual, grietas, todas estas patologías produzcan afectaciones ambientales y una pérdida de la capacidad hidráulica de la tubería. En la conclusión determinó que la elaboración del catastro que consiste en el levantamiento y actualización de los planos de las redes de agua potable y/o alcantarillado, a partir de la recopilación de datos técnicos en las condiciones actuales de las redes (diámetro de tubería, materiales, profundidades de los tubos, estado de las tuberías, etc.)

Diaz & Heredia (2021) efectuaron la investigación, con el objetivo de conocer la información sobre los métodos actuales de inspección que se realizan a los sistemas de alcantarillado. Obtuvieron como resultado la obtención de diferentes métodos de inspecciones clasificándolas en dos grupos (directos e indirectos). En la conclusión sugieren informar a la comunidad sobre los métodos actuales de inspecciones, que se



realiza a las redes de alcantarillado en diferentes países. Así mismo, proporcionan información sobre la importancia de las inspecciones en las redes de alcantarillado, de este modo permitirá conocer el estado de las redes y saber las zonas donde se requiere intervención.

Castro & Rivera (2021) investigaron con el objetivo de desarrollar una herramienta que muestre la relación costo - beneficio en la toma de decisiones para la selección de técnicas de rehabilitación por falla estructural para los alcantarillados de Bogotá. Obtuvieron como resultado los reportes de CCTV, donde se analizaron 160 fallas reportadas en estado crítico, es decir, con calificación 4 o 5. Con el software R, se encuentra que la falla de fisuras, grietas y fracturas es la más frecuente con un 58% del total de las fallas, seguida de la deformación y rotura o colapso con un 11% y finalmente las juntas desplazadas 10%. Concluyeron, que a partir de la información de los reportes de CCTV y de la base de datos, se determinaron las fallas estructurales, los diámetros, las profundidades y los materiales de las tuberías presentes en el sistema de alcantarillado de Bogotá.

Regalado (2019) efectuó la investigación, con el objetivo de evaluar las condiciones de funcionamiento de los componentes del sistema de alcantarillado y proponer un plan de mejoras mediante la recopilación de información y de inspecciones visuales. Obtuvo como resultado, que los diámetros existentes cumplen con los diámetros obtenidos en la hoja de cálculo diseñados con las normas correspondientes. En el cálculo se tuvieron que adoptar los diámetros mínimos en todos los colectores secundarios y diámetros de 250 mm para los colectores primarios. Concluyó que la red de alcantarillado sanitario del sector tiene un funcionamiento poco aceptable, debido a que en varios tramos la velocidad no es la óptima y por ello es importante un buen plan de mantenimiento y limpieza.



Macas (2019) efectuó la investigación con el objetivo de evaluar la red del sistema de alcantarillado sanitario en el Sector la Chala Parroquia Letamendi cantón Guayaquil, realizando inspecciones de campo, de las condiciones actuales y proponer mejoras al sistema. La metodología de la investigación fue de diseño experimental, de nivel descriptivo. Obtuvo como resultado que colectores del sistema de alcantarillado se encuentran en condiciones de regulares a malos, debido a la antigüedad que presentan y su asentamiento. En la conclusión determinó, que las tuberías principales y secundarias ya inspeccionadas del sistema de alcantarillado, se encuentran en muy mal estado, en la topografía se halló pendientes de (2/1000) y también se encontraron tramos a contrapendiente.

Núñez (2018) indagó con el objetivo de realizar la modelación, simulación, diagnóstico, y determinación de la capacidad hidráulica de la red principal del sistema de alcantarillado de la Zona Urbana del Cantón Crnl. Marcelino Maridueña; mediante el software de análisis y diseño SewerCAD para detectar y prevenir los posibles problemas presentes y futuros de la red. Obtuvo como resultado, que el actual sistema no satisface la demanda proyectada de caudales al cual fue sujeto en su evaluación, pese a que, en el diagnóstico de velocidades mínimas, máximas, fuerza tractiva (propiedad de auto limpieza) tiene buenos resultados. En conclusión, dio una propuesta de mejora que el sistema de alcantarillado requiere sujeto a una proyección de utilidad de 25 años (2042) que implica realizar el cambio de las tuberías existentes.

Vera (2021) indagó con el objetivo realizar un diagnóstico y evaluar la red de alcantarillado sanitario del Barrio Carmen Buchelli donde se detalla cómo está estructurado el sistema de saneamiento y determinar si cumple con los parámetros establecidos en la Norma CO (10.07-601). Obtuvo como resultado la caracterización de varios elementos que conforman el sistema sanitario como: la estación de bombeo, línea



de impulsión, cámara de las ventosas y desagües, cajas de inspección, tirantes y las lagunas de estabilización de las aguas residuales. Concluye que el sistema de alcantarillado cumple con los parámetros de diseño, las tuberías son las adecuadas para las conexiones intradomiciliarias, terciarias, tirantes, colectores y tubería de impulsión.

Nacional

Chalco & Jesús (2019) investigaron, con el objetivo de determinar la evaluación del sistema hidráulico de la red de alcantarillado de la urbanización Ama Kella -San Martín de Porres. La metodología de la investigación es no experimental de corte transversal, de nivel descriptivo, de tipo aplicada y enfoque cuantitativo. Obtuvo como resultado que la evaluación de la pendiente de la red de alcantarillado son deficientes debido a que la velocidad no cumple la velocidad mínima (0.6 m/s) exigida por RNE-OS70. En la conclusión sugiere que los tramos a cambiar son en su totalidad tuberías de CSN de diámetros 200 mm y 300 mm que funcionan como redes secundarias, los cuales tienen una antigüedad superior a 20 años y es necesario su cambio.

Porta (2021) consumo la indagación con el objetivo de determinar el comportamiento del sistema de alcantarillado sanitario del anexo Ancalahuata en estado crítico. La metodología de investigación fue de diseño no experimental de corte transversal, de nivel descriptivo-explicativo, de tipo aplicada y enfoque cuantitativo. Obtuvo como resultado que el comportamiento del sistema de alcantarillado del anexo Ancalahuata en su estado crítico, es deficiente debido a que en la evaluación de menor utilidad se cuenta que los parámetros de diseño en algunos tramos no superan las condiciones mínimas de la norma OS.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones. En la conclusión determinó, que el sistema de alcantarillado es deficiente debido a que no



cumple con las exigencias mínimas establecidas por el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Belito (2018) investigó con el objetivo de realizar el modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario para mejorar la evacuación y tratamiento adecuada de las aguas residuales, en la ciudad de Huancavelica, provincia y departamento de Huancavelica. La metodología de la investigación fue de nivel descriptivo-correlacional, de corte transversal, de tipo aplicada y enfoque cuantitativo. Obtuvo como resultado que el comportamiento hidráulico de las redes de alcantarillado sanitario en el barrio San Cristóbal se encuentra en buen estado de funcionamiento hidráulico. Concluye que los parámetros hidráulicos como: caudal, velocidad, tensión tractiva, diámetro, relación tirante/diámetro y profundidades de las cámaras de inspección, cumplen con las condiciones indicadas en el RNE.OS.070.



2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Sistema de alcantarillado

Según (Cualla, 2000), señala que el sistema de alcantarillado consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, irremesibles para recibir y evacuar las aguas residuales de la población y la escorrentía superficial procedente por la lluvia (p.265).

2.2.1.1. *Sistema de alcantarillado sanitario*

(Cualla, 2000), afirma que el sistema de alcantarillado sanitario es de recolección, diseñado para llevar únicamente aguas residuales domésticas e industriales. (p.266)

Asimismo (CEPIS, 2005) afirma que:

El sistema de alcantarillado sanitario consignado a acarrear y recolectar aguas residuales, utilizando redes de corta profundidad que parten de las instalaciones sanitarias del lote y que son diseñadas bajo el criterio de simplificación y minimización de materiales y juicios constructivos. (p.4)

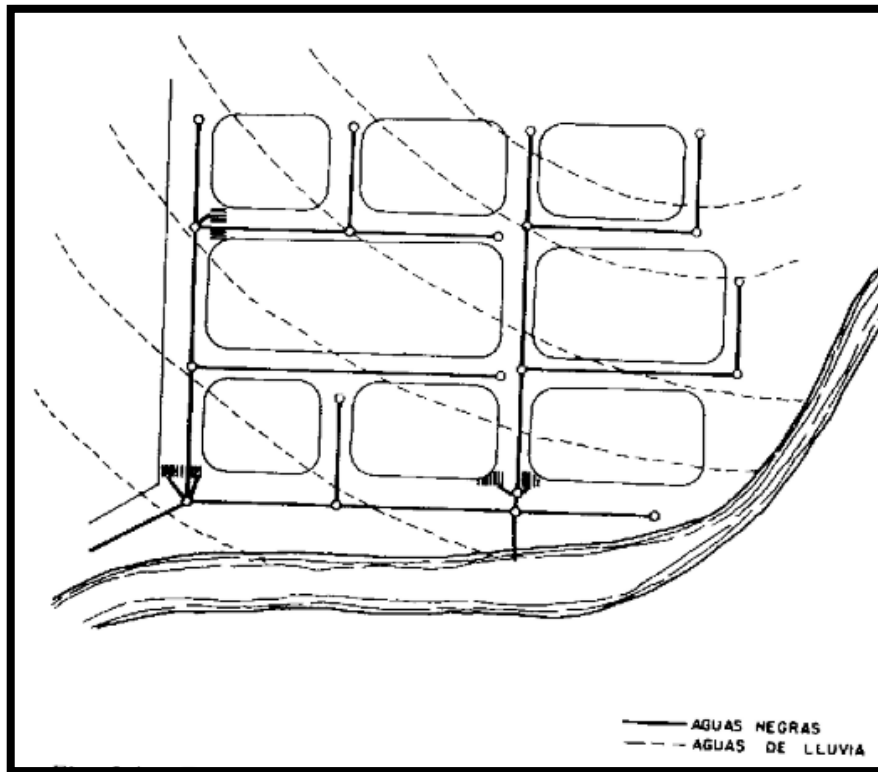
2.2.1.2. *Tipos de sistema de alcantarillado*

a. Sistema unitario

Según (Vierendel, 2009, p.123) afirma que el sistema unitario funciona tanto en el desagüe sanitario y el desagüe fluvial. Además (Arocha, 1983) dice cuando en una zona urbanizada se recogen conjuntamente las aguas negras y las aguas de lluvia, se diseñan y construyen colectores que denominamos sistema unitario, mixto o combinado.

Figura 1

Esquema de un sistema unitario de recolección de aguas servidas y aguas de lluvia



Fuente: (Arocha, 1983)

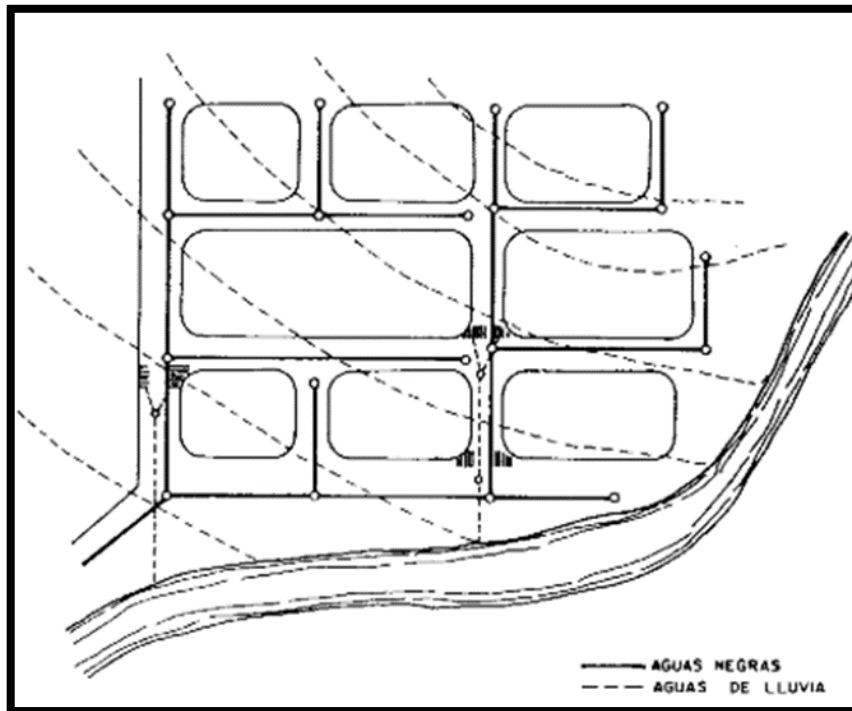
b. Sistema Separado

Los autores (Nogales Soria & Quispe Aricoma, 2009, p.33) afirma que el sistema separado utiliza dos redes íntegramente autónomas de alcantarillado, con cometidos diferentes. Además, (Arocha, 1983) asevera que un sistema separado consigna una red cloacal para conducir las aguas negras y otra red de tuberías, que conjuntamente con las estructuras de recolección, transportarán exclusivamente aguas de lluvia, componiendo así el alcantarillado de aguas pluviales. También el autor (Vierendel, 2009, p.123) dice que el desagüe sanitario y el desagüe pluvial funcionan independientemente.

La localidad de Ilave tiene un sistema de alcantarillado separado. (EMSAPUNO, 2012, p.74)

Figura 2

Esquema de un sistema separado de recolección de aguas servidas y aguas de lluvia.



Fuente: (Arocha, 1983)

2.2.1.3. Área de drenaje

Según (SEDAPAR, 2017) define que, el área de drenaje, es aquella, que contribuye sus descargas de aguas residuales a un determinado colector y está delimitado por los puntos más altos. Además, (Alfaro Melgar, Carranza Cisneros, & Gonzales Reyes, 2012) afirman que el área de drenaje usualmente está compuesta de sub-áreas o subcuencas de diferentes características superficiales. (p.45)

2.2.1.4. Red colectores

Según (Vierendel, 2009, p.123) son los constituidos por tuberías que reciben las descargas de aguas servidas por el alcantarillado de servicio local. En los colectores no se podrá realizar conexiones prediales, además (Arocha, 1983) afirma que la red está constituida por todo el conjunto de tramos; y en ella podemos definir a un colector principal, el cual recibe los aportes de una serie de colectores secundarios que, de acuerdo



de topografía, sirven a diversos sectores de la zona Urbanizada. También, (Pérez Carmona, 2013) asevera que conduce los caudales de los tramos secundarios hasta el sitio de vertimiento o tratamiento. (p.5)

2.2.1.4.1. Tubería

Ubicación

Según el (RNE OS.070, 2016, p.06) considera los siguientes ítems:

- En las calles de 20 m. de ancho o menos se proyectará una línea de alcantarillado de preferencia en el eje de la calle.
- En las calles o avenidas de más de 20 m. de ancho, se proyectarán dos líneas de alcantarillado, una a cada lado de la vía, salvo el caso de que se justifique la instalación de una sola línea.
- Si el ancho de la vereda lo permite y no hay interferencia con otros servicios públicos, la tubería de alcantarillado podrá ubicarse en ella, pero la distancia entre la línea de propiedad y el plano vertical tangente al tubo, deberá ser como mínimo 2,0 m.
- La distancia mínima a cables eléctricos, telefónicos u otras instalaciones, será de 1,0 m. medido entre planos verticales tangentes.
- En vías peatonales, se puede reducir la distancia entre tuberías y entre estas y los límites de propiedad, siempre y cuando se siga las recomendaciones.

Profundidad mínima

Según (RNE OS0.70, 2016, p.183):



- El recubrimiento sobre las tuberías no debe ser menor de 1.0 m en las vías vehiculares y de 0.30 m en las vías peatonales y/o en zonas rocosas, debiéndose verificar para cualquier profundidad adoptada, la deformación (deflexión) de la tubería generada por cargas externas.

Profundidad máxima

La profundidad máxima según los autores (Nogales Soria & Quispe Aricoma, 2009) la excavación de la red alcantarillado sanitario es de 5m (p.214). Además, (CEPIS, 2005) afirma que la profundidad máxima es aquella que no ofrezca dificultades constructivas, de acuerdo al tipo de suelo y que no obligue al tendido de alcantarillas auxiliares. La profundidad máxima admisible recomendada, será de 5,0 m.

2.2.1.4.2. Cámara de inspección

Consideraciones de cámara de inspección según (RNE OS0.70, 2016, p.183):

- Los buzones de inspección se usarán cuando la profundidad sea mayor de 1.0 m sobre la clave de la tubería.
- El diámetro interior de los buzones será de 1.20 m para tuberías de hasta 800 mm de diámetro y de 1.50 m para las tuberías de hasta 1,200 mm. Para tuberías de mayor diámetro las cámaras de inspección serán de diseño especial. Los techos de los buzones contarán con una tapa de acceso de 0.60 m de diámetro.
- En los cambios de diámetro, debido a variaciones de pendiente o aumento de caudal, las buzonetas y/o buzones se diseñarán de manera tal que las tuberías coincidan en la clave, cuando el cambio sea de menor a mayor diámetro y en el fondo cuando el cambio sea de mayor a menor diámetro.



Separación máxima

Separación máxima según el (RNE OS0.70, 2016, p.184) entre las cámaras de inspección será:

- Para tuberías de 150 mm : 60 m.
- Para tuberías de 200 mm : 80 m.
- Para tuberías de 250 a 300 mm : 100 m.
- Para tuberías de mayores diámetros : 150 m

2.2.2. Condición actual de la red de alcantarillado

Según (Stein, 2001) citado por (Chávez Pullas, 2014) la determinación de la condición actual es la investigación estructural e investigación hidráulica.

Además (Chávez Pullas, 2014) sostiene que el diagnóstico de la condición actual comprende el estudio de la red tanto en su aspecto estructural, hidráulico y ambiental. (p.8)

2.2.2.1. Estado estructural de las tuberías

Considerando la condición estructural actual de la red de alcantarillado, esta puede ser evaluada de manera cualitativa o cuantitativa, ya sea a través de procesos ópticos o mediciones respectivamente (Stein D., 2001) citado por (Chávez Pullas, 2014, p.8) Además, afirma la norma colombiana (NS-058, 2010) que para verificar el estado de las tuberías debe realizarse un proceso de inspección visual, utilizando los equipos y recursos humanos adecuados. (p.5)



2.2.2.1.1. Fisura

Uno de los parámetros de medida del estado estructural de tuberías de alcantarillado es la fisura, la cual se define como: Separación superficial (cerrada) de una tubería; que no supera el 50% del espesor del tubo. (NS-058, 2010, p. 04)

2.2.2.1.2. Grietas

Las grietas son frecuentes en las tuberías de alcantarillado debido al exceso de cargas externas. Pueden provocarse de forma longitudinal o transversal, y se muestran como una línea que supera el 40% del espesor del tubo. (Villafuerte, 2021, p. 16)

2.2.2.1.3. Fractura

Se define como fractura cuando la grieta no se localiza a tiempo, pueden provocar fallas más graves como fracturas, que son separaciones en forma de línea que superan en su totalidad el espesor del tubo. (Villafuerte, 2021, p. 17)

2.2.2.1.4. Rotura o colapso

Otro de los parámetros estructurales de la tubería es el colapso, que se define como: destrucción total de la tubería. Requiere reemplazo de carácter obligatorio. (Villafuerte, 2021, p. 17)

2.2.2.1.5. Daños superficiales

a. Corrosión

Dentro de los daños superficiales, podemos encontrar, una en particular, la cual denominamos como corrosión: se originan debido al contacto de las paredes internas del tubo con los gases tóxicos originados de las aguas residuales. Se muestran con manchas



marrones y desprendimientos del material, siendo crítico en las tuberías de hormigón armado. (Villafuerte, 2021, p. 17)

b. Descascaramiento

Según la RAE dicho de una cosa levantarse o caerse su superficie o cáscara.

c. Rugosidad

Según (COON, 1998) la rugosidad es una medida de la resistencia fraccional ejercido por sobre un canal de flujo.

2.2.2.2. Comportamiento hidráulico

El comportamiento hidráulico comprende determinar la capacidad de transporte en las tuberías, velocidades excesivas y el tiempo que la tubería pasa con capacidad restringida. (Chávez Pullas, 2014, p.40)

2.2.2.2.1. Caudal

a. Coeficiente de retorno ©

El coeficiente de retorno según (Nogales Soria & Quispe Aricoma, 2009) es la relación que existe entre el caudal medio de aguas residuales domésticas y el caudal medio de agua que consume la población, además, debe ser entre el 60 % y 80 % de la dotación de agua potable (p.71). También el caudal de contribución al alcantarillado debe ser calculado con un coeficiente de retorno © del 80 % del caudal de agua potable consumida (RNE OS0.70, 2016, p. 182). Así mismo el autor (Cualla, 2000) sostiene que el coeficiente de retorno, estadísticamente fluctúa entre 65% y 85%.

Para la presente investigación se ha considerado un coeficiente de retorno del 80%.

b. Caudal de infiltración (Q_i)

Según (CEPIS, 2005, p.20) es el agua del subsuelo que ingresa a la red de alcantarillado, a través de las paredes de tuberías imperfectas, uniones de tuberías, conexiones, buzón, cajas de paso, terminales de limpieza, etc. También, el (RNE OS0.70, 2016, p.185) afirma que las infiltraciones están condicionadas por temas como el nivel de acuífero, naturaleza del subsuelo, material de tubería y tipo de junta que varía entre 0.05 a 1.00 lt/(s.km), sin embargo la normativa boliviana presenta la siguiente Tabla 1 considerando el nivel freático. Además (Vierendel, 2009, p.124) afirma que varía entre 0.2 a 0.8 lt/km/s el caudal de infiltración.

Es el agua del subsuelo que ingresa a la red de alcantarillado, a través de las paredes de tuberías imperfectas, uniones de tuberías, conexiones, buzón, cajas de paso, terminales de limpieza, etc.

Tabla 1
Caudales de Infiltración

| | 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 |

Fuente: (NB 688, 2007, p.48)

En la presente investigación para el caudal de infiltración en las tuberías se consideró según la normativa Boliviana, por la razón que este considera el nivel freático, material y tipo de unión. Por otro lado, en cuanto al caudal de infiltración por buzones, se consideró 380 lt/buzón/día. (García Trisolini, 2009, p.9)



c. Caudal por conexiones erradas (Q_e)

Son las conexiones erradas de las aguas de lluvia que se realizan por desconocimiento y conexiones ilegales. (Cualla, 2000, p.296)

El caudal por conexiones erradas puede ser del 5% al 10% del caudal máximo horario de aguas residuales (CEPIS, 2005, p.21). Asimismo, los autores (Nogales Soria & Quispe Aricoma, 2009) afirman que debe ser del 5 % al 10 % del caudal máximo horario de aguas residuales domésticas. Pero (Cualla, 2000, p.296) asevera que se puede estimar del 20% del caudal máximo horario o entre 1 y 3 lt/s.Ha.

Para la presente investigación se ha considerado el 10%, ya que muchos usuarios en la localidad de Ilave realizan sus conexiones de agua de lluvia (patios y techos) hacia la red.

d. Caudales concentrados (Q_c)

Los caudales concentrados, son aportes de conexiones no domiciliarias que presentan un gasto bastante superior al consumo familiar, son caudales correspondientes a descargas de industrias pequeñas o de centros comerciales. (CEPIS, 2005, p.21)

e. Variaciones de Consumo

Según el (RNE OS.100, 2016, p.212) considera los siguientes coeficientes:

- Máximo anual de la demanda diaria (k_1): 1.3
- Máximo anual de la demanda horaria (k_2): 1.8 a 2.5

Para la presente investigación se ha considerado el coeficiente de demanda máxima horaria (k_2) igual a 2.0.



- **Caudal medio**

Según (CEPIS, 2005, p.22) el caudal medio se determina con la siguiente formula:

$$Q_{med} = \frac{C * P * Dot}{86400}$$

Donde:

Q= Caudal medio.

C= Coeficiente de retorno.

P= Población que puede ser de acuerdo al cálculo del caudal máximo o mínimo.

Pi= Población al iniciar el funcionamiento del sistema.

Pf= Población para el alcance del proyecto.

Dot= Consumo promedio de agua, en litros por persona por día.

- **Caudal máximo horario**

$$Q_{mh} = K2 * Q_{med}$$

Donde:

Qmh = Caudal máximo horario

Qmed = Caudal medio

K2= Coeficiente de máximo anual de la demanda horaria.

- **Cauda de diseño**

Según (CEPIS, 2005, p.22) el caudal de diseño se determina con la siguiente formula:

$$Q_d = Q_{mh} + Q_i + Q_e + Q_c$$

Donde:



Q_{mh} = Caudal máximo horario.

Q_i = Caudal de infiltración.

Q_e = Caudal por conexiones erradas.

Q_c = Caudal concentrado en un punto de las redes.

2.2.2.2.2. Pendiente

Según (CEPIS, 2005) afirma que el diseño usual del alcantarillado convencional, considera que la pendiente mínima que tendrá una alcantarilla viene dada por el declive de la tubería con la cual se logrará mantener la velocidad mínima de 0,6 m/s, trasladando el caudal máximo con un nivel de agua del 75% (0,75 D) del diámetro.

La pendiente mínima de las redes simplificadas y condominales, deberá calcularse para una tensión tractiva media mínima de $\tau=1$ Pa y para un coeficiente de Manning de 0.013, la relación aproximada que satisface esta condición, de acuerdo a la norma brasileña de alcantarillado, es la siguiente:

$$S_{min} = 0.0055Q_i^{-0.47}$$

Donde:

S_{min} = Pendiente (m/m)

Q_i = Flujo máximo de diseño (l/s)

2.2.2.2.3. Velocidad

Según (RNE OS0.70, 2016) la expresión recomendada para el cálculo hidráulico es la Fórmula de Manning. (p.182)

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



Donde:

V= Velocidad (m/s)

n = Coeficiente de rugosidad (adimensional)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente (m/m)

Tabla 2

Coeficientes de rugosidad (n)

| Tipo de tubería | N |
|-----------------------------|-------|
| Concreto, cemento liso | 0.013 |
| Policloruro de vinilo (PVC) | 0.010 |
| Acero | 0.015 |
| Polietileno | 0.010 |

Fuente: (CEPIS, 2005)

Tabla 3

Coeficiente de rugosidad en laboratorio y campo

| Autor | Material | D (pulg) | Resultado | Tipo de estudio |
|-------------------------|----------|----------|-----------------------|-----------------|
| Straub et al. (1960) | Concreto | 24 | n = 0,01094 - 0,0116 | Laboratorio |
| | | 36 | n = 0,01083 - 0,01166 | |
| Tullis, P. (1986) | Concreto | 12 | n = 0,0098 - 0,0102 | Laboratorio |
| | | 8 y 18 | n = 0,0099 - 0,0103 | |
| | | 18 | n = 0,0082 - 0,0090 | |
| | PVC | 9 | n = 0,0097 - 0,0100 | |
| | | 10 | n = 0,0098 - 0,0102 | |
| Bishop y Jeppson | PVC | 18 | n = 0,0097 - 0,0103 | Campo |
| | | 8 | n = 0,0088 ± 0,0006 | |
| Gerard R. et al. (1986) | PVC | 8 | n = 0,018 | Campo |
| | | 10 | n = 0,019 | |
| | | 12 | n = 0,017 | |
| | Concreto | 8 | n = 0,018 | |
| | | 10 | n = 0,016 | |
| | | 12 | n = 0,018 | |

Fuente: Fisher C. (2004) citado por (Torres, Zarruk Serrano, & Lara Borrero, 2009, 86)

Según los autores (Torres, Zarruk Serrano, & Lara Borrero, 2009) que realizaron su investigación en alcantarillado en funcionamiento, obtuvieron que el coeficiente de Manning es 0.009, 0.0198 en PVC y concreto respectivamente.

En la presente investigación se ha utilizado como coeficientes de rugosidad de Manning de 0.01 y 0.018 en PVC y concreto simple normalizado respectivamente.

a. Velocidad mínima

La velocidad mínima según Waring Jr. (1879) citado por (Núñez Rivadeneira, Ullauri, & Barzola Montes, 2018) en su libro Alcantarillado y desagüe de tierras, considera que la velocidad mínima no debe ser menor a 0.45 o 0.5m/s en las tuberías de alcantarillado sanitario. (p.90)

Sin embargo (Cualla, 2000) afirma que la velocidad mínima de 0.6 m/s (p.279), además (Vierendel, 2009) coinciden en que la velocidad mínima es de 0.6 m/s para flujo correspondientes al 50% de caudal máximo. (p.124)

b. Velocidad máxima

En su libro (Cualla, 2000) afirma que la velocidad máxima no debe sobrepasar el límite de 5.0 m/s. En la *Tabla 4* se muestra la velocidad máxima que es dependiente del material de la tubería.

Tabla 4
Velocidad Máxima

| Material | Velocidad máxima (m/s) |
|-----------------------|-------------------------------|
| Cerámica vitrificada | 5 |
| Asbesto cemento y PVC | 3 |
| Fofo o acero | 3 |
| Concreto | 3 |

Fuente. (Vierendel, 2009, p.125)



2.2.2.2.4. *Tensión tractiva*

Según (Nogales Soria & Quispe Aricoma, 2009) es la fuerza de arrastre que representa un valor medio de la tensión a lo largo del perímetro mojado de la sección transversal estimada (p.150). Además, en cuanto a la tensión tractiva, (CEPIS, 2005) sostiene que es la fuerza tangencial por unidad de área mojada ejercida por el flujo de aguas residuales sobre un colector y en consecuencia sobre el material depositado. También, el (RNE OS0.70, 2016) sostiene que, es el esfuerzo tangencial unitario asociado al escurrimiento por gravedad en la tubería de alcantarillado, ejercido por el líquido sobre el material depositado. (p.182)

El valor de tensión tractiva mínima según (SEDAPAL, 2005, p.24) y (RNE OS0.70, 2016, p.182) es de 1 Pa. Por otro lado, existen otros valores como se aprecia en la tabla 5. Para determinar la tensión tractiva se usa la siguiente formula:

$$\tau = \rho * g * R * S$$

Donde:

τ = Tensión tractiva (N/m², pa)

ρ = Densidad del flujo (kg/m³)

g = Gravedad (m/s²)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente (m/m)

Tabla 5

Tensión tractiva mínima por diferentes autores

| Autor | Tensión tractiva |
|--------------|-------------------------|
| Gustatsson | 1.0-1.5 |
| Schultz | 1.5-2.0 |
| Lynse | 2.0-3.9 |
| Paintal | 3.9 |
| Yao | 1.0-2.0 |
| Mara | 1.5 |

Fuente: Universidad de Sao Paulo (s.f.) citado por (Machado Medina, 2021, p.71)

En la presente investigación se consideró la tensión tractiva mínima de 1 Pa de acuerdo al RNE.

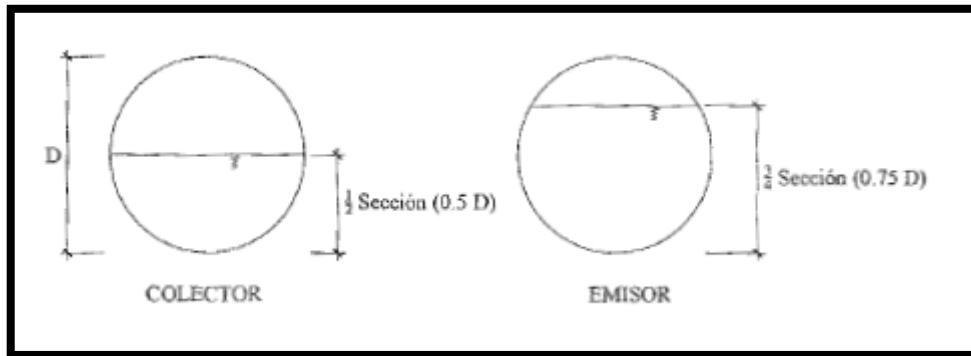
2.2.2.2.5. Relación tirante sobre diámetro (H/D)

Según (RNE OS0.70, 2016) la relación tirante sobre diámetro debe ser siempre calculada considerando un régimen de flujo uniforme y permanente, siendo el valor máximo para el caudal final (Q_f), igual o inferior a 75% del diámetro del colector (p.182).

Además, (Vierendel, 2009, p.126) afirma que la relación tirante sobre diámetro (H/D) en los colectores deben ser al 50% y en líneas emisoras al 75%, como se aprecia en la Figura 3.

Figura 3

Relación tirante sobre diámetro en colector y emisor



Fuente: (Vierendel, 2009, p.126)

En la presente investigación se ha considerado la relación tirante sobre diámetro menor igual al 75%.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de enfoque cuantitativo. Además, según la finalidad, es aplicada de nivel descriptivo, transeccional o transversal, de diseño no experimental.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

Para Hernández (2014), una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones (p. 174). Para el presente estudio, la población, está conformado por el sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Ilave, que comprende 85 700.20 metros de tubería, de diámetro nominal que varía de 160mm a 350mm.

3.2.2. Muestra

La muestra es no probabilística por conveniencia, según Carrasco (2005) considera que el investigador selecciona sobre la base de su propio criterio las unidades de análisis. (p. 243)

En el presente trabajo de investigación, la muestra está conformada por la red principal de alcantarillado sanitario, que consta de tres colectores principales con una longitud total de 7 767.6 metros.

3.3. TÉCNICA E INSTRUMENTO

La técnica que se utilizó es la observación, según Nuñez (2008) sostiene que es el registro sistemático y válido de datos e informaciones de los hechos observados. Los instrumentos utilizados son la información documental proporcionada por parte de UGASS-Ilave, el robot EJ-2021, las fichas técnicas de inspección (anexo: 4) y los equipos topográficos.

3.4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

La red principal de alcantarillado sanitario en estudio, se encuentra ubicado en la región Puno, provincia El Collao, distrito Ilave, localidad de Ilave. Como se aprecia en la figura 4, además se presentan las coordenadas UTM del centro de la localidad en la Tabla 6.

Tabla 6

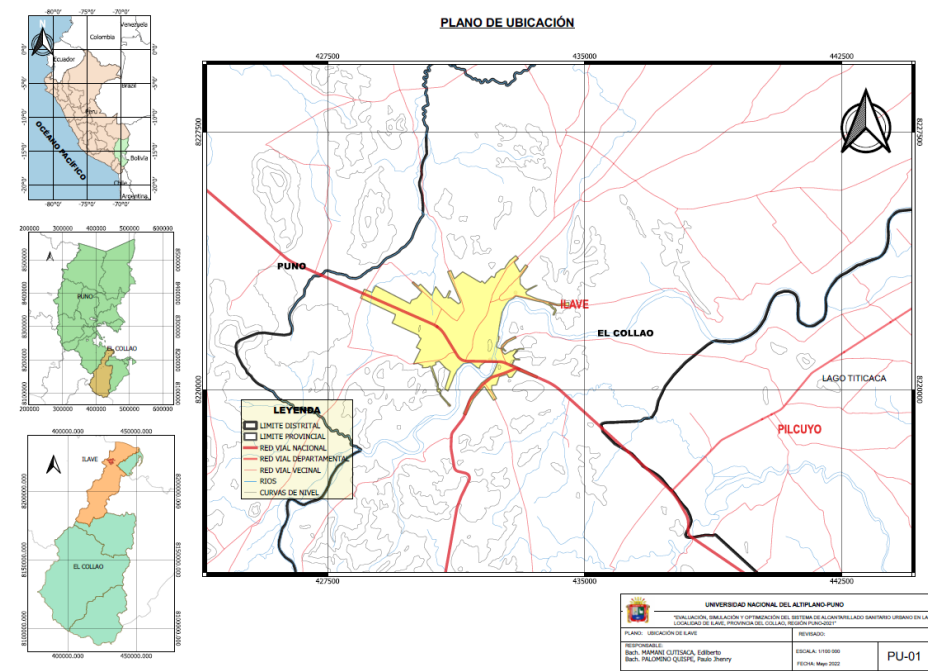
Coordenadas UTM de la localidad de Ilave

| COORDENADAS UTM: ZONA 19 South | | | |
|---------------------------------------|--------------|-------------|-----------------------|
| Descripción del sitio | Norte | Este | Altura geoidal |
| Localidad de Ilave | 8221747.038 | 431875.737 | 3889.56 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 4

Ubicación de la localidad de Ilave



Fuente: Elaboración propia

El esquema hidráulico existente de la localidad de Ilave se presenta en el anexo: 08 (plano ALC-GEN-02), que consta de los siguientes componentes dos lagunas de oxidación, cinco estaciones de bombeo de agua residual (EBAR) y redes de alcantarillado sanitario.

En la localidad de Ilave se tiene siete áreas de drenaje que se aprecia en el anexo:08 (plano ALC-GEN-01), los colectores principales Perú BIRF, Caymahui y Santa Rosa pertenecen a las áreas de drenaje 01, 03 y 04 respectivamente.

Las vías intervenidas y la identificación de las características geométricas de la red principal, se detallan en la Figura 5, Tabla 7, Tabla 8 y el anexo:08.



Tabla 7

Coordenadas UTM de inicio y fin de los colectores principales alcantarillado

| COORDENADAS UTM: ZONA 19 South | | | | |
|---------------------------------------|----------------|--------------|-------------|-----------------------|
| Colector | | Norte | Este | Altura Geoidal |
| Caymahui | Inicio (Buzón) | 8220789.613 | 430271.720 | 3834.01 |
| | Fin (EBAR) | 430587.511 | 431287.983 | 3839.36 |
| Perú BIRF | Inicio (Buzón) | 8221695.31 | 431287.983 | 3839.36 |
| | Fin (EBAR) | 8222473.897 | 432672.346 | 3825.10 |
| Santa Rosa | Inicio (Buzón) | 8222104.918 | 431620.712 | 3839.05 |
| | Fin (PTAR) | 8222820.175 | 432979.931 | 3828.01 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8

Calles intervenidas en la red principal

| Colector | Calles intervenidas |
|-----------------|---|
| Caymahui | Inicia con Jr. Sin nombre 2, Sin nombre 4, Av. Floral, Jr. Los pinos, los olivos, Av. Héroes de Cenepa y Jr. Los olivos. |
| Perú BIRF | Inicia con Jr. El Collao, Av. Jesús, Av. Panamericana, Jr. San Sebastián, Jr. 28 de Julio, Av. Ejército, Jr. Alberto Andrade y Av. Alberto Andrade. |
| Santa Rosa | Inicia con Av. América, Av. 200 Millas, Jr. 9 de Octubre, Jr. Laycacota, Jr. 3 de May, Av. La República, Av. Enrique Gallegos, Jr. El Altiplano, Av. Atahualpa, Jr. Perú BIRF y Jr. Anicho. |

Fuente: elaboración propia

Figura 5

Ubicación de los tres colectores principales



Fuente: Google Earth

3.5. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

En la presente investigación el tiempo de estudio es transeccional o transversal porque se llevó a cabo en un tiempo único. La recolección de datos se realizó en el mes de diciembre del 2021.

3.6. MATERIALES Y EQUIPOS

3.6.1. Equipos Utilizados

a. De protección personal

Los equipos de protección personal que se usaron en las inspecciones televisivas son:

- 02 overoles
- 02 mascarillas
- Guantes quirúrgicos

- Sombreros
- Equipos para la evaluación
- Pico grande

b. Instrumento para Inspección de tuberías

Se utilizó el equipo robot EJ-2021 elaborado por el bachiller Royher Yerson Chura Valdez egresado de carrera de Ingeniería en Energías Renovables de la Universidad Nacional de Juliaca, que consta de:

- Robot EJ-2021.
- Cámara fotográfica acuática modelo DJI OSMO ACTION, transmite el video por WiFi.
- Cable de batería de 60 metros de longitud.
- Batería de 12V 18^a.
- Control remoto de Robot.
- Monitor para recibir el video de la cámara.
- Linternas led.

Figura 6

Robot EJ-2021



Fuente: Elaboración propia



c. Ficha técnica de observación

La ficha técnica de observación, fue elaborada tomando como referencia la norma colombiana NS-058, que considera la inspección de una red para la revisión del estado estructural de las mismas, con el fin de evaluar fisuras, grietas, deterioros, obstrucciones, conexiones clandestinas y otras alteraciones en las redes o estructuras, utilizando para ello métodos y equipos aprobados por la E.A.A.B (Empresa de Acueductos y Alcantarillado de Bogotá).

También se realizó la aprobación de la ficha técnica de observación por parte de tres expertos en el área, para su valides.



| | | ANEXO N.º | | | |
|---|----------------------------|--|--------------------------------|------------------------------------|---|
| PROYECTO DE TESIS: | | | | | |
| FACULTAD : | | | No. Registro: | | |
| ESCUELA : | | | FECHA: | | |
| INSPECCIÓN TELEVISIVA | | | | | |
| DATOS DEL TRAMO A INSPECCIONAR: | | | | | |
| ÁREA DE DRENAJE | | LÁMINA DE REFERENCIA | | TRAMO N° | |
| UBICACIÓN: | | | | | |
| Bz. Ag. ARRIBA: | | Bz. Ag. ABAJO: | | LONGITUD TUBERÍA: | |
| ALT. Bz. Ag. ARRIBA(m): | | ALTURA Bz. Ag. Abajo(m): | | MATERIAL TUBERÍA EXISTENTE: | |
| DIÁMETRO TUBERÍA (mm): | | TIPO DE VÍA: | | ESTADO: | |
| DATOS DE LA INSPECCIÓN REALIZADA | | | | | |
| LONGITUD INSPECCIONADA: | | | NIVEL DEL FLUJO: | | |
| SENTIDO DE INSPECCIÓN REALIZADA: | | | PRESENTA SEDIMENTACIÓN: | | |
| INFORME DE UBICACIÓN | | | | | |
| INFORME DE ANOMALÍAS | | | | | |
| ITEM | DIMENSIÓN | INDICADOR | | CALIFICACIÓN | ÍNDICE |
| 1 | FISURA/GRIETA/ FRACTURA | Fisura: Separación superficial <=50%. | | | BUENO (menor a 6) REGULAR (6-14) MALO (Mayor igual a 14) |
| 2 | | Grieta: Separación superficial <50%y<100% | | | |
| 3 | | Fractura: Rotura >= 100% | | | |
| 4 | ROTURA O COLAPSO | Hueco, abertura o partes ausentes en la pared de la tubería. | | | |
| 5 | | Pérdida completa de la integridad de la estructura | | | |
| 6 | DAÑOS SUPERFICIALES | Corrosión | | | |
| 7 | | Descascaramiento | | | |
| 8 | | Rugosidad | | | |
| 9 | | Agregado visible | | | |
| 10 | | Agregado saliendo de la superficie | | | |
| | | TOTAL | | | |

Formato N.º 01: Ficha técnica de observación para tuberías.

3.6.2. Reconocimiento del software SewerCAD

3.6.2.1. Funcionamiento del programa

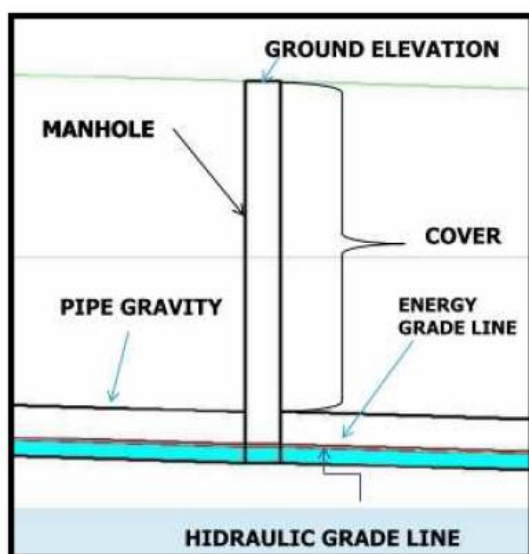
El programa SewerCAD utiliza para su procesamiento de la información dos opciones de cálculo, la primera es por el principio de flujo gradualmente variado y la segunda interviene los algoritmos de capacidad de análisis. (Alarcón Barrera, 2008)

3.6.2.2. Principales elementos del programa Sewercad

- **Ground elevation.-** Cota de terreno o cota de tapa del buzón.
- **Cover.-** Es la profundidad, recubrimiento de cota terreno a la clave de tubería.
- **Manhole. -** Buzón o cámara de inspección.
- **Pipe gravity.-** Tubería que funciona a gravedad.
- **Energy grade line. -** Línea que muestra el gradiente de energía.
- **Hydraulic grade line. -** Línea que muestra el flujo.

Figura 7

Principales elementos del software Sewercad



Fuente: (Alarcón Barrera, 2008)

3.6.2.3. *Funcionamiento del programa*

La secuencia que se ha tenido para simular los colectores fue según el siguiente gráfico:

Figura 8

Metodología y utilización del software SewerCAD

| METODOLOGÍA Y UTILIZACIÓN | |
|---|--|
| MODELO | Creación de nuevo proyecto Guardado y etiquetado |
| UNIDADES Y OPCIONES DE DIBUJO | Unidades en el sistema internacional SI Escalas de dibujo, texto y detalles. |
| DEFINICIÓN DE PROTOTIPOS | Tuberías (Conduit) Cajas de revisión (Manhole) Importar librerías |
| CATÁLOGO DE COLECTORES | Definir propiedades físicas (concreto, PVC) |
| TRAZADO | |
| REFERENCIA Y DIBUJO | Importar trazado guía desde AutoCAD en formato DXF Dibujar cajas de revisión y tubería en relación a la referencia implantada |
| PROPIEDADES DE ANÁLISIS Y DISEÑO | |
| TUBERÍAS (CONDUIT) | Diámetros Tipo de material (PVC) |
| CAJAS DE REVISIÓN (MANHOLE) | Diámetros Cotas de terreno (tapa) Cotas de invert (fondo) |
| CARGAS DE APORTACIÓN | Caudales en Manhole (buzones) |
| EVALUACIÓN HIDRÁULICA | |
| SIMULACIÓN | Verificación de datos ingresados Validación de la información Calcular |
| VALIDACIÓN DE RESULTADOS | |
| REPORTE EN TUBERÍAS (CONDUIT) | Velocidades Capacidad hidráulica Fuerza tractiva |
| CREACIÓN DE PERFILES | Tuberías, cajas, de revisión y flujo |
| VALIDACIÓN | Velocidad, capacidad hidráulica, fuerza tractiva. |

Fuente: (Doroteo Calderón, 2017)



3.7. PROCEDIMIENTO

3.7.1. Investigación en campo

a. Información proporcionada por UGASS

La Unidad de Gestión Administrativa de Servicios de Saneamiento (UGASS - Ilave), nos proporcionó la siguiente información:

- Números de usuarios de la localidad de Ilave (9883 conexiones).
- Planos del sistema de alcantarillado sanitario existente de la localidad de Ilave.

b. Información proporcionada por la municipalidad.

De la municipalidad provincial de El Collao se obtuvieron los siguientes datos:

- Densidad poblacional
- Puntos geodésicos

c. Inspección televisiva para determinar el estado estructural de tuberías

Para el desarrollo de esta tarea, fue necesario concebir una técnica de investigación, prever instrumentos de recolección de datos y realizar una programación de visitas de campo.

- Procedimiento

Para la recolección de datos se realizó la delimitación de la zona de trabajo en el plano de ubicación de la red principal de alcantarillado sanitario que se adjunta en el anexo:08 (ALC-GEN-04). Posteriormente de acuerdo al cronograma de trabajo previamente establecido, se dirigió a la zona de estudio con los equipos de protección personal y el instrumento de inspección televisiva; en el lugar se ubica un tramo de la red,

donde se procede a abrir la tapa de los buzones en cada uno de los extremos, esperando de 20 a 30 minutos para su ventilación, seguidamente se realizó el ingreso a uno de ellos conjuntamente con el equipo robot EJ-2021 previamente preparado, por último se realizó la inspección con el equipo a lo largo de todo el tramo de tubería. Obtuvo como resultado un video con el cual se determinó el estado estructural de la tubería.

Además, se recogió la información de las características de la tubería (diámetro, material, etc.) y la profundidad de los buzones.

d. Nivelación topográfica

En el presente trabajo de investigación se realizó la nivelación geométrica cerrada para obtener las cotas tapa de cada uno de los buzones de la red principal de alcantarillado sanitario, para ello se utilizaron dos puntos geodésicos, que se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9

Coordenadas U.T.M. WGS84-Puntos de Control Geodésico

| FICHA | PCG | PCG | COORDENADAS U.T.M. | | COTA |
|-------|----------------|--------------|--------------------|------------|---------------|
| | Código Interno | Código IGN | NORTE | ESTE | ORTO MÉTRIC A |
| 01 | MCI-005 | PUN0500 6 | 8221407.35 1 | 432224.830 | 3871.725 |
| 02 | MCI-006 | PUN0500 7 | 8222419.09 4 | 430154.653 | 3833.113 |

Fuente: UGASS – Ilave

Las características topográficas de las calles de la localidad de Ilave son de terreno plano con pendientes transversales al eje de la vía menores o iguales al 7% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores al 3%.



- **Nivelación topográfica colector principal “PERÚ BIRF”**

El colector principal “Perú BIRF” cuenta con 49 buzones existentes, el estudio de nivelación topográfica inicia en el punto geodésico “MCI-005, PUN05006” ubicado en el cerro Santa Barbara de la localidad de Ilave, y finaliza en la estación de bombeo de agua residual “Perú BIRF”, en el trabajo de campo se realizó 61 estaciones del equipo topográfico (nivel de ingeniero) obteniéndose de esta forma las cotas tapa de los buzones existentes, los resultados de la nivelación se muestran en el anexo:7.

- **Nivelación topográfica colector principal “Caymahui”**

El colector principal “Caymahui” cuenta con 44 buzones existentes, el estudio de nivelación topográfica inicia en el punto geodésico “MCI-006, PUN05007” ubicado en el Parque del Niño y finaliza en la estación de bombeo de agua residual “Caymahui”, en el trabajo de campo fueron necesarios 19 estaciones del equipo topográfico, obteniéndose de esta forma las cotas tapa de los buzones existentes, los resultados de la nivelación se muestran en el anexo:7.

- **Nivelación topográfica colector principal “Santa Rosa”**

El colector principal “Santa Rosa” cuenta con 28 buzones existentes, el estudio de nivelación topográfica inicia en el punto de control “AD01-Bz:49” ubicado en las coordenadas UTM, E:432641.100; N:8222404.224; Z:3825.690 y finaliza en la laguna de oxidación Chojojahuira, en el trabajo de campo fueron necesarios 18 estaciones del equipo topográfico, obteniéndose de esta forma las cotas tapa de los buzones existentes, los resultados de la nivelación se muestran en el anexo:7.

3.7.2. Investigación en Gabinete

3.7.2.1. *Determinación del estado estructural de la red principal*

Para determinar el estado estructural de las tuberías, de la red principal de alcantarillado sanitario en la localidad de Ilave, se realizaron los siguientes procesos de análisis y cuantificación de los datos acopiados a través de las inspecciones televisadas ejecutadas en campo.

3.7.2.1.1. *Método de análisis de información*

El método de análisis de la información, de las inspecciones televisadas se realizó mediante 10 indicadores que se aprecia en la Tabla 10, estos serán calificadas de acuerdo a la severidad de daños que presenten, posteriormente se realizó la suma total de las calificaciones, el cual indica en qué estado estructural se encuentra la tubería.

El desarrollo de la determinación del estado estructural de las tuberías de la red principal de alcantarillado sanitario se encuentra en el anexo:04.

Tabla 10

Indicadores, calificación e índices de medida de las inspecciones televisivas

| Indicadores | Calificación | Índice o unidad de medida |
|---|---------------|----------------------------|
| 1. Fisura: Separación superficial $\leq 50\%$. | 1 | BUENO (menor a 6) |
| 2. Grieta: Separación superficial $< 50\%$ y $< 100\%$ | 2 | |
| 3. Fractura: Rotura $\geq 100\%$ | 3 | |
| 4. Hueco, abertura o partes ausentes en la pared de la tubería. | 5 | REGULAR (6-14) |
| 5. Pérdida completa de la integridad de la estructura. | 10 | |
| 6. Corrosión | No presenta:0 | MALO (Mayor igual a 14) |
| 7. Descascaramiento | Leve:1 | |
| 8. Rugosidad | Moderada:2 | |
| 9. Agregado visible | Alta:3 | |
| 10. Agregado saliendo de la superficie | | |

Fuente: Elaboración propia

3.7.2.2. Análisis del comportamiento hidráulico

3.7.2.2.1. Determinación de la población existente y futura

Para obtener la población futura, se utilizó la información proporcionada por Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y de la Unidad de Gestión Administrativa de Servicios de Saneamiento (UGASS-Ilave), quien nos proporcionó el número de usuarios (9 883 conexiones) al año 2020 y la densidad poblacional (3.19 hab./viv).

a. Método aritmético

Este método se emplea cuando la población se encuentra en franco crecimiento. (Vierendel, 2009, p.11).

$$P = P_0 + r(t - t_0)$$

Donde:

P = Población a calcular

P_0 = Población inicial

r = Razón de crecimiento

t = Tiempo futuro

t_0 = Tiempo inicial

Tabla 11

Cálculo de razón de crecimiento por método aritmético

| CENSO | POBLACIÓN | r |
|-------|-----------|--------|
| 1951 | 4 278 | |
| 1972 | 6 379 | 100.05 |
| 1981 | 10 334 | 439.44 |
| 1993 | 14 253 | 326.58 |



| | | |
|-------------|-----------|--------|
| 2007 | 22 153 | 564.29 |
| 2017 | 21 838 | -31.50 |
| | PROMEDIO= | 279.77 |

Fuente: INEI

b. Método geométrico

La población crece en forma semejante a un capital puesto a un interés compuesto.

(Vierendel, 2009, p15)

$$P = P_0 * r^{(t-t_0)}$$

$$r = \sqrt[t_{i+1}-t]{\frac{P_{i+1}}{P_i}}$$

Donde:

P = Población a calcular

P_0 = Población inicial

r = factor de cambio de las poblaciones

t = Tiempo en que se calcula la población

t_0 = Tiempo final

Tabla 12

Cálculo de razón de crecimiento por método geométrico

| CENSO | POBLACIÓN | r |
|--------------|------------------|----------|
| 1951 | 4 278 | |
| 1972 | 6 379 | 1.02 |
| 1981 | 10 334 | 1.06 |
| 1993 | 14 253 | 1.03 |
| 2007 | 22 153 | 1.03 |
| 2017 | 21 838 | 1.00 |
| | PROMEDIO= | 1.03 |

Fuente: Elaboración propia

c. Método logarítmico

$$Pf = Puc * e^{k(Tf - Tcu)}$$

$$K = \frac{\ln(Pu) - \ln(Pci)}{Tcu - Tci}$$

Donde:

Puc = Población del último censo

Pci = Población del censo inicial

K = tasa de crecimiento promedio

Tci = Año del censo inicial

Tcu = Año del último censo

Tabla 13

Cálculo de tasa de crecimiento promedio por método logarítmico

| CENSO | POBLACIÓN | r |
|-------|-----------|------|
| 1951 | 4 278 | |
| 1972 | 6 379 | 0.02 |
| 1981 | 10 334 | 0.05 |
| 1993 | 14 253 | 0.03 |
| 2007 | 22 153 | 0.03 |
| 2017 | 21 838 | 0.00 |
| | PROMEDIO= | 0.03 |

Fuente: Elaboración propia

d. Método Wappus

$$Pf = Pci * \left[\frac{200 + i(Tf - Tci)}{200 - i(Tf - Tci)} \right]$$

$$i = \frac{200 * (Puc - Pci)}{(Tcu - Tci)(Puc + Pci)}$$

Donde:

Puc = Población del último censo

Pci = Población del censo inicial

i = tasa de crecimiento en %



Tci= Año del censo inicial

Tcu= Año del último censo

Tf= Año futuro

Tabla 14

Cálculo de tasa de crecimiento promedio por método Wappus.

| CENSO | POBLACIÓN | r |
|--------------|------------------|----------|
| 1951 | 4 278 | |
| 1972 | 6 379 | 0.02 |
| 1981 | 10 334 | 0.05 |
| 1993 | 14 253 | 0.03 |
| 2007 | 22 153 | 0.03 |
| 2017 | 21 838 | 0.00 |
| | PROMEDIO= | 0.03 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15

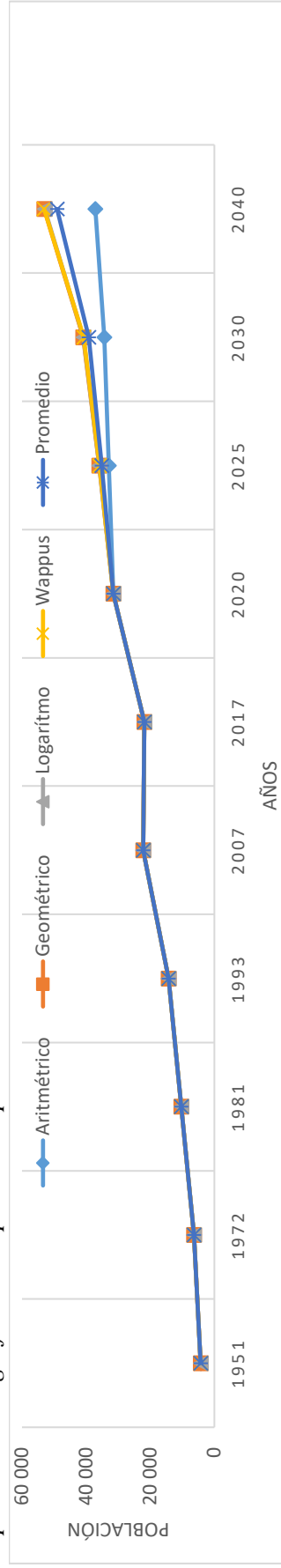
Población proyectada por varios métodos y promedios

| Método | Año | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1951 | 1972 | 1981 | 1993 | 2007 | 2017 | 2020 | 2025 | 2030 | 2040 |
| Aritmético | 4 278 | 6 379 | 10 334 | 14 253 | 22 153 | 21 838 | 31 527 | 32 926 | 34 325 | 37 122 |
| Geométrico | 4 278 | 6 379 | 10 334 | 14 253 | 22 153 | 21 838 | 31 527 | 35 914 | 40 912 | 53 090 |
| Logaritmo | 4 278 | 6 379 | 10 334 | 14 253 | 22 153 | 21 838 | 31 527 | 35 886 | 40 847 | 52 921 |
| Wappus | 4 278 | 6 379 | 10 334 | 14 253 | 22 153 | 21 838 | 31 527 | 35 820 | 40 741 | 53 108 |
| Promedio | 4 278 | 6 379 | 10 334 | 14 253 | 22 153 | 21 838 | 31 527 | 35 136 | 39 206 | 49 061 |

Fuente: elaboración propia

Figura 9

Representación gráfica de la población por varios métodos



Fuente: Elaboración propia

La población actual al año cero (2020) es de 31 527 habitantes y para la población futura al año 20 (2040) se consideró el promedio de los cuatro métodos analizados, obteniendo 49 061 habitantes.

3.7.2.2.2. Determinación de caudales para el año cero (2020)

a. Caudal máximo horario

$$Q_{med} = \frac{C * P * Dot}{86400}$$

$$Q_{med} = 35.03 \text{ l/s}$$

$$Q_{mh} = K * Q_{med}$$

$$Q_{mh} = 70.06 \text{ l/s}$$

Donde:

Q_{mh}= Caudal máximo horario

K= Coeficiente de flujo máximo (K=2) fuente RNE OS.100

b. Caudal de infiltración (Q_i)

El colector principal Perú BIRF, Caymahui y Santa Rosa pertenecen a las áreas de drenaje 01, 03 y 04 respectivamente.

Tabla 16

Longitud total de tuberías y números de buzones de localidad de Ilave

| ÁREAS DE DRENAJE | Longitud total de red (m) | Número de Buzones de la red (und) |
|------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| AD-01 | 28,008.50 | 528 |
| AD-02 | 16,027.00 | 296 |
| AD-03 | 14,346.40 | 291 |
| AD-04 | 21,618.30 | 394 |
| AD-05 | 1,067.50 | 22 |
| AD-06 | 2,356.50 | 48 |
| AD-07 | 2,276.00 | 42 |
| Total | 85,700.20 | 1,621.00 |

Fuente: Elaboración propia



$$Q1 = kt * L$$

$$Q2 = kb * B$$

$$Q1 = 8.57 \text{ l/s}$$

$$Q2 = 7.13 \text{ l/s}$$

Donde:

Q1= Caudal de infiltración en las tuberías

Q2= Caudal de infiltración en buzones

kt= Tasa de contribución en tuberías (0.1 l/s/Km)

kb= Tasa de contribución en buzón (380 l/buz/día)

L= Longitud de tubería (km)

B= Numero de buzones (und)

c. Caudal por conexiones erradas (Qe)

$$Qe = 0.1 * Qmh$$

$$Qe = 7.006 \text{ l/s}$$

d. Caudal de diseño

$$Qd = Qmh + Qi + Qe$$

$$Qd = 92.77 \text{ l/s}$$

Tabla 17

Caudales en año cero (2020) por áreas de drenaje

| ÁREAS DE DRENAJE | Longitud total de red (m) | Caudal (L/s) | % |
|---------------------------------|--|-------------------------|---------------|
| AD-01 | 28,008.50 | 44.33 | 32.69 |
| AD-02 | 16,027.00 | 25.36 | 18.70 |
| AD-03 | 14,346.40 | 22.70 | 16.74 |
| AD-04 | 21,618.30 | 34.21 | 25.22 |
| AD-05 | 1,067.50 | 1.69 | 1.25 |
| AD-06 | 2,356.50 | 3.73 | 2.75 |
| AD-07 | 2,276.00 | 3.60 | 2.65 |
| | 85,700.20 | 135.62 | 100.00 |

Fuente: Elaboración propia

3.7.2.2.3. Determinación de caudales para año 20 (2040)

a. Caudal máximo horario

Determinación del caudal promedio:

$$Q_{med} = \frac{C * P * Dot}{86400}$$

$$Q_{med} = 54.51 \text{ l/s}$$

Determinación del caudal máximo horario:

$$Q_{mh} = K * Q_{med}$$

$$Q_{mh} = 109.02 \text{ l/s}$$



b. Caudal de infiltración (Q_i)

Tabla 18

Longitud total de tuberías y números de buzones en llave

| ÁREAS DE DRENAJE | Longitud total de red (m) | Número de Buzones de la red (und) |
|------------------------|------------------------------|---|
| AD-01 | 28,008.50 | 528 |
| AD-02 | 16,027.00 | 296 |
| AD-03 | 14,346.40 | 291 |
| AD-04 | 21,618.30 | 394 |
| AD-05 | 1,067.50 | 22 |
| AD-06 | 2,356.50 | 48 |
| AD-07 | 2,276.00 | 42 |
| Total | 85,700.20 | 1,621.00 |

Fuente: Elaboración propia

$$Q_1 = kt * L$$

$$Q_2 = kb * B$$

$$Q_1 = 8.57 \text{ l/s}$$

$$Q_2 = 7.13 \text{ l/s}$$

c. Caudal de conexión erradas (Q_e)

$$Q_e = 0.1 * Q_{mh}$$

$$Q_e = 10.90 \text{ l/s}$$

d. Caudal de diseño

$$Q_d = Q_{mh} + Q_i + Q_e$$

$$Q_d = 135.62 \text{ l/s}$$

$$Q_u = \frac{Q_{mh}}{L}$$



Tabla 19

Caudales en el año 20 (2040) por áreas de drenaje

| ÁREAS DE DRENAJE | Longitud total de red (m) | Caudal (L/s) | % |
|---------------------------------|--|-------------------------|---------------|
| AD-01 | 28,008.50 | 44.33 | 32.69 |
| AD-02 | 16,027.00 | 25.36 | 18.70 |
| AD-03 | 14,346.40 | 22.70 | 16.74 |
| AD-04 | 21,618.30 | 34.21 | 25.22 |
| AD-05 | 1,067.50 | 1.69 | 1.25 |
| AD-06 | 2,356.50 | 3.73 | 2.75 |
| AD-07 | 2,276.00 | 3.60 | 2.65 |
| | 85,700.20 | 135.62 | 100.00 |

Fuente: Elaboración propia

3.7.2.2.4. Simulación en el software SewerCAD

a. Trazado de buzones

A través de los planos obtenidos de parte de la municipalidad provincial de El Collao Ilave se realizaron los trazos de la red principal de alcantarillado sanitario en el software SewerCAD.

Figura 10

Plano de redes de alcantarillado existente de la localidad de Ilave



Fuente: UGGAS-Ilave

b. Caudales en buzones

Para cargar los caudales al programa, se realizó mediante el método de polígonos de Thiessen en el software SewerCAD como se aprecia en la **Figura 11**. Posteriormente con el programa ArcGIS se genera los caudales aportantes en los buzones.

Asimismo, se tomó en cuenta los aportes de caudales de las áreas de drenaje circundantes al colector en estudio. De acuerdo a lo mencionado anteriormente se sabe que el colector principal Perú BIRF tiene el aporte de caudales de dos áreas de drenaje (AD-05 y AD-06) y el colector principal Santa Rosa tiene el aporte de caudales de tres áreas de drenaje (AD-01, AD-02 y AD-03), como se aprecia en la **Tabla 20**.

Figura 11

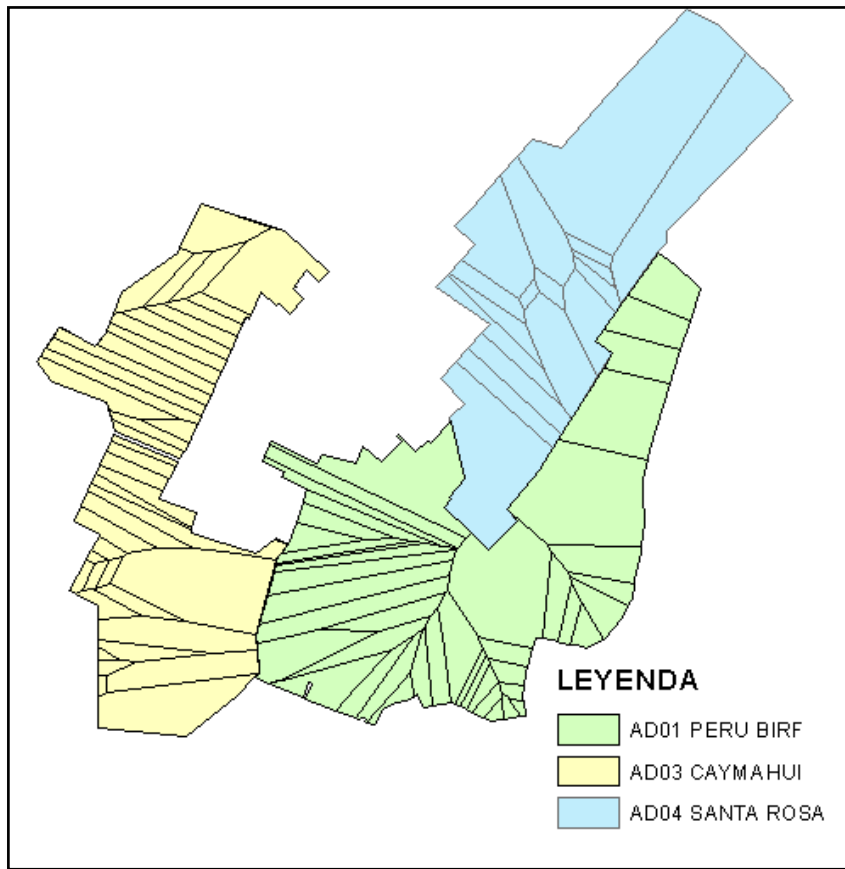
Polígonos de Thiessen de los colectores de la red principal



Fuente: elaboración propia

Figura 12

Áreas de drenaje de cada buzón para realizar el aporte de caudales en Arcmap



Fuente: elaboración propia

Tabla 20

Aportes de caudales por bombeo a áreas de drenaje año 0

| Áreas de drenaje | Nombre | Caudal (L/s) | % | Aportantes | Caudal en EBAR (l/s) | Buzón donde Aportan |
|------------------|---------------|--------------|---------------|------------------|----------------------|---------------------------------|
| AD-01 | PERU BIRF | 30.32 | 32.68 | AD05, AD06 | 34.03 | AD01-Bz36, AD01-Bz16 |
| AD-02 | SAN FRANCISCO | 17.35 | 18.70 | - | 17.35 | - |
| AD-03 | CAYMAHUI | 15.53 | 16.74 | - | 15.53 | - |
| AD-04 | SANTA ROSA | 23.40 | 25.22 | AD01, AD02, AD03 | 90.31 | AD04-Bz01, AD04-Bz01, AD04-Bz22 |
| AD-05 | RIO BLANCO | 1.16 | 1.25 | - | 1.16 | - |
| AD-06 | 28 DE JULIO | 2.55 | 2.75 | - | 2.55 | - |
| AD-07 | BALSABE | 2.46 | 2.65 | - | 2.46 | - |
| | | 92.77 | 100.00 | | | |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 21

Aportes de caudales por bombeo a áreas de drenaje año 20

| Áreas de drenaje | Nombre | Caudal l (l/s) | % | Aportes | Caudal en EBAR (l/s) | Buzón donde Aportan |
|------------------|---------------|----------------|---------------|------------------|----------------------|---------------------------------|
| AD-01 | PERU BIRF | 44.33 | 32.69 | AD05, AD06 | 49.75 | AD01-Bz36, AD01-Bz16 |
| AD-02 | SAN FRANCISCO | 25.36 | 18.70 | - | 25.36 | - |
| AD-03 | CAYMAHUI | 22.70 | 16.74 | - | 22.70 | - |
| AD-04 | SANTA ROSA | 34.21 | 25.22 | AD01, AD02, AD03 | 132.02 | AD04-Bz01, AD04-Bz01, AD04-Bz22 |
| AD-05 | RIO BLANCO | 1.69 | 1.25 | - | 1.69 | - |
| AD-06 | 28 DE JULIO | 3.73 | 2.75 | - | 3.73 | - |
| AD-07 | BALSABE | 3.60 | 2.65 | - | 3.60 | - |
| | | 135.62 | 100.00 | | | |

Fuente: Elaboración propia

c. Cota en buzones

Con la información de los resultados de la nivelación topográfica, se realizó el cargado de datos de cota tapa y fondo en los buzones.

d. Serie de la tubería

Para la simulación de la red principal de alcantarillado sanitario se utilizó la serie S-25 o SDR-51, según la Norma Técnica Peruana NTP- ISO 4435 de tubos y conexiones de Policloruro de vinilo PVC-U no plastificado, que se aprecia en la Tabla 22.

Tabla 22*Diámetro interno de tubería*

| DIÁMETRO NOMINAL EXTERIOR DN (mm) | ESPEJOR (mm) | DIÁMETRO INTERIOR (mm) | ESPEJOR (mm) | DIÁMETRO INTERIOR (mm) | ESPEJOR (mm) | DIÁMETRO INTERIOR (mm) |
|--|---------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|----------------------|------------------------------|
| | SDR 51 - SN2 (S-25) | | SDR 41 - SN4 (S-20) | | SDR 34 - SN (S-16.7) | |
| 110 | | | 3.20 | 103.60 | 3.20 | 103.60 |
| 160 | 3.20 | 153.60 | 4.00 | 152.00 | 4.70 | 150.60 |
| 200 | 3.90 | 192.20 | 4.90 | 190.20 | 5.90 | 188.20 |
| 250 | 4.90 | 240.00 | 6.20 | 237.60 | 7.30 | 235.40 |
| 315 | 6.20 | 302.60 | 7.70 | 299.60 | 9.20 | 296.60 |
| 355 | 7.00 | 341.00 | 8.70 | 337.60 | 10.40 | 334.20 |
| 400 | 7.90 | 384.40 | 9.80 | 380.40 | 11.70 | 376.60 |
| 450 | 8.80 | 432.40 | 11.00 | 428.00 | 13.20 | 423.60 |
| 500 | 9.80 | 480.40 | 12.30 | 475.40 | 14.60 | 470.80 |
| 630 | 12.30 | 605.40 | 15.40 | 599.20 | 18.40 | 593.20 |

Fuente: NTP ISO 4435

e. Apilamiento de la red existente, proyectada

La simulación de la red principal de alcantarillado sanitario se realizó en el programa SewerCAD, mediante la opción de cálculo (Calculation type: análisis). Debiendo previamente definir las características de las tuberías y buzones como se aprecia en la *Figura 13* y *Figura 14* respectivamente.

Para la simulación de la red existente en el programa SewerCAD, los datos incorporados al programa concerniente a las tuberías son el diámetro, material y rugosidad de Manning (n); en cuanto a los buzones se cargó la información de las cotas tapa y fondo, seguidamente se ejecuta el programa mediante la opción de cálculo “análisis” obteniendo de esta forma los resultados del comportamiento hidráulico.

Figura 13

Algunas características de la tubería en SewerCAD

| | |
|-----------------------------------|-------------------|
| Physical | |
| Conduit Type | Catalog Conduit |
| Catalog Class | Circle - PVC |
| Size | 450 mm |
| Size (Display) | 450 mm |
| Section Type | Circle |
| Material | PVC |
| Diameter (mm) | 432.4 |
| Wall Thickness (cm) | 0.0 |
| Number of Barrels | 1 |
| Manning's n | 0.010 |
| Use Local Conduit Description? | False |
| Conduit Description | Circle - 432.4 mm |
| Set Invert to Start? | True |
| Invert (Start) (m) | 3,826.36 |
| Set Invert to Stop? | True |
| Invert (Stop) (m) | 3,826.30 |
| Has User Defined Length? | False |
| Length (Scaled) (m) | 56.1 |
| Length (Unified) (m) | 56.1 |
| Slope (Calculated) (m/m) | 0.001 |
| Has User Defined Bend Angle? | False |
| Bend Angle (Calculated) (degrees) | 0.00 |

Fuente: SewerCAD

Figura 14

Algunas características de buzón en SewerCAD

| | |
|--------------------------------------|-----------------------|
| Notes | |
| GIS-IDs | <Collection: 0 items> |
| <Geometry> | |
| X (m) | 431,620.71 |
| Y (m) | 8,222,104.92 |
| Station (Calculated) (m) | 19+53 |
| Active Topology | |
| Is Active? | True |
| Inflow (Sanitary Loading) | |
| Sanitary Loads | <Collection: 0 items> |
| Inflow (Wet) | |
| Inflow (Wet) Collection | <Collection: 0 items> |
| Physical | |
| Update Ground Elevation from Terrain | True |
| Elevation (Ground) (m) | 3,839.05 |
| Set Rim to Ground Elevation? | True |
| Elevation (Rim) (m) | 3,839.05 |
| Elevation (Invert) (m) | 3,837.65 |
| Structure Type | Circular Structure |
| Diameter (mm) | 1,200.0 |
| Bolted Cover? | False |

Fuente: SewerCAD



f. Apilamiento de la red mejorada.

La simulación al año 20 (propuesta de mejorada) se ha realizado en el programa SewerCAD. Considerando las cotas tapas y el trazo de la red principal existente, posteriormente una vez cargado todos los datos al programa se ejecuta mediante la opción de cálculo “desing” obteniendo como resultado la propuesta de mejora cumpliendo con lo exigido por la norma OS.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones

3.7.2.2.5. Contraste de cálculo manual

Para determinar los parámetros del comportamiento hidráulico en un tramo de tubería es necesario determinar el ángulo theta (θ) según las siguientes ecuaciones:

$$A = \left(\frac{\theta - \sin \theta}{8} \right) * D^2$$

$$P = \frac{\theta * D}{2}$$

$$Rh = \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right) * \frac{D}{4}$$

$$Q = \frac{1}{n} * A * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

Donde:

A= Área

P=Perímetro mojado

D= Diámetro

Θ = Angulo

Rh= Radio hidráulico

Q= Caudal

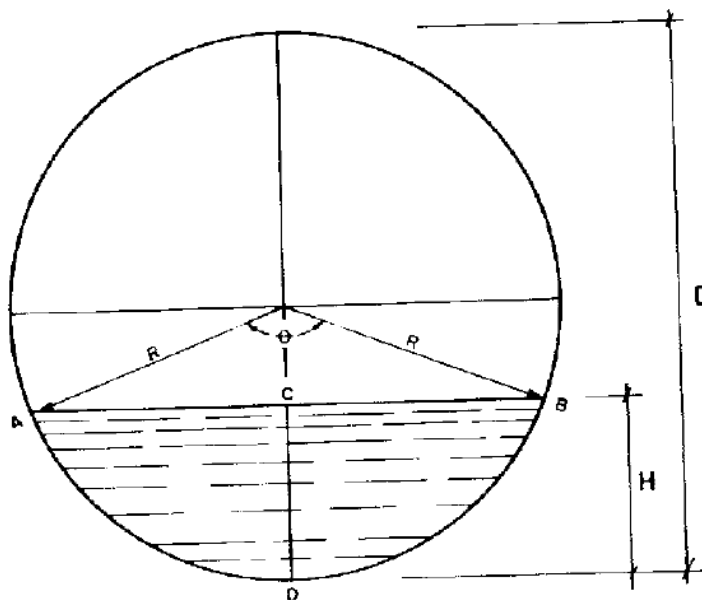
S= Pendiente.

n = Coeficiente de Manning

El contraste de cálculo manual se realizó mediante una hoja de cálculo que se presenta en el Anexo 6, en el que se efectuó el análisis entre los buzones AD04-Bz01 y AD04-Bz02, considerando los siguientes datos: diámetro interno (240mm), material (CSN), coeficiente de Manning ($n=0.018$), longitud (61.3metros) y caudal (32.88 l/s). Asimismo, se tiene, los datos de los buzones que se aprecian en la Tabla 23.

Figura 15

Tirante de agua (H) en conducto circular



Fuente: (Arocha, 1983, p.57)

Tabla 23

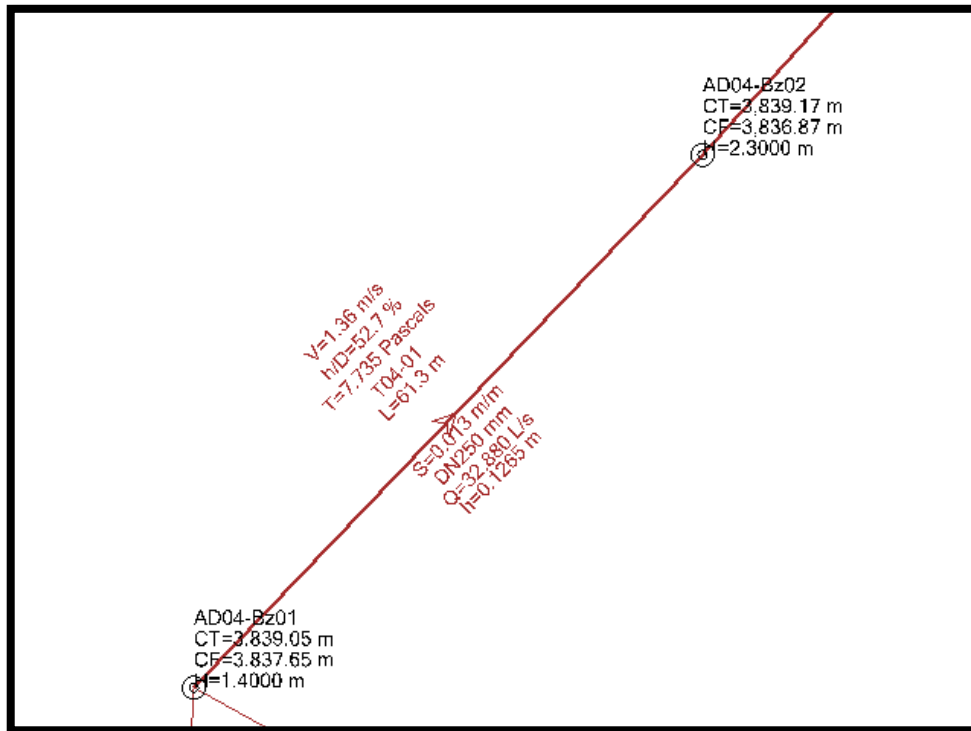
Características de los buzones para el contraste de cálculo manual

| Buzón | Cota tapa (msnm) | Cota fondo (msnm) | Altura de buzón (m) |
|-----------|------------------|-------------------|---------------------|
| AD04-Bz01 | 3839.05 | 3837.65 | 1.40 |
| AD04-Bz02 | 3839.17 | 3836.87 | 2.30 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 16

Resultado de SewerCAD de la tubería T04-01



Fuente: Elaboración propia.

El contraste realizado de los resultados obtenido del programa SewerCAD mediante el cálculo manual de los parámetros de comportamiento hidráulico (velocidad, tensión tractiva y relación tirante diámetro), se aprecia en la Tabla 24, en el cual se muestra la diferencia que existe.

Tabla 24

Comparación de datos de tubería manual con SewerCAD

| Tubería (T04-01) | Manual | Software SewerCAD | Diferencia |
|-------------------------------------|---------------|--------------------------|-------------------|
| Velocidad (m/s) | 1.359 | 1.360 | -0.001 |
| Tensión tractiva (Pa) | 7.740 | 7.735 | 0.005 |
| Relación tirante sobre diámetro (%) | 52.723 | 52.700 | 0.023 |

Fuente: elaboración propia.



3.7.2.3. Desarrollo de la propuesta de mejora (optimización) de la red principal

En el desarrollo de la propuesta de mejora se realizará la simulación al año 20, en caso de que se requiera y debe cumplir el comportamiento hidráulico que es la velocidad, relación tirante sobre diámetro y tensión tractiva que exige la normativa OS.070.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

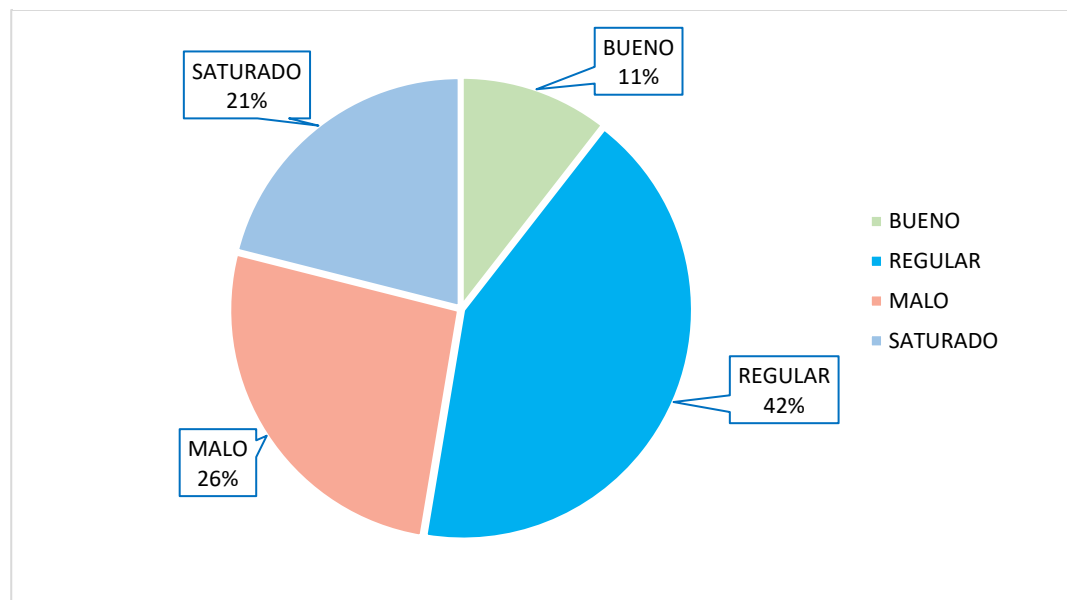
4.1. RESULTADOS

4.1.1. Resultados del estado estructural de las tuberías

Realizado el análisis de las fichas técnicas de observación (anexo:04), se elaboró la Tabla 25, en el que muestra el estado estructural de los 19 tramos intervenidos de la red principal de alcantarillado sanitario mediante las inspecciones televisivas. Obteniéndose los siguientes resultados: el 10.53% se encuentra en buen estado, el 42.11% se encuentra en estado regular, el 26.31% se encuentra en estado malo y el 21.05% se encuentra saturado. A continuación, se muestra la figura 17 que evidencia de forma gráfica el estado estructural de las tuberías de alcantarillado.

Figura 17

Resultados del estado estructural de tuberías de la red principal de alcantarillado



Fuente: Elaboración propia

Tabla 25

Resultados del estado estructural de las tuberías de la red principal de alcantarillado sanitario de la localidad de Ilave.

| Dirección, avenida, y/o Jirón | N° de Tramo | Bz : Aguas arriba | Bz : Aguas abajo | Longitud del Tramo (m) | Material | Estado estructural | Diámetro (mm) | Colector |
|-------------------------------|-------------|-------------------|------------------|------------------------|----------|--------------------|---------------|------------|
| Jr. Sin Nombre N° 02 | 01 | 001 | 002 | 69,6 | PVC | regular | 250 | Caymahui |
| Jr. Sin Nombre N° 02 | 02 | 004 | 005 | 61,5 | PVC | regular | 250 | Caymahui |
| Jr. Los Libertadores | 03 | 013 | 015 | 81,7 | PVC | bueno | 250 | Caymahui |
| Jr. Los Pinos | 04 | 019 | 020 | 62,5 | PVC | bueno | 250 | Caymahui |
| Jr. Los Pinos | 05 | 030 | 031 | 55,35 | PVC | saturado | 250 | Caymahui |
| Jr. Los Pinos | 06 | 038 | 040 | 102,05 | PVC | malo saturado | 250 | Caymahui |
| Av. Héroes del Cenepa | 07 | 042 | 043 | 68,3 | PVC | malo saturado | 250 | Caymahui |
| Jr. El Collao | 08 | 001 | 002 | 54,8 | CSN | malo | 250 | Perú BIRF |
| Av. Jesús | 09 | 012 | 013 | 70,6 | CSN | malo | 250 | Perú BIRF |
| Av. Jesús | 10 | 027 | 028 | 57,7 | PVC | regular | 250 | Perú BIRF |
| Jr. 28 de Julio | 11 | 033 | 034 | 70,20 | PVC | regular | 300 | Perú BIRF |
| Av. Ejército | 12 | 040 | 041 | 92,6 | PVC | regular | 300 | Perú BIRF |
| Jr. Los Pinos | 13 | 044 | 045 | 126,76 | CSN | malo saturado | 350 | Perú BIRF |
| Av. Héroes del Cenepa | 14 | 048 | 049 | 101,1 | CSN | saturado | 400 | Perú BIRF |
| Av América | 15 | 001 | 003 | 138,40 | PVC | regular | 200 | Santa rosa |
| Jr. 09 de Octubre | 16 | 008 | 010 | 94,40 | PVC | regular | 250 | Santa rosa |
| Av. República | 17 | 015 | 017 | 94,50 | PVC | regular | 250 | Santa rosa |
| Jr. Perú BIRF | 18 | 020 | 021 | 82,90 | PVC | saturado | 300 | Santa rosa |
| Jr. Anicho | 19 | 025 | 027 | 102,40 | PVC | saturado | 400 | Santa rosa |

Fuente: Elaboración propia



4.1.2. Resultados del análisis del comportamiento hidráulico

4.1.2.1. Resultados de comportamiento hidráulico para el año cero (2020)

En la Tabla 26 y Tabla 27 se muestra las características principales del comportamiento hidráulico de la red principal. También, se aprecia el perfil longitudinal en la Figura 18, Figura 19 y Figura 20 de los colectores, Perú BIRF, Caymahui y Santa Rosa respectivamente. En los siguientes ítems, se realizó el análisis comparativo del comportamiento hidráulico de las tuberías con la norma OS.070.

4.1.2.1.1. Velocidad en la red

Como se puede apreciar en la Tabla 27, 43 tramos de 121 no cumplen con la velocidad mínima (0.60 m/s) según el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070, en consecuencia, estos son propensos a presentar sedimentación, por otro lado, también se determinó que ninguno de los tramos supera la velocidad máxima de 3.0m/s. El rango de velocidades que presenta la red es de 0.21 a 1.85 m/s.

4.1.2.1.2. Relación tirante sobre diámetro (H/D)

Considerando la Tabla 27, 21 tramos de 121 superan la relación de tirante sobre diámetro según el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070. El colector principal Santa Rosa es el que presenta en mayor medida este problema.

4.1.2.1.3. Tensión tractiva

Como se puede apreciar en la Tabla 27, 36 tramos de 121, no cumplen con la tensión tractiva mínima (1 Pascal), según el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070. Este valor varía entre los rangos de 0.179 Pa. a 12.386 Pa.

Tabla 26

Resultados de la simulación al año cero (2020)

| Nombre | Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Longitud (m) | Diámetro (mm) | Material | Manning' s n | Pendiente e (m/m) | Cauda l (L/s) | Velocidad (m/s) | H/D (%) | Tensión tractiva (Pascals) |
|--------|---------------|---------------|--------------|---------------|----------|--------------|-------------------|---------------|-----------------|---------|-----------------------------|
| T01-01 | AD01-Bz01 | AD01-Bz02 | 52.3 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.017 | 2.398 | 0.72 | 20.1 | 3.209 |
| T01-02 | AD01-Bz02 | AD01-Bz03 | 54.7 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.002 | 3.302 | 0.34 | 29.2 | 0.591 |
| T01-03 | AD01-Bz03 | AD01-Bz04 | 16.3 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 3.81 | 0.32 | 35.7 | 0.499 |
| T01-04 | AD01-Bz04 | AD01-Bz05 | 92.8 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 4.321 | 0.25 | 32 | 0.274 |
| T01-05 | AD01-Bz05 | AD01-Bz06 | 30.7 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.003 | 4.741 | 0.47 | 24.2 | 1.086 |
| T01-06 | AD01-Bz06 | AD01-Bz07 | 62.8 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.009 | 5.115 | 0.72 | 22.8 | 2.719 |
| T01-07 | AD01-Bz07 | AD01-Bz08 | 11.8 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.014 | 5.458 | 0.84 | 23.3 | 3.814 |
| T01-08 | AD01-Bz08 | AD01-Bz09 | 10.1 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.011 | 5.578 | 0.78 | 23.9 | 3.266 |
| T01-09 | AD01-Bz09 | AD01-Bz10 | 54.9 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.011 | 6.036 | 0.82 | 26.7 | 3.508 |
| T01-10 | AD01-Bz10 | AD01-Bz11 | 89.4 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.004 | 7.002 | 0.59 | 43.9 | 1.684 |
| T01-11 | AD01-Bz11 | AD01-Bz12 | 82.1 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.0001 | 8.264 | 0.21 | 47.8 | 0.179 |
| T01-12 | AD01-Bz12 | AD01-Bz13 | 70.6 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.003 | 9.39 | 0.57 | 34.2 | 1.466 |
| T01-13 | AD01-Bz13 | AD01-Bz14 | 27.4 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.044 | 9.963 | 1.51 | 32.4 | 12.386 |
| T01-14 | AD01-Bz14 | AD01-Bz15 | 64.8 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.01 | 11.018 | 0.91 | 41.8 | 3.95 |
| T01-15 | AD01-Bz15 | AD01-Bz16 | 67.1 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 11.627 | 0.47 | 47.6 | 0.917 |
| T01-16 | AD01-Bz16 | AD01-Bz17 | 58.3 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.003 | 13.664 | 0.64 | 42.2 | 1.757 |
| T01-17 | AD01-Bz17 | AD01-Bz18 | 60.4 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.005 | 14.117 | 0.78 | 39.1 | 2.676 |
| T01-18 | AD01-Bz18 | AD01-Bz19 | 71.6 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.018 | 14.576 | 1.23 | 47.8 | 7.193 |
| T01-19 | AD01-Bz19 | AD01-Bz20 | 81.5 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.002 | 14.755 | 0.51 | 48.1 | 1.057 |
| T01-20 | AD01-Bz20 | AD01-Bz21 | 64.1 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.006 | 15.067 | 0.86 | 45.3 | 3.274 |

| Nombre | Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Longitud (m) | Diámetro(mm) | Material | Manning's n | Pendiente (m/m) | Caudal (L/s) | Velocidad (m/s) | H/D (%) | Tensión tractiva (Pascals) |
|--------|---------------|---------------|--------------|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|---------|----------------------------|
| T01-21 | AD01-Bz21 | AD01-Bz22 | 88.7 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.002 | 15.553 | 0.61 | 48.2 | 1.547 |
| T01-22 | AD01-Bz22 | AD01-Bz23 | 20.5 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.004 | 16.403 | 0.77 | 43 | 2.505 |
| T01-23 | AD01-Bz23 | AD01-Bz24 | 26.4 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.013 | 16.511 | 1.13 | 44.2 | 5.927 |
| T01-24 | AD01-Bz24 | AD01-Bz25 | 31.9 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.004 | 16.641 | 0.73 | 44.4 | 2.225 |
| T01-25 | AD01-Bz25 | AD01-Bz26 | 50.7 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.015 | 16.814 | 1.21 | 44.7 | 6.732 |
| T01-26 | AD01-Bz26 | AD01-Bz27 | 50.7 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.004 | 16.953 | 0.73 | 52 | 2.235 |
| T01-27 | AD01-Bz27 | AD01-Bz28 | 57.9 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.002 | 17.033 | 0.6 | 48.9 | 1.474 |
| T01-28 | AD01-Bz28 | AD01-Bz29 | 54.3 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.013 | 17.116 | 1.16 | 50 | 6.156 |
| T01-29 | AD01-Bz29 | AD01-Bz30 | 49.1 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.002 | 17.168 | 0.58 | 54.5 | 1.362 |
| T01-30 | AD01-Bz30 | AD01-Bz31 | 75.5 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.003 | 17.275 | 0.69 | 63 | 1.968 |
| T01-31 | AD01-Bz31 | AD01-Bz32 | 68.9 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 17.474 | 0.46 | 78.2 | 0.849 |
| T01-32 | AD01-Bz32 | AD01-Bz33 | 90.5 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 17.771 | 0.36 | 63.8 | 0.406 |
| T01-33 | AD01-Bz33 | AD01-Bz34 | 76 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.01 | 20.783 | 1.09 | 46.6 | 5.212 |
| T01-34 | AD01-Bz34 | AD01-Bz35 | 57.2 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.014 | 21.291 | 1.26 | 47 | 7.101 |
| T01-35 | AD01-Bz35 | AD01-Bz36 | 47.2 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.007 | 21.516 | 0.97 | 65.5 | 3.952 |
| T01-36 | AD01-Bz36 | AD01-Bz37 | 53.5 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 24.316 | 0.5 | 75.8 | 0.801 |
| T01-37 | AD01-Bz37 | AD01-Bz38 | 77.7 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 24.316 | 0.53 | 50.4 | 1.073 |
| T01-38 | AD01-Bz38 | AD01-Bz39 | 110 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 24.316 | 0.47 | 48.1 | 0.809 |
| T01-39 | AD01-Bz39 | AD01-Bz40 | 103.3 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.002 | 24.781 | 0.61 | 38.3 | 1.443 |
| T01-40 | AD01-Bz40 | AD01-Bz41 | 93 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.008 | 25.082 | 1.04 | 43.5 | 4.584 |

| Nombre | Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Longitud (m) | Diámetro(mm) | Material | Manning's n | Pendiente (m/m) | Caudal (L/s) | Velocidad (m/s) | H/D (%) | Tensión tractiva (Pascals) |
|--------|---------------|---------------|--------------|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|---------|----------------------------|
| T01-41 | AD01-Bz41 | AD01-Bz42 | 205.9 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 25.894 | 0.49 | 44.9 | 0.874 |
| T01-42 | AD01-Bz42 | AD01-Bz43 | 134.2 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.008 | 29.442 | 1.1 | 34 | 5.078 |
| T01-43 | AD01-Bz43 | AD01-Bz44 | 116.5 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.006 | 29.442 | 1 | 38.5 | 4.106 |
| T01-44 | AD01-Bz44 | AD01-Bz45 | 127 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.003 | 29.442 | 0.79 | 43.5 | 2.424 |
| T01-45 | AD01-Bz45 | AD01-Bz46 | 131.9 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.002 | 29.442 | 0.68 | 43.5 | 1.78 |
| T01-46 | AD01-Bz46 | AD01-Bz47 | 139.3 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.004 | 31.5 | 0.85 | 48.2 | 2.796 |
| T01-47 | AD01-Bz47 | AD01-Bz48 | 155.4 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 32.371 | 0.59 | 55.9 | 1.289 |
| T01-48 | AD01-Bz48 | AD01-Bz49 | 101.3 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 33.204 | 0.59 | 50 | 1.275 |
| T01-49 | AD01-Bz49 | EBAR-PERÚ | 76.4 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.004 | 34.034 | 0.85 | 41.1 | 2.762 |
| BIRF | | | | | | | | | | | |
| T03-01 | AD03-Bz01 | AD03-Bz02 | 81.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.009 | 0.596 | 0.45 | 9.1 | 0.923 |
| T03-02 | AD03-Bz02 | AD03-Bz03 | 23.2 | 240 | PVC | 0.01 | 0.005 | 0.99 | 0.42 | 11.1 | 0.706 |
| T03-03 | AD03-Bz03 | AD03-Bz04 | 61.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 1.008 | 0.33 | 11.3 | 0.406 |
| T03-04 | AD03-Bz04 | AD03-Bz05 | 61.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.006 | 1.046 | 0.47 | 11 | 0.874 |
| T03-05 | AD03-Bz05 | AD03-Bz06 | 29.5 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 1.062 | 0.37 | 11.3 | 0.518 |
| T03-06 | AD03-Bz06 | AD03-Bz07 | 54.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.006 | 1.187 | 0.49 | 15.4 | 0.929 |
| T03-07 | AD03-Bz07 | AD03-Bz08 | 66.9 | 240 | PVC | 0.01 | 0.001 | 1.584 | 0.25 | 17.7 | 0.208 |
| T03-08 | AD03-Bz08 | AD03-Bz09 | 28.4 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 1.584 | 0.34 | 16.2 | 0.404 |
| T03-09 | AD03-Bz09 | AD03-Bz10 | 60.4 | 240 | PVC | 0.01 | 0.001 | 1.584 | 0.32 | 16.8 | 0.356 |
| T03-10 | AD03-Bz10 | AD03-Bz11 | 63.6 | 240 | PVC | 0.01 | 0.001 | 1.665 | 0.32 | 15.5 | 0.349 |
| T03-11 | AD03-Bz11 | AD03-Bz12 | 45.2 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 1.762 | 0.46 | 15.6 | 0.766 |

| Nombre | Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Longitud (m) | Diámetro(mm) | Material | Manning's n | Pendiente (m/m) | Caudal (L/s) | Velocidad (m/s) | H/D (%) | Tensión tractiva (Pascals) |
|--------|---------------|---------------|--------------|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|---------|----------------------------|
| T03-12 | AD03-Bz12 | AD03-Bz13 | 45.7 | 240 | PVC | 0.01 | 0.012 | 2.759 | 0.8 | 17.3 | 2.305 |
| T03-13 | AD03-Bz13 | AD03-Bz14 | 38 | 240 | PVC | 0.01 | 0.01 | 2.791 | 0.76 | 17.4 | 2.05 |
| T03-14 | AD03-Bz14 | AD03-Bz15 | 46.9 | 240 | PVC | 0.01 | 0.005 | 2.824 | 0.58 | 21.3 | 1.121 |
| T03-15 | AD03-Bz15 | AD03-Bz16 | 45.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.001 | 2.862 | 0.32 | 22.9 | 0.307 |
| T03-16 | AD03-Bz16 | AD03-Bz17 | 45.6 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 2.879 | 0.43 | 20.3 | 0.576 |
| T03-17 | AD03-Bz17 | AD03-Bz18 | 72.9 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 2.918 | 0.45 | 19.1 | 0.66 |
| T03-18 | AD03-Bz18 | AD03-Bz19 | 79.5 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 3.05 | 0.55 | 20.7 | 0.979 |
| T03-19 | AD03-Bz19 | AD03-Bz20 | 59.5 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 3.225 | 0.4 | 21.5 | 0.492 |
| T03-20 | AD03-Bz20 | AD03-Bz21 | 23.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 3.225 | 0.51 | 21.7 | 0.839 |
| T03-21 | AD03-Bz21 | AD03-Bz22 | 46.5 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 3.303 | 0.4 | 22.1 | 0.495 |
| T03-22 | AD03-Bz22 | AD03-Bz23 | 62.5 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 3.438 | 0.51 | 20 | 0.837 |
| T03-23 | AD03-Bz23 | AD03-Bz24 | 54.6 | 240 | PVC | 0.01 | 0.006 | 3.535 | 0.69 | 19.7 | 1.579 |
| T03-24 | AD03-Bz24 | AD03-Bz25 | 45.6 | 240 | PVC | 0.01 | 0.006 | 3.618 | 0.67 | 19.9 | 1.499 |
| T03-25 | AD03-Bz25 | AD03-Bz26 | 39.2 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 3.662 | 0.58 | 21 | 1.073 |
| T03-26 | AD03-Bz26 | AD03-Bz27 | 38.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 3.804 | 0.51 | 22.2 | 0.81 |
| T03-27 | AD03-Bz27 | AD03-Bz28 | 44.2 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 3.959 | 0.52 | 23.8 | 0.85 |
| T03-28 | AD03-Bz28 | AD03-Bz29 | 28.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 4.087 | 0.45 | 29.4 | 0.616 |
| T03-29 | AD03-Bz29 | AD03-Bz30 | 42.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.017 | 10.123 | 1.33 | 33.9 | 5.436 |
| T03-30 | AD03-Bz30 | AD03-Bz31 | 48.9 | 240 | PVC | 0.01 | 0.005 | 10.497 | 0.88 | 38.8 | 2.193 |
| T03-31 | AD03-Bz31 | AD03-Bz32 | 49.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 10.9 | 0.58 | 39.4 | 0.866 |

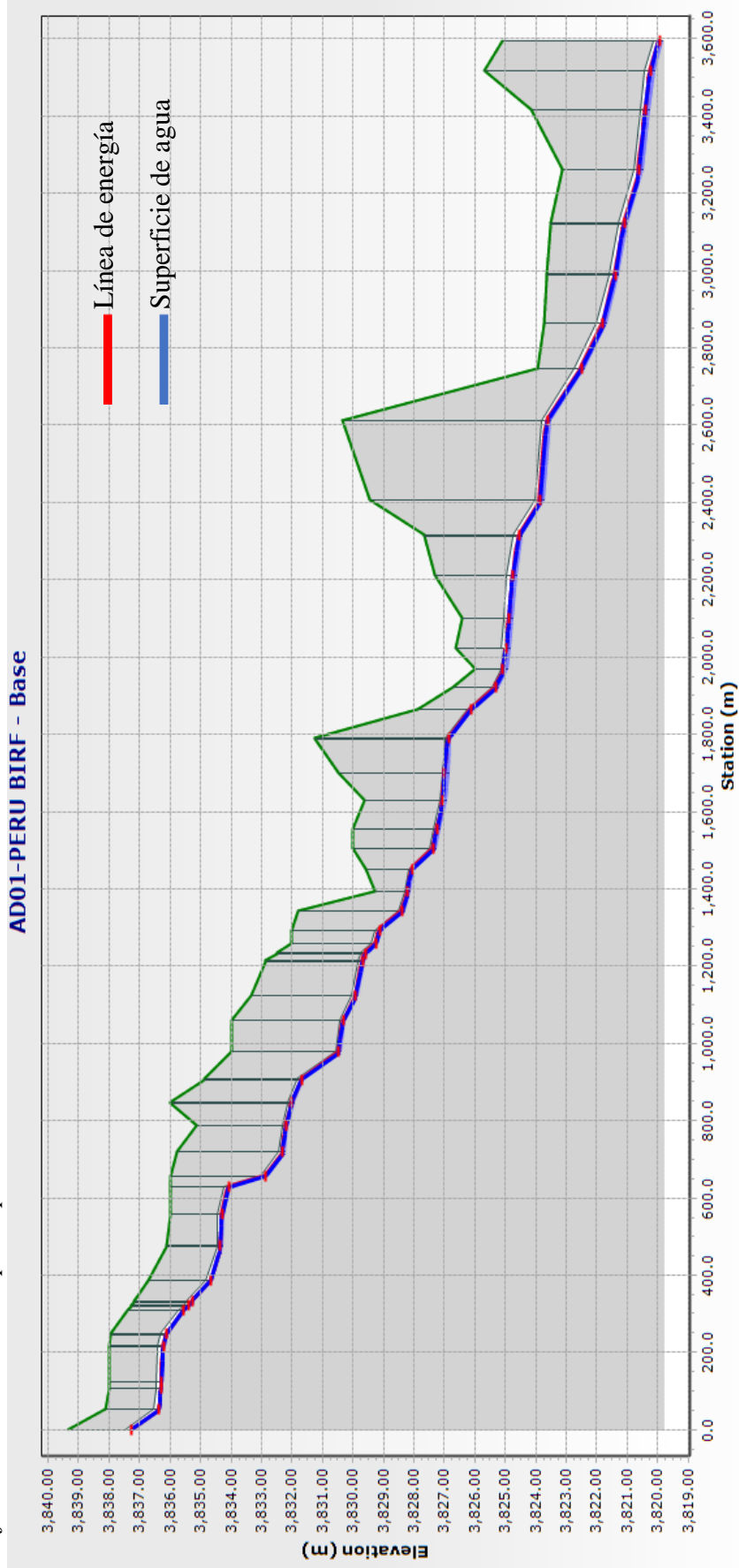
| Nombre | Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Longitud (m) | Diámetro(mm) | Material | Manning's n | Pendiente (m/m) | Caudal (L/s) | Velocidad (m/s) | H/D (%) | Tensión tractiva (Pascals) |
|--------|-------------------|---------------|--------------|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|---------|----------------------------|
| T03-32 | AD03-Bz32 | AD03-Bz33 | 45.7 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 11.278 | 0.82 | 39.3 | 1.86 |
| T03-33 | AD03-Bz34 | AD03-Bz33 | 58.4 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 11.614 | 0.62 | 40.1 | 1.002 |
| T03-34 | AD03-Bz35 | AD03-Bz34 | 49.5 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 11.913 | 0.78 | 39 | 1.634 |
| T03-35 | AD03-Bz36 | AD03-Bz35 | 51.9 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 12.212 | 0.7 | 39.2 | 1.284 |
| T03-36 | AD03-Bz37 | AD03-Bz36 | 48.8 | 240 | PVC | 0.01 | 0.005 | 12.482 | 0.91 | 41.8 | 2.29 |
| T03-37 | AD03-Bz38 | AD03-Bz37 | 56.5 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 12.71 | 0.62 | 42.1 | 0.987 |
| T03-38 | AD03-Bz39 | AD03-Bz38 | 53.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 12.903 | 0.84 | 38.2 | 1.89 |
| T03-39 | AD03-Bz40 | AD03-Bz39 | 49 | 240 | PVC | 0.01 | 0.007 | 13.049 | 1.04 | 40.6 | 3.036 |
| T03-40 | AD03-Bz41 | AD03-Bz40 | 96.6 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 14.235 | 0.77 | 41.6 | 1.534 |
| T03-41 | AD03-Bz42 | AD03-Bz41 | 46 | 240 | PVC | 0.01 | 0.014 | 14.485 | 1.38 | 40.6 | 5.486 |
| T03-42 | AD03-Bz43 | AD03-Bz42 | 68.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.01 | 14.691 | 1.19 | 41 | 3.998 |
| T03-43 | AD03-Bz44 | AD03-Bz43 | 85.4 | 240 | PVC | 0.01 | 0.005 | 15.021 | 0.95 | 44.1 | 2.391 |
| T03-44 | EBAR- CAYMAHUI | AD03-Bz44 | 12 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 15.519 | 0.74 | 44.4 | 1.408 |
| T04-01 | AD04-Bz01 | AD04-Bz02 | 61.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.013 | 32.88 | 1.66 | 63.7 | 7.001 |
| T04-02 | AD04-Bz02 | AD04-Bz03 | 77.8 | 240 | PVC | 0.01 | 0.011 | 36.197 | 1.58 | 65.6 | 6.234 |
| T04-03 | AD04-Bz03 | AD04-Bz04 | 62.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.009 | 36.868 | 1.5 | 73 | 5.592 |
| T04-04 | AD04-Bz04 | AD04-Bz05 | 97.5 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 37.64 | 0.97 | 86 | 2.202 |
| T04-05 | AD04-Bz05 | AD04-Bz06 | 50 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 38.314 | 0.85 | 83.8 | 1.411 |
| T04-06 | AD04-Bz06 | AD04-Bz07 | 73.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 38.756 | 1.06 | 71.8 | 2.625 |
| T04-07 | AD04-Bz07 | AD04-Bz08 | 75.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.007 | 39.217 | 1.37 | 79 | 4.541 |

| Nombre | Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Longitud (m) | Diámetro(mm) | Material | Manning's n | Pendiente (m/m) | Caudal (L/s) | Velocidad (m/s) | H/D (%) | Tensión tractiva (Pascals) |
|--------|---------------|---------------|--------------|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|---------|----------------------------|
| T04-08 | AD04-Bz08 | AD04-Bz09 | 48.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 40.816 | 0.9 | 79.7 | 1.71 |
| T04-09 | AD04-Bz09 | AD04-Bz10 | 48.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.006 | 40.906 | 1.31 | 73 | 4.089 |
| T04-10 | AD04-Bz10 | AD04-Bz11 | 72.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 42.357 | 1.14 | 75.6 | 3.061 |
| T04-11 | AD04-Bz11 | AD04-Bz12 | 72.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.005 | 42.546 | 1.17 | 78.2 | 3.244 |
| T04-12 | AD04-Bz12 | AD04-Bz13 | 82.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 43.851 | 1.11 | 76.8 | 2.877 |
| T04-13 | AD04-Bz13 | AD04-Bz14 | 80.3 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.004 | 44.706 | 1.18 | 57.6 | 3.215 |
| T04-14 | AD04-Bz14 | AD04-Bz15 | 19.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.005 | 44.966 | 1.2 | 75.2 | 3.36 |
| T04-15 | AD04-Bz15 | AD04-Bz16 | 54.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.012 | 45.096 | 1.75 | 73 | 7.5 |
| T04-16 | AD04-Bz16 | AD04-Bz17 | 46.8 | 240 | PVC | 0.01 | 0.009 | 45.278 | 1.55 | 77.4 | 5.795 |
| T04-17 | AD04-Bz17 | AD04-Bz18 | 101.8 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.003 | 52.624 | 1.07 | 62.8 | 2.516 |
| T04-18 | AD04-Bz18 | AD04-Bz19 | 100.8 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.012 | 56.284 | 1.82 | 52.6 | 7.89 |
| T04-19 | AD04-Bz19 | AD04-Bz20 | 99.1 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.012 | 56.284 | 1.85 | 80.4 | 8.225 |
| T04-20 | AD04-Bz20 | AD04-Bz21 | 84.1 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.008 | 56.284 | 0.78 | 100 | 6.146 |
| T04-21 | AD04-Bz21 | AD04-Bz22 | 80.1 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.001 | 56.284 | 0.78 | 100 | 0.833 |
| T04-22 | AD04-Bz22 | AD04-Bz23 | 87.4 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.001 | 90.314 | 1.26 | 100 | 0.933 |
| T04-23 | AD04-Bz23 | AD04-Bz24 | 77.7 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.004 | 90.314 | 1.26 | 100 | 2.673 |
| T04-24 | AD04-Bz24 | AD04-Bz25 | 85.1 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.003 | 90.314 | 1.26 | 100 | 2.353 |
| T04-25 | AD04-Bz25 | AD04-Bz26 | 48.1 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.005 | 90.314 | 1.26 | 100 | 4.868 |
| T04-26 | AD04-Bz26 | AD04-Bz27 | 54.1 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.004 | 90.314 | 1.26 | 92.4 | 2.603 |
| T04-27 | AD04-Bz27 | AD04-Bz28 | 25.9 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.005 | 90.314 | 1.38 | 83.1 | 4.167 |
| T04-28 | AD04-Bz28 | PTAR | 56.1 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.005 | 90.314 | 1.44 | 79.3 | 4.502 |

Fuente: elaboración propia

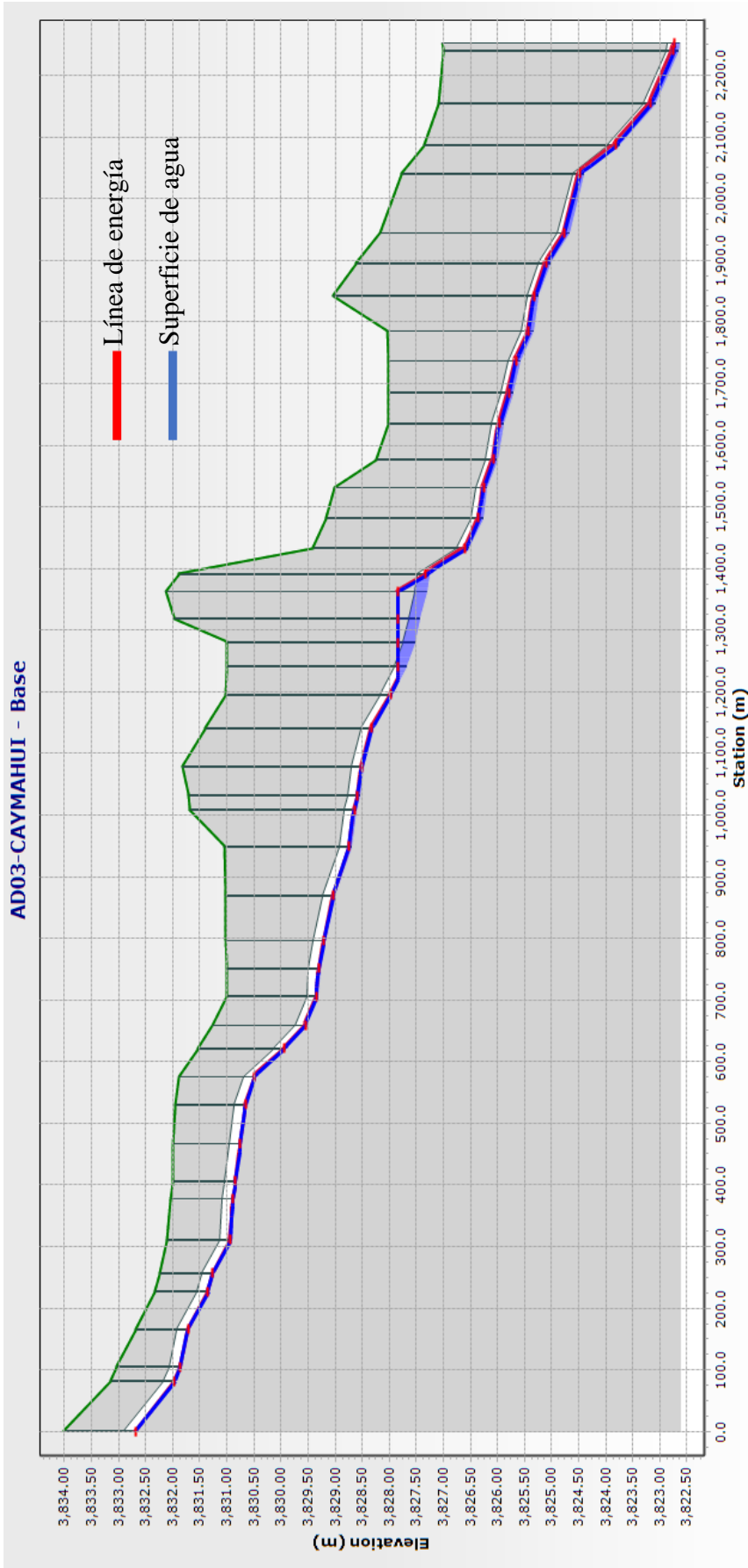
Figura 18

Perfil hidráulico colector principal de Perú BIRF al año cero



Fuente: elaboración propia

Figura 19
Perfil hidráulico de colector principal de Caymahui al año cero.

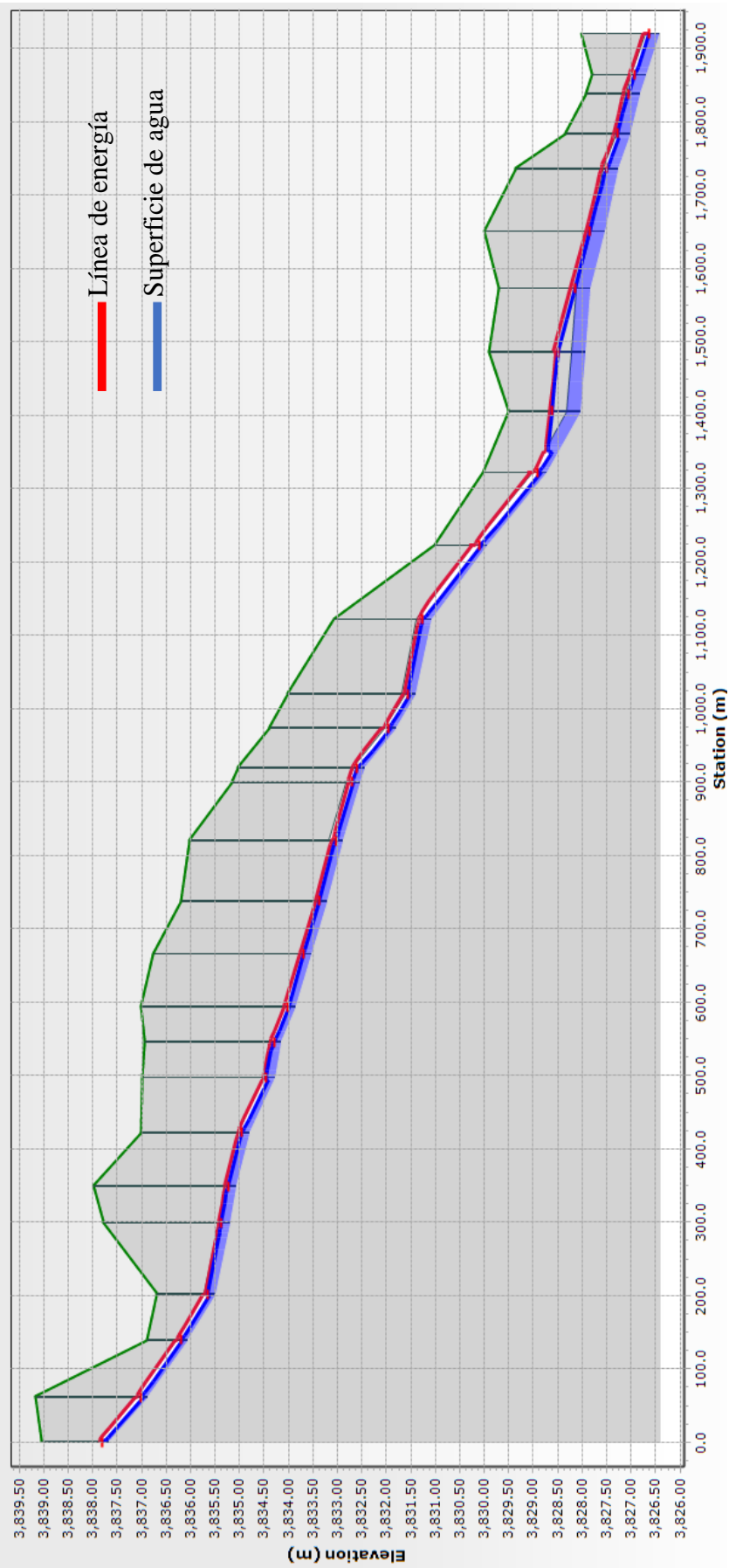


Fuente: Elaboración propia

Figura 20

Perfil hidráulico de colector principal Santa Rosa al año cero.

AD04-SANTA ROSA - Base



Fuente: Elaboración propia

Tabla 27

Evaluación del comportamiento hidráulico al año cero

| Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Vel. (m/s) | H/D (%) | Tensió n tractiva (Pa.) | Vel. Mín. (0.60m/ s) | Vel. Máx. (3.00 m/s) | H/D (<75%) | Tensió n tractiva mín. |
|---------------|---------------|---------------|------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|---------------------------------|
| AD01-Bz01 | AD01-Bz02 | 0.72 | 20.1 | 3.209 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz02 | AD01-Bz03 | 0.34 | 29.2 | 0.591 | No | Si | Si | No |
| AD01-Bz03 | AD01-Bz04 | 0.32 | 35.7 | 0.499 | No | Si | Si | No |
| AD01-Bz04 | AD01-Bz05 | 0.25 | 32 | 0.274 | No | Si | Si | No |
| AD01-Bz05 | AD01-Bz06 | 0.47 | 24.2 | 1.086 | No | Si | Si | Si |
| AD01-Bz06 | AD01-Bz07 | 0.72 | 22.8 | 2.719 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz07 | AD01-Bz08 | 0.84 | 23.3 | 3.814 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz08 | AD01-Bz09 | 0.78 | 23.9 | 3.266 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz09 | AD01-Bz10 | 0.82 | 26.7 | 3.508 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz10 | AD01-Bz11 | 0.59 | 43.9 | 1.684 | No | Si | Si | Si |
| AD01-Bz11 | AD01-Bz12 | 0.21 | 47.8 | 0.179 | No | Si | Si | No |
| AD01-Bz12 | AD01-Bz13 | 0.57 | 34.2 | 1.466 | No | Si | Si | Si |
| AD01-Bz13 | AD01-Bz14 | 1.51 | 32.4 | 12.386 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz14 | AD01-Bz15 | 0.91 | 41.8 | 3.95 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz15 | AD01-Bz16 | 0.47 | 47.6 | 0.917 | No | Si | Si | No |
| AD01-Bz16 | AD01-Bz17 | 0.64 | 42.2 | 1.757 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz17 | AD01-Bz18 | 0.78 | 39.1 | 2.676 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz18 | AD01-Bz19 | 1.23 | 47.8 | 7.193 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz19 | AD01-Bz20 | 0.51 | 48.1 | 1.057 | No | Si | Si | Si |
| AD01-Bz20 | AD01-Bz21 | 0.86 | 45.3 | 3.274 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz21 | AD01-Bz22 | 0.61 | 48.2 | 1.547 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz22 | AD01-Bz23 | 0.77 | 43 | 2.505 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz23 | AD01-Bz24 | 1.13 | 44.2 | 5.927 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz24 | AD01-Bz25 | 0.73 | 44.4 | 2.225 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz25 | AD01-Bz26 | 1.21 | 44.7 | 6.732 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz26 | AD01-Bz27 | 0.73 | 52 | 2.235 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz27 | AD01-Bz28 | 0.6 | 48.9 | 1.474 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz28 | AD01-Bz29 | 1.16 | 50 | 6.156 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz29 | AD01-Bz30 | 0.58 | 54.5 | 1.362 | No | Si | Si | Si |
| AD01-Bz30 | AD01-Bz31 | 0.69 | 63 | 1.968 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz31 | AD01-Bz32 | 0.46 | 78.2 | 0.849 | No | Si | No | No |
| AD01-Bz32 | AD01-Bz33 | 0.36 | 63.8 | 0.406 | No | Si | Si | No |
| AD01-Bz33 | AD01-Bz34 | 1.09 | 46.6 | 5.212 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz34 | AD01-Bz35 | 1.26 | 47 | 7.101 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz35 | AD01-Bz36 | 0.97 | 65.5 | 3.952 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz36 | AD01-Bz37 | 0.5 | 75.8 | 0.801 | No | Si | No | No |
| AD01-Bz37 | AD01-Bz38 | 0.53 | 50.4 | 1.073 | No | Si | Si | Si |
| AD01-Bz38 | AD01-Bz39 | 0.47 | 48.1 | 0.809 | No | Si | Si | No |
| AD01-Bz39 | AD01-Bz40 | 0.61 | 38.3 | 1.443 | Si | Si | Si | Si |



| Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Vel. (m/s) | H/D (%) | Tensió n tractiva (Pa.) | Vel. Mín. (0.60m/ s) | Vel. Máx. (3.00 m/s) | H/D (<75%) | Tensió n tractiva mín. |
|---------------|----------------|---------------|------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|---------------------------------|
| AD01-Bz40 | AD01-Bz41 | 1.04 | 43.5 | 4.584 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz41 | AD01-Bz42 | 0.49 | 44.9 | 0.874 | No | Si | Si | No |
| AD01-Bz42 | AD01-Bz43 | 1.1 | 34 | 5.078 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz43 | AD01-Bz44 | 1 | 38.5 | 4.106 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz44 | AD01-Bz45 | 0.79 | 43.5 | 2.424 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz45 | AD01-Bz46 | 0.68 | 43.5 | 1.78 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz46 | AD01-Bz47 | 0.85 | 48.2 | 2.796 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz47 | AD01-Bz48 | 0.59 | 55.9 | 1.289 | No | Si | Si | Si |
| AD01-Bz48 | AD01-Bz49 | 0.59 | 50 | 1.275 | No | Si | Si | Si |
| AD01-Bz49 | EBAR-PERÚ BIRF | 0.85 | 41.1 | 2.762 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz01 | AD03-Bz02 | 0.45 | 9.1 | 0.923 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz02 | AD03-Bz03 | 0.42 | 11.1 | 0.706 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz03 | AD03-Bz04 | 0.33 | 11.3 | 0.406 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz04 | AD03-Bz05 | 0.47 | 11 | 0.874 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz05 | AD03-Bz06 | 0.37 | 11.3 | 0.518 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz06 | AD03-Bz07 | 0.49 | 15.4 | 0.929 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz07 | AD03-Bz08 | 0.25 | 17.7 | 0.208 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz08 | AD03-Bz09 | 0.34 | 16.2 | 0.404 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz09 | AD03-Bz10 | 0.32 | 16.8 | 0.356 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz10 | AD03-Bz11 | 0.32 | 15.5 | 0.349 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz11 | AD03-Bz12 | 0.46 | 15.6 | 0.766 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz12 | AD03-Bz13 | 0.8 | 17.3 | 2.305 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz13 | AD03-Bz14 | 0.76 | 17.4 | 2.05 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz14 | AD03-Bz15 | 0.58 | 21.3 | 1.121 | No | Si | Si | Si |
| AD03-Bz15 | AD03-Bz16 | 0.32 | 22.9 | 0.307 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz16 | AD03-Bz17 | 0.43 | 20.3 | 0.576 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz17 | AD03-Bz18 | 0.45 | 19.1 | 0.66 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz18 | AD03-Bz19 | 0.55 | 20.7 | 0.979 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz19 | AD03-Bz20 | 0.4 | 21.5 | 0.492 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz20 | AD03-Bz21 | 0.51 | 21.7 | 0.839 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz21 | AD03-Bz22 | 0.4 | 22.1 | 0.495 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz22 | AD03-Bz23 | 0.51 | 20 | 0.837 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz23 | AD03-Bz24 | 0.69 | 19.7 | 1.579 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz24 | AD03-Bz25 | 0.67 | 19.9 | 1.499 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz25 | AD03-Bz26 | 0.58 | 21 | 1.073 | No | Si | Si | Si |
| AD03-Bz26 | AD03-Bz27 | 0.51 | 22.2 | 0.81 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz27 | AD03-Bz28 | 0.52 | 23.8 | 0.85 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz28 | AD03-Bz29 | 0.45 | 29.4 | 0.616 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz29 | AD03-Bz30 | 1.33 | 33.9 | 5.436 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz30 | AD03-Bz31 | 0.88 | 38.8 | 2.193 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz31 | AD03-Bz32 | 0.58 | 39.4 | 0.866 | No | Si | Si | No |



| Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Vel. (m/s) | H/D (%) | Tensió n tractiva (Pa.) | Vel. Mín. (0.60m/ s) | Vel. Máx. (3.00 m/s) | H/D(<75 %) | Tensió n tractiva mín. |
|----------------------------------|---------------|---------------|------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|---------------------------------|
| AD03-Bz32 | AD03-Bz33 | 0.82 | 39.3 | 1.86 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz34 | AD03-Bz33 | 0.62 | 40.1 | 1.002 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz35 | AD03-Bz34 | 0.78 | 39 | 1.634 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz36 | AD03-Bz35 | 0.7 | 39.2 | 1.284 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz37 | AD03-Bz36 | 0.91 | 41.8 | 2.29 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz38 | AD03-Bz37 | 0.62 | 42.1 | 0.987 | Si | Si | Si | No |
| AD03-Bz39 | AD03-Bz38 | 0.84 | 38.2 | 1.89 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz40 | AD03-Bz39 | 1.04 | 40.6 | 3.036 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz41 | AD03-Bz40 | 0.77 | 41.6 | 1.534 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz42 | AD03-Bz41 | 1.38 | 40.6 | 5.486 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz43 | AD03-Bz42 | 1.19 | 41 | 3.998 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz44 | AD03-Bz43 | 0.95 | 44.1 | 2.391 | Si | Si | Si | Si |
| EBAR-CAYMAHUI | AD03-Bz44 | 0.74 | 44.4 | 1.408 | Si | Si | Si | Si |
| AD04-Bz01 | AD04-Bz02 | 1.66 | 63.7 | 7.001 | Si | Si | Si | Si |
| AD04-Bz02 | AD04-Bz03 | 1.58 | 65.6 | 6.234 | Si | Si | Si | Si |
| AD04-Bz03 | AD04-Bz04 | 1.5 | 73 | 5.592 | Si | Si | Si | Si |
| AD04-Bz04 | AD04-Bz05 | 0.97 | 86 | 2.202 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz05 | AD04-Bz06 | 0.85 | 83.8 | 1.411 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz06 | AD04-Bz07 | 1.06 | 71.8 | 2.625 | Si | Si | Si | Si |
| AD04-Bz07 | AD04-Bz08 | 1.37 | 79 | 4.541 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz08 | AD04-Bz09 | 0.9 | 79.7 | 1.71 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz09 | AD04-Bz10 | 1.31 | 73 | 4.089 | Si | Si | Si | Si |
| AD04-Bz10 | AD04-Bz11 | 1.14 | 75.6 | 3.061 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz11 | AD04-Bz12 | 1.17 | 78.2 | 3.244 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz12 | AD04-Bz13 | 1.11 | 76.8 | 2.877 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz13 | AD04-Bz14 | 1.18 | 57.6 | 3.215 | Si | Si | Si | Si |
| AD04-Bz14 | AD04-Bz15 | 1.2 | 75.2 | 3.36 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz15 | AD04-Bz16 | 1.75 | 73 | 7.5 | Si | Si | Si | Si |
| AD04-Bz16 | AD04-Bz17 | 1.55 | 77.4 | 5.795 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz17 | AD04-Bz18 | 1.07 | 62.8 | 2.516 | Si | Si | Si | Si |
| AD04-Bz18 | AD04-Bz19 | 1.82 | 52.6 | 7.89 | Si | Si | Si | Si |
| AD04-Bz19 | AD04-Bz20 | 1.85 | 80.4 | 8.225 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz20 | AD04-Bz21 | 0.78 | 100 | 6.146 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz21 | AD04-Bz22 | 0.78 | 100 | 0.833 | Si | Si | No | No |
| AD04-Bz22 | AD04-Bz23 | 1.26 | 100 | 0.933 | Si | Si | No | No |
| AD04-Bz23 | AD04-Bz24 | 1.26 | 100 | 2.673 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz24 | AD04-Bz25 | 1.26 | 100 | 2.353 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz25 | AD04-Bz26 | 1.26 | 100 | 4.868 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz26 | AD04-Bz27 | 1.26 | 92.4 | 2.603 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz27 | AD04-Bz28 | 1.38 | 83.1 | 4.167 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz28 | PTAR | 1.44 | 79.3 | 4.502 | Si | Si | No | Si |
| Sumatoria tramos que no cumple = | | | | | 43 | 0 | 21 | 36 |

Fuente: elaboración propia



4.1.2.2. Resultados de comportamiento hidráulico para el año 20 (2040)

Se realizó la proyección de la población al año 20 (2040) de 49061 habitantes, con el cual se determinó el caudal de diseño como se aprecia en la Tabla 19, luego se efectuó la simulación de la red principal de alcantarillado sanitario en programa el SewerCAD. Los resultados del comportamiento hidráulico al año 20 se detalla en la Tabla 28 y Tabla 29. También, se presenta el perfil longitudinal en la Figura 21, Figura 22, y Figura 23 de los colectores Perú BIRF, Caymahui y Santa Rosa respectivamente.

4.1.2.2.1. Velocidad en la red

Como se puede apreciar en la Tabla 29, 32 tramos de 121, no cumplen con la velocidad mínima (0.60m/s) según el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070, en consecuencia, estos son propensos a presentar sedimentación, por otro lado, también se determinó que ninguno de los tramos supera la velocidad máxima de 3.0m/s. Además, el rango de velocidad varía de 0.12 a 2.0m/s.

4.1.2.2.2. Relación tirante sobre diámetro (H/D)

Considerando la Tabla 29, 37 tramos de 121, superan la relación de tirante sobre diámetro según el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070. Originando que las tuberías trabajen a presión.

4.1.2.2.3. Tensión tractiva

Como se puede apreciar en la Tabla 29, 27 tramos de 121, no cumplen con la tensión tractiva mínima (1 Pascal), según el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070. Este valor varía entre los rangos de 0.149 Pa. a 14.601Pa.

Tabla 28

Resultados de la simulación al año 20 (2040).

| Nombre | Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Longitud (m) | Diámetro(mm) | Material | Manning's n | Pendiente (m/m) | Caudal (L/s) | Velocidad (m/s) | H/D (%) | Tensión tractiva (Pascals) |
|--------|---------------|---------------|--------------|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|---------|----------------------------|
| T01-01 | AD01-Bz01 | AD01-Bz02 | 52.3 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.017 | 3.507 | 0.8 | 24.4 | 3.816 |
| T01-02 | AD01-Bz02 | AD01-Bz03 | 54.7 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.002 | 4.828 | 0.38 | 35.9 | 0.696 |
| T01-03 | AD01-Bz03 | AD01-Bz04 | 16.3 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 5.57 | 0.36 | 43.8 | 0.586 |
| T01-04 | AD01-Bz04 | AD01-Bz05 | 92.8 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 6.318 | 0.28 | 38.9 | 0.319 |
| T01-05 | AD01-Bz05 | AD01-Bz06 | 30.7 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.003 | 6.931 | 0.52 | 29.4 | 1.277 |
| T01-06 | AD01-Bz06 | AD01-Bz07 | 62.8 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.009 | 7.478 | 0.8 | 27.7 | 3.21 |
| T01-07 | AD01-Bz07 | AD01-Bz08 | 11.8 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.014 | 7.98 | 0.94 | 28.3 | 4.514 |
| T01-08 | AD01-Bz08 | AD01-Bz09 | 10.1 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.011 | 8.155 | 0.88 | 29.1 | 3.856 |
| T01-09 | AD01-Bz09 | AD01-Bz10 | 54.9 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.011 | 8.826 | 0.91 | 32.5 | 4.14 |
| T01-10 | AD01-Bz10 | AD01-Bz11 | 89.4 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.004 | 10.237 | 0.66 | 53.6 | 1.976 |
| T01-11 | AD01-Bz11 | AD01-Bz12 | 82.1 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 12.083 | 0.25 | 58.7 | 0.149 |
| T01-12 | AD01-Bz12 | AD01-Bz13 | 70.6 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.003 | 13.729 | 0.63 | 41.9 | 1.708 |
| T01-13 | AD01-Bz13 | AD01-Bz14 | 27.4 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.044 | 14.567 | 1.7 | 39.5 | 14.601 |
| T01-14 | AD01-Bz14 | AD01-Bz15 | 64.8 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.01 | 16.109 | 1.01 | 52 | 4.635 |
| T01-15 | AD01-Bz15 | AD01-Bz16 | 67.1 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 16.999 | 0.51 | 59.8 | 1.045 |
| T01-16 | AD01-Bz16 | AD01-Bz17 | 58.3 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.003 | 19.972 | 0.7 | 52.6 | 2.025 |
| T01-17 | AD01-Bz17 | AD01-Bz18 | 60.4 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.005 | 20.634 | 0.86 | 48 | 3.105 |
| T01-18 | AD01-Bz18 | AD01-Bz19 | 71.6 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.018 | 21.305 | 1.36 | 60.5 | 8.437 |
| T01-19 | AD01-Bz19 | AD01-Bz20 | 81.5 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.002 | 21.567 | 0.55 | 61 | 1.178 |
| T01-20 | AD01-Bz20 | AD01-Bz21 | 64.1 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.006 | 22.024 | 0.95 | 56.7 | 3.807 |

| Nombre | Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Longitud (m) | Diámetro(mm) | Material | Manning's n | Pendiente (m/m) | Caudal (L/s) | Velocidad (m/s) | H/D (%) | Tensión tractiva (Pascals) |
|--------|---------------|---------------|--------------|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|---------|----------------------------|
| T01-21 | AD01-Bz21 | AD01-Bz22 | 88.7 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.002 | 22.733 | 0.67 | 61 | 1.758 |
| T01-22 | AD01-Bz22 | AD01-Bz23 | 20.5 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.004 | 23.976 | 0.84 | 53.2 | 2.887 |
| T01-23 | AD01-Bz23 | AD01-Bz24 | 26.4 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.013 | 24.134 | 1.26 | 54.9 | 6.919 |
| T01-24 | AD01-Bz24 | AD01-Bz25 | 31.9 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.004 | 24.324 | 0.8 | 55.1 | 2.552 |
| T01-25 | AD01-Bz25 | AD01-Bz26 | 50.7 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.015 | 24.578 | 1.34 | 55.5 | 7.879 |
| T01-26 | AD01-Bz26 | AD01-Bz27 | 50.7 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.004 | 24.781 | 0.8 | 66.8 | 2.561 |
| T01-27 | AD01-Bz27 | AD01-Bz28 | 57.9 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.002 | 24.898 | 0.65 | 62 | 1.65 |
| T01-28 | AD01-Bz28 | AD01-Bz29 | 54.3 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.013 | 25.018 | 1.29 | 67.5 | 7.186 |
| T01-29 | AD01-Bz29 | AD01-Bz30 | 49.1 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.002 | 25.095 | 0.62 | 88.7 | 1.51 |
| T01-30 | AD01-Bz30 | AD01-Bz31 | 75.5 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.003 | 25.251 | 0.75 | 96.7 | 2.241 |
| T01-31 | AD01-Bz31 | AD01-Bz32 | 68.9 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 25.542 | 0.52 | 100 | 0.712 |
| T01-32 | AD01-Bz32 | AD01-Bz33 | 90.5 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 25.977 | 0.53 | 78.2 | 0.406 |
| T01-33 | AD01-Bz33 | AD01-Bz34 | 76 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.01 | 30.38 | 1.21 | 56.8 | 6.042 |
| T01-34 | AD01-Bz34 | AD01-Bz35 | 57.2 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.014 | 31.123 | 1.4 | 57.7 | 8.264 |
| T01-35 | AD01-Bz35 | AD01-Bz36 | 47.2 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.007 | 31.452 | 1.06 | 79.1 | 4.542 |
| T01-36 | AD01-Bz36 | AD01-Bz37 | 53.5 | 250 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 35.547 | 0.72 | 93.1 | 0.801 |
| T01-37 | AD01-Bz37 | AD01-Bz38 | 77.7 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 35.547 | 0.58 | 63.8 | 1.23 |
| T01-38 | AD01-Bz38 | AD01-Bz39 | 110 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 35.547 | 0.51 | 60.3 | 0.915 |
| T01-39 | AD01-Bz39 | AD01-Bz40 | 103.3 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.002 | 36.227 | 0.67 | 47.4 | 1.665 |
| T01-40 | AD01-Bz40 | AD01-Bz41 | 93 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.008 | 36.667 | 1.16 | 54.9 | 5.376 |

| Nombre | Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Longitud (m) | Diámetro(mm) | Material | Manning's n | Pendiente (m/m) | Caudal (L/s) | Velocidad (m/s) | H/D (%) | Tensión tractiva (Pascals) |
|--------|---------------|---------------|--------------|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|---------|----------------------------|
| T01-41 | AD01-Bz41 | AD01-Bz42 | 205.9 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 37.854 | 0.53 | 56.7 | 0.986 |
| T01-42 | AD01-Bz42 | AD01-Bz43 | 134.2 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.008 | 43.043 | 1.23 | 41.5 | 5.942 |
| T01-43 | AD01-Bz43 | AD01-Bz44 | 116.5 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.006 | 43.043 | 1.11 | 47.4 | 4.795 |
| T01-44 | AD01-Bz44 | AD01-Bz45 | 127 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.003 | 43.043 | 0.87 | 54.3 | 2.808 |
| T01-45 | AD01-Bz45 | AD01-Bz46 | 131.9 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.002 | 43.043 | 0.75 | 54.3 | 2.048 |
| T01-46 | AD01-Bz46 | AD01-Bz47 | 139.3 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.004 | 46.051 | 0.93 | 61.3 | 3.24 |
| T01-47 | AD01-Bz47 | AD01-Bz48 | 155.4 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 47.324 | 0.64 | 71.9 | 1.449 |
| T01-48 | AD01-Bz48 | AD01-Bz49 | 101.3 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.001 | 48.542 | 0.64 | 63.2 | 1.425 |
| T01-49 | AD01-Bz49 | EBAR-PERÚ | 76.4 | 350 | Concrete | 0.018 | 0.004 | 49.757 | 0.93 | 50.7 | 3.189 |
| BIRF | | | | | | | | | | | |
| T03-01 | AD03-Bz01 | AD03-Bz02 | 81.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.009 | 0.871 | 0.51 | 11 | 1.088 |
| T03-02 | AD03-Bz02 | AD03-Bz03 | 23.2 | 240 | PVC | 0.01 | 0.005 | 1.448 | 0.47 | 13.4 | 0.839 |
| T03-03 | AD03-Bz03 | AD03-Bz04 | 61.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 1.474 | 0.37 | 13.6 | 0.481 |
| T03-04 | AD03-Bz04 | AD03-Bz05 | 61.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.006 | 1.529 | 0.52 | 13.3 | 1.037 |
| T03-05 | AD03-Bz05 | AD03-Bz06 | 29.5 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 1.553 | 0.41 | 13.7 | 0.614 |
| T03-06 | AD03-Bz06 | AD03-Bz07 | 54.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.006 | 1.735 | 0.55 | 18.6 | 1.101 |
| T03-07 | AD03-Bz07 | AD03-Bz08 | 66.9 | 240 | PVC | 0.01 | 0.001 | 2.316 | 0.28 | 21.4 | 0.245 |
| T03-08 | AD03-Bz08 | AD03-Bz09 | 28.4 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 2.316 | 0.38 | 19.5 | 0.479 |
| T03-09 | AD03-Bz09 | AD03-Bz10 | 60.4 | 240 | PVC | 0.01 | 0.001 | 2.316 | 0.36 | 20.3 | 0.421 |
| T03-10 | AD03-Bz10 | AD03-Bz11 | 63.6 | 240 | PVC | 0.01 | 0.001 | 2.434 | 0.36 | 18.7 | 0.413 |
| T03-11 | AD03-Bz11 | AD03-Bz12 | 45.2 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 2.576 | 0.52 | 18.8 | 0.906 |

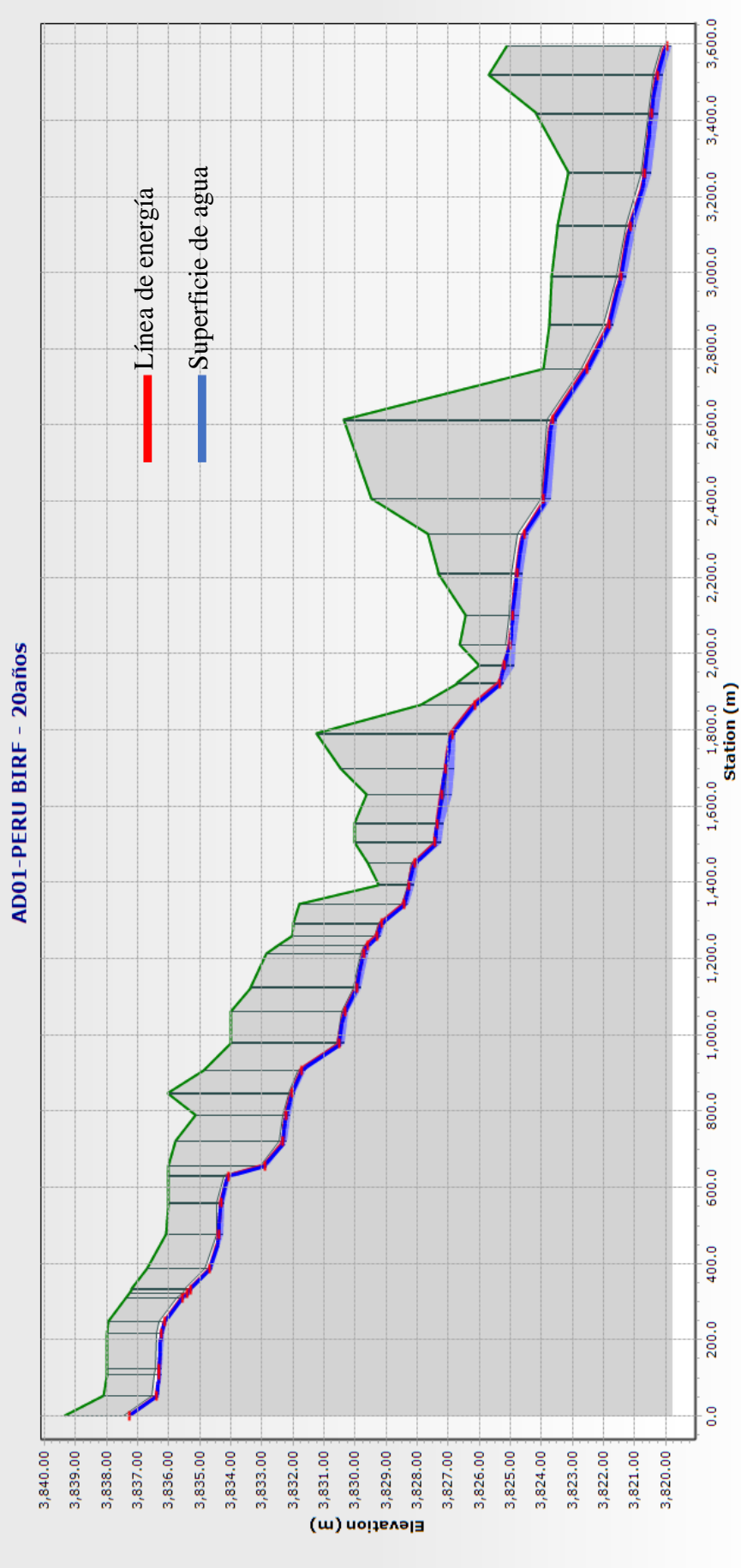
| Nombre | Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Longitud (m) | Diámetro(mm) | Material | Manning's n | Pendiente (m/m) | Caudal (L/s) | Velocidad (m/s) | H/D (%) | Tensión tractiva (Pascals) |
|--------|---------------|---------------|--------------|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|---------|----------------------------|
| T03-12 | AD03-Bz12 | AD03-Bz13 | 45.7 | 240 | PVC | 0.01 | 0.012 | 4.033 | 0.89 | 21 | 2.734 |
| T03-13 | AD03-Bz13 | AD03-Bz14 | 38 | 240 | PVC | 0.01 | 0.01 | 4.08 | 0.85 | 21.1 | 2.429 |
| T03-14 | AD03-Bz14 | AD03-Bz15 | 46.9 | 240 | PVC | 0.01 | 0.005 | 4.127 | 0.64 | 25.9 | 1.326 |
| T03-15 | AD03-Bz15 | AD03-Bz16 | 45.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.001 | 4.184 | 0.36 | 27.8 | 0.361 |
| T03-16 | AD03-Bz16 | AD03-Bz17 | 45.6 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 4.208 | 0.48 | 24.5 | 0.68 |
| T03-17 | AD03-Bz17 | AD03-Bz18 | 72.9 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 4.265 | 0.51 | 23.1 | 0.78 |
| T03-18 | AD03-Bz18 | AD03-Bz19 | 79.5 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 4.458 | 0.61 | 25.2 | 1.157 |
| T03-19 | AD03-Bz19 | AD03-Bz20 | 59.5 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 4.714 | 0.45 | 26 | 0.579 |
| T03-20 | AD03-Bz20 | AD03-Bz21 | 23.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 4.714 | 0.57 | 26.2 | 0.99 |
| T03-21 | AD03-Bz21 | AD03-Bz22 | 46.5 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 4.828 | 0.45 | 26.7 | 0.583 |
| T03-22 | AD03-Bz22 | AD03-Bz23 | 62.5 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 5.025 | 0.57 | 24.3 | 0.988 |
| T03-23 | AD03-Bz23 | AD03-Bz24 | 54.6 | 240 | PVC | 0.01 | 0.006 | 5.167 | 0.77 | 23.9 | 1.868 |
| T03-24 | AD03-Bz24 | AD03-Bz25 | 45.6 | 240 | PVC | 0.01 | 0.006 | 5.289 | 0.75 | 53.5 | 1.772 |
| T03-25 | AD03-Bz25 | AD03-Bz26 | 39.2 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 5.352 | 0.65 | 91.5 | 1.266 |
| T03-26 | AD03-Bz26 | AD03-Bz27 | 38.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 5.56 | 0.12 | 100 | 0.955 |
| T03-27 | AD03-Bz27 | AD03-Bz28 | 44.2 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 5.787 | 0.13 | 100 | 1.002 |
| T03-28 | AD03-Bz28 | AD03-Bz29 | 28.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.019 | 5.974 | 1.19 | 33.2 | 4.727 |
| T03-29 | AD03-Bz29 | AD03-Bz30 | 42.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.017 | 14.796 | 1.48 | 41.3 | 6.41 |
| T03-30 | AD03-Bz30 | AD03-Bz31 | 48.9 | 240 | PVC | 0.01 | 0.005 | 15.343 | 0.98 | 47.9 | 2.569 |
| T03-31 | AD03-Bz31 | AD03-Bz32 | 49.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 15.932 | 0.64 | 48.7 | 1.001 |

| Nombre | Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Longitud (m) | Diámetro(mm) | Material | Manning's n | Pendiente (m/m) | Caudal (L/s) | Velocidad (m/s) | H/D (%) | Tensión tractiva (Pascals) |
|--------|-------------------|---------------|--------------|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|---------|----------------------------|
| T03-32 | AD03-Bz32 | AD03-Bz33 | 45.7 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 16.484 | 0.91 | 48.5 | 2.171 |
| T03-33 | AD03-Bz34 | AD03-Bz33 | 58.4 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 16.976 | 0.69 | 49.7 | 1.158 |
| T03-34 | AD03-Bz35 | AD03-Bz34 | 49.5 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 17.413 | 0.86 | 48.3 | 1.902 |
| T03-35 | AD03-Bz36 | AD03-Bz35 | 51.9 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 17.85 | 0.77 | 48.2 | 1.489 |
| T03-36 | AD03-Bz37 | AD03-Bz36 | 48.8 | 240 | PVC | 0.01 | 0.005 | 18.244 | 1.01 | 51.8 | 2.673 |
| T03-37 | AD03-Bz38 | AD03-Bz37 | 56.5 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 18.579 | 0.68 | 52.2 | 1.135 |
| T03-38 | AD03-Bz39 | AD03-Bz38 | 53.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 18.86 | 0.93 | 46.6 | 2.2 |
| T03-39 | AD03-Bz40 | AD03-Bz39 | 49 | 240 | PVC | 0.01 | 0.007 | 19.074 | 1.16 | 50 | 3.553 |
| T03-40 | AD03-Bz41 | AD03-Bz40 | 96.6 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 20.808 | 0.85 | 51.3 | 1.773 |
| T03-41 | AD03-Bz42 | AD03-Bz41 | 46 | 240 | PVC | 0.01 | 0.014 | 21.172 | 1.53 | 49.5 | 6.444 |
| T03-42 | AD03-Bz43 | AD03-Bz42 | 68.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.01 | 21.474 | 1.33 | 50 | 4.677 |
| T03-43 | AD03-Bz44 | AD03-Bz43 | 85.4 | 240 | PVC | 0.01 | 0.005 | 21.956 | 1.05 | 54.3 | 2.781 |
| T03-44 | EBAR- CAYMAHUI | AD03-Bz44 | 12 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 22.684 | 0.82 | 54.8 | 1.616 |
| T04-01 | AD04-Bz01 | AD04-Bz02 | 61.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.013 | 48.06 | 1.82 | 87.6 | 8.065 |
| T04-02 | AD04-Bz02 | AD04-Bz03 | 77.8 | 240 | PVC | 0.01 | 0.011 | 52.91 | 1.17 | 100 | 7.105 |
| T04-03 | AD04-Bz03 | AD04-Bz04 | 62.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.009 | 53.891 | 1.19 | 100 | 6.323 |
| T04-04 | AD04-Bz04 | AD04-Bz05 | 97.5 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 55.019 | 1.22 | 100 | 1.81 |
| T04-05 | AD04-Bz05 | AD04-Bz06 | 50 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 56.004 | 1.24 | 100 | 1.411 |
| T04-06 | AD04-Bz06 | AD04-Bz07 | 73.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 56.651 | 1.25 | 100 | 2.172 |
| T04-07 | AD04-Bz07 | AD04-Bz08 | 75.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.007 | 57.324 | 1.27 | 100 | 4.959 |

| Nombre | Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Longitud (m) | Diámetro(mm) | Material | Manning's n | Pendiente (m/m) | Caudal (L/s) | Velocidad (m/s) | H/D (%) | Tensión tractiva (Pascals) |
|--------|---------------|---------------|--------------|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|---------|----------------------------|
| T04-08 | AD04-Bz08 | AD04-Bz09 | 48.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 59.662 | 1.32 | 100 | 1.71 |
| T04-09 | AD04-Bz09 | AD04-Bz10 | 48.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.006 | 59.793 | 1.32 | 100 | 3.542 |
| T04-10 | AD04-Bz10 | AD04-Bz11 | 72.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 61.914 | 1.37 | 100 | 2.527 |
| T04-11 | AD04-Bz11 | AD04-Bz12 | 72.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.005 | 62.191 | 1.37 | 100 | 2.691 |
| T04-12 | AD04-Bz12 | AD04-Bz13 | 82.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 64.099 | 1.42 | 92.9 | 2.364 |
| T04-13 | AD04-Bz13 | AD04-Bz14 | 80.3 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.004 | 65.349 | 1.29 | 83.3 | 3.65 |
| T04-14 | AD04-Bz14 | AD04-Bz15 | 19.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.005 | 65.729 | 1.45 | 93.3 | 2.77 |
| T04-15 | AD04-Bz15 | AD04-Bz16 | 54.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.012 | 65.92 | 1.89 | 93.3 | 8.417 |
| T04-16 | AD04-Bz16 | AD04-Bz17 | 46.8 | 240 | PVC | 0.01 | 0.009 | 66.186 | 1.46 | 100 | 6.264 |
| T04-17 | AD04-Bz17 | AD04-Bz18 | 101.8 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.003 | 76.926 | 1.07 | 84.3 | 2.185 |
| T04-18 | AD04-Bz18 | AD04-Bz19 | 100.8 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.012 | 82.275 | 2 | 86.9 | 9.094 |
| T04-19 | AD04-Bz19 | AD04-Bz20 | 99.1 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.012 | 82.275 | 1.14 | 100 | 9.489 |
| T04-20 | AD04-Bz20 | AD04-Bz21 | 84.1 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.008 | 82.275 | 1.14 | 100 | 7.035 |
| T04-21 | AD04-Bz21 | AD04-Bz22 | 80.1 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.001 | 82.275 | 1.14 | 100 | 0.833 |
| T04-22 | AD04-Bz22 | AD04-Bz23 | 87.4 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.001 | 132.025 | 1.84 | 100 | 0.933 |
| T04-23 | AD04-Bz23 | AD04-Bz24 | 77.7 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.004 | 132.025 | 1.84 | 100 | 2.673 |
| T04-24 | AD04-Bz24 | AD04-Bz25 | 85.1 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.003 | 132.025 | 1.84 | 100 | 2.353 |
| T04-25 | AD04-Bz25 | AD04-Bz26 | 48.1 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.005 | 132.025 | 1.84 | 100 | 4.008 |
| T04-26 | AD04-Bz26 | AD04-Bz27 | 54.1 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.004 | 132.025 | 1.84 | 100 | 2.603 |
| T04-27 | AD04-Bz27 | AD04-Bz28 | 25.9 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.005 | 132.025 | 1.84 | 100 | 3.435 |
| T04-28 | AD04-Bz28 | PTAR | 56.1 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.005 | 132.025 | 1.84 | 95.1 | 3.699 |

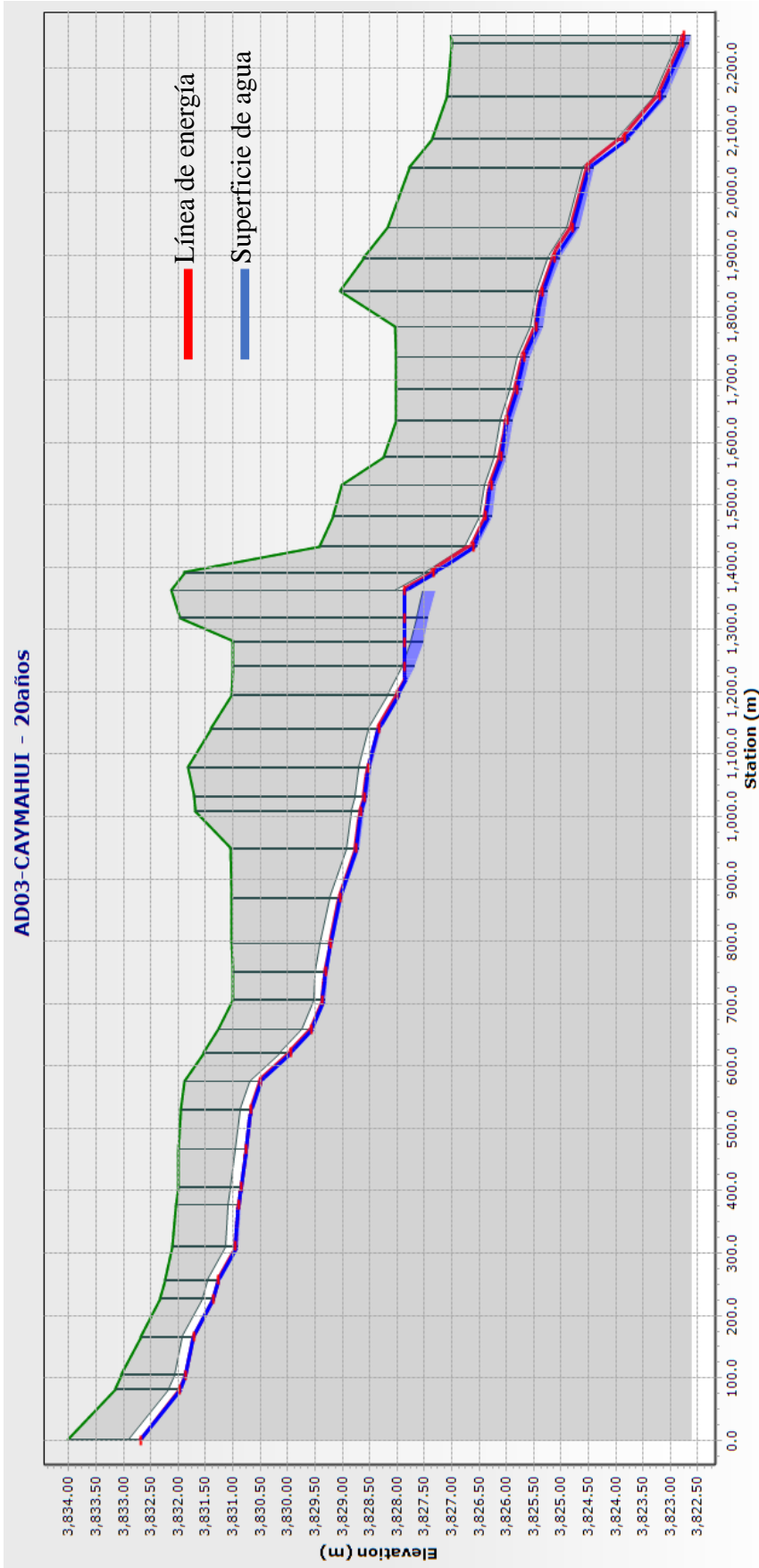
Fuente: elaboración propia

Figura 21
Perfil hidráulico de colector principal Perú BIRF al año 20.



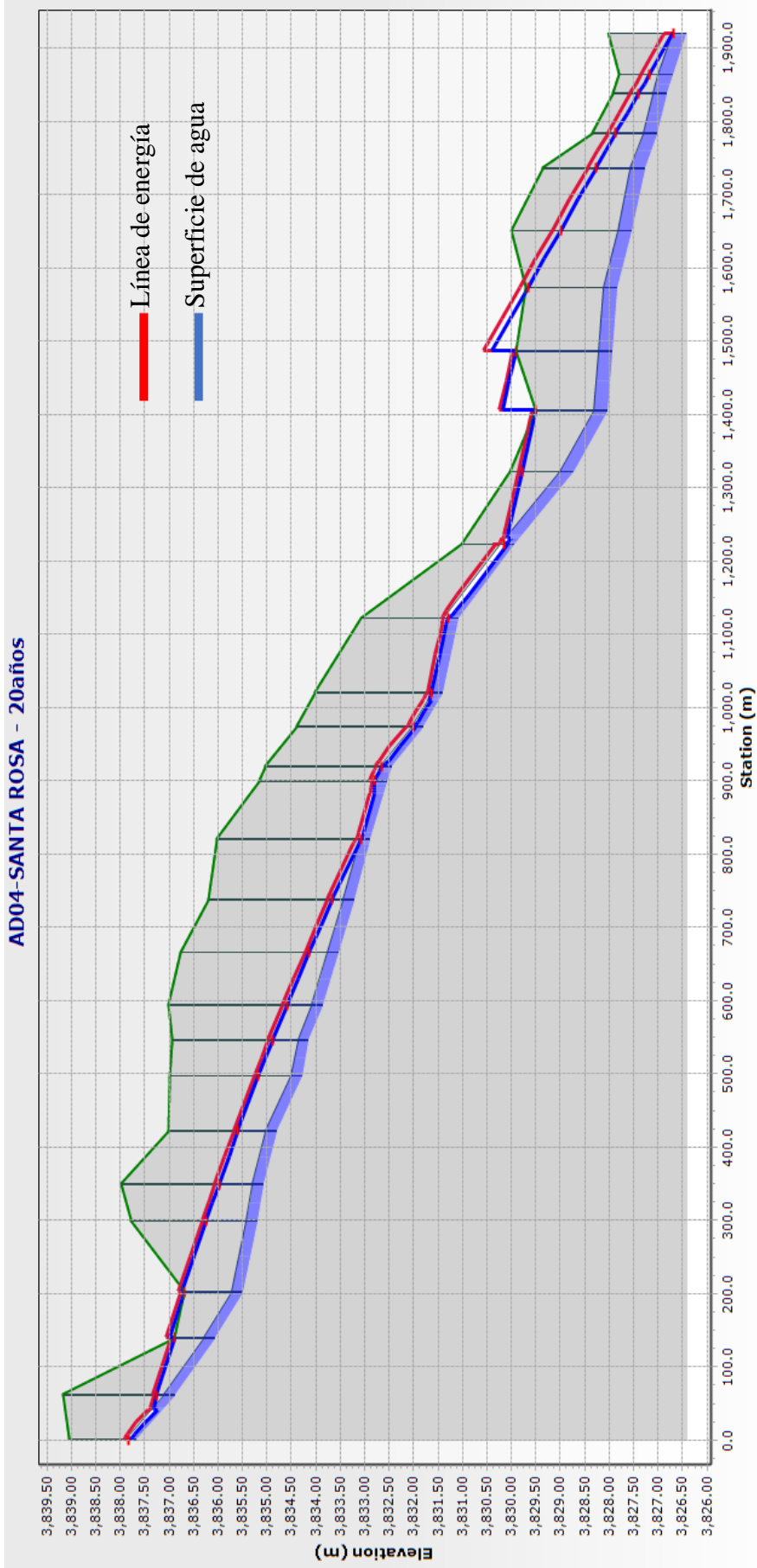
Fuente: elaboración propia

Figura 22
Perfil hidráulico de colector principal Caymahui al año 20



Fuente: Elaboración propia

Figura 23
Perfil hidráulico colector principal Santa Rosa al año 20.



Fuente: Elaboración propia



Tabla 29

Evaluación del comportamiento hidráulico al año 20

| Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Vel. (m/s) | H/D (%) | Tensió n tractiva (Pa.) | Vel. Mín. (0.60m/s) | Vel. Máx. (3.00 m/s) | H/D(<7 5%) | Tensión tractiva mín. (1pa) |
|---------------|---------------|---------------|------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| AD01-Bz01 | AD01-Bz02 | 0.8 | 24.4 | 3.816 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz02 | AD01-Bz03 | 0.38 | 35.9 | 0.696 | No | Si | Si | No |
| AD01-Bz03 | AD01-Bz04 | 0.36 | 43.8 | 0.586 | No | Si | Si | No |
| AD01-Bz04 | AD01-Bz05 | 0.28 | 38.9 | 0.319 | No | Si | Si | No |
| AD01-Bz05 | AD01-Bz06 | 0.52 | 29.4 | 1.277 | No | Si | Si | Si |
| AD01-Bz06 | AD01-Bz07 | 0.8 | 27.7 | 3.21 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz07 | AD01-Bz08 | 0.94 | 28.3 | 4.514 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz08 | AD01-Bz09 | 0.88 | 29.1 | 3.856 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz09 | AD01-Bz10 | 0.91 | 32.5 | 4.14 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz10 | AD01-Bz11 | 0.66 | 53.6 | 1.976 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz11 | AD01-Bz12 | 0.25 | 58.7 | 0.149 | No | Si | Si | No |
| AD01-Bz12 | AD01-Bz13 | 0.63 | 41.9 | 1.708 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz13 | AD01-Bz14 | 1.7 | 39.5 | 14.601 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz14 | AD01-Bz15 | 1.01 | 52 | 4.635 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz15 | AD01-Bz16 | 0.51 | 59.8 | 1.045 | No | Si | Si | Si |
| AD01-Bz16 | AD01-Bz17 | 0.7 | 52.6 | 2.025 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz17 | AD01-Bz18 | 0.86 | 48 | 3.105 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz18 | AD01-Bz19 | 1.36 | 60.5 | 8.437 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz19 | AD01-Bz20 | 0.55 | 61 | 1.178 | No | Si | Si | Si |
| AD01-Bz20 | AD01-Bz21 | 0.95 | 56.7 | 3.807 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz21 | AD01-Bz22 | 0.67 | 61 | 1.758 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz22 | AD01-Bz23 | 0.84 | 53.2 | 2.887 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz23 | AD01-Bz24 | 1.26 | 54.9 | 6.919 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz24 | AD01-Bz25 | 0.8 | 55.1 | 2.552 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz25 | AD01-Bz26 | 1.34 | 55.5 | 7.879 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz26 | AD01-Bz27 | 0.8 | 66.8 | 2.561 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz27 | AD01-Bz28 | 0.65 | 62 | 1.65 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz28 | AD01-Bz29 | 1.29 | 67.5 | 7.186 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz29 | AD01-Bz30 | 0.62 | 88.7 | 1.51 | Si | Si | No | Si |
| AD01-Bz30 | AD01-Bz31 | 0.75 | 96.7 | 2.241 | Si | Si | No | Si |
| AD01-Bz31 | AD01-Bz32 | 0.52 | 100 | 0.712 | No | Si | No | No |
| AD01-Bz32 | AD01-Bz33 | 0.53 | 78.2 | 0.406 | No | Si | No | No |
| AD01-Bz33 | AD01-Bz34 | 1.21 | 56.8 | 6.042 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz34 | AD01-Bz35 | 1.4 | 57.7 | 8.264 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz35 | AD01-Bz36 | 1.06 | 79.1 | 4.542 | Si | Si | No | Si |
| AD01-Bz36 | AD01-Bz37 | 0.72 | 93.1 | 0.801 | Si | Si | No | No |
| AD01-Bz37 | AD01-Bz38 | 0.58 | 63.8 | 1.23 | No | Si | Si | Si |
| AD01-Bz38 | AD01-Bz39 | 0.51 | 60.3 | 0.915 | No | Si | Si | No |
| AD01-Bz39 | AD01-Bz40 | 0.67 | 47.4 | 1.665 | Si | Si | Si | Si |



| Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Vel. (m/s) | H/D (%) | Tensió n tractiva (Pa.) | Vel. Mín. (0.60m/s) | Vel. Máx. (3.00 m/s) | H/D (<75%) | Tensión tractiva mín. (1pa) |
|---------------|---------------|---------------|------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| AD01-Bz40 | AD01-Bz41 | 1.16 | 54.9 | 5.376 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz41 | AD01-Bz42 | 0.53 | 56.7 | 0.986 | No | Si | Si | No |
| AD01-Bz42 | AD01-Bz43 | 1.23 | 41.5 | 5.942 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz43 | AD01-Bz44 | 1.11 | 47.4 | 4.795 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz44 | AD01-Bz45 | 0.87 | 54.3 | 2.808 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz45 | AD01-Bz46 | 0.75 | 54.3 | 2.048 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz46 | AD01-Bz47 | 0.93 | 61.3 | 3.24 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz47 | AD01-Bz48 | 0.64 | 71.9 | 1.449 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz48 | AD01-Bz49 | 0.64 | 63.2 | 1.425 | Si | Si | Si | Si |
| AD01-Bz49 | BAR-PERÚ BIRI | 0.93 | 50.7 | 3.189 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz01 | AD03-Bz02 | 0.51 | 11 | 1.088 | No | Si | Si | Si |
| AD03-Bz02 | AD03-Bz03 | 0.47 | 13.4 | 0.839 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz03 | AD03-Bz04 | 0.37 | 13.6 | 0.481 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz04 | AD03-Bz05 | 0.52 | 13.3 | 1.037 | No | Si | Si | Si |
| AD03-Bz05 | AD03-Bz06 | 0.41 | 13.7 | 0.614 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz06 | AD03-Bz07 | 0.55 | 18.6 | 1.101 | No | Si | Si | Si |
| AD03-Bz07 | AD03-Bz08 | 0.28 | 21.4 | 0.245 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz08 | AD03-Bz09 | 0.38 | 19.5 | 0.479 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz09 | AD03-Bz10 | 0.36 | 20.3 | 0.421 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz10 | AD03-Bz11 | 0.36 | 18.7 | 0.413 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz11 | AD03-Bz12 | 0.52 | 18.8 | 0.906 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz12 | AD03-Bz13 | 0.89 | 21 | 2.734 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz13 | AD03-Bz14 | 0.85 | 21.1 | 2.429 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz14 | AD03-Bz15 | 0.64 | 25.9 | 1.326 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz15 | AD03-Bz16 | 0.36 | 27.8 | 0.361 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz16 | AD03-Bz17 | 0.48 | 24.5 | 0.68 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz17 | AD03-Bz18 | 0.51 | 23.1 | 0.78 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz18 | AD03-Bz19 | 0.61 | 25.2 | 1.157 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz19 | AD03-Bz20 | 0.45 | 26 | 0.579 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz20 | AD03-Bz21 | 0.57 | 26.2 | 0.99 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz21 | AD03-Bz22 | 0.45 | 26.7 | 0.583 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz22 | AD03-Bz23 | 0.57 | 24.3 | 0.988 | No | Si | Si | No |
| AD03-Bz23 | AD03-Bz24 | 0.77 | 23.9 | 1.868 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz24 | AD03-Bz25 | 0.75 | 53.5 | 1.772 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz25 | AD03-Bz26 | 0.65 | 91.5 | 1.266 | Si | Si | No | Si |
| AD03-Bz26 | AD03-Bz27 | 0.12 | 100 | 0.955 | No | Si | No | No |
| AD03-Bz27 | AD03-Bz28 | 0.13 | 100 | 1.002 | No | Si | No | Si |
| AD03-Bz28 | AD03-Bz29 | 1.19 | 33.2 | 4.727 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz29 | AD03-Bz30 | 1.48 | 41.3 | 6.41 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz30 | AD03-Bz31 | 0.98 | 47.9 | 2.569 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz31 | AD03-Bz32 | 0.64 | 48.7 | 1.001 | Si | Si | Si | Si |



| Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Vel. (m/s) | H/D (%) | Tensió n tractiva (Pa.) | Vel. Mín. (0.60m/s) | Vel. Máx. (3.00 m/s) | H/D(<7 5%) | Tensión tractiva mín. (1pa) |
|----------------------------------|---------------|---------------|------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| AD03-Bz32 | AD03-Bz33 | 0.91 | 48.5 | 2.171 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz34 | AD03-Bz33 | 0.69 | 49.7 | 1.158 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz35 | AD03-Bz34 | 0.86 | 48.3 | 1.902 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz36 | AD03-Bz35 | 0.77 | 48.2 | 1.489 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz37 | AD03-Bz36 | 1.01 | 51.8 | 2.673 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz38 | AD03-Bz37 | 0.68 | 52.2 | 1.135 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz39 | AD03-Bz38 | 0.93 | 46.6 | 2.2 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz40 | AD03-Bz39 | 1.16 | 50 | 3.553 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz41 | AD03-Bz40 | 0.85 | 51.3 | 1.773 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz42 | AD03-Bz41 | 1.53 | 49.5 | 6.444 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz43 | AD03-Bz42 | 1.33 | 50 | 4.677 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz44 | AD03-Bz43 | 1.05 | 54.3 | 2.781 | Si | Si | Si | Si |
| AD03-Bz44 | BAR-CAYMAHL | 0.82 | 54.8 | 1.616 | Si | Si | Si | Si |
| AD04-Bz01 | AD04-Bz02 | 1.82 | 87.6 | 8.065 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz02 | AD04-Bz03 | 1.17 | 100 | 7.105 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz03 | AD04-Bz04 | 1.19 | 100 | 6.323 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz04 | AD04-Bz05 | 1.22 | 100 | 1.81 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz05 | AD04-Bz06 | 1.24 | 100 | 1.411 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz06 | AD04-Bz07 | 1.25 | 100 | 2.172 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz07 | AD04-Bz08 | 1.27 | 100 | 4.959 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz08 | AD04-Bz09 | 1.32 | 100 | 1.71 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz09 | AD04-Bz10 | 1.32 | 100 | 3.542 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz10 | AD04-Bz11 | 1.37 | 100 | 2.527 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz11 | AD04-Bz12 | 1.37 | 100 | 2.691 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz12 | AD04-Bz13 | 1.42 | 92.9 | 2.364 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz13 | AD04-Bz14 | 1.29 | 83.3 | 3.65 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz14 | AD04-Bz15 | 1.45 | 93.3 | 2.77 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz15 | AD04-Bz16 | 1.89 | 93.3 | 8.417 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz16 | AD04-Bz17 | 1.46 | 100 | 6.264 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz17 | AD04-Bz18 | 1.07 | 84.3 | 2.185 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz18 | AD04-Bz19 | 2 | 86.9 | 9.094 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz19 | AD04-Bz20 | 1.14 | 100 | 9.489 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz20 | AD04-Bz21 | 1.14 | 100 | 7.035 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz21 | AD04-Bz22 | 1.14 | 100 | 0.833 | Si | Si | No | No |
| AD04-Bz22 | AD04-Bz23 | 1.84 | 100 | 0.933 | Si | Si | No | No |
| AD04-Bz23 | AD04-Bz24 | 1.84 | 100 | 2.673 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz24 | AD04-Bz25 | 1.84 | 100 | 2.353 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz25 | AD04-Bz26 | 1.84 | 100 | 4.008 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz26 | AD04-Bz27 | 1.84 | 100 | 2.603 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz27 | AD04-Bz28 | 1.84 | 100 | 3.435 | Si | Si | No | Si |
| AD04-Bz28 | PTAR | 1.84 | 95.1 | 3.699 | Si | Si | No | Si |
| Sumatoria tramos que no cumple = | | | | | 32 | 0 | 37 | 27 |

Fuente: Elaboración propia



4.1.3. Resultados de la propuesta de mejora (optimización)

En base a la evaluación realizada de la red principal de alcantarillado sanitario en la localidad de Ilave con el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070, es necesario plantear una propuesta de mejora. Esta se realizará con la proyección de 20 años, beneficiando a 49 061 habitantes, de acuerdo a la Tabla 15.

Los resultados obtenidos de la simulación se detallan en tabla 30 y el anexo:08 (plano ALC-GEN-05), además en la Tabla 31 se realiza la comparativa de las características principales de la tubería de la red existente y la propuesta de mejora planteada.

En el colector principal existente Perú BIRF, el material de la tubería es de concreto simple normalizado con diámetros que varían de 250mm a 350mm, se planteó la propuesta de mejora realizando el cambio de material a PVC con los diámetros adecuados que varían de 250mm a 400mm. En el colector principal existente Caymahui, el material de la tubería es de PVC con el diámetro de 250mm, se planteó la propuesta de mejora realizando el cambio de diámetros que varían de 250mm a 355mm, además se debe profundizar los buzones. Por último, en el colector principal existente Santa Rosa el material de la tubería es de PVC con diámetros que varían de 250mm a 315mm, se planteó la propuesta de mejora realizando el cambio de diámetros que varían de 250mm a 450mm, para que de esta forma los parámetros de comportamiento hidráulico cumplan con norma OS.070. Para una mayor descripción también se presenta los perfiles longitudinales en Figura 24, Figura 25 y Figura 26, que corresponde a los resultados de la simulación de la propuesta de mejora (optimización).



4.1.3.1. Resultados de comportamiento hidráulico para el año 20 mejora (2040)

4.1.3.1.1. Velocidad en la red

En la Tabla 30 se muestra los resultados de velocidades que varían de 0.60 a 2.4 m/s, cumpliendo lo exigido por el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070.

4.1.3.1.2. Relación tirante sobre diámetro (H/D)

En la Tabla 30 se muestra los resultados del tirante sobre diámetro que varían de 11.5 a 70.9%, cumpliendo con lo exigido por el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070.

4.1.3.1.3. Tensión tractiva

En la Tabla 30 se muestra los resultados de la tensión tractiva estos varían de 1.033Pa 17.66Pa. cumpliendo con lo exigido por el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070.

Tabla 30
Resultados de la simulación al año 20 (mejora)

| Nombre | Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Longitud (m) | Diámetro(mm) | Material | Manning's n | Pendiente (m/m) | Caudal (L/s) | Velocidad (m/s) | H/D (%) | Tensión tractiva (Pascals) |
|--------|---------------|---------------|--------------|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|---------|----------------------------|
| T01-01 | AD01-01 | AD01-02 | 52.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.007 | 3.507 | 0.7 | 21.5 | 1.626 |
| T01-02 | AD01-02 | AD01-03 | 54.7 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 4.828 | 0.6 | 24.6 | 1.077 |
| T01-03 | AD01-03 | AD01-04 | 16.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 5.57 | 0.6 | 27 | 1.084 |
| T01-04 | AD01-04 | AD01-05 | 92.8 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 6.318 | 0.6 | 28.7 | 1.033 |
| T01-05 | AD01-05 | AD01-06 | 30.7 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 6.931 | 0.63 | 29.2 | 1.149 |
| T01-06 | AD01-06 | AD01-07 | 62.8 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 7.478 | 0.68 | 29.5 | 1.318 |
| T01-07 | AD01-07 | AD01-08 | 11.8 | 240 | PVC | 0.01 | 0.009 | 7.98 | 1 | 29.8 | 3.02 |
| T01-08 | AD01-08 | AD01-09 | 10.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.009 | 8.155 | 0.99 | 30.6 | 2.957 |
| T01-09 | AD01-09 | AD01-10 | 54.9 | 240 | PVC | 0.01 | 0.009 | 8.826 | 0.99 | 32.5 | 2.956 |
| T01-10 | AD01-10 | AD01-11 | 89.4 | 240 | PVC | 0.01 | 0.007 | 10.237 | 0.96 | 38 | 2.636 |
| T01-11 | AD01-11 | AD01-12 | 82.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 12.083 | 0.66 | 44 | 1.151 |
| T01-12 | AD01-12 | AD01-13 | 70.6 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 13.729 | 0.68 | 44 | 1.178 |
| T01-13 | AD01-13 | AD01-14 | 27.4 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.002 | 14.567 | 0.69 | 35.2 | 1.216 |
| T01-14 | AD01-14 | AD01-15 | 64.8 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.002 | 16.109 | 0.67 | 34.7 | 1.107 |
| T01-15 | AD01-15 | AD01-16 | 67.1 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.008 | 16.999 | 1.16 | 35.9 | 3.663 |
| T01-16 | AD01-16 | AD01-17 | 58.3 | 341 | PVC | 0.01 | 0.002 | 19.972 | 0.71 | 33.9 | 1.214 |
| T01-17 | AD01-17 | AD01-18 | 60.4 | 341 | PVC | 0.01 | 0.002 | 20.634 | 0.79 | 32.1 | 1.529 |
| T01-18 | AD01-18 | AD01-19 | 71.6 | 341 | PVC | 0.01 | 0.012 | 21.305 | 1.41 | 34.2 | 5.444 |
| T01-19 | AD01-19 | AD01-20 | 81.5 | 341 | PVC | 0.01 | 0.002 | 21.567 | 0.7 | 34.5 | 1.163 |
| T01-20 | AD01-20 | AD01-21 | 64.1 | 341 | PVC | 0.01 | 0.008 | 22.024 | 1.21 | 32.1 | 3.872 |

| Nombre | Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Longitud (m) | Diámetro(mm) | Material | Manning's n | Pendiente (m/m) | Caudal (L/s) | Velocidad (m/s) | H/D (%) | Tensión tractiva (Pascals) |
|--------|---------------|---------------|--------------|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|---------|----------------------------|
| T01-21 | AD01-21 | AD01-22 | 88.7 | 341 | PVC | 0.01 | 0.006 | 22.733 | 1.09 | 32.8 | 3.038 |
| T01-22 | AD01-22 | AD01-23 | 20.5 | 341 | PVC | 0.01 | 0.018 | 23.976 | 1.65 | 33.3 | 7.572 |
| T01-23 | AD01-23 | AD01-24 | 26.4 | 341 | PVC | 0.01 | 0.018 | 24.134 | 1.66 | 37 | 7.677 |
| T01-24 | AD01-24 | AD01-25 | 31.9 | 341 | PVC | 0.01 | 0.002 | 24.324 | 0.7 | 37.3 | 1.136 |
| T01-25 | AD01-25 | AD01-26 | 50.7 | 341 | PVC | 0.01 | 0.003 | 24.578 | 0.9 | 33.9 | 1.99 |
| T01-26 | AD01-26 | AD01-27 | 50.7 | 341 | PVC | 0.01 | 0.051 | 24.781 | 2.43 | 37.6 | 17.666 |
| T01-27 | AD01-27 | AD01-28 | 57.9 | 341 | PVC | 0.01 | 0.002 | 24.898 | 0.7 | 41 | 1.14 |
| T01-28 | AD01-28 | AD01-29 | 54.3 | 341 | PVC | 0.01 | 0.002 | 25.018 | 0.72 | 41.6 | 1.201 |
| T01-29 | AD01-29 | AD01-30 | 49.1 | 341 | PVC | 0.01 | 0.001 | 25.095 | 0.68 | 41.9 | 1.065 |
| T01-30 | AD01-30 | AD01-31 | 75.5 | 341 | PVC | 0.01 | 0.002 | 25.251 | 0.71 | 41.5 | 1.166 |
| T01-31 | AD01-31 | AD01-32 | 68.9 | 341 | PVC | 0.01 | 0.002 | 25.542 | 0.71 | 41.9 | 1.176 |
| T01-32 | AD01-32 | AD01-33 | 90.5 | 341 | PVC | 0.01 | 0.002 | 25.977 | 0.71 | 40 | 1.154 |
| T01-33 | AD01-33 | AD01-34 | 76 | 341 | PVC | 0.01 | 0.01 | 30.38 | 1.46 | 37.9 | 5.455 |
| T01-34 | AD01-34 | AD01-35 | 57.2 | 341 | PVC | 0.01 | 0.02 | 31.123 | 1.88 | 38.2 | 9.565 |
| T01-35 | AD01-35 | AD01-36 | 47.2 | 341 | PVC | 0.01 | 0.015 | 31.452 | 1.68 | 45.8 | 7.469 |
| T01-36 | AD01-36 | AD01-37 | 53.5 | 341 | PVC | 0.01 | 0.001 | 35.547 | 0.72 | 53.4 | 1.136 |
| T01-37 | AD01-37 | AD01-38 | 77.7 | 341 | PVC | 0.01 | 0.001 | 35.547 | 0.71 | 53 | 1.121 |
| T01-38 | AD01-38 | AD01-39 | 110 | 341 | PVC | 0.01 | 0.001 | 35.547 | 0.73 | 53.5 | 1.175 |
| T01-39 | AD01-39 | AD01-40 | 103.3 | 341 | PVC | 0.01 | 0.001 | 36.227 | 0.71 | 54.5 | 1.109 |
| T01-40 | AD01-40 | AD01-41 | 93 | 341 | PVC | 0.01 | 0.001 | 36.667 | 0.72 | 54.9 | 1.136 |

| Nombre | Bz. Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Longitud (m) | Diámetro(mm) | Material | Manning's n | Pendiente (m/m) | Caudal (L/s) | Velocidad (m/s) | H/D (%) | Tensión tractiva (Pascals) |
|--------|----------------|---------------|--------------|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|---------|----------------------------|
| T01-41 | AD01-41 | AD01-42 | 205.9 | 341 | PVC | 0.01 | 0.001 | 37.854 | 0.73 | 49.4 | 1.165 |
| T01-42 | AD01-42 | AD01-43 | 134.2 | 384.4 | PVC | 0.01 | 0.009 | 43.043 | 1.53 | 42.4 | 5.756 |
| T01-43 | AD01-43 | AD01-44 | 116.5 | 384.4 | PVC | 0.01 | 0.002 | 43.043 | 0.82 | 48.1 | 1.46 |
| T01-44 | AD01-44 | AD01-45 | 127 | 384.4 | PVC | 0.01 | 0.001 | 43.043 | 0.74 | 50.2 | 1.185 |
| T01-45 | AD01-45 | AD01-46 | 131.9 | 384.4 | PVC | 0.01 | 0.001 | 43.043 | 0.73 | 47.4 | 1.149 |
| T01-46 | AD01-46 | AD01-47 | 139.3 | 384.4 | PVC | 0.01 | 0.002 | 46.051 | 0.92 | 49.3 | 1.875 |
| T01-47 | AD01-47 | AD01-48 | 155.4 | 384.4 | PVC | 0.01 | 0.001 | 47.324 | 0.74 | 54.4 | 1.145 |
| T01-48 | AD01-48 | AD01-49 | 101.3 | 384.4 | PVC | 0.01 | 0.001 | 48.542 | 0.75 | 55 | 1.177 |
| T01-49 | AD01-49 | 3 EBAR-PERÚ | 76.4 | 384.4 | PVC | 0.01 | 0.001 | 49.757 | 0.75 | 48.5 | 1.166 |
| BIRF | | | | | | | | | | | |
| T03-01 | AD03-01 | AD03-02 | 81.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.009 | 1.5 | 0.61 | 11.5 | 1.455 |
| T03-02 | AD03-02 | AD03-03 | 23.2 | 240 | PVC | 0.01 | 0.009 | 1.5 | 0.6 | 11.5 | 1.406 |
| T03-03 | AD03-03 | AD03-04 | 61.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.009 | 1.5 | 0.6 | 11.5 | 1.4 |
| T03-04 | AD03-04 | AD03-05 | 61.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.009 | 1.5 | 0.6 | 12.7 | 1.416 |
| T03-05 | AD03-05 | AD03-06 | 29.5 | 240 | PVC | 0.01 | 0.009 | 1.512 | 0.6 | 13.1 | 1.381 |
| T03-06 | AD03-06 | AD03-07 | 54.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.008 | 1.69 | 0.6 | 14.5 | 1.386 |
| T03-07 | AD03-07 | AD03-08 | 66.9 | 240 | PVC | 0.01 | 0.006 | 2.255 | 0.6 | 14.7 | 1.273 |
| T03-08 | AD03-08 | AD03-09 | 28.5 | 240 | PVC | 0.01 | 0.007 | 2.255 | 0.61 | 14.6 | 1.334 |
| T03-09 | AD03-09 | AD03-10 | 60.4 | 240 | PVC | 0.01 | 0.006 | 2.255 | 0.6 | 15.7 | 1.275 |
| T03-10 | AD03-10 | AD03-11 | 63.6 | 240 | PVC | 0.01 | 0.006 | 2.37 | 0.6 | 16.2 | 1.275 |
| T03-11 | AD03-11 | AD03-12 | 45.2 | 240 | PVC | 0.01 | 0.006 | 2.509 | 0.6 | 18.5 | 1.246 |

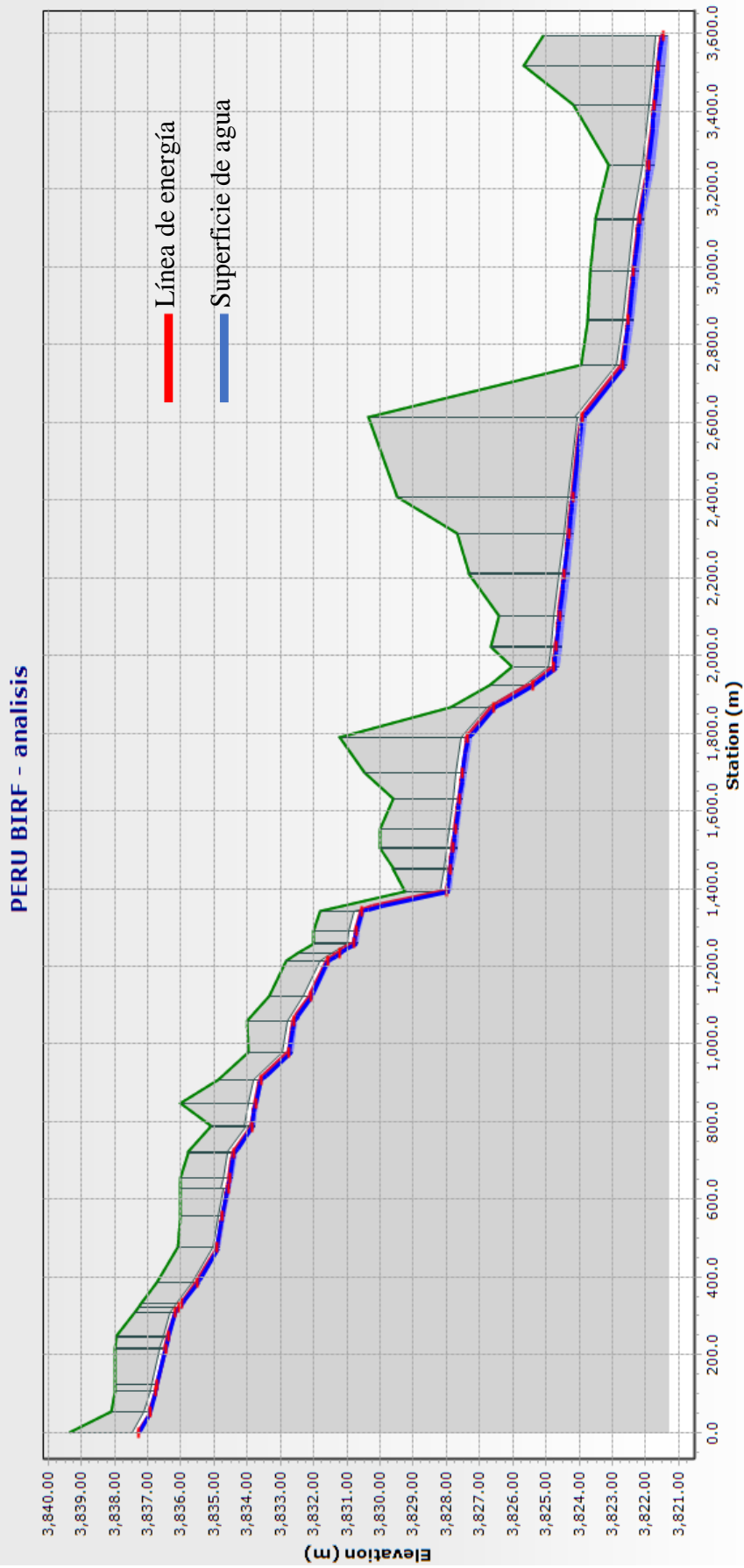
| Nombre | Bz. Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Longitud (m) | Diámetro(mm) | Material | Manning's n | Pendiente (m/m) | Caudal (L/s) | Velocidad (m/s) | H/D (%) | Tensión tractiva (Pascals) |
|--------|----------------|---------------|--------------|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|---------|----------------------------|
| T03-12 | AD03-12 | AD03-13 | 45.7 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 3.928 | 0.6 | 20.7 | 1.132 |
| T03-13 | AD03-13 | AD03-14 | 38 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 3.973 | 0.6 | 20.8 | 1.14 |
| T03-14 | AD03-14 | AD03-15 | 46.9 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 4.019 | 0.61 | 20.9 | 1.169 |
| T03-15 | AD03-15 | AD03-16 | 45.1 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 4.074 | 0.60 | 21.1 | 1.111 |
| T03-16 | AD03-16 | AD03-17 | 45.6 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 4.098 | 0.6 | 21.2 | 1.156 |
| T03-17 | AD03-17 | AD03-18 | 72.9 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 4.154 | 0.6 | 21.5 | 1.137 |
| T03-18 | AD03-18 | AD03-19 | 79.5 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 4.342 | 0.6 | 22.1 | 1.114 |
| T03-19 | AD03-19 | AD03-20 | 59.5 | 240 | PVC | 0.01 | 0.004 | 4.591 | 0.6 | 22.6 | 1.112 |
| T03-20 | AD03-20 | AD03-21 | 23.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 4.591 | 0.60 | 22.8 | 1.088 |
| T03-21 | AD03-21 | AD03-22 | 46.5 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 4.702 | 0.6 | 23.3 | 1.104 |
| T03-22 | AD03-22 | AD03-23 | 62.5 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 4.893 | 0.6 | 23.8 | 1.101 |
| T03-23 | AD03-23 | AD03-24 | 54.6 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 5.032 | 0.6 | 24.4 | 1.099 |
| T03-24 | AD03-24 | AD03-25 | 45.6 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 5.15 | 0.60 | 24.6 | 1.048 |
| T03-25 | AD03-25 | AD03-26 | 39.2 | 240 | PVC | 0.01 | 0.003 | 5.212 | 0.61 | 35.5 | 1.12 |
| T03-26 | AD03-26 | AD03-27 | 38.3 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 14.007 | 0.68 | 46.9 | 1.172 |
| T03-27 | AD03-27 | AD03-28 | 44.2 | 240 | PVC | 0.01 | 0.002 | 14.228 | 0.68 | 44.8 | 1.155 |
| T03-28 | AD03-28 | AD03-29 | 28.3 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.002 | 14.41 | 0.68 | 34.5 | 1.18 |
| T03-29 | AD03-29 | AD03-30 | 42.3 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.002 | 15.019 | 0.66 | 35.3 | 1.095 |
| T03-30 | AD03-30 | AD03-31 | 48.9 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.002 | 15.552 | 0.69 | 36.2 | 1.182 |
| T03-31 | AD03-31 | AD03-32 | 49.3 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.002 | 16.126 | 0.66 | 37 | 1.095 |

| Nombre | Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Longitud (m) | Diámetro(mm) | Material | Manning's n | Pendiente (m/m) | Caudal (L/s) | Velocidad (m/s) | H/D (%) | Tensión tractiva (Pascals) |
|----------|---------------|---------------|--------------|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|---------|----------------------------|
| T03-32 | AD03-32 | AD03-33 | 45.7 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.002 | 16.663 | 0.69 | 37.5 | 1.179 |
| T03-33 | AD03-34 | AD03-33 | 58.4 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.002 | 17.142 | 0.68 | 38.5 | 1.152 |
| T03-34 | AD03-35 | AD03-34 | 49.5 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.002 | 17.568 | 0.68 | 39.4 | 1.131 |
| T03-35 | AD03-36 | AD03-35 | 51.9 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.002 | 17.993 | 0.67 | 39.8 | 1.101 |
| T03-36 | AD03-37 | AD03-36 | 48.8 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.002 | 18.377 | 0.69 | 40.1 | 1.166 |
| T03-37 | AD03-38 | AD03-37 | 56.5 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.002 | 18.703 | 0.68 | 40.4 | 1.136 |
| T03-38 | AD03-39 | AD03-38 | 53.1 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.002 | 18.977 | 0.7 | 40.5 | 1.201 |
| T03-39 | AD03-40 | AD03-39 | 49 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.002 | 19.185 | 0.7 | 41.1 | 1.183 |
| T03-40 | AD03-41 | AD03-40 | 96.6 | 341 | PVC | 0.01 | 0.002 | 20.874 | 0.68 | 36.8 | 1.115 |
| T03-41 | AD03-42 | AD03-41 | 46 | 341 | PVC | 0.01 | 0.002 | 21.228 | 0.7 | 37.3 | 1.167 |
| T03-42 | AD03-43 | AD03-42 | 68.3 | 341 | PVC | 0.01 | 0.002 | 21.523 | 0.68 | 37.9 | 1.104 |
| T03-43 | AD03-44 | AD03-43 | 85.4 | 341 | PVC | 0.01 | 0.002 | 21.992 | 0.69 | 38.1 | 1.13 |
| T03-44 | 2EBAR- | AD03-44 | 12 | 341 | PVC | 0.01 | 0.002 | 22.7 | 0.68 | 35.3 | 1.089 |
| CAYMAHUI | | | | | | | | | | | |
| T04-01 | AD04-01 | AD04-02 | 61.3 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.008 | 48.06 | 1.54 | 57.4 | 5.627 |
| T04-02 | AD04-02 | AD04-03 | 77.8 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.02 | 52.91 | 2.2 | 59.1 | 11.98 |
| T04-03 | AD04-03 | AD04-04 | 62.3 | 302.6 | PVC | 0.01 | 0.005 | 53.891 | 1.35 | 67.8 | 4.134 |
| T04-04 | AD04-04 | AD04-05 | 97.5 | 384.4 | PVC | 0.01 | 0.001 | 55.019 | 0.76 | 60.2 | 1.181 |
| T04-05 | AD04-05 | AD04-06 | 50 | 384.4 | PVC | 0.01 | 0.001 | 56.004 | 0.78 | 61.1 | 1.25 |
| T04-06 | AD04-06 | AD04-07 | 73.1 | 384.4 | PVC | 0.01 | 0.001 | 56.651 | 0.75 | 62.1 | 1.162 |
| T04-07 | AD04-07 | AD04-08 | 75.1 | 384.4 | PVC | 0.01 | 0.001 | 57.324 | 0.75 | 61.1 | 1.141 |

| Nombre | Bz. Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Longitud (m) | Diámetro(mm) | Material | Manning's n | Pendiente (m/m) | Caudal (L/s) | Velocidad (m/s) | H/D (%) | Tensión tractiva (Pascals) |
|--------|----------------|---------------|--------------|--------------|----------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|---------|----------------------------|
| T04-08 | AD04-08 | AD04-09 | 48.1 | 432.4 | PVC | 0.01 | 0.001 | 59.662 | 0.75 | 53.3 | 1.144 |
| T04-09 | AD04-09 | AD04-10 | 48.1 | 432.4 | PVC | 0.01 | 0.001 | 59.793 | 0.75 | 53.4 | 1.145 |
| T04-10 | AD04-10 | AD04-11 | 72.1 | 432.4 | PVC | 0.01 | 0.001 | 61.914 | 0.78 | 53.7 | 1.223 |
| T04-11 | AD04-11 | AD04-12 | 72.1 | 432.4 | PVC | 0.01 | 0.001 | 62.191 | 0.78 | 54.7 | 1.225 |
| T04-12 | AD04-12 | AD04-13 | 82.1 | 432.4 | PVC | 0.01 | 0.001 | 64.099 | 0.75 | 48.3 | 1.114 |
| T04-13 | AD04-13 | AD04-14 | 80.3 | 432.4 | PVC | 0.01 | 0.011 | 65.349 | 1.81 | 41.2 | 7.646 |
| T04-14 | AD04-14 | AD04-15 | 19.1 | 432.4 | PVC | 0.01 | 0.007 | 65.729 | 1.58 | 41.3 | 5.684 |
| T04-15 | AD04-15 | AD04-16 | 54.3 | 432.4 | PVC | 0.01 | 0.012 | 65.92 | 1.87 | 41.4 | 8.283 |
| T04-16 | AD04-16 | AD04-17 | 46.8 | 432.4 | PVC | 0.01 | 0.008 | 66.186 | 1.63 | 43.1 | 6.058 |
| T04-17 | AD04-17 | AD04-18 | 101.8 | 432.4 | PVC | 0.01 | 0.009 | 76.926 | 1.79 | 45.6 | 7.293 |
| T04-18 | AD04-18 | AD04-19 | 100.8 | 432.4 | PVC | 0.01 | 0.02 | 82.275 | 2.42 | 37.3 | 13.98 |
| T04-19 | AD04-19 | AD04-20 | 99.1 | 432.4 | PVC | 0.01 | 0.01 | 82.275 | 1.89 | 40.1 | 8.047 |
| T04-20 | AD04-20 | AD04-21 | 84.1 | 432.4 | PVC | 0.01 | 0.006 | 82.275 | 1.57 | 46.5 | 5.373 |
| T04-21 | AD04-21 | AD04-22 | 80.1 | 432.4 | PVC | 0.01 | 0.003 | 82.275 | 1.23 | 54.5 | 3.154 |
| T04-22 | AD04-22 | AD04-23 | 87.4 | 432.4 | PVC | 0.01 | 0.003 | 132.025 | 1.37 | 62.4 | 3.704 |
| T04-23 | AD04-23 | AD04-24 | 77.7 | 432.4 | PVC | 0.01 | 0.003 | 132.025 | 1.37 | 62.9 | 3.706 |
| T04-24 | AD04-24 | AD04-25 | 85.1 | 432.4 | PVC | 0.01 | 0.003 | 132.025 | 1.34 | 62.8 | 3.551 |
| T04-25 | AD04-25 | AD04-26 | 48.1 | 432.4 | PVC | 0.01 | 0.003 | 132.025 | 1.37 | 60.9 | 3.735 |
| T04-26 | AD04-26 | AD04-27 | 54.1 | 432.4 | PVC | 0.01 | 0.008 | 132.025 | 1.98 | 52.9 | 8.199 |
| T04-27 | AD04-27 | AD04-28 | 25.9 | 432.4 | PVC | 0.01 | 0.005 | 132.025 | 1.6 | 70.9 | 5.19 |
| T04-28 | AD04-28 | 1 PTAR-ILAVE | 56.1 | 432.4 | PVC | 0.01 | 0.001 | 132.025 | 0.9 | 70.9 | 1.211 |

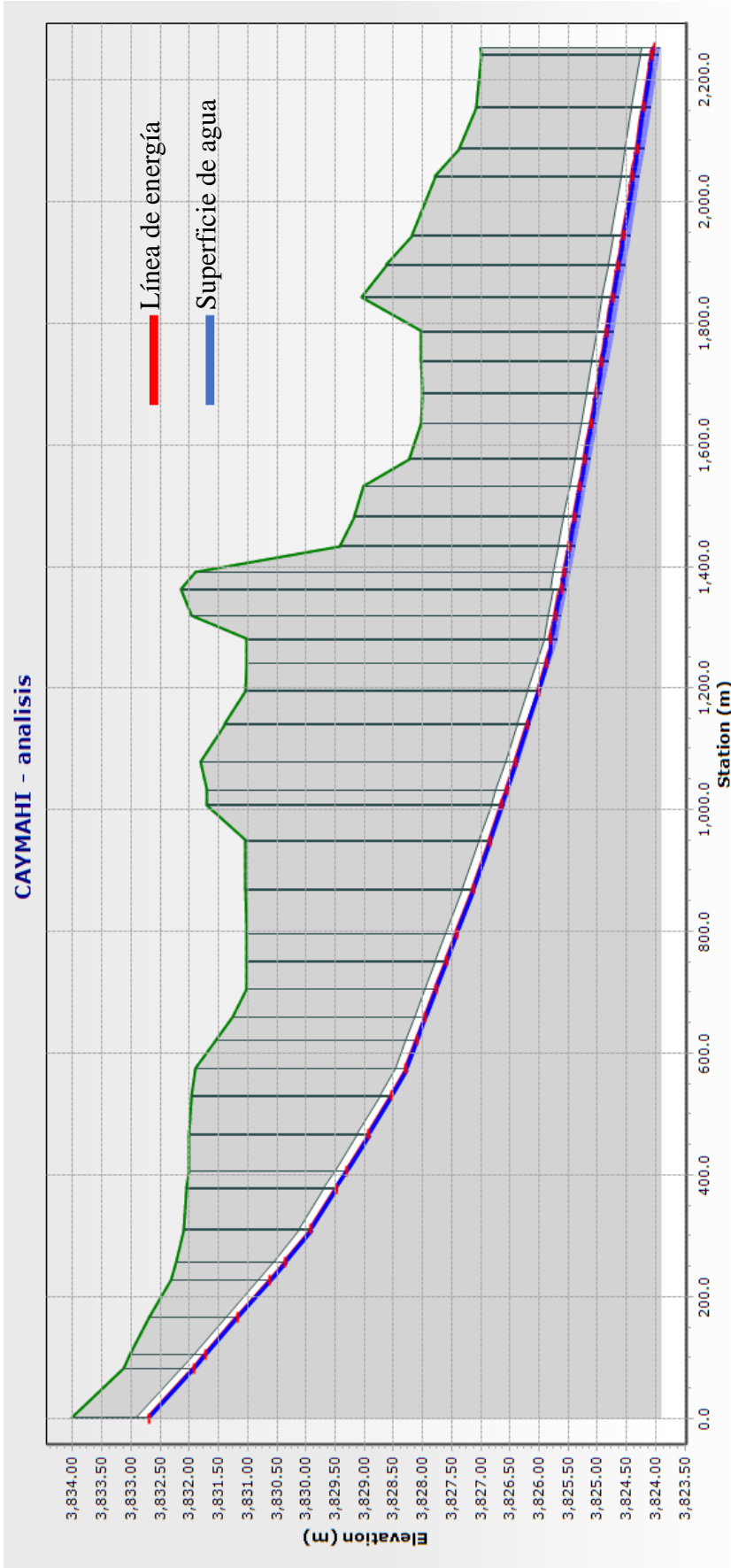
Fuente: elaboración propia

Figura 24
Perfil hidráulico colector principal Perú BIRF al año 20 (mejora).



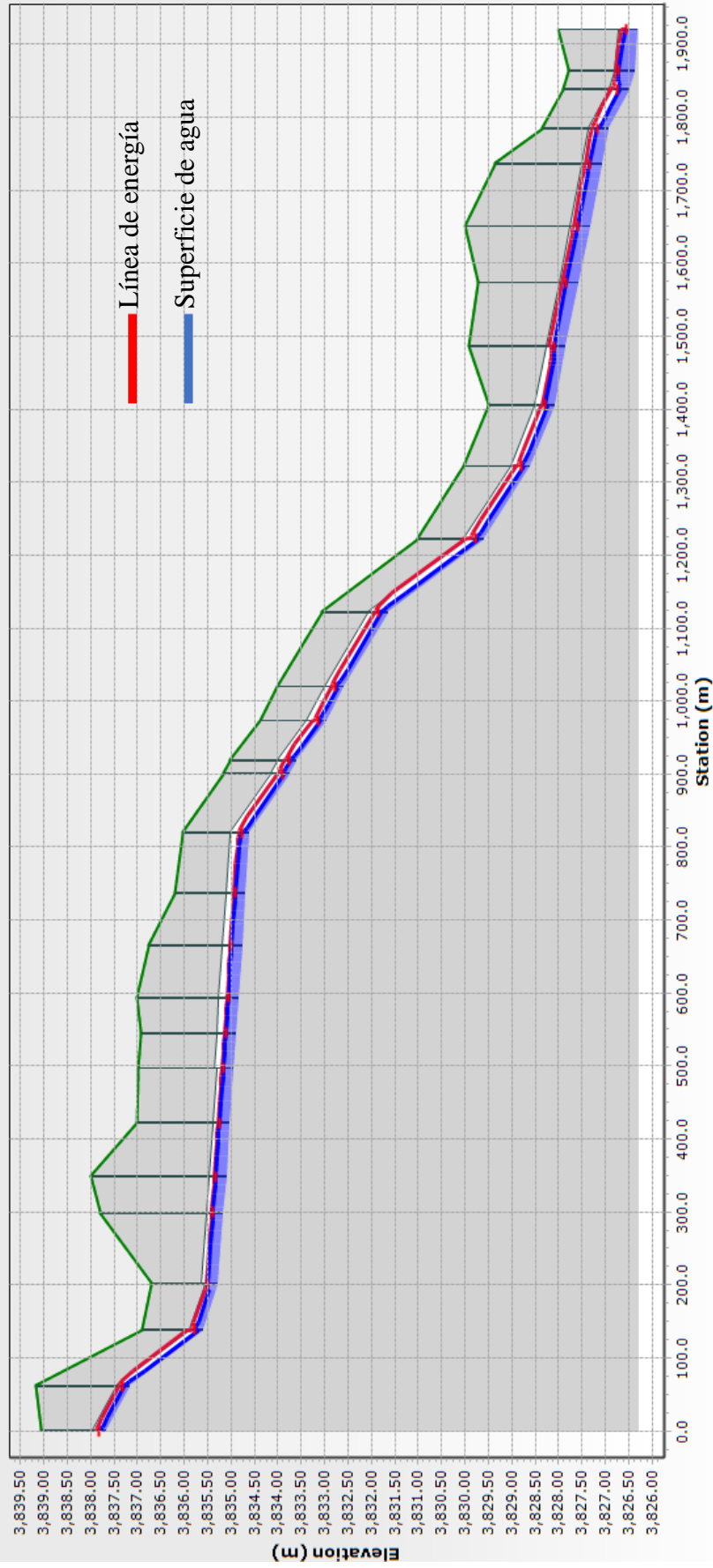
Fuente: Elaboración propia

Figura 25
Perfil hidráulico colector Caymahui al año 20 (mejora)



Fuente: Elaboración propia

Figura 26
Perfil hidráulico de colector principal Santa Rosa al año 20 (mejora)
SANTA ROSA - analisis



Fuente: Elaboración propia

Tabla 31

Comparación de características principales de la tubería

| Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Longitud (m) | Existente | | | Propuesta | | |
|------------------|------------------|-----------------|------------|------------|----------|------------|------------|----------|
| | | | S (m/m) | DN (mm) | Material | S (m/m) | DN (mm) | Material |
| AD01-Bz01 | AD01-Bz02 | 52.3 | 0.017 | 250 | CSN | 0.007 | 250 | PVC |
| AD01-Bz02 | AD01-Bz03 | 54.7 | 0.002 | 250 | CSN | 0.003 | 250 | PVC |
| AD01-Bz03 | AD01-Bz04 | 16.3 | 0.001 | 250 | CSN | 0.003 | 250 | PVC |
| AD01-Bz04 | AD01-Bz05 | 92.8 | 0.001 | 250 | CSN | 0.003 | 250 | PVC |
| AD01-Bz05 | AD01-Bz06 | 30.7 | 0.003 | 250 | CSN | 0.003 | 250 | PVC |
| AD01-Bz06 | AD01-Bz07 | 62.8 | 0.009 | 250 | CSN | 0.003 | 250 | PVC |
| AD01-Bz07 | AD01-Bz08 | 11.8 | 0.014 | 250 | CSN | 0.009 | 250 | PVC |
| AD01-Bz08 | AD01-Bz09 | 10.1 | 0.011 | 250 | CSN | 0.009 | 250 | PVC |
| AD01-Bz09 | AD01-Bz10 | 54.9 | 0.011 | 250 | CSN | 0.009 | 250 | PVC |
| AD01-Bz10 | AD01-Bz11 | 89.4 | 0.004 | 250 | CSN | 0.007 | 250 | PVC |
| AD01-Bz11 | AD01-Bz12 | 82.1 | 0.001 | 250 | CSN | 0.002 | 250 | PVC |
| AD01-Bz12 | AD01-Bz13 | 70.6 | 0.003 | 250 | CSN | 0.002 | 250 | PVC |
| AD01-Bz13 | AD01-Bz14 | 27.4 | 0.044 | 250 | CSN | 0.002 | 315 | PVC |
| AD01-Bz14 | AD01-Bz15 | 64.8 | 0.01 | 250 | CSN | 0.002 | 315 | PVC |
| AD01-Bz15 | AD01-Bz16 | 67.1 | 0.001 | 250 | CSN | 0.008 | 315 | PVC |
| AD01-Bz16 | AD01-Bz17 | 58.3 | 0.003 | 250 | CSN | 0.002 | 355 | PVC |
| AD01-Bz17 | AD01-Bz18 | 60.4 | 0.005 | 250 | CSN | 0.002 | 355 | PVC |
| AD01-Bz18 | AD01-Bz19 | 71.6 | 0.018 | 250 | CSN | 0.012 | 355 | PVC |
| AD01-Bz19 | AD01-Bz20 | 81.5 | 0.002 | 250 | CSN | 0.002 | 355 | PVC |
| AD01-Bz20 | AD01-Bz21 | 64.1 | 0.006 | 250 | CSN | 0.008 | 355 | PVC |
| AD01-Bz21 | AD01-Bz22 | 88.7 | 0.002 | 250 | CSN | 0.006 | 355 | PVC |
| AD01-Bz22 | AD01-Bz23 | 20.5 | 0.004 | 250 | CSN | 0.018 | 355 | PVC |
| AD01-Bz23 | AD01-Bz24 | 26.4 | 0.013 | 250 | CSN | 0.018 | 355 | PVC |
| AD01-Bz24 | AD01-Bz25 | 31.9 | 0.004 | 250 | CSN | 0.002 | 355 | PVC |
| AD01-Bz25 | AD01-Bz26 | 50.7 | 0.015 | 250 | CSN | 0.003 | 355 | PVC |
| AD01-Bz26 | AD01-Bz27 | 50.7 | 0.004 | 250 | CSN | 0.051 | 355 | PVC |
| AD01-Bz27 | AD01-Bz28 | 57.9 | 0.002 | 250 | CSN | 0.002 | 355 | PVC |
| AD01-Bz28 | AD01-Bz29 | 54.3 | 0.013 | 250 | CSN | 0.002 | 355 | PVC |
| AD01-Bz29 | AD01-Bz30 | 49.1 | 0.002 | 250 | CSN | 0.001 | 355 | PVC |
| AD01-Bz30 | AD01-Bz31 | 75.5 | 0.003 | 250 | CSN | 0.002 | 355 | PVC |
| AD01-Bz31 | AD01-Bz32 | 68.9 | 0.001 | 250 | CSN | 0.002 | 355 | PVC |
| AD01-Bz32 | AD01-Bz33 | 90.5 | 0.001 | 250 | CSN | 0.002 | 355 | PVC |
| AD01-Bz33 | AD01-Bz34 | 76 | 0.01 | 250 | CSN | 0.01 | 355 | PVC |
| AD01-Bz34 | AD01-Bz35 | 57.2 | 0.014 | 250 | CSN | 0.02 | 355 | PVC |
| AD01-Bz35 | AD01-Bz36 | 47.2 | 0.007 | 250 | CSN | 0.015 | 355 | PVC |
| AD01-Bz36 | AD01-Bz37 | 53.5 | 0.001 | 250 | CSN | 0.001 | 355 | PVC |
| AD01-Bz37 | AD01-Bz38 | 77.7 | 0.001 | 350 | CSN | 0.001 | 355 | PVC |
| AD01-Bz38 | AD01-Bz39 | 110 | 0.001 | 350 | CSN | 0.001 | 355 | PVC |
| AD01-Bz39 | AD01-Bz40 | 103.3 | 0.002 | 350 | CSN | 0.001 | 355 | PVC |



| Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Longitud (m) | Existente | | | Propuesta | | |
|------------------|-------------------|-----------------|------------|------------|----------|------------|------------|----------|
| | | | S (m/m) | DN (mm) | Material | S (m/m) | DN (mm) | Material |
| AD01-Bz40 | AD01-Bz41 | 93 | 0.008 | 350 | CSN | 0.001 | 355 | PVC |
| AD01-Bz41 | AD01-Bz42 | 205.9 | 0.001 | 350 | CSN | 0.001 | 355 | PVC |
| AD01-Bz42 | AD01-Bz43 | 134.2 | 0.008 | 350 | CSN | 0.009 | 400 | PVC |
| AD01-Bz43 | AD01-Bz44 | 116.5 | 0.006 | 350 | CSN | 0.002 | 400 | PVC |
| AD01-Bz44 | AD01-Bz45 | 127 | 0.003 | 350 | CSN | 0.001 | 400 | PVC |
| AD01-Bz45 | AD01-Bz46 | 131.9 | 0.002 | 350 | CSN | 0.001 | 400 | PVC |
| AD01-Bz46 | AD01-Bz47 | 139.3 | 0.004 | 350 | CSN | 0.002 | 400 | PVC |
| AD01-Bz47 | AD01-Bz48 | 155.4 | 0.001 | 350 | CSN | 0.001 | 400 | PVC |
| AD01-Bz48 | AD01-Bz49 | 101.3 | 0.001 | 350 | CSN | 0.001 | 400 | PVC |
| AD01-Bz49 | EBAR-PERÚ BIRF | 76.4 | 0.004 | 350 | CSN | 0.001 | 400 | PVC |
| AD03-Bz01 | AD03-Bz02 | 81.3 | 0.009 | 250 | PVC | 0.009 | 250 | PVC |
| AD03-Bz02 | AD03-Bz03 | 23.2 | 0.005 | 250 | PVC | 0.009 | 250 | PVC |
| AD03-Bz03 | AD03-Bz04 | 61.1 | 0.002 | 250 | PVC | 0.009 | 250 | PVC |
| AD03-Bz04 | AD03-Bz05 | 61.3 | 0.006 | 250 | PVC | 0.009 | 250 | PVC |
| AD03-Bz05 | AD03-Bz06 | 29.5 | 0.003 | 250 | PVC | 0.009 | 250 | PVC |
| AD03-Bz06 | AD03-Bz07 | 54.3 | 0.006 | 250 | PVC | 0.008 | 250 | PVC |
| AD03-Bz07 | AD03-Bz08 | 66.9 | 0.001 | 250 | PVC | 0.006 | 250 | PVC |
| AD03-Bz08 | AD03-Bz09 | 28.4 | 0.002 | 250 | PVC | 0.007 | 250 | PVC |
| AD03-Bz09 | AD03-Bz10 | 60.4 | 0.001 | 250 | PVC | 0.006 | 250 | PVC |
| AD03-Bz10 | AD03-Bz11 | 63.6 | 0.001 | 250 | PVC | 0.006 | 250 | PVC |
| AD03-Bz11 | AD03-Bz12 | 45.2 | 0.004 | 250 | PVC | 0.006 | 250 | PVC |
| AD03-Bz12 | AD03-Bz13 | 45.7 | 0.012 | 250 | PVC | 0.004 | 250 | PVC |
| AD03-Bz13 | AD03-Bz14 | 38 | 0.01 | 250 | PVC | 0.004 | 250 | PVC |
| AD03-Bz14 | AD03-Bz15 | 46.9 | 0.005 | 250 | PVC | 0.004 | 250 | PVC |
| AD03-Bz15 | AD03-Bz16 | 45.1 | 0.001 | 250 | PVC | 0.004 | 250 | PVC |
| AD03-Bz16 | AD03-Bz17 | 45.6 | 0.002 | 250 | PVC | 0.004 | 250 | PVC |
| AD03-Bz17 | AD03-Bz18 | 72.9 | 0.002 | 250 | PVC | 0.004 | 250 | PVC |
| AD03-Bz18 | AD03-Bz19 | 79.5 | 0.004 | 250 | PVC | 0.004 | 250 | PVC |
| AD03-Bz19 | AD03-Bz20 | 59.5 | 0.002 | 250 | PVC | 0.004 | 250 | PVC |
| AD03-Bz20 | AD03-Bz21 | 23.3 | 0.003 | 250 | PVC | 0.003 | 250 | PVC |
| AD03-Bz21 | AD03-Bz22 | 46.5 | 0.002 | 250 | PVC | 0.003 | 250 | PVC |
| AD03-Bz22 | AD03-Bz23 | 62.5 | 0.003 | 250 | PVC | 0.003 | 250 | PVC |
| AD03-Bz23 | AD03-Bz24 | 54.6 | 0.006 | 250 | PVC | 0.003 | 250 | PVC |
| AD03-Bz24 | AD03-Bz25 | 45.6 | 0.006 | 250 | PVC | 0.003 | 250 | PVC |
| AD03-Bz25 | AD03-Bz26 | 39.2 | 0.004 | 250 | PVC | 0.003 | 250 | PVC |
| AD03-Bz26 | AD03-Bz27 | 38.3 | 0.003 | 250 | PVC | 0.002 | 250 | PVC |
| AD03-Bz27 | AD03-Bz28 | 44.2 | 0.003 | 250 | PVC | 0.002 | 250 | PVC |
| AD03-Bz28 | AD03-Bz29 | 28.3 | 0.002 | 250 | PVC | 0.002 | 315 | PVC |
| AD03-Bz29 | AD03-Bz30 | 42.3 | 0.017 | 250 | PVC | 0.002 | 315 | PVC |
| AD03-Bz30 | AD03-Bz31 | 48.9 | 0.005 | 250 | PVC | 0.002 | 315 | PVC |
| AD03-Bz31 | AD03-Bz32 | 49.3 | 0.002 | 250 | PVC | 0.002 | 315 | PVC |



| Bz Ag. Arriba | Bz. Ag. Abajo | Longitud (m) | Existente | | | Propuesta | | |
|-------------------|------------------|-----------------|------------|------------|----------|------------|------------|----------|
| | | | S (m/m) | DN (mm) | Material | S (m/m) | DN (mm) | Material |
| AD03-Bz32 | AD03-Bz33 | 45.7 | 0.004 | 250 | PVC | 0.002 | 315 | PVC |
| AD03-Bz34 | AD03-Bz33 | 58.4 | 0.002 | 250 | PVC | 0.002 | 315 | PVC |
| AD03-Bz35 | AD03-Bz34 | 49.5 | 0.003 | 250 | PVC | 0.002 | 315 | PVC |
| AD03-Bz36 | AD03-Bz35 | 51.9 | 0.003 | 250 | PVC | 0.002 | 315 | PVC |
| AD03-Bz37 | AD03-Bz36 | 48.8 | 0.005 | 250 | PVC | 0.002 | 315 | PVC |
| AD03-Bz38 | AD03-Bz37 | 56.5 | 0.002 | 250 | PVC | 0.002 | 315 | PVC |
| AD03-Bz39 | AD03-Bz38 | 53.1 | 0.004 | 250 | PVC | 0.002 | 315 | PVC |
| AD03-Bz40 | AD03-Bz39 | 49 | 0.007 | 250 | PVC | 0.002 | 315 | PVC |
| AD03-Bz41 | AD03-Bz40 | 96.6 | 0.003 | 250 | PVC | 0.002 | 355 | PVC |
| AD03-Bz42 | AD03-Bz41 | 46 | 0.014 | 250 | PVC | 0.002 | 355 | PVC |
| AD03-Bz43 | AD03-Bz42 | 68.3 | 0.01 | 250 | PVC | 0.002 | 355 | PVC |
| AD03-Bz44 | AD03-Bz43 | 85.4 | 0.005 | 250 | PVC | 0.002 | 355 | PVC |
| EBAR- CAYMAHUI | AD03-Bz44 | 12 | 0.002 | 250 | PVC | 0.002 | 355 | PVC |
| AD04-Bz01 | AD04-Bz02 | 61.3 | 0.013 | 250 | PVC | 0.008 | 315 | PVC |
| AD04-Bz02 | AD04-Bz03 | 77.8 | 0.011 | 250 | PVC | 0.02 | 315 | PVC |
| AD04-Bz03 | AD04-Bz04 | 62.3 | 0.009 | 250 | PVC | 0.005 | 315 | PVC |
| AD04-Bz04 | AD04-Bz05 | 97.5 | 0.003 | 250 | PVC | 0.001 | 400 | PVC |
| AD04-Bz05 | AD04-Bz06 | 50 | 0.002 | 250 | PVC | 0.001 | 400 | PVC |
| AD04-Bz06 | AD04-Bz07 | 73.1 | 0.004 | 250 | PVC | 0.001 | 400 | PVC |
| AD04-Bz07 | AD04-Bz08 | 75.1 | 0.007 | 250 | PVC | 0.001 | 400 | PVC |
| AD04-Bz08 | AD04-Bz09 | 48.1 | 0.003 | 250 | PVC | 0.001 | 450 | PVC |
| AD04-Bz09 | AD04-Bz10 | 48.1 | 0.006 | 250 | PVC | 0.001 | 450 | PVC |
| AD04-Bz10 | AD04-Bz11 | 72.1 | 0.004 | 250 | PVC | 0.001 | 450 | PVC |
| AD04-Bz11 | AD04-Bz12 | 72.1 | 0.005 | 250 | PVC | 0.001 | 450 | PVC |
| AD04-Bz12 | AD04-Bz13 | 82.1 | 0.004 | 250 | PVC | 0.001 | 450 | PVC |
| AD04-Bz13 | AD04-Bz14 | 80.3 | 0.004 | 315 | PVC | 0.011 | 450 | PVC |
| AD04-Bz14 | AD04-Bz15 | 19.1 | 0.005 | 250 | PVC | 0.007 | 450 | PVC |
| AD04-Bz15 | AD04-Bz16 | 54.3 | 0.012 | 250 | PVC | 0.012 | 450 | PVC |
| AD04-Bz16 | AD04-Bz17 | 46.8 | 0.009 | 250 | PVC | 0.008 | 450 | PVC |
| AD04-Bz17 | AD04-Bz18 | 101.8 | 0.003 | 315 | PVC | 0.009 | 450 | PVC |
| AD04-Bz18 | AD04-Bz19 | 100.8 | 0.012 | 315 | PVC | 0.02 | 450 | PVC |
| AD04-Bz19 | AD04-Bz20 | 99.1 | 0.012 | 315 | PVC | 0.01 | 450 | PVC |
| AD04-Bz20 | AD04-Bz21 | 84.1 | 0.008 | 315 | PVC | 0.006 | 450 | PVC |
| AD04-Bz21 | AD04-Bz22 | 80.1 | 0.001 | 315 | PVC | 0.003 | 450 | PVC |
| AD04-Bz22 | AD04-Bz23 | 87.4 | 0.001 | 315 | PVC | 0.003 | 450 | PVC |
| AD04-Bz23 | AD04-Bz24 | 77.7 | 0.004 | 315 | PVC | 0.003 | 450 | PVC |
| AD04-Bz24 | AD04-Bz25 | 85.1 | 0.003 | 315 | PVC | 0.003 | 450 | PVC |
| AD04-Bz25 | AD04-Bz26 | 48.1 | 0.005 | 315 | PVC | 0.003 | 450 | PVC |
| AD04-Bz26 | AD04-Bz27 | 54.1 | 0.004 | 315 | PVC | 0.008 | 450 | PVC |
| AD04-Bz27 | AD04-Bz28 | 25.9 | 0.005 | 315 | PVC | 0.005 | 450 | PVC |
| AD04-Bz28 | PTAR | 56.1 | 0.005 | 315 | PVC | 0.001 | 450 | PVC |

Fuente: elaboración propia

4.1.3.2. Análisis comparativo

Se realizó la comparación del comportamiento hidráulico de la red principal de alcantarillado sanitario en los siguientes eventos; al año cero (2020), año 20 (2040) y año 20 (propuesta de mejora).

4.1.3.2.1. Comparación de velocidad

La Figura 27 muestra los valores de la velocidad para los eventos propuestos, detallando que en el año cero y el año 20, en diferentes tramos de la red no cumplen con la velocidad mínima según el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070, sin embargo, en la propuesta de mejora al año 20 todos los tramos cumplen con la velocidad mínima (0.60m/s).

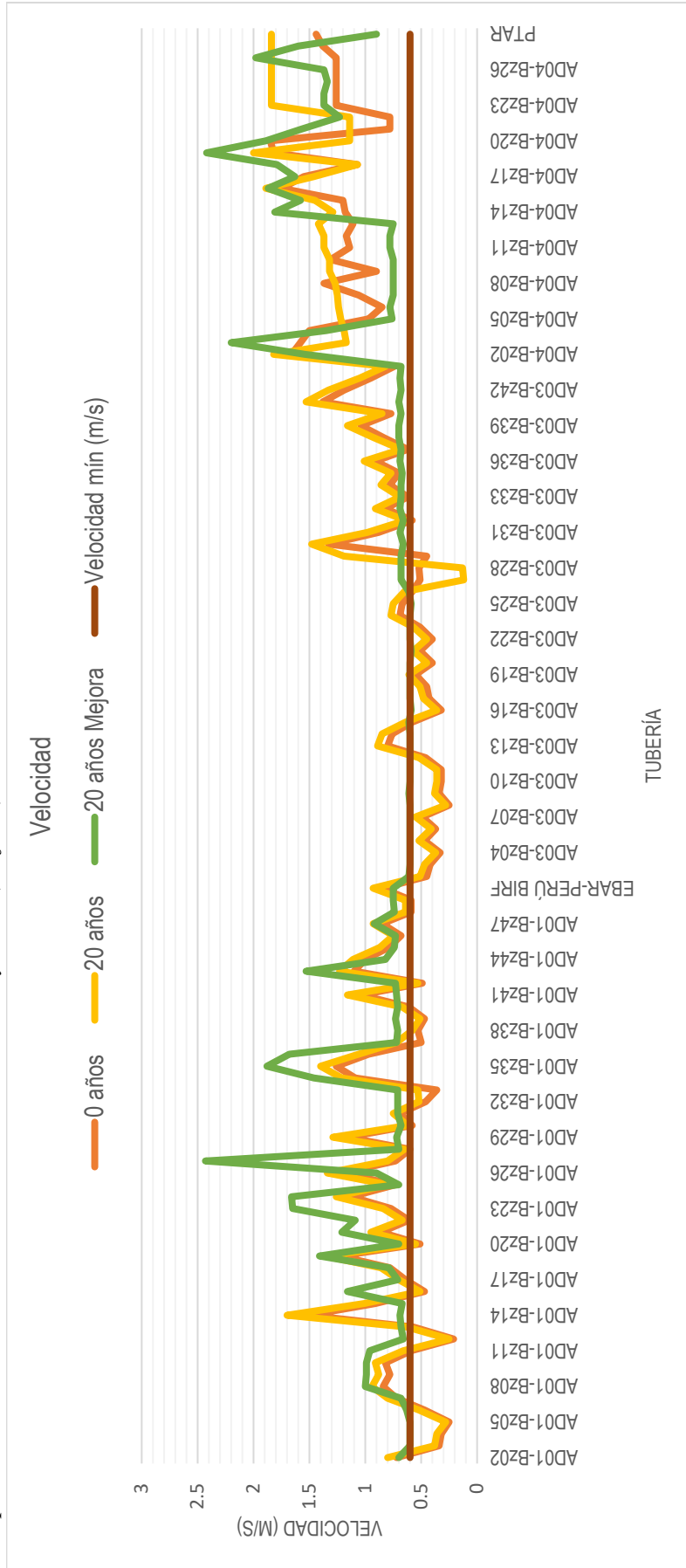
4.1.3.2.2. Comparación de datos de tirante sobre diámetro(H/D)

La Figura 28 muestra los valores de la relación tirante sobre diámetro para los eventos propuestos, detallando que en el año cero y el año 20, existen tramos que superan el valor máximo exigido por el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070, sin embargo, en la propuesta de mejora al año 20 todos los tramos no superan el 75%.

4.1.3.2.3. Comparación de datos de tensión tractiva

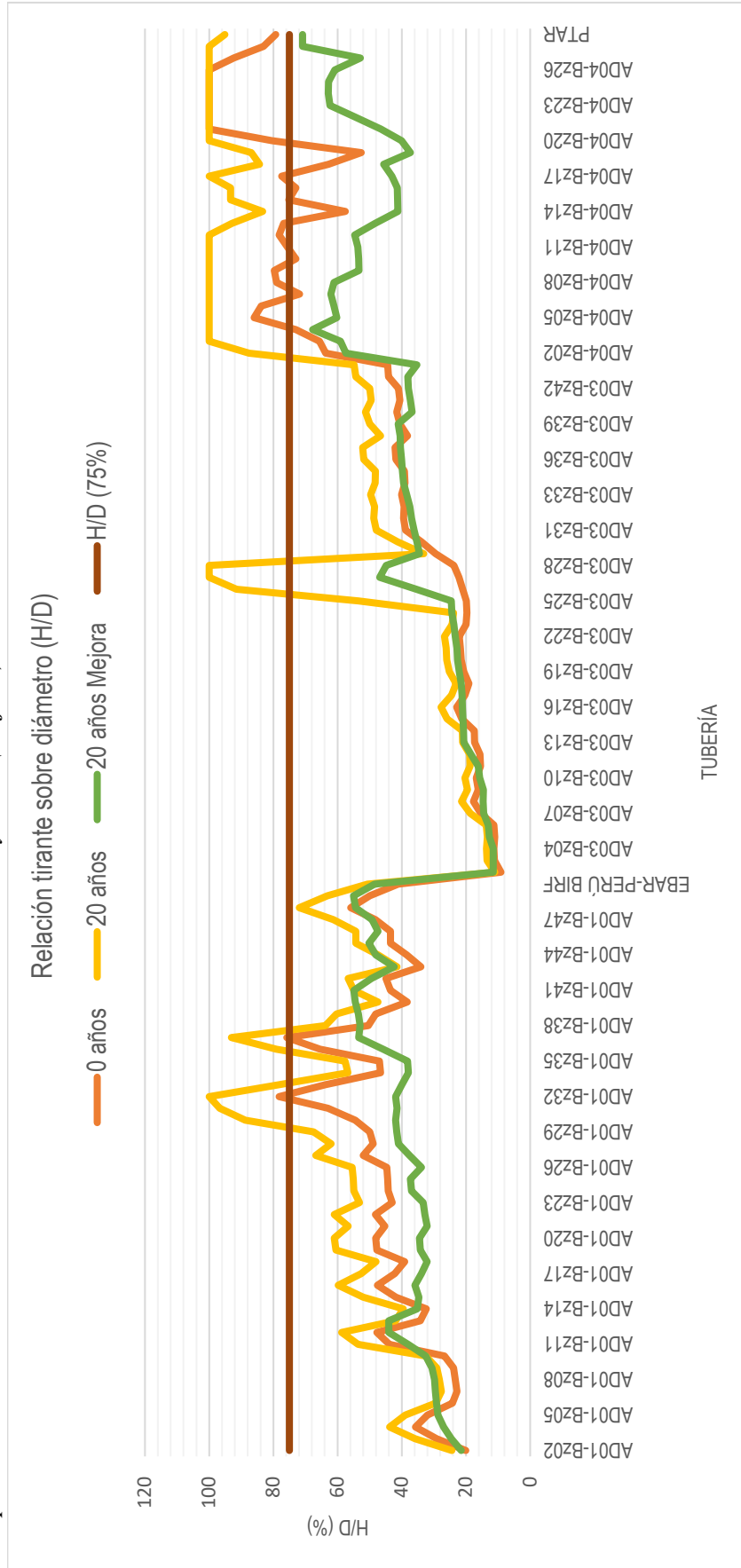
La Figura 28 muestra los valores de la tensión tractiva para los eventos propuestos, detallando, que en el año cero y el año 20, existen tramos que no cumplen con el valor mínimo (1 pascal) exigido por el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070, sin embargo, la propuesta de mejora al año 20 satisface el valor mínimo exigido.

Figura 27
Comparación de velocidades entre los años cero, 20 y el 20 (mejora)



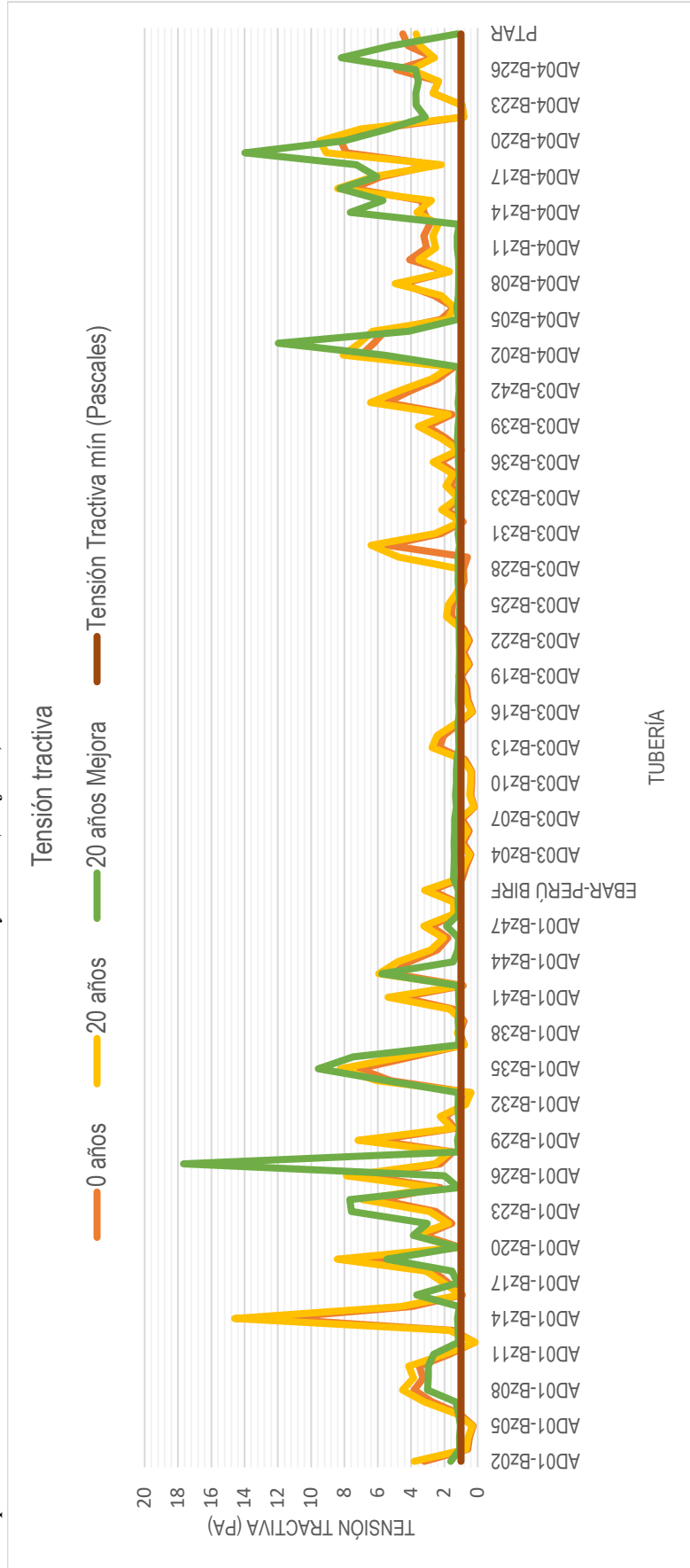
Fuente: elaboración propia

Figura 28
Comparación de tirante sobre diámetro entre los años cero, 20 y el 20 (mejora) en la red



Fuente: elaboración propia

Figura 29
Comparación de tensión tractiva entre los años cero, 20 y el 20 (mejora)



Fuente: elaboración propia



4.2. DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos de la evaluación del estado estructural de las tuberías de la red principal de alcantarillado de la localidad de Ilave, en la que se determinó que el 10.53% de las tuberías de la red principal de alcantarillado se encuentra en buen estado estructural, el 42.11% se encuentra en estado regular, el 26.31% se encuentra en estado malo y el 21.05% se encuentra saturado (trabajando bajo presión).

Estos resultados guardan relación con lo que sostienen Diaz & Heredia (2021) quienes señalan que la Upz Bosa Occidental representa las fallas tipo EIO. Donde se evidencia que la mayor cantidad de fallas son estructurales con un 45.11% siendo esta área de actividad del uso del suelo residencial tipo 1.

Por otro lado, también se tiene una relación análoga con lo que sostienen Castro & Rivera (2021) quienes indican que los reportes de CCTV donde se analizaron 160 fallas reportadas en estado crítico, es decir, con calificación 4 o 5. Con el software R, se encuentra que la falla de fisuras, grietas y fracturas es la más frecuente con un 58% del total de las fallas, seguida de la deformación y rotura o colapso con un 11% y finalmente las juntas desplazadas 10%.

En los eventos de diseño, año cero (2020) y año 20 (2040) se analizó los parámetros del comportamiento hidráulico (velocidad, relación tirante sobre diámetro y tensión tractiva), de la red principal de alcantarillado sanitario obtenido a través de la simulación en el programa SewerCAD, resultando valores que no cumplen con el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070, en diferentes tramos.



Este resultado guarda relación con los autores (Chalco & Jesus, 2019) quienes indican que a partir de los análisis obtenidos en su evaluación del sistema de alcantarillado no cumple los parámetros que exige el RNE OS.070.

También, Porta (2021) obtiene el siguiente resultado que el comportamiento del sistema de alcantarillado del anexo Ancalahuata en su estado crítico, es deficiente debido a que en la evaluación de menor utilidad se cuenta que los parámetros de diseño en algunos tramos no superan las condiciones mínimas del Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la investigación se propone la mejora de la red principal, para servir a la población futura de 49 061 habitante al año 2040, se sugiere reemplazar a tuberías de PVC con diámetros que varían de 250mm a 450mm, para que el sistema funcione de manera óptima.

Estos resultados guardan relación con los autores, Chalco & Jesús (2019) en conclusión sugiere que los tramos a cambiar son en su totalidad tuberías de CSN de diámetros 200 mm y 300 mm que funcionan como redes secundarias, los cuales tienen una antigüedad superior a 20 años y es necesario su cambio.

Además, se tiene relación con los autores (Núñez Rivadeneira, Ullauri, & Barzola Montes, 2018) quienes determinaron la capacidad hidráulica de la red frente a la demanda actual y proyectada; entre los resultados se observó que el sistema existente no satisface la demanda actual de caudales por la razón que la red principal trabaja a sección llena generando problemas sanitarios, por otro lado la propuesta de mejora del sistema que se realizó tiene una proyección de 25 años y requiere el cambio de tuberías por otras de mayor diámetro en la red principal del sistema de alcantarillado sanitario.



V. CONCLUSIONES

La condición actual del sistema de alcantarillado sanitario en la localidad de Ilave es deficiente, debido a que el estado estructural de las tuberías es regular y el comportamiento hidráulico no cumple con el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070.

Mediante las inspecciones televisadas se determinó que el 10.53% de las tuberías de la red principal de alcantarillado sanitario de la localidad de Ilave, se encuentra en buen estado estructural, el 42.11% se encuentra en estado regular, el 26.31% se encuentra en estado malo y el 21.05% se encuentra saturado (trabajando bajo presión).

En los eventos de diseño, año cero (2020) y año 20 (2040) se analizó los parámetros del comportamiento hidráulico (velocidad, relación tirante sobre diámetro y tensión tractiva), de la red principal de alcantarillado sanitario obtenido a través de la simulación en el programa SewerCAD, resultando valores que no cumplen con el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070, en diferentes tramos.

Se propone la mejora de la red principal, para servir a la población futura de 49 061 habitante al año 2040 que implica realizar el cambio de tuberías y profundizar los buzones. En la red principal existente se tiene tuberías de concreto simple normalizado y PVC con diámetros que varían de 250mm a 350mm, se sugiere reemplazar a tuberías de PVC con diámetros que varían de 250mm a 450mm, para que el sistema funcione de manera óptima.



VI. RECOMENDACIONES

Dar mayor equipamiento técnico al robot EJ-2021 y/o obtener un equipo que cumpla con las especificaciones mínimas que sugiere el Reglamento Nacional de Edificaciones NS-058, para realizar las inspecciones televisadas en diferentes lugares de la región Puno.

Se sugiere como tema de investigación, que evalúen el comportamiento hidráulico en otras zonas de la región Puno, para ver si cumplen con el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070.

Se recomienda a la Unidad de Gestión Administrativa de Servicios de Saneamiento de Ilave, reemplazar las tuberías de concreto simple normalizado a PVC con diámetros, que varían de 250mm a 450mm y profundizar algunos tramos de la red principal de alcantarillado sanitario, que no cumplen con el comportamiento hidráulico, exigido en el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070.



VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, A. R. (2008). *Uso y aplicación del Software SewerCAD en el diseño de una red de Alcantarillado en la Localidad de Salpo - Otuzco La Libertad*. Lambayeque.
- Alfaro Melgar, J. M., Carranza Cisneros, J. L., & Gonzales Reyes, I. (2012). *DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, AGUAS LLUVIAS Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL AREA URBANA DEL MUNICIPIO DESAN ISIDRO, DEPARTAMENTO DE CABAÑAS*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Salvador, San Salvador.
- Arias , F. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica* (Sexta ed.). Episteme.
- Arocha, S. (1983). *Cloacas y Drenajes*. Venezuela: Vega, s.r.l.
- Belito, E. (2018). *Modelamiento hidráulico del Sistema de Alcantarillado Sanitario en la ciudad de Huancavelica, provincia y departamento de Huancavelica*. Lircay: (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Huacavelica, Lircay.
- Castro, L., & Rivera, P. (2021). *Herramientas costo-veneficio de toma de decisiones para la selección de técnicas de rehabilitación de fallas estructurales para el alcantarillado de Bogotá [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Javeriana]*.
- CEPIS. (2005). *Guías Para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado*. (O. P. Cepi, Ed.) Lima. Obtenido de <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/sanea/169esp-diseno-alcantar.pdf>
- Chalco, H., & Jesus, N. (2019). *Evaluación del Sistema Hidráulico de la Red de Alcantarillado de la Urbanización Ama Kella -San Martin de Porres - Lima-Perú*. Lima: (Tesis de pregrado) Universidad César Vallejo, Lima.



- Chávez Pullas, V. N. (2014). *PLAN DE REHABILITACIÓN DE LAS TUBERÍAS MATRICES*. Quito: (Tesis de Pregrado). PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, Quito.
- Cualla, R. A. (2000). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Santafé de Bogotá: Centro Editorial, Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Díaz, A., & Heredia, A. (2021). *Reconocimiento de los actores Influyentes en las Fallas en el Sistema de Alcantarillado de Bogotá, mediante el Análisis de la Inspección CCTV para zonas Residenciales. [Tesis de licenciatura, Universidad Piloto de Colombia]*.
- EMSAPUNO. (2012). *PLAN MAESTRO OPTIMIZADO 2012-2042*. Puno.
- Ensink, J., & Cairncross, S. (2012). Abastecimiento de agua, saneamiento, higiene y salud pública. En OPS, *Agua y Saneamiento: en la búsqueda de nuevos paradigmas para las Américas* (pág. 309). Washington: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A.
- García Trisolini, E. (2009). *Manual práctico de saneamiento en poblaciones rurales*. Lima: Perú - Alemania.
- Llatance, A., Jesús, R., Ruda, W., & García, R. (2019). *Evaluación del sistema de la red de alcantarillado de la urbanización Almirante Miguel Grau de Ventanilla, Callao 2019*. Lima: (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Lima.
- Macas, C. (2019). *Estudio y evaluación de la red del alcantarillado del sector la Chala Cantón Guayaquil Provincia de Guayas*. Guayaquil: (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil.
- Machado Medina, C. M. (2021). *Rediseño del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales del CP Uñón, Castilla –Arequipa*. Piura: (Tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Macro.



- Ministerio del Agua Viceministro de Servicios Básicos. (Abril de 2007). Reglamentos técnicos de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial. La Paz, Bolivia.
- MPCI. (2016). *Diagnostico Plan de Desarrollo Urbano Sostenible -Ilave*. Ilave. Obtenido de https://issuu.com/jaimeurrutialerma/docs/003_diagnostico_pdus_ilave_
- NB 688. (2007). *Reglamentos técnicos de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial*. La Paz: Tercera revisión ICS 13.060.30.
- Nogales Soria, S. F., & Quispe Aricoma, D. T. (2009). DISEÑO Y MÉTODOS CONSTRUCTIVOS DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO Y EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES. *INGENIERÍA SANITARIA II*. COCHABAMBA, BOLIVIA. Obtenido de <https://vdocuments.site/download/libro-de-ingenieria-sanitaria-ii-55c9caec855b5>
- NS-058. (2010). *Aspectos técnicos para inspección de redes y estructuras de alcantarillado*. Norma Téc. de Servicio.
- Núñez Rivadeneira, J., Ullauri, A., & Barzola Montesés, J. (2018). Diagnóstico, Modelación y Determinación de la Capacidad Hidráulica de sistema de Alcantarillado. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 88-101. doi:<https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol3issICCE2018.2018pp108-122p>
- Pérez Carmona, R. (2013). *Diseño y construcción de alcantarillado sanitario, pluvial y drenaje en carreteras*. Bogotá: Ecoe Ediciones. Obtenido de <https://books.google.es/books?id=Gtw3DgAAQBAJ&lpg=PP1&ots=tneQ2Bjgje&dq=%C3%A1rea%20de%20drenaje%20alcantarillado%20sanitario&lr&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>
- Porta, r. (2021). *Evaluación del Alcantarillado Sanitario del Anexo Ancalahuata para determinar su comportamiento en estado crítico*. Huancayo: (Tesis de pregrado). Universidad Peruana los Andes, Huancayo.



- Regalado, C. (2019). *Evaluación y propuesta de mejoras de los componentes del sistema del alcantarillado sanitario del Recinto Boca de Caña de la Parroquia Tarifa del Cantón Samborondón*. Guayaquil: (tesis de pregrado). Universidad del Guayaquil.
- RNE OS.100. (2016). Reglamento Nacional de Edificaciones. En C. y. Ministerio de Vivienda, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (pág. 797). Lima: Macro.
- RNE OS0.70. (2016). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Macro.
- SEDAPAL. (09 de Octubre de 2005). *REGLAMENTO DE ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA HABILITACIONES URBANAS DE LIMA METROPOLITANA Y CALLAO*. Obtenido de Sedal : <https://www.sedapal.com.pe/storage/objects/d-reglamento-de-proyectos-condominioales-de-agua-potable-y-alcantarillado-para-habilitaciones-urbanas-y-periurbanas-de-lima-y-callao.pdf>
- SEDAPAR. (2017). *MANUAL DE OPERACIONES ALCANTARILLADO*. Arequipa: LKS. Obtenido de <https://www.sedapar.com.pe/wp-content/uploads/2018/02/Manual-operacion-desague.pdf>
- Steven H. Kosmatka, B. K. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. EE.UU.: PCA.
- Torres, A., Zarruk Serrano, G., & Lara Borrero, J. (2009). Coeficientes de resistencia hidráulica en tramos de alcantarillados en funcionamiento. *Investigación, Biodiversidad y Desarrollo*, 85-92. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Jaime-Lara-Borrero/publication/267098475_Roughness_coefficient_in_operational_sections_of_sewage_systems/links/544e48ee0cf26dda088f7986/Roughness-coefficient-in-operational-sections-of-sewage-systems.pdf
- Vera , C. (2021). *Diagnóstico y evaluación del sistema de alcantarillado sanitario del barrio Carmen Buchelli de la Parroquia Anconcito del Cantón Salinas, provincia*



de Santa Elena. La Libertad,: (Tesis de pregrado).Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Vierendel. (2009). *Abastecimiento de Agua y Alcantarillado*. Lima.

Villafuerte, L. (2022). *Propuesta Metodologica de Catastro en Inspecciones de Sistema de Alcantarillado Utilizando Equipos de CCTV. [Tesis de Licenciatura, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil]*.



ANEXOS

ANEXO 1: Panel fotográfico

ANEXO 2: Matriz de consistencia

ANEXO 3: Matriz de instrumentos

ANEXO 4: Fichas de observación

ANEXO 5: Documentos presentados a la municipalidad.

ANEXO 6: Cálculo de forma manual

ANEXO 7: Nivelación Geométrica Cerrada

ANEXO 8: Planos

ANEXO 9: Informe de opinión de expertos del instrumento de investigación.