

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO  
PARA MITIGAR IMPACTOS AMBIENTALES EN EL DISTRITO  
DE CHINCHA ALTA- CHINCHA- ICA**

**TESIS**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. FLORES PANIURA, KEVIN**  
**Bach. SALAZAR MARIN, ALEJANDRO DANIEL**

**ASESOR: Dr. Ing. LÓPEZ SILVA, MAIQUEL**

**LIMA-PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis queridos padres, como prueba de gratitud por sus esfuerzos, desvelos y apoyo incondicional, quienes me formaron con reglas y con algunas libertades, para la construcción de mi vida profesional

Kevin Flores Paniura

A mis queridos padres por el apoyo constante e incondicional en mi carrera universitaria y vida profesional. A mis hermanos por motivarme a seguir adelante en la realización de mis metas.

Alejandro Daniel Salazar Marín

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darnos un día más de vida en tiempos de pandemia. A nuestro asesor y a nuestra metodóloga por su dedicación y paciencia en la elaboración de la presente investigación.

Kevin Flores y Alejandro Salazar

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN .....	iii
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción de la realidad problemática .....	1
1.2 Formulación del problema .....	2
1.3 Objetivos de la investigación .....	2
1.4 Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática .....	3
1.5 Justificación e importancia.....	3
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
2.1 Antecedentes del estudio de investigación.....	6
2.1.1 Antecedentes internacionales .....	6
2.1.2 Antecedentes nacionales .....	8
2.2 Bases Teóricas.....	10
2.2.1 Desarrollo urbanístico e industrial .....	10
2.2.2 Componente del sistema de alcantarillado sanitario .....	20
2.2.3 Operación y mantenimiento de sistema de alcantarillado sanitario .....	40
2.3 Definición de términos básicos .....	41
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>42</b>
3.1 Hipótesis.....	42
3.1.1 Hipótesis general.....	42
3.1.2 Hipótesis específicas .....	42
3.2 Variables de investigación .....	42
3.2.1 Definición conceptual de las variables.....	42
3.2.2 Operacionalización de variables .....	43
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>44</b>
4.1 Tipo y nivel .....	44
4.1.1 Tipo .....	44
4.1.2 Nivel.....	44
4.2 Diseño de investigación .....	44
4.3 Población y Muestra.....	45
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	46

4.4.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	46
4.4.2 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos: .....	47
4.4.4 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información .....	47
<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>49</b>
5.1 Caracterización de la topografía del Centro Poblado Túpac Amaru.....	49
5.2 Caudal de diseño del sistema de alcantarillado.....	50
5.2.1 Población .....	50
5.2.2 Métodos de proyección de la población futura .....	63
5.2.3 Dotación de agua .....	63
5.2.3.1 Dotación de agua para locales educacionales y residenciales .....	63
5.2.4 Parámetros de diseño de alcantarillado sanitario .....	64
5.2.5 Pendientes de alcantarillado sanitario .....	66
5.3 Modelamiento del sistema de alcantarillado sanitario .....	67
5.3.1 Sistema de alcantarillado sanitario existente.....	67
5.3.2 Trazado del sistema de alcantarillado sanitario existente .....	68
5.3.3 Conexión domiciliaria de desagüe .....	70
5.3.4 Buzones del sistema de alcantarillado sanitario proyectado .....	70
5.3.5 Caudales .....	71
5.3.5.1 Caudales de arranque.....	71
5.3.6 Modelado de la red de Alcantarillado sanitario.....	74
5.3.6.1 Configuración del Software SewerGEMS.....	74
5.3.6.2 Trazo de buzón y red colectora.....	77
5.3.6.3 Determinación de cotas en los buzones .....	78
5.3.6.4 Carga sanitaria .....	79
5.3.6.5 Restricciones de diseño .....	80
5.3.6.6 Etiquetado de colector y buzón .....	83
5.3.6.7 Definición del color de tuberías.....	84
5.3.6.8 Escenarios .....	84
5.3.7 Resultados del modelamiento de la red de alcantarillado sanitario.....	85
5.3.7.1 Colectores principales.....	85
5.3.7.2 Modelamiento Estático .....	87
5.3.7.3 Modelamiento Dinámico .....	93
5.4 Análisis de resultados.....	100
5.5 Contrastación de Hipótesis.....	107

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>109</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>110</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>115</b>
Anexo 1: Matriz de Operacionalización .....	115
Anexo 2: Matriz de Consistencia .....	116
Anexo 3: Plano ALC 01- Modelamiento de redes de alcantarillado sanitario.....	117
Anexo 4: Plano ALC 02- Modelamiento de redes de alcantarillado sanitario.....	118
Anexo 5: Plano ALC 03- Modelamiento de redes de alcantarillado sanitario.....	119
Anexo 6: Plano ALC 04- Modelamiento de redes de alcantarillado sanitario.....	120
Anexo 7: Plano ALC 05- Modelamiento de redes de alcantarillado sanitario.....	121
Anexo 8: Plano ALC 06 - Modelamiento de redes de alcantarillado sanitario.....	122
Anexo 9: Plano PE 01- Perfil estático.....	123
Anexo 10: Plano PE 02- Perfil estático.....	124
Anexo 11: Plano PE 03- Perfil estático.....	125
Anexo 12: Perfil dinámico del colector principal 1. ....	126
Anexo 13: Perfil dinámico del colector principal 2. ....	127
Anexo 14: Perfil dinámico del colector principal 3. ....	128
Anexo 15: Topografía del Centro Poblado Túpac Amaru. ....	129
Anexo 16: Carta N° 388-2021-EPS SEMAPACH S.A./G.G./G.I.P.O.....	130

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población, aumento medio anual y tasa de crecimiento anual .....	11
Tabla 2. Viviendas Centro Poblado Túpac Amaru (2021) .....	50
Tabla 3. Colegios Centro Poblado Túpac Amaru (2021) .....	51
Tabla 4. Provincia de Chincha. Población censada .....	51
Tabla 5. Tasa de crecimiento de dos censos por el método aritmético .....	52
Tabla 6. Tasa de crecimiento de tres censos por el método aritmético .....	53
Tabla 7. Tasa de crecimiento de cuatro censos por el método aritmético .....	53
Tabla 8. Curva de crecimiento de la población de Chincha .....	54
Tabla 9. Tasa de crecimiento de dos censos por el método geométrico .....	55
Tabla 10. Tasa de crecimiento de tres censos por el método geométrico .....	56
Tabla 11. Tasa de crecimiento de cuatro censos por el método geométrico .....	56
Tabla 12. Curva de crecimiento de la población de Chincha .....	57
Tabla 13. Tasa de crecimiento de dos censos por el método exponencial .....	58
Tabla 14. Tasa de crecimiento de tres censos por el método exponencial .....	59
Tabla 15. Tasa de crecimiento de cuatro censos por el método exponencial .....	59
Tabla 16. Curva de crecimiento de la población de Chincha .....	60
Tabla 17. Comparación de métodos de proyección .....	61
Tabla 18. Periodos de diseño .....	62
Tabla 19. Población de diseño. Método geométrico .....	63
Tabla 20. Dotación diaria para Centros Educativos .....	64
Tabla 21. Valores de infiltración en tuberías .....	65
Tabla 22. Longitud total de la red .....	65
Tabla 23. Coordenadas de buzones contribuyentes y de salida .....	69
Tabla 24. Resumen de buzones proyectados .....	71
Tabla 25. Resumen de buzones de arranque .....	71
Tabla 26. Resumen de buzones imaginarios de arranque.....	72
Tabla 27. Resumen de buzones contribuyentes.....	72
Tabla 28. Resumen de caudal total en los buzones de aporte .....	73
Tabla 29. Reporte de buzón de descarga .....	89
Tabla 30. Reporte de buzones.....	89
Tabla 31. Reporte de tuberías.....	91

Tabla 32. Resumen de caudales máximos en los colectores principales .....	96
Tabla 33. Resumen de caudal dinámico en buzones .....	96
Tabla 34. Reporte de buzón a las 11:00 h .....	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de ubicación del Centro Poblado Túpac Amaru .....	3
Figura 2. Cambio de la tasa media de crecimiento anual de 1970 a 2050 .....	12
Figura 3. Estimación de la población urbana y rural del mundo, 1970 a 2050.....	13
Figura 4. Poblaciones Urbanas y Rurales .....	14
Figura 5. Estimación de la tasa de crecimiento de la población urbana, 1950 -2050 .....	14
Figura 6. Porcentaje de población con acceso a servicios de saneamiento .....	15
Figura 7. Ciclo urbano de alcantarillado .....	18
Figura 8. Red de alcantarillado sanitario separado .....	19
Figura 9. Componentes de la red de alcantarillado sanitario .....	20
Figura 10. Descarga domiciliaria con tubería PVC .....	21
Figura 11. Trazo de la red de atarjeas en bayoneta .....	21
Figura 12. Trazo de la red de atarjeas en peine .....	22
Figura 13. Trazo combinado en red de atarjeas .....	22
Figura 14. Colector e Interceptor en planta .....	23
Figura 15. Emisor .....	23
Figura 16. Pozo de visita típico .....	24
Figura 17. Sifón de Ramas Oblicuas .....	24
Figura 18. Planta de tratamiento de agua residual .....	25
Figura 19. Diagrama de flujo para la estimación de los caudales de agua residual .....	26
Figura 20. Definición de parámetros para tensión tractiva en un colector circular .....	37
Figura 21. Plano Topográfico del Centro Poblado Túpac Amaru .....	49
Figura 22. Plano de lotización del Centro Poblado Túpac Amaru .....	50
Figura 23. Curva de crecimiento según método aritmético .....	54
Figura 24. Curva de crecimiento según método geométrico .....	57
Figura 25. Curva de crecimiento según método exponencial .....	60
Figura 26. Curva de crecimiento poblacional de la provincia de Chincha .....	62
Figura 27. Red de alcantarillado existente .....	67
Figura 28. Buzón existente .....	68
Figura 29. Trazado de la red colectora proyectada .....	68
Figura 30. Buzón a demoler y reemplazar .....	69
Figura 31. Esquema de cajas de registro .....	70

Figura 32. Esquema de buzones totales .....	70
Figura 33. Configuración de unidades .....	75
Figura 34. Etiquetado de conducto y buzón .....	75
Figura 35. Configuración de conducto .....	76
Figura 36. Configuración de buzón .....	76
Figura 37. Configuración de colector .....	77
Figura 38. Trazo de la red colectora .....	77
Figura 39. Importación del trazo de la red colectora .....	78
Figura 40. Importación de la superficie del terreno .....	78
Figura 41. Cota de buzón .....	79
Figura 42. Cargas de aporte en los buzones .....	79
Figura 43. Menú de caudal de infiltración .....	80
Figura 44. Restricción de velocidades y Y/D% .....	80
Figura 45. Restricción de cobertura .....	81
Figura 46. Restricción de pendiente .....	81
Figura 47. Restricción de tensión tractiva .....	82
Figura 48. Restricción de nodos .....	82
Figura 49. Etiquetado de buzones .....	83
Figura 50. Etiquetado de colector .....	83
Figura 51. Etiquetado por color de diámetros de tubería .....	84
Figura 52. Menú de escenarios .....	84
Figura 53. Colectores principales .....	85
Figura 54. Colector principal 1 .....	85
Figura 55. Colector principal 2 .....	86
Figura 56. Colector principal 3 .....	86
Figura 57. Motor de cálculo .....	87
Figura 58. Verificación de validación del diseño .....	87
Figura 59. Diseño de colector y buzón .....	88
Figura 60. Esquema de diámetro de tuberías .....	88
Figura 61. Motor de cálculo dinámico .....	93
Figura 62. Corrida en modo dinámico .....	94
Figura 63. Verificación en modo dinámico .....	94
Figura 64. Reporte de caudal de salida del colector principal 3 .....	95
Figura 65. Reporte de caudal de salida del colector principal 2 .....	95

Figura 66. Reporte de caudal de salida del colector principal 1 .....	95
Figura 67. Curva de crecimiento poblacional de la provincia de Chincha .....	101
Figura 68. Longitud de cada tramo del sistema de alcantarillado sanitario .....	101
Figura 69. Profundidad de buzones .....	102
Figura 70. Pendiente en la red colectora .....	102
Figura 71. Caudales estáticos de la red colectora .....	103
Figura 72. Caudales dinámicos de los colectores principales .....	103
Figura 73. Caudal de descarga en condiciones dinámicas y estáticas .....	104
Figura 74. Velocidades estáticas de la red colectora .....	104
Figura 75. Velocidades dinámicas de los colectores principales .....	105
Figura 76. Tensión tractiva en la red colectora .....	105
Figura 77. Tensión tractiva dinámica de los colectores principales .....	106
Figura 78. Y/D (%) en la red colectora .....	106
Figura 79. Y/D (%) dinámica de los colectores principales .....	107

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo el análisis del sistema de alcantarillado sanitario para mitigar impactos ambientales en el Centro Poblado Túpac Amaru, ubicado en el distrito de Chíncha Alta, provincia de Chíncha, departamento de Ica, debido a que la red de alcantarillado existente presenta deficiencias por su antigüedad. Se caracterizó la topografía de la zona de investigación mediante el uso de softwares como el Civil 3D 2021, ArcGIS 10.8 y Global Mapper. Luego, se determinó la población de diseño a partir de tres métodos de proyección (aritmético, geométrico y exponencial) para un periodo de 20 años, según la guía de elaboración de expedientes técnicos de proyectos de saneamiento. A partir de ello, se calculó los parámetros de diseño del sistema de alcantarillado sanitario que comprende el caudal promedio, caudal máximo horario, caudal de conexiones erradas, caudal de infiltración y el caudal de diseño. Por último, se realizó el modelamiento hidráulico de la red de alcantarillado sanitario empleando el software SewerGEMS mediante un análisis hidráulico de flujo permanente y de periodo extendido, cumpliendo con lo establecido en la norma técnica peruana OS.070 (2006)- Redes de aguas residuales- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Los resultados demostraron que el Centro Poblado Túpac Amaru tiene una topografía plana con presencia de ligeras pendientes de 3% hacia el suroeste. La población estimada al año 2041 es de 1 556 habitantes que genera un caudal de aguas residuales de 8.10 l/s. Se verificó que las velocidades en cada tramo del sistema de alcantarillado sanitario son mayores a 0.6 m/s y menores a 1.5 m/s. El empleo del software SewerGEMS permitió obtener diámetros de tuberías de 200 mm y 250 mm, así como 66 buzones, entre proyectados y a renovar, de 1.20 m de diámetro con profundidades que están en el rango de 1.20 m hasta 4.10 m.

**Palabras clave:** aguas residuales, topografía, tuberías, buzones, modelamiento hidráulico

## ABSTRACT

The objective of this research work was to analyze the sanitary sewerage system to mitigate environmental impacts in the Túpac Amaru Town Center, located in the district of Chíncha Alta, province of Chíncha, department of Ica, due to the fact that the existing sewerage network it has deficiencies due to its age.

The topography of the research area was characterized by using software such as Civil 3D 2021, ArcGIS 10.8 and Global Mapper. Then, the design population was determined from three projection methods (arithmetic, geometric and exponential) for a period of 20 years, according to the guide for the preparation of technical files for sanitation projects. From this, the design parameters of the sanitary sewer system were calculated, which include the average flow, maximum hourly flow, flow from wrong connections, infiltration flow, and design flow. Finally, the modeling of the sanitary sewer network was carried out using the SewerGEMS software through a permanent flow and extended period hydraulic analysis, complying with the provisions of the Peruvian technical standard OS.070 (2006) - Wastewater networks - National Building Regulations (RNE). The results showed that the Túpac Amaru Population Center has a flat topography with the presence of slight slopes of 3% towards the southwest. The estimated population for the year 2041 is 1 556 inhabitants, which generates a residual flow of 8.10 l/s. It was verified that the speeds in each section of the sanitary sewer system are greater than 0.6 m/s and less than 1.5 m/s. The use of the SewerGEMS software allowed to obtain pipe diameters of 200 mm and 250 mm, as well as 66 mailboxes, between projected and to renew, of 1.20 m in diameter with depths that are in the range of 1.20 m to 4.10 m

**Key Words:** sewage water, topography, pipelines, mailboxes, hydraulic modeling

## INTRODUCCIÓN

El sistema de alcantarillado sanitario existente del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito Chincha Alta evidencia problemas de atoro, rotura de la red colectora, colapso y aniego de aguas servidas por los buzones o viviendas ocasionado por su antigüedad y falta de mantenimiento. Esto afecta la salud de sus habitantes, lo que genera un aumento considerable de enfermedades gastrointestinales como la parasitosis, el cólera, la salmonelosis, etc. Por ello, se propone un sistema de alcantarillado sanitario adecuado que solucione la demanda de las cargas sanitarias y mejore la calidad de vida de la población de la zona de estudio.

En el Capítulo I, se realiza la formulación del problema, el objetivo general y específicos. Asimismo, las delimitaciones, justificaciones e importancia de la presente investigación. En el Capítulo II, se describe el marco teórico de la investigación con sus respectivos antecedentes internacionales y nacionales, las bases teóricas que desarrollan la estructura teórica y científica que sustenta el estudio y la definición de los términos básicos.

En el Capítulo III, se plantean las hipótesis y las variables de investigación.

En el Capítulo IV, se define la metodología de investigación que inicia con el tipo y nivel. Luego, el diseño de investigación, seguido de la población y muestra del estudio. Finalmente, las técnicas para el procesamiento y análisis de la información.

En el Capítulo V, se realiza la presentación de los resultados, el cual consiste en la caracterización de la topografía del Centro Poblado Túpac Amaru, la determinación del caudal de aguas residuales y el modelamiento de la red proyectada en el software SewerGEMS. Posteriormente, se analizan los resultados obtenidos cumpliendo con lo establecido en la Norma Técnica Peruana OS.070 (2006)- Redes de aguas residuales.

Por último, se describen las conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas

# CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 Descripción de la realidad problemática

En la actualidad, en la Ciudad Juárez (México) el servicio de alcantarillado es solo para las aguas negras. Uno de los principales problemas de los actuales sistemas de alcantarillado para aguas negras son los azolves, es decir, la acumulación de basura, tierra, grasas, aceites, entre otros, provocando taponamiento en las tuberías o rejillas de captación. Como consecuencia, las aguas negras empiezan a emerger hacia la superficie por los brocales. Todo esto es foco de infección para la población. (Martínez et al., 2013).

El servicio del sistema de alcantarillado es insuficiente, debido a las falencias por diseño pues la mayoría de los colectores principales no cumple con la pendiente mínima de diseño, la antigüedad de las redes que se estima en 20 años, así como por la ausencia de una adecuada educación sanitaria de uso del sistema por la población que genera la obstrucción de los buzones. A esta situación se suma las condiciones existentes de la infraestructura sanitaria instalada como redes y conexiones domiciliarias de desagüe por la falta de control técnico durante su instalación. (Ordoñez, 2020).

La localidad de la Planchada ubicada al norte del distrito de Ocoña, atravesada por la carretera Panamericana Sur, carece de un eficiente sistema de recolección de aguas residuales; lo que implica una gran contaminación al medio ambiente, y a que la población esté expuesto a enfermedades de origen hídrico que reducen la calidad de vida y afectan su salud. (Mamani et al., 2019).

El crecimiento de la población en las últimas dos décadas y la deficiencia hidráulica en la red de alcantarillado sanitario, han traído como consecuencia la poca capacidad y calidad de servicio de las redes del Jirón La Cantuta, así como el colapso de los buzones existentes, lo que incrementa la incidencia de enfermedades gastrointestinales perjudicando principalmente a los menores de edad. Lo que conlleva a la necesidad de evaluar la red de alcantarillado, para diagnosticar la

situación real, los parámetros que incumplen con lo establecido en la Norma O.S. 070 y sugerir una alternativa de solución. (Cerquín, 2013).

## 1.2 Formulación del problema

### 1.2.1 Problema general

- ¿Cómo analizar el sistema de alcantarillado sanitario para mitigar impactos ambientales en el Centro Poblado Túpac Amaru del distrito de Chíncha Alta-Chíncha- Ica?

### 1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características topográficas del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito de Chíncha Alta?
- ¿Cuál es el caudal de aguas residuales del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito Chíncha Alta?
- ¿Cuál es el diseño hidráulico estructural más adecuado para la red de alcantarillado sanitario del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito de Chíncha Alta?

## 1.3 Objetivos de la investigación

### 1.3.1 Objetivo general

Realizar el análisis del sistema de alcantarillado sanitario para mitigar impactos ambientales en el Centro Poblado Túpac Amaru del distrito de Chíncha Alta – Chíncha- Ica

### 1.3.2 Objetivos específicos

- a) Caracterizar la topografía del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito de Chíncha Alta
- b) Determinar el caudal de aguas residuales del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito de Chíncha Alta
- c) Proponer el diseño idóneo de la red de alcantarillado sanitario del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito de Chíncha Alta



de aguas residuales como la OS.070 y OS.100 que brindan los parámetros hidráulicos para el buen funcionamiento del sistema respectivo.

#### 1.5.2 Justificación social

La investigación pretende beneficiar a 1249 habitantes del Centro Poblado Túpac Amaru con un sistema de alcantarillado sanitario idóneo. En la actualidad, las roturas y filtración de las tuberías del sistema de alcantarillado sanitario afectan la salud de los pobladores, principalmente de los menores de edad, que están expuestos a enfermedades gastrointestinales como la parasitosis, el cólera, la salmonelosis, etc., por ello se busca brindar un servicio básico de vital importancia.

#### 1.5.3 Justificación económica

La presente investigación tiene un costo bajo, debido a que se va a utilizar el software profesional SewerGEMS, herramienta que permite realizar simulaciones estáticas y dinámicas para obtener los diámetros de la tubería, tipo de material, velocidades, pendientes y profundidad usando la Norma Técnica Peruana OS. 070 (2016)- Redes de aguas residuales, y con ello tener un modelamiento del flujo en condiciones reales que sean empleados en la ejecución.

#### 1.5.4 Justificación ambiental

La presente investigación tiene como finalidad mitigar el impacto ambiental ocasionado por el rebalse y aniego de las aguas residuales, que afecta el suelo y viviendas de la localidad. Proponer un sistema de alcantarillado sanitario eficiente a través del modelamiento en el software SewerGEMS para así disminuir la contaminación.

#### 1.5.5 Importancia

La presente investigación es importante en la aplicación práctica de los cálculos de los parámetros hidráulicos y del modelamiento usando softwares confiables como el SewerGEMS y ArcGIS enfocadas a direccionar el agua residual de manera óptima y eficaz que cumpla con los parámetros de la Norma Técnica Peruana OS. 070, de tal modo que se mitiguen los riesgos para los habitantes,

las viviendas, los comercios, las industrias y otras áreas que afectan a la población. Esto obliga a diseñar los sistemas de alcantarillado sanitario con una mayor capacidad de la actual, se buscará modelar bajo simulaciones dinámicas y de flujo no permanente mostrando resultados más confiables.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del estudio de investigación

#### 2.1.1 Antecedentes internacionales

Sánchez (2020) en su tesis para optar el grado de Ingeniero Civil “Diseño de alcantarillado sanitario en el barrio Villa Ligia, Pérez Zeledón” Universidad Latina de Costa Rica, Costa Rica. El objetivo principal es diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Villa Ligia, Pérez Zeledón, San José, Costa Rica, presenta una metodología tipo cualitativo-cuantitativo, cuyos resultados se rigen a la elaboración del diseño de alcantarillado ya que se propone una velocidad máxima de 5 m/s, fuerza atractiva mayor a  $0.10 \text{ kg/m}^2$ , caudal mínimo 1.5 l/s, altura de 1.2 m por debajo de la rasante y con 4 pozos sanitario que sobrepasan los 5 m de profundidad. Por lo que se concluye que el diseño de la red sanitaria cumple con la norma técnica para el diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y pluvial. Esta investigación proporcionará como referencia las principales decisiones que se deben tomar en consideración para el diseño de alcantarillado, como la obtención de las curvas de nivel, periodo de diseño, caudal de diseño, diámetro de tuberías, presión nominal y máxima.

La investigación no presenta estudios de suelos, por lo que procedió a buscar información según la zona geológica de estudio, esta fuente de información no da garantías a la hora de ejecución del proyecto; también no tomó como consideración la creación de un sistema de bombeo en zonas donde la topografía no permite la conducción por gravedad, para ello se debió modelar el sistema de alcantarillado sanitario con un software que muestre modelaciones dinámicas como el SewerGEMS ya que solo utilizaron los softwares como el Google Earth, Civil 3D y Excel, cuyos parámetros hidráulicos estuvieron regidos bajo el reglamento costarricense AyA 2017.

Medina, Hernández (2018) en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil “Análisis de alternativas no convencionales para la recolección, transporte y tratamiento de las aguas residuales que se generan en el sector rural, caso de estudio Nuevo-Calera ” Universidad Católica de Colombia, Colombia .El

objetivo principal es el análisis de alternativas no convencionales para la recolección, transporte y tratamiento de las aguas residuales en el Centro poblado de Mundo Nuevo -La Calera, tiene una metodología tipo descriptivo , cuyos resultados son que la red de recolección y que el afluente de los sistemas de humedales construidos actualmente, abarcan fosas sépticas hasta efluentes secundarios. Llega a la conclusión de que se lograron evaluar los criterios técnicos y económicos ya que son necesarios la implementación de unidades de inspección y cámaras de paso.

Esta investigación muestra como referencia la capacitación de nuevas técnicas, debido a que los sistemas de alcantarillado no convencionales dan solución a la problemática de salud pública en las zonas veredales. La investigación muestra que no se cuenta con equipos necesarios para el estudio y diseño óptimo de la red de tratamiento de aguas residuales ya que optan por métodos no convencionales que resultan mejor en la relación costo-beneficio, estos métodos podrían ser beneficios en su gran mayoría si van de la mano con un sistema de evacuación de aguas servidas que permita que la población goce de una mejor infraestructura sanitaria.

Lazo (2016) en su tesis para optar el grado de Ingeniero Civil “Aplicación de softwares libres en sistemas de alcantarillado sanitario en Nicaragua, tomando como estudio de caso el sistema de alcantarillado sanitario existente del casco urbano de la ciudad de Boaco en el periodo octubre 2015 a mayo 2016” Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Nicaragua. El objetivo principal es desarrollar un modelo de aplicación de softwares libres en sistemas de alcantarillado sanitario en Nicaragua, tomando como estudio el sistema de alcantarillado sanitario existente del casco urbano de la ciudad de Boaco en el periodo octubre 2015 a mayo 2016, presenta una metodología tipo cualitativo- cuantitativo, presentando resultados elaborados en la base de datos del QGIS y calculados en 2 simulaciones por el software EPA SWMM, tanto de verano como de invierno, obteniéndose 2 simulaciones. Por lo que se concluye que el servicio de alcantarillado sanitario en la ciudad de Boaco es eficiente ya que no hay muchos problemas de recolección de aguas residuales.

Esta investigación nos proporciona como referencia en el modelado del diseño hidráulico ya que la creación de un modelo de aplicación en software, proporciona una amplia conexión a la base de datos con resultados confiables y flexibles. La investigación presenta limitaciones ya que se desarrolla para simulaciones estáticas siendo su único motor de cálculo el EPA SWMM, en cambio el software SewerGEMS desarrolla un modelo dinámico y de flujo no permanente en el análisis del sistema sanitario, ofreciendo 2 motores de cálculo como el Dynamic Wave y el motor de cálculo EPA-SWMM, y que a su vez tiene un soporte en varias plataformas como en el ArcGIS.

### 2.1.2 Antecedentes nacionales

Vargas (2020) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil “Diseño de redes de agua potable y alcantarillado de la comunidad campesina la Ensenada de Collanac distrito de Pachacamac mediante el uso de los programas WaterCAD y SewerCAD” Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú. El objetivo principal fue diseñar las redes de agua potable y alcantarillado de la comunidad campesina La Ensenada de Collanac en la quebrada de Manchay distrito de Pachacámac, que conlleva a una disminución del alto porcentaje de enfermedades infecciosas, parasitarias y de piel en la población, trabajo con una metodología tipo cualitativo- cuantitativo, cuyos resultados son el trazado de red, caudal de diseño de la red de alcantarillado, la tensión tractiva en tuberías, velocidad en tuberías y profundidad de buzones, llega a la conclusión que el uso de WaterCAD y SewerCAD reducen el tiempo en los procesos iterativos y que al diseño de la presente tesis son confiables y que están listos para ser analizados en los distintos escenarios. Esta sirve como referencia para el control de la velocidad, tensión tractiva, pendientes, tirantes, material y diámetro de tubería mediante el software SewerCAD.

La investigación muestra que el modelo de diseño se basó en el análisis estático que son ideales para hacer análisis de capacidad y hacer análisis de diseño automatizado, pero para análisis que tengan problemas de desbordamiento en los circuitos no resultan útiles, para ello el software SewerGEMS sería el adecuado para este tipo de situaciones complejas que requieran análisis dinámicos y de flujo no permanente.

Gutiérrez (2019) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil “Diseño del servicio de agua potable y alcantarillado de la comunidad de Villa Sol, distrito de Grocio Prado, provincia de Chincha, Departamento de Ica y su incidencia en la condición sanitaria de la población-2019” Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, Perú. El objetivo principal fue diseñar el sistema de saneamiento básico en la comunidad de Villa Sol para la mejora de la condición sanitaria de la población, trabajó con una metodología tipo cualitativo-cuantitativo, cuyos resultados nos muestra que las instituciones como MVCS y MINSA, evalúan que los servicios de saneamiento básico cumplan los requisitos mínimos de calidad, cantidad e higiene; entre ellos encontramos que el servicio de saneamiento básico no cumplen con los servicios básicos, la gestión del sistema de saneamiento básico no existe y el servicio higiénico están conectados a un pozo ciego. Llega a la conclusión que la condición sanitaria está en un nivel de severidad muy mala y para ello se propusieron arreglos en todo el sistema de saneamiento.

Esta investigación muestra como referencia en la proposición de arreglos en todo el sistema de alcantarillado donde su condición de saneamiento es muy mala. La investigación muestra que no se proponen evaluaciones periódicas del sistema de saneamiento siendo estas importantes para el funcionamiento correcto del sistema, sería de gran utilidad llevar ese diseño de alcantarillado a una base de datos que permitan tener una mejor eficacia y flexibilidad en la toma de decisiones.

Rengifo, Safora (2017) en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil “Propuesta de diseño de un sistema de alcantarillado y/o unidades básicas de saneamiento en la localidad de Carhuacocha, distrito de Chilia- Pataz- La Libertad” Universidad Privada del Norte, Perú. El objetivo principal es realizar una propuesta de diseño de un sistema de alcantarillado y/o unidades básicas de saneamiento en la localidad de Carhuacocha, se trabajó con una metodología tipo cualitativo- cuantitativo, cuyos resultados se proponen con el diseño del sistema de desagüe con arrastre hidráulico , siendo lo caudales ofertados mayores que los caudales demandados, con tuberías de PVC, con buzones de concreto de concreto , en conclusión la propuesta de diseño del sistema de alcantarillado tiene 2 redes de desagüe una con 6” de diámetro, 9 buzones de

concreto de 0.20m de espesor y 1.2 m de altura. Esta investigación sirve como referencia para el cálculo de los parámetros y reglamentos de diseño del sistema asegurándonos la funcionalidad de las mismas ya que esta propuesta está regida bajo la norma técnica para redes de alcantarillado OS. 070.

La investigación muestra que no se utilizó softwares para el manejo de la información en una base de datos y el diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario, ya que estos muestran resultados más exactos y eficaces, como también los reglamentos que deben estar regidos por los parámetros del sistema de alcantarillado sanitario aparte de la norma OS.070 como la de IS.020.

## 2.2 Bases Teóricas

### 2.2.1 Desarrollo urbanístico e industrial

Los estudios demográficos detallados en las Conferencia Internacional sobre la Población y el Desarrollo, determinaron que la población mundial en 1994 rondaba los 5 700 millones y en el año 2014 se superó los 7000 millones, desde el 2010 hasta el 2014 la tasa anual creció hasta llegar a 1.2%, estimándose que para el año 2025 pueda llegar a 8100 millones y 9600 millones para el 2050, siendo África el continente que muestre un crecimiento de más del 80% (Naciones Unidas, 2014).

En la conferencia de El Cairo, se presentó una disminución del crecimiento anual a fines del año 1960, por lo que se estima que para el año 2050 la población mundial llegue a 49 millones de personas al año, sin embargo, en la actualidad se llega a una cifra de 82 millones de personas cada año llegándose a tener una población del 54% en Asia y 33% en África. Este cambio del aumento de población anual a nivel mundial nos hace estimar que para el año 2050 más del 80% del aumento de la población se desarrollará en África. En las regiones principales se registran niveles similares de crecimiento poblacional, pero en África y Europa se distingue su tasa de crecimiento ya que se determinan ser superiores en África e inferiores en Europa a comparación de las otras regiones, esto quiere decir que las principales regiones presentaran una disminución de su tasa de crecimiento. (Naciones Unidas, 2014).

Tabla 1: Población, aumento medio anual y tasa de crecimiento anual

	Población (millones)		Aumento medio anual (millones)		Tasa media de crecimiento anual (%)	
	2014	2050	2010- 2015	2045- 2050	2010 -2015	2045 -2050
Todo el mundo	7244	9551	81.7	48.5	1.15	0.51
Regiones más desarrolladas	1256	1303	3.7	0.1	0.3	0.01
Regiones menos desarrolladas	5988	8248	78	48.4	1.33	0.6
Países menos adelantados	919	1811	20.3	26.7	2.28	1.54
Otros países menos desarrollados	5068	6437	57.7	21.7	1.16	0.34
África	1138	2393	27	39.9	2.46	1.74
Asia	4342	5164	43.9	5.7	1.03	0.11
Europa	743	709	0.6	-1.6	0.08	-0.22
América Latina y el Caribe	623	782	6.8	2.1	1.11	0.27
América del Norte	358	446	2.9	2	0.83	0.45
Oceanía	39	57	0.5	0.5	1.42	0.82

Fuente: Naciones Unidas (2014)

Según las Naciones Unidas (2014) afirma:

En 2050 el ritmo de crecimiento de África superará en más de seis veces al de América Latina y el Caribe, y más de 15 veces al de Asia. Debido en parte a la migración internacional, en los próximos decenios las tasas de crecimiento de América del Norte y las de Oceanía rebasarán las de Asia y las de América Latina y el Caribe. Según las proyecciones, la población de Europa se reducirá a partir de 2020. En cifras globales, está previsto que la tasa de crecimiento de la población mundial descienda al 0,5 % en 2050. Según la variante de las proyecciones de fertilidad elevada, que prevé medio hijo más por mujer como promedio, en 2050 habría 1.300 millones de personas más en el mundo respecto a la variante de fertilidad media. Por otra parte, si las mujeres tienen, como promedio, medio hijo menos, en 2050, con arreglo a la variante de baja fertilidad, habría 1.200 millones de personas menos en el mundo (p.04).

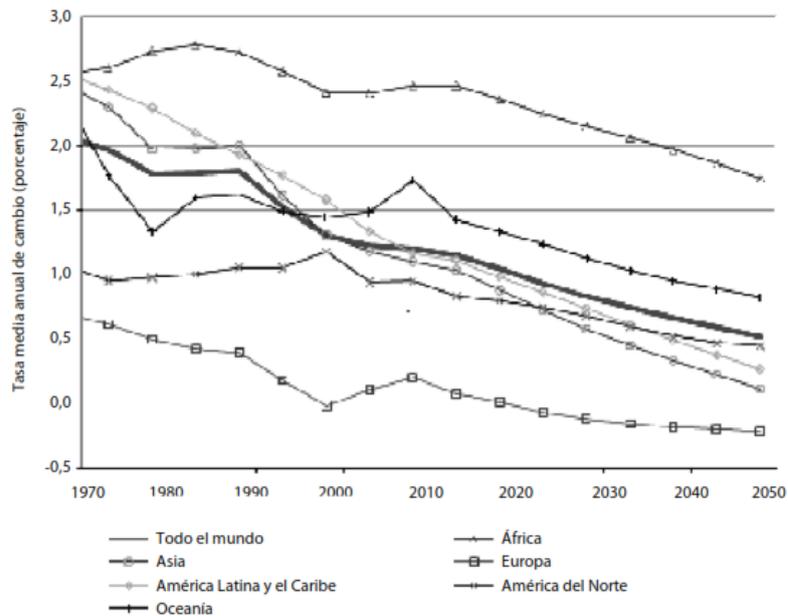


Figura 2: Cambio de la tasa media de crecimiento anual de 1970 a 2050

Fuente: Naciones Unidas (2014)

Las ciudades a nivel mundial presentan espacios urbanos con una alta densidad poblacional, donde se concentra todo el poder económico, político y administrativo. De Andrés y Barragán (2016) afirma:

El mundo empezó a experimentar tasas de urbanización sin precedentes cuando el promedio de crecimiento urbano llegó a alcanzar un 2,6 % anual desde 1950 hasta casi la actualidad (ONU-Hábitat, 2009). Durante este periodo, la población urbana mundial casi se quintuplicó, pasando de 700 a 3.300 millones de personas. Ello hizo que aumentara el grado de urbanización de un 29 % en 1950 a más del 50% en 2008. Esta tendencia sigue en la actualidad, cuando ya los habitantes de nuestro planeta han superado los 7.200 millones de personas (UN-DESA, 2013). Y se espera que continúe pues las proyecciones afirman que, en 2050, el 70% de la población mundial vivirá en áreas urbanas (ONU-Hábitat, 2009). Gran parte del fenómeno urbanizador que se observa a escala mundial está muy relacionado con el ritmo de crecimiento de la población urbana en los países menos desarrollados (UN-DESA, 2013) (p. 66).

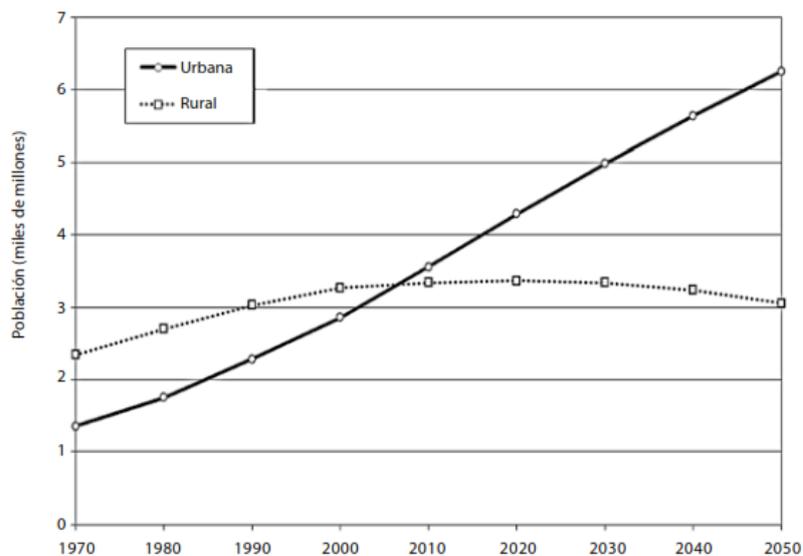


Figura 3: Estimación de la población urbana y rural del mundo, 1970 a 2050

Fuente: Naciones Unidas (2014)

La urbanización en tiempos antiguos mostró un crecimiento basado en el mercado, producción de territorios que no tenían planificación a largo plazo, ya que las ciudades muestran desigualdad urbana y contaminación ambiental; en la actualidad se trata de tener una mejor visión que permita tomar medidas de acción para lograr un desarrollo sostenible que permita tener un balance integrado entre la ciudad-sociedad-ambiente, pues la política de los gobiernos según la Asamblea General de Naciones Unidas celebrada en el año 2015, plantearon lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles (Montero & Garcia, 2017).

Las ciudades empezaron a mostrar un crecimiento abrumador año tras año a nivel mundial. “En América Latina se ha realizado un proceso de urbanización tan rápido que ha sido calificado de explosión urbana, y como resultado es hoy la región en desarrollo más urbanizada del mundo” (Montero & Garcia , 2017, p. 11)

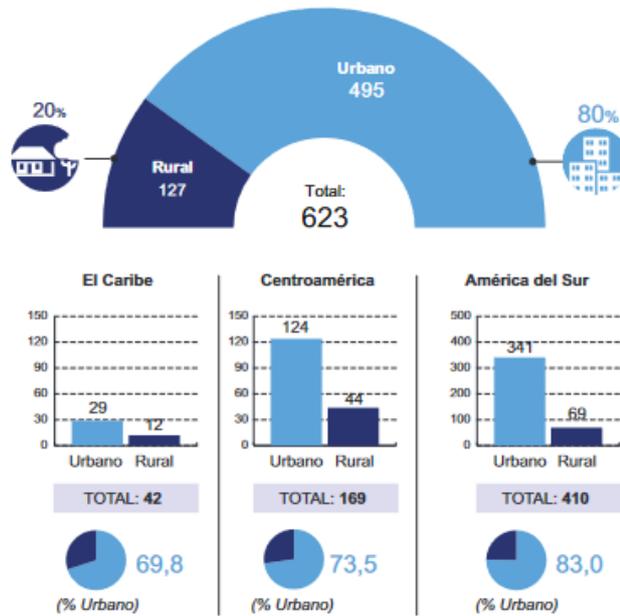


Figura 4: Poblaciones Urbanas y Rurales  
 Fuente: Montero & García (2017)

En los años 50 y 60 la tasa de crecimiento urbano fueron las más altas, a comparación de los años siguientes que se presenta una desaceleración continua ya que se llegó al fin del proceso de transición urbana con descenso de la migración rural – urbana, aun así, las ciudades siguen creciendo, pero a un ritmo lento. (Montero & Garcia, 2017)

En el siguiente gráfico se ve la tasa de crecimiento estimada de los años 1950-2050

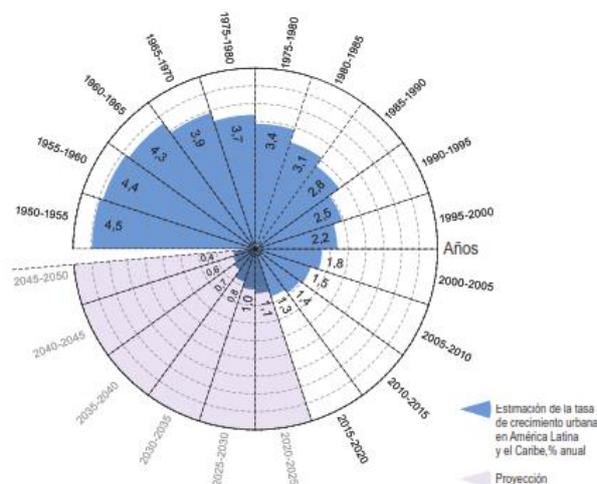


Figura 5: Estimación de la tasa de crecimiento de la población urbana, 1950 -2050  
 Fuente: Montero & García (2017)

La calidad de vida de los habitantes de la ciudad está estrechamente vinculada a su entorno ambiental, no obstante, todas las ciudades enfrentan una preocupante degradación ambiental, con altos niveles de contaminación. El deterioro ambiental de los recursos renovables y no renovables, aumenta la vulnerabilidad de los sistemas y deteriora la competitividad de las ciudades. Se debe evaluar el costo del deterioro desde el punto de vista económico, social y ambiental, poniendo un precio a las externalidades negativas de las actividades productivas. Es importante destacar que no es la ciudad en sí la que contamina, sino el modelo de desarrollo urbano particular que sigue la ciudad. La concentración de la población en determinados territorios, hace más eficiente ambientalmente la entrega de los bienes y servicios. En efecto, en zonas densamente pobladas las externalidades negativas por personas son inferiores (Montero y García, 2017, p.57).

Según Molinos, et al. (2012) afirma:

En los últimos veinte años se han realizado importantes esfuerzos a nivel mundial para incrementar el porcentaje de población con acceso a servicios de saneamiento básicos. A pesar de ello, en la actualidad todavía hay unos 2.600 millones de personas que carecen de estos servicios, es decir, más de un tercio de la población mundial no dispone de acceso al saneamiento. (p.73)

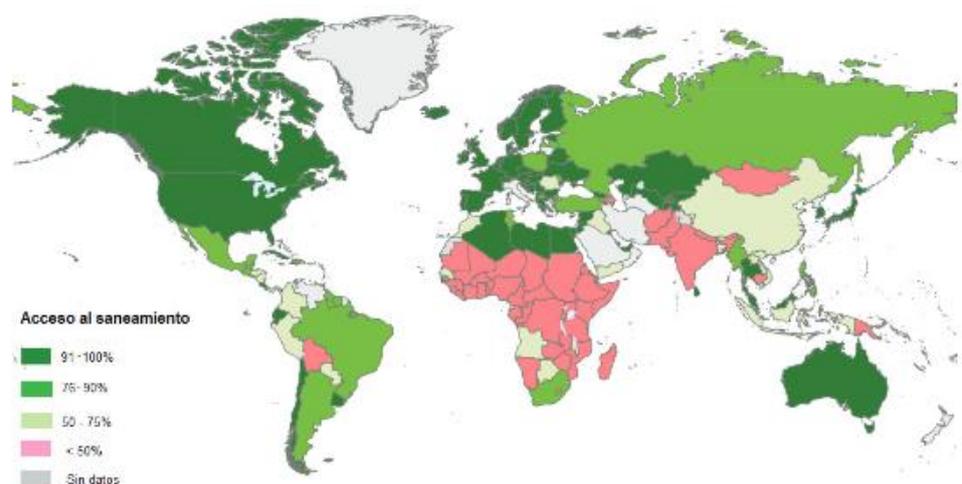


Figura 6: Porcentaje de población con acceso a servicios de saneamiento

Fuente: Molinos, Hernandez, & Sala. (2012)

El derecho humano al agua y el saneamiento (DHAS) contempla como el objetivo a cumplir, para ello consta de las metas siguientes: Alcanzar el acceso universal y equitativo a los servicios de agua y saneamiento, mejorar el nivel de calidad y reducir la contaminación, incrementar el nivel de tratamiento de las aguas residuales, aumentar eficientemente, implementar y proteger los sistemas acuáticos. Para ello las entidades que prestan servicios de agua y saneamiento son las encargadas de la ejecución de las políticas sectoriales y mantenimiento, ya que cumplen el rol de planificación, diseño de la Ingeniería y supervisión de la construcción de obras. (Lentini, 2015)

La Organización mundial de la Salud y la (UNICEF) según Lentini (2015) afirma: “en las áreas urbanas la cobertura de agua segura alcanza al 97% de la población , y la del saneamiento comprende al 88 %, mientras que en las áreas rurales estos valores ascienden al 84% y el 64%.” (p.11).

En lo que hace a la estructura de la industria, en algunos países existen áreas o zonas donde la prestación está a cargo de numerosos pequeños operadores, y ello supone la oportunidad de implementar algún tipo de gestión conjunta o de absorción por parte de operadores de mayor tamaño, con objeto de mejorar los niveles de productividad o de eficiencia (...). Respecto de la participación del sector privado, solamente en Chile los servicios son gestionados mayoritariamente por empresas privadas (que abarcaban el 95,7% de los clientes en 2013) (Superintendencia de Servicios Sanitarios, 2014). En el resto de los países predominan las empresas de propiedad estatal, con experiencias puntuales constituidas por empresas privadas y cooperativas (por ejemplo, en los casos de Argentina, Brasil, Bolivia, Colombia, Honduras, Ecuador, Paraguay, Perú y México). (Lentini, 2015, p.19)

La escasez de los recursos hídricos en un contexto caracterizado por una urbanización acelerada conlleva otro desafío que debe ser considerado con vistas a la sustentabilidad de la prestación, dado que para abastecer esta demanda creciente resulta necesario, además, mejorar la eficiencia operativa, disminuir las pérdidas físicas y comerciales, concientizar a la población, explorar alternativas de reúso y aplicar esquemas tarifarios orientados al uso

racional del servicio. Por su parte, para mitigar los problemas ambientales no solo deben ampliarse las coberturas. También es imprescindible incrementar el tratamiento de las aguas residuales para reducir la contaminación de los cuerpos receptores y no afectar los ecosistemas, así como mantener el equilibrio para prevenir la sobreexplotación de las fuentes (Lentini, 2015, p.17)

#### - Crecimiento con Equidad e Inclusión Social

Según Carrera, y otros (2013) afirma:

La visión de CAF para un desarrollo sostenible que permita un crecimiento sostenido y de calidad se basa en cuatro pilares que se requiere impulsar simultáneamente. En primer lugar, la equidad y la inclusión social para incorporar a la mayor cantidad de personas a los beneficios del desarrollo, para generar un ambiente de paz y cohesión social. En segundo lugar, la estabilidad macroeconómica para generar las condiciones apropiadas para la inversión y el crecimiento. En tercer lugar, la eficiencia microeconómica para estimular la productividad, la competitividad y la agregación de valor en la producción regional. En cuarto lugar, el equilibrio ambiental para garantizar un adecuado uso de los recursos naturales y ambientales que considere los derechos y responsabilidades intergeneracionales sobre el espacio y los recursos donde vivimos. (p.17)

Para el desarrollo humano y productivo se necesita de condiciones materiales que permitan tener una mejor infraestructura económica y social, para la construcción de un modelo de desarrollo sostenible, a esto el servicio de agua y saneamiento muestran precondiciones para la higiene, salud y actividad productiva, ya que permiten la construcción de equidad y inclusión social, para ello se necesitan de políticas que fomenten a la dotación de agua y saneamiento. (Carrera, y otros, 2013)

#### - Desarrollo urbano:

Un 25% de la población urbana de América Latina carece o recibe servicios en forma precaria; lo cual se refleja en deficiencias en la calidad sanitaria del agua; en la falta de continuidad y presión de los sistemas de distribución y, en el bajo nivel de tratamiento de las aguas residuales. (...). Esta situación está

estrechamente relacionada con la precariedad de la vivienda, urbanizaciones con numerosas carencias, y frecuentemente ilegalidad en la tenencia de la tierra. Por lo tanto, los retos de urbanizar la ciudad informal cobran una inusitada importancia para los países en desarrollo para incluso poder concretar efectivamente el derecho humano al agua y el saneamiento. El desafío de las ciudades consiste en desarrollar infraestructura hídrica dentro de condiciones institucionales de política social y financiamiento que rompan, en el plazo más corto y al menor costo, el círculo vicioso de hacinamiento, servicios precarios y violencia (Carrera, et al ,2013,p. 62).

Los principales desafíos de la gestión del agua en las ciudades en América Latina gravitan alrededor de tres problemas: la ocupación informal de la tierra urbana, y la consecuente precariedad de la vivienda; la baja calidad de los servicios públicos, especialmente los de agua y saneamiento; y la degradación del medio ambiente urbano, especialmente la calidad del aire, la contaminación de los cuerpos de aguas y la deficiente gestión de los residuos sólidos. (Carrera, et al, 2013,p.24)

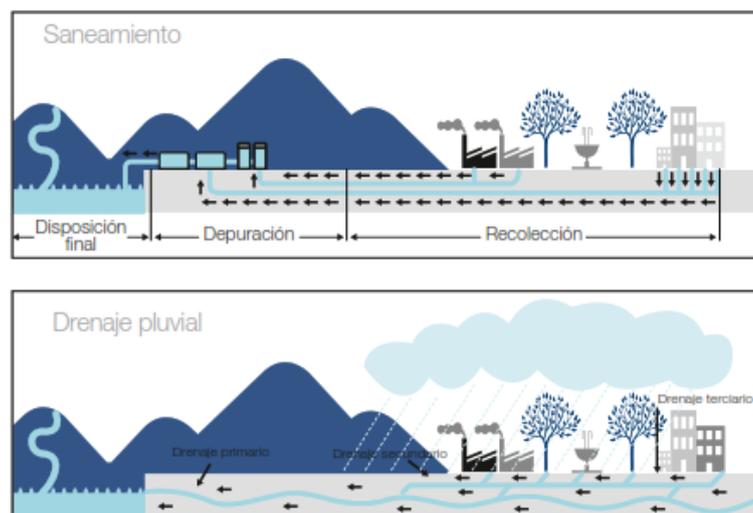


Figura 7: Ciclo urbano de alcantarillado

Fuente: Equidad e Inclusión Social en América Latina (2013)

- Saneamiento:

“En el marco de los derechos humanos, se entiende por saneamiento los sistemas para recolectar, transportar, tratar y eliminar excrementos humanos y

la correspondiente promoción de la higiene” (Carrera, y otros, 2013, p.56). Para ello presenta los siguientes componentes:

Según Carrera, y otros (2013) afirma:

- Disponibilidad. - Debe haber un número suficiente de instalaciones de saneamiento en el interior o en las inmediaciones de cada hogar, institución educativa o de salud, así como en lugares de trabajo y de acceso público, a modo de evitar tiempos de espera excesivos para su utilización.
- Calidad. Este requerimiento constituye un aspecto clave para interpretar el cumplimiento del indicador 7C de las metas del milenio. Supone evitar el contacto de las personas con excrementos y brindarle acceso al agua no contaminada para la higiene.
- Accesibilidad física. Todos los usuarios, en particular los niños, los discapacitados y los ancianos deben llegar sin riesgos hasta las instalaciones y poder utilizarlas durante las 24 horas.
- Asequibilidad. El servicio de saneamiento, incluyendo la construcción, vaciado y mantenimiento de las instalaciones, así como el tratamiento y la eliminación de materia fecal, debe estar disponible a un precio que sea asequible para todas las personas sin comprometer la posibilidad de ejercer los demás derechos.
- Aceptabilidad. Se relaciona con la adecuación del servicio a las pautas culturales de los usuarios y su nexa con la intimidad de las personas.

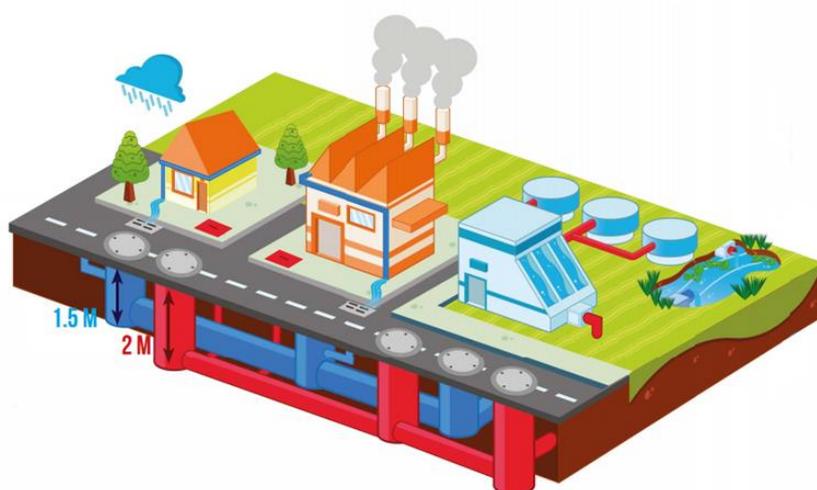


Figura 8: Red de alcantarillado sanitario separado

Fuente: Empresa de Alcantarillado de Bogotá (2015)

### 2.2.2 Componente del sistema de alcantarillado sanitario

Se diseña para recibir, evacuar, conducir y disponer las aguas domésticas, de establecimientos comerciales y pequeñas plantas industriales; por lo general, las aguas negras sin fermentación son ligeramente alcalinas o neutras, y bastante diluidas. Por lo tanto, en un sistema sanitario bien proyectado, construido y conservado, el problema de corrosión queda reducido al mínimo, siempre que la velocidad de la corriente sea suficiente para arrastrar los desperdicios hasta el punto de descarga, antes que se inicie el proceso de putrefacción. (Perez, 2014,p.3)

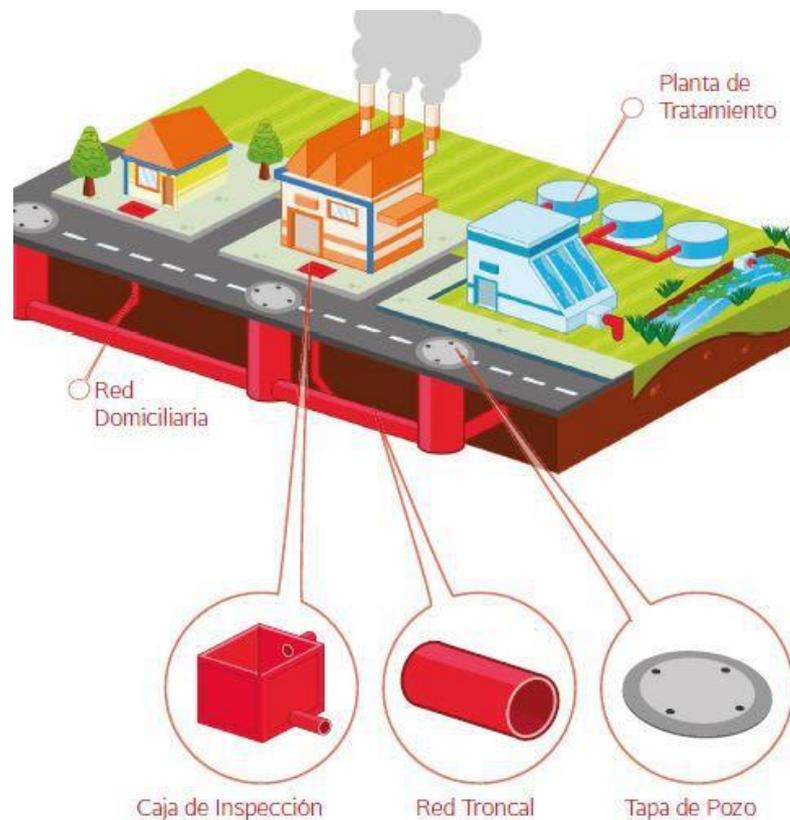


Figura 9: Componentes de la red de alcantarillado sanitario

Fuente: Empresa de Alcantarillado de Bogotá (2015)

El alcantarillado sanitario presenta los siguientes componentes:

#### 2.2.2.1 Tuberías

- Descarga domiciliaria:

“La descarga domiciliaria o “albañal exterior”, es una tubería que permite el desalojo de las aguas servidas, del registro domiciliario a la atarjea” (Comisión Nacional del Agua, 2009, p.42)

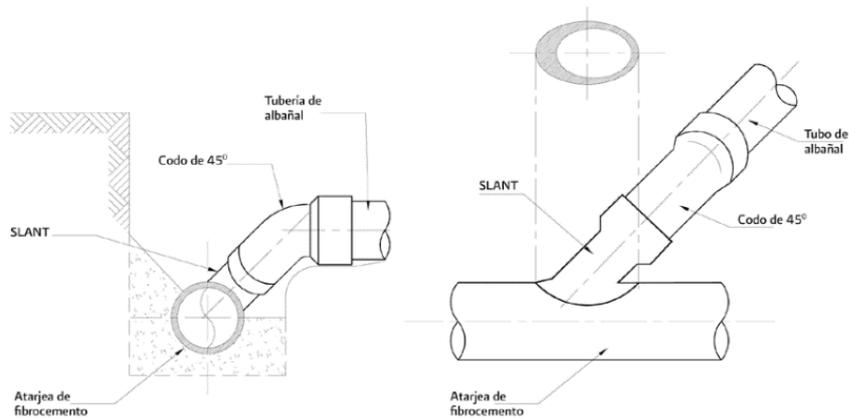


Figura 10: Descarga domiciliaria con tubería PVC

Fuente: Comisión Nacional del Agua (2009)

- Red de Atarjeas:

La red de atarjeas tiene por objeto recolectar y transportar las aportaciones de las descargas de aguas residuales domésticas, comerciales e industriales, hacia los colectores e interceptores. La red está constituida por un conjunto de tuberías por las que son conducidas las aguas residuales captadas. (Comisión Nacional del Agua, 2009, p. 8)

Según la Comisión Nacional del Agua (2009) afirma: “El trazo de atarjeas se realiza coincidiendo con el eje longitudinal de cada calle y de la ubicación de los frentes de los lotes”(p.08)

Los trazos más usuales son:

- Trazo en bayoneta: “Se denomina así al trazo que iniciando en una cabeza de atarjea tiene un desarrollo en zigzag o en escalera.” (Comisión Nacional del Agua, 2009, p. 8)

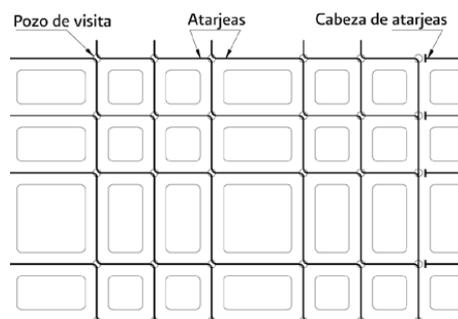


Figura 11: Trazo de la red de atarjeas en bayoneta

Fuente: Comisión Nacional del Agua (2009)

- Trazo en peine: “Se forma cuando existen varias atarjeas con tendencia al paralelismo, empiezan su desarrollo en una cabeza de atarjea, descargando su contenido en una tubería común de mayor diámetro, perpendicular a ellas” (Comisión Nacional del Agua, 2009, p. 9)



Figura 12: Trazo de la red de atarjeas en peine

Fuente: Comisión Nacional del Agua (2009)

- Trazo en Combinado: “Corresponde a una combinación de los dos trazos anteriores y a trazos particulares obligados por los accidentes topográficos de la zona.” (Comisión Nacional del Agua, 2009, p. 9)

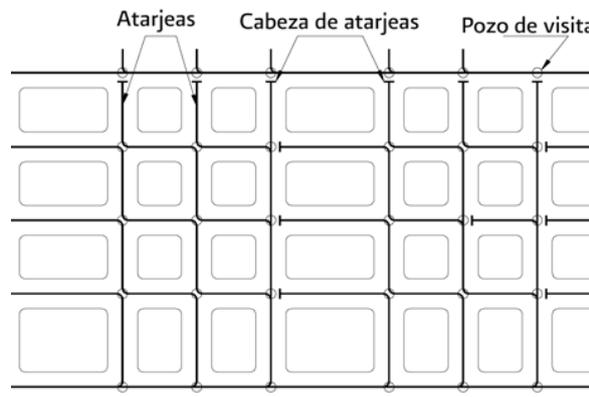


Figura 13: Trazo combinado en red de atarjeas

Fuente: Comisión Nacional del Agua (2009)

- Colector: “Los colectores son los conductos de mayor tamaño en la red y representan la parte medular del sistema de alcantarillado. También se les llama interceptores, dependiendo de su acomodo en la red”. (Comisión Nacional del Agua, 2009, p.78)

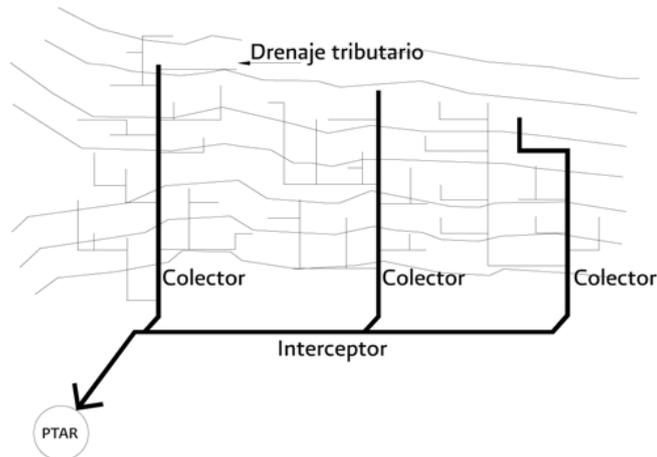


Figura 14: Colector e Interceptor en planta

Fuente: Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Alcantarillado Sanitario. 2009

- Emisor: “El emisor conduce las aguas hasta el punto de descarga o tratamiento. Una red puede tener más de un emisor dependiendo del tamaño de la localidad. Se le distingue de los colectores porque no recibe conexiones adicionales en su recorrido”. (Comisión Nacional del Agua, 2009, p.79)

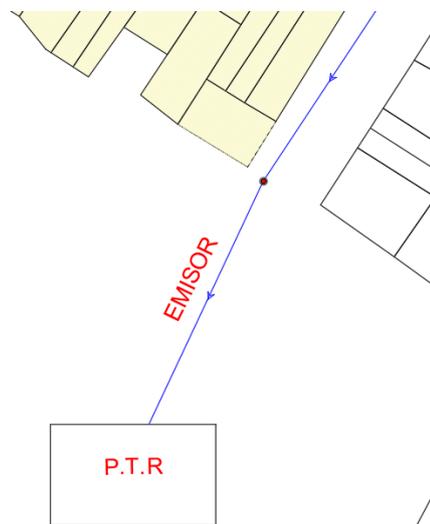


Figura 15: Emisor

Fuente: Elaboración Propia

#### Obras Accesorias

-Pozos de visita: “permiten la inspección, ventilación y limpieza de la red de Alcantarillado, se utilizan para la unión de dos o más tuberías y en todos los cambios de diámetro, dirección y pendiente, así como para las ampliaciones o reparaciones” (Comisión Nacional del Agua, 2009, p.49)

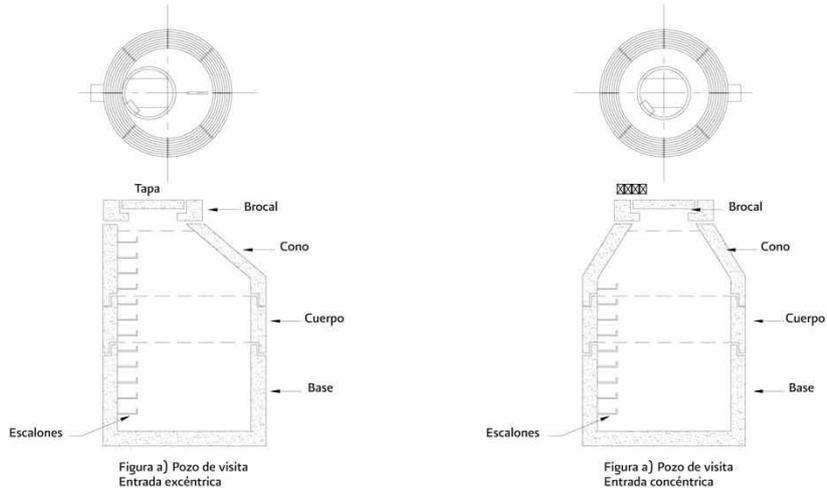


Figura 16: Pozo de visita típico

Fuente: Comisión Nacional del Agua (2009)

- Sifones invertidos: “Cuando se tienen cruces con alguna corriente de agua, depresión del terreno, estructura, tubería o viaductos subterráneos, que se encuentren al mismo nivel en que debe instalarse la tubería, generalmente se utilizan sifones invertidos”. (Comisión Nacional del Agua, 2009, p.58)

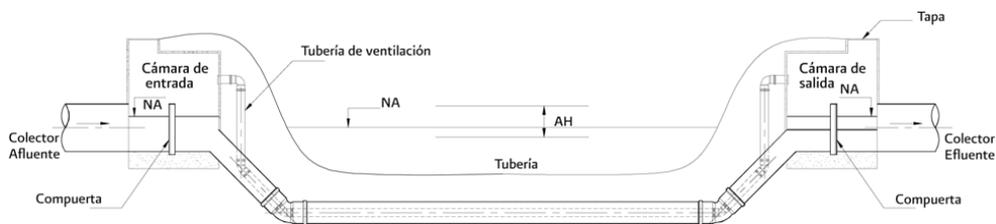


Figura 17: Sifón de Ramas Oblicuas

Fuente: Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Alcantarillado Sanitario. 2009

- Planta de tratamiento de agua residual: “Es una instalación donde el agua cruda es sometida a diversos procesos con el objetivo de eliminar los microorganismos y los contaminantes físicos y químicos hasta los límites aceptables que estipulan las normas”. (Chulluncuy, 2011, p.166)

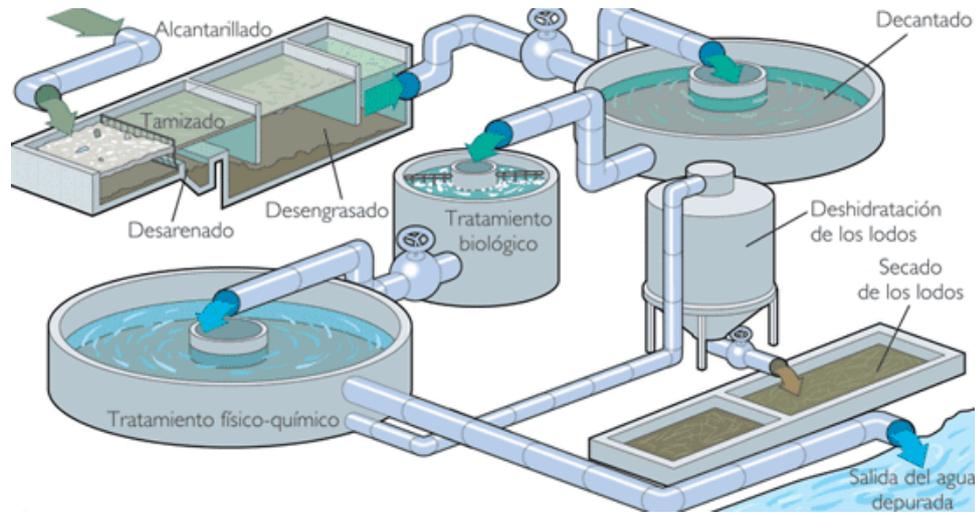


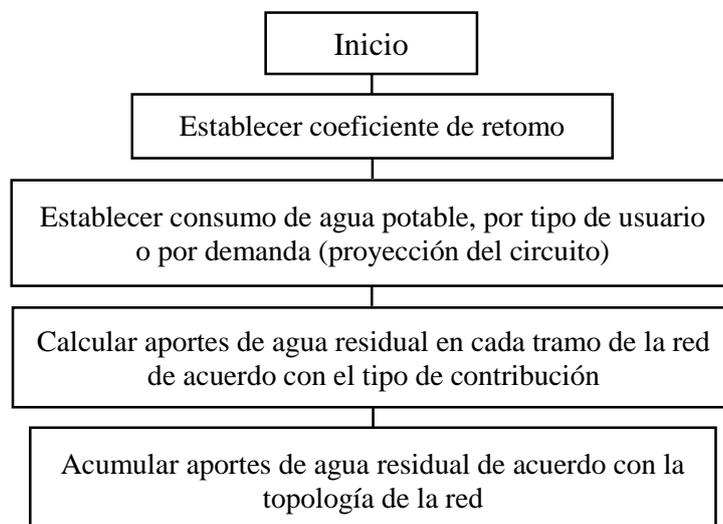
Figura 18: Planta de tratamiento de agua residual

Fuente: <https://tratamientodeaguasresiduales.net/plantas/>

### 2.2.3 Hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario

Según la Empresa de servicios públicos de Medellín (2009) afirma:

Los caudales de aguas residuales se obtienen a partir de la base de datos de consumo de agua potable para el sector estudiado. El consumo que se registra por tipo de usuario o por hectárea es convertido en caudal de agua residual a partir del coeficiente de retorno. Es posible representar el algoritmo que se realiza en la estimación de los caudales de agua residual en un esquema como el de la siguiente figura. (p.19).



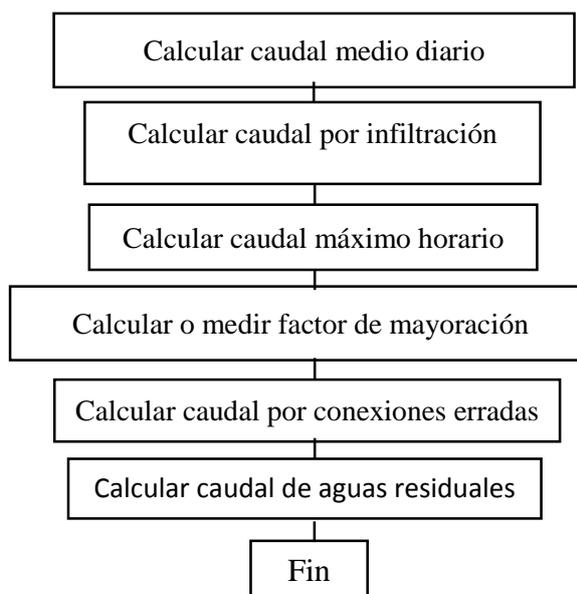


Figura 19: Diagrama de flujo para la estimación de los caudales de agua residual

Fuente: Adaptada de Guía para el Diseño Hidráulico. 2009

#### Caudales de aguas residuales

- Factor de retorno (C):

Según CEPIS (2005) afirma :

La cantidad de aguas residuales generada por una comunidad es menor a la cantidad de agua potable que se le suministra, debido a que existen pérdidas a través del riego de jardines, abrevado de animales, limpieza de viviendas y otros usos externos. El porcentaje de agua distribuida que se pierde y no ingresa a las redes de alcantarillado, depende de diversos factores, entre los cuales están: los hábitos y valores de la población, las características de la comunidad, la dotación de agua, y las variaciones del consumo según las estaciones climáticas de la población. (p.20)

En caso que no se tenga información “es recomendable estimar este factor en base a información y estudios locales, sin embargo, cuando no puedan ser realizados es recomendable asumir valores entre 0,80 a 0,85.” (CEPIS, 2005,p.20)

- Caudal de infiltración ( $Q_i$ ):

El caudal de infiltración incluye el agua del subsuelo que penetra las redes de alcantarillado, a través de las paredes de tuberías defectuosas, uniones de

tuberías, conexiones, y las estructuras de los pozos de visita, cajas de paso, terminales de limpieza, etc. Se considera los siguientes aspectos: (CEPIS, 2005,p.20)

- Altura del nivel freático sobre el fondo del colector
- Permeabilidad del suelo y cantidad de precipitación anual
- Dimensiones, estado y tipo de alcantarillas, y cuidado en la construcción de cámaras de inspección
- Material de la tubería y tipo de unión

- Caudal por conexiones erradas: ( $Q_e$ )

“Se deben considerar los caudales provenientes de malas conexiones o conexiones erradas (...). El caudal por conexiones erradas puede ser del 5% al 10% del caudal máximo horario de aguas residuales.” (CEPIS, 2005,p.21)

Asimismo, deberá considerarse como contribución al alcantarillado, las aguas de infiltración, asumiendo un caudal debidamente justificado en base a la permeabilidad del suelo en terrenos saturados de agua freáticas y al tipo de tuberías a emplearse, así como el agua de lluvia que pueda incorporarse por las cámaras de inspección y conexiones domiciliarias. (OS.100, 2006,p.114)

- Caudales concentrados ( $Q_c$ ):

“Son contribuciones debido a instalaciones no habitacionales que presentan un consumo bastante superior al doméstico, son caudales sobre todo correspondientes a descargas de industrias pequeñas o de establecimientos comerciales.” (p.21)

- Caudal de flujo máximo (K):

La relación entre el caudal medio diario y el caudal máximo horario se denomina “coeficiente de flujo máximo”. Este coeficiente varía de acuerdo a los mismos factores que influye en la variación de los caudales de abastecimiento de agua (clima, patrón de vida, hábitos, etc.), pero es afectado en menor intensidad, en función al porcentaje de agua suministrada que retorna a las alcantarillas y al

efecto regulador del flujo a lo largo de los conductos de alcantarillado, que tiende a disminuir los caudales máximos y a elevar los mínimos. (p.21)

Este caudal se obtiene de las siguientes fórmulas:

$$k = \frac{Q_{max}}{Q_{med}} = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \quad (\text{Harmon})$$

$$k = \frac{Q_{max}}{Q_{med}} = \frac{5}{p^{0.2}} \quad (\text{Babbit})$$

$$k = \frac{Q_{max}}{Q_{med}} = \frac{5}{p^{0.1}} \quad (\text{Flores})$$

$$k = k_1 \times k_2$$

Donde:

P = Población en millares de habitantes.

p = Población en habitantes.

K<sub>1</sub> = Relación entre caudal máximo diario y el caudal medio diario, igual a 1,2

K<sub>2</sub> = Relación entre caudal máximo horario y el caudal medio horario, igual a 1,5

Métodos de diseño del sistema de alcantarillado sanitario

- Caudal de diseño:

“Los caudales que discurrirán a través de las redes de alcantarillado para el inicio y fin del proyecto se calculan de la siguiente manera.” (CEPIS, 2005,p.22).

Se tienen 4 tipos de caudales:

- Caudal medio:

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

Donde:

Q = caudal medio

C = coeficiente de retorno (0.80)

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

P<sub>i</sub> = población al iniciar el funcionamiento del sistema

P<sub>f</sub> = Población para el alcance del proyecto

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

- Caudal máximo horario:

$$Q_{mh} = K \times Q_{med}$$

Donde:

$Q_{mh}$  = caudal máximo horario

K = coeficiente

- Caudal de diseño:

“El dimensionamiento de los conductos deberá atender los máximos caudales de descarga según la siguiente expresión” (p.22)

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

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.

- Caudal por tramos de la red:

“Para el cálculo del caudal en cada tramo de la red, se debe tomar el caudal máximo de contribución (ecuación 6.5), luego dividirla por el tamaño total de la red, obteniendo el caudal unitario ( $Q_u$ ), en L/(s.km) de red:” (p.23)

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

Donde:

L = tamaño de la red.

Para el cálculo de la contribución de desagües en un tramo, basta multiplicar el tamaño de la red aguas arriba, incluyendo el tramo en cálculo, por el caudal unitario y por la tasa de infiltración ( $Q_i$ ), sumando a continuación los caudales concentrados que han sido descargados en la red (CEPIS, 2005, p. 23)

$$Q = (Q_u + T_i)L_m + Q_c$$

Donde:

$L_m$  = tamaño de la red aguas arriba, que incluye el tramo en cálculo

Según CEPIS (2005) afirma :

Existe otro método para el cálculo de caudales en cada tramo de la red, en el cual los caudales para el diseño de cada tramo serán obtenidos en función a su área tributaria. Para la delimitación de áreas se tomará en cuenta el trazado de colectores, asignando áreas proporcionales de acuerdo a las figuras geométricas que el trazado configura, la unidad de medida será la hectárea (Ha). El caudal de diseño será el que resulte de multiplicar el caudal unitario (l/s/Ha) por su área correspondiente. El tramo podrá recibir caudales adicionales de aporte no doméstico (industria, comercio y público) como descarga concentrada. (p.23)

Métodos de diseño del sistema de alcantarillado sanitario

a) Metodología para el diseño del sistema

- Planeamiento general y trazos

El primer paso consiste en realizar la planeación general del proyecto y definir las mejores rutas de trazo de los colectores, interceptores y emisores, considerando la conveniencia técnico -económica de contar con uno o varios sitios de vertido previo tratamiento, con sus correspondientes plantas de tratamiento, siendo lo más recomendable el tener un solo sitio de vertido previo tratamiento; es aconsejable realizar estos trabajos en planos escala 1:10,000. Con base en los ingresos y egresos incrementales producto de la realización de cada una de las alternativas de proyecto, deberá evaluarse el nivel de rentabilidad de cada una de ellas, seleccionando la alternativa que resulte técnica y económicamente más rentable. (Comisión Nacional del Agua, 2009,p.77)

En esta etapa del proyecto es necesario calcular de forma general los gastos de proyecto de la red de alcantarillado, y contar con una visión general del drenaje natural que tiene el área de proyecto basándose en el plano topográfico (Comisión Nacional del Agua, 2009,p.77).

- Definición de áreas de proyecto

Con los planos topográficos, de uso del suelo y de agua potable, se procede a definir las áreas de la población que requieren proyecto y las etapas de construcción, inmediata y futura, basándose en el proyecto de la red de

distribución de agua potable y los requerimientos propios del proyecto de la red de alcantarillado sanitario. (Comisión Nacional del Agua, 2009,p.77).

- Sistema de alcantarillado existente

En los casos en que se cuente con tubería existente, se hace una revisión detallada eligiendo los tramos aprovechables por su buen estado de conservación y capacidad necesaria, los que se toman en cuenta en el proyecto total como parte de él, modificando o reforzando la tubería que lo requiera. (Comisión Nacional del Agua, 2009,p.77).

- Revisión hidráulica de la red existente

Los resultados anteriores se utilizan para analizar la red de atarjeas y en caso necesario se modifica o adiciona otra alternativa hasta que el conjunto red de atarjeas - colectores, interceptores y emisores - tratamiento presente la mejor solución técnica y económica. (Comisión Nacional del Agua, 2009,p.77).

- Proyecto

El primer paso del proyecto consiste en efectuar el trazo de la red de atarjeas, en combinación con los trazos definidos para los colectores y emisores (...). Una vez definido el trazo más conveniente, se localizan los pozos de visita de proyecto, respetando la separación entre pozos. (Comisión Nacional del Agua, 2009,p.77).

“Deben colocarse pozos de visita en todos los entronques y en donde haya cambio de dirección o de pendiente de la tubería, en el caso de tramos con longitudes muy grandes, se colocan pozos intermedios” (Comisión Nacional del Agua, 2009,p.77).

b) Consideraciones básicas del sistema:

Según la OS.100 (2006) afirma que:

- Periodo de diseño:

Para proyectos de poblaciones o ciudades, así como para proyectos de mejoramiento y/o ampliación de servicios en asentamientos existentes, el

período de diseño será fijado por el proyectista utilizando un procedimiento que garantice los períodos óptimos para cada componente de los sistemas. (p.114)

- Población:

Según OS.100 (2006) afirma:

La población futura para el período de diseño considerado deberá calcularse:

- Tratándose de asentamientos humanos existentes, el crecimiento deberá estar acorde con el plan regulador y los programas de desarrollo regional si los hubiere; en caso de no existir éstos, se deberá tener en cuenta las características de la ciudad, los factores históricos, socioeconómico, su tendencia de desarrollo y otros que se pudieren obtener. (p.114)

- Tratándose de nuevas habilitaciones para viviendas deberá considerarse por lo menos una densidad de 6 hab./lote. (p.114)

- Dotación de agua:

Según OS.100 (2006) afirma:

La dotación promedio diaria anual por habitante, se fijará en base a un estudio de consumos técnicamente justificado, sustentado en informaciones estadísticas comprobadas. Si se comprobará la no existencia de estudios de consumo y no se justificará su ejecución, se considerará por lo menos para sistemas con conexiones domiciliarias una dotación de 180 l/hab./día, en clima frío y de 220 l/hab./d en clima templado y cálido. (p.114)

- Variaciones de consumo:

Según OS.100 (2006) afirma:

En los abastecimientos por conexiones domiciliarias, los coeficientes de las variaciones de consumo, referidos al promedio diario anual de la demanda, deberán ser fijados en base al análisis de información estadística comprobada. De lo contrario se podrán considerar los siguientes coeficientes: (p.114)

- Máximo anual de la demanda diaria: 1.3

- Máximo anual de la demanda horaria: 1.8

- Volumen de contribución de excretas:  
Según OS.100 (2006) afirma: “Cuando se proyecte disposición de excretas por digestión seca, se considerará una contribución de excretas por habitante y por día de 0.20 kg.” (p.114)
  
- Caudal de contribución de alcantarillado  
Según O.S.100 (2006) afirma: “Se considerará que el 80% del caudal de agua potable consumida ingresa al sistema de alcantarillado” (p.114)
  
- Agua de infiltración y entradas ilícitas  
Según OS.100 (2006) afirma: “Asimismo deberá considerarse como contribución al alcantarillado, el agua de infiltración, asumiendo un caudal debidamente justificado en base a la permeabilidad del suelo en terrenos saturados de agua freáticas y al tipo de tuberías a emplearse, así como el agua de lluvia que pueda incorporarse por las cámaras de inspección y conexiones domiciliarias.” (p.114)
  
- Levantamiento Topográfico:  
Según la OS.070 ( 2006) afirma:  
La información topográfica para la elaboración de proyectos incluirá:
  - Plano de lotización del área de estudio con curvas de nivel cada 1 m, indicando la ubicación y detalles de los servicios existentes y/o cualquier referencia importante. (p.70)
  - Perfil longitudinal a nivel del eje del trazo de las tuberías principales y/o ramales colectores en todas las calles del área de estudio y en el eje de la vía donde técnicamente sea necesario. (p.70)
  - Secciones transversales de todas las calles. Cuando se utilicen ramales colectores, mínimo 3 cada 100 metros en terrenos planos y mínimo 6 por cuadra, donde exista desnivel pronunciado entre ambos frentes de calle y donde exista cambio de pendiente. En todos los casos deben incluirse el nivel de lotes. (p.70)
  - Perfil longitudinal de los tramos que se encuentren fuera del área de estudio, pero que sean necesarios para el diseño de los empalmes con las redes del sistema de alcantarillado existentes. (p.70)

- Se ubicará en cada habilitación un BM auxiliar como mínimo y dependiendo del tamaño de la habilitación se ubicarán dos o más, en puntos estratégicamente distribuidos para verificar las cotas de cajas de inspección y/o buzones a instalar. (p.70)

c) Diseño hidráulico de redes

- Red de atarjeas:

“El diseño hidráulico de una red de atarjeas se realiza tramo por tramo, iniciando en las cabezas de atarjeas y finalizando en el entronque con los colectores.” (Comisión Nacional del Agua, 2009,p.78)

Una vez calculados los gastos de diseño de la red de atarjeas, se selecciona el material, clase, diámetro, pendiente y elevaciones de plantilla de las tuberías, tramo

por tramo, revisando el funcionamiento hidráulico del tramo bajo dos condiciones: a gasto mínimo y a gasto máximo extraordinario. (Comisión Nacional del Agua, 2009,p.78)

“En cualquiera de los casos, la selección del diámetro se hará aprovechando al máximo la capacidad hidráulica del tubo trabajando a superficie libre, no deberá ser menor al diámetro del tramo anterior y deberá satisfacer todas las limitantes siguientes” (Comisión Nacional del Agua, 2009,p.78)

- Criterio de velocidad

Según CEPIS (2005) afirma:

El diseño de redes de alcantarillado se debe realizar en función de un caudal inicial ( $Q_i$ ), que es el caudal máximo al inicio del proyecto, y un caudal final ( $Q_f$ ), que es el caudal máximo al final del periodo de diseño. A “ $Q_i$ ” le corresponde la velocidad promedio mínima del flujo ( $V_i$ ) y a “ $Q_f$ ” la velocidad promedio máxima ( $V_f$ ). El cálculo de la velocidad mínima ( $V_i$ ), es para evitar la deposición excesiva de materiales sólidos, y la de la velocidad máxima ( $V_f$ ), es para evitar que ocurra la acción abrasiva de las partículas sólidas transportadas por las aguas residuales.(p.27)

Según la OS.070 ( 2006) afirma:

“En todos los tramos de la red deben calcularse los caudales inicial y final ( $Q_i$  y  $Q_f$ ). El valor mínimo del caudal a considerar será de 1.5 l/s.”  
(p.70)

- Velocidad mínima Permisible:

La determinación de la velocidad mínima del flujo reviste fundamental importancia, pues permite verificar la autolimpieza de las alcantarillas en las horas, cuando el caudal de aguas residuales es mínimo y el potencial de deposición de sólidos en la red es máximo. A su vez, la velocidad mínima de autolimpieza es fundamental para conducir a la minimización de las pendientes de las redes colectoras, principalmente en áreas planas, haciendo posible economizar la excavación y reducir los costos. (CEPIS, 2005, p.27)

“La velocidad mínima no debe ser menor de 0,45 ó 0,50 m/s. Es mejor aceptar un valor inferior para el flujo “real”, que fijar un valor mayor para un flujo hipotético (sección llena o semillena)”. (CEPIS, 2005, p.29)

$$v \geq 1.36 \times \sqrt{9.8D \operatorname{sen} \phi}$$

Donde:

V = velocidad en la red (m/s)

D = diámetro de la tubería

$\phi$  = ángulo de inflexión de la red

En las redes de alcantarillado de pequeño diámetro, no es necesario mantener una velocidad mínima de autolimpieza, ya que estas se diseñan para recolectar solamente la fase líquida del agua residual. Sin embargo, las velocidades a lo largo de las tuberías deben ser mayores que la velocidad mínima requerida para transportar mezclas de aire o gases con líquidos en tuberías descendientes después de las curvas: (CEPIS, 2005, p.29)

- Velocidad máxima:

Según CEPIS (2005) afirma:

El factor mas importante para la determinación de la velocidad máxima de las aguas residuales es la acción erosiva , considerando dos condiciones:

- Una velocidad de 4.0 y 5.0 m/s causa menos erosión que las velocidades entre 2.5 y 4.0 m/s

- A velocidades mayores a 5.0 m/s se debe evitar la mezcla de aguas residuales y aire

“Por tanto, es recomendable calcular la máxima pendiente admisible para una velocidad final  $V_f = 5$  m/s.” (CEPIS, 2005, p.29)

$$V_c = 6\sqrt{gR}$$

Donde:

$V_c$  = velocidad crítica (m/s)

$g$  = aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )

$R$  = radio hidráulico (m)

“Cuando la velocidad final ( $V_f$ ) es superior a la velocidad crítica ( $V_c$ ), la mayor altura de lámina de agua admisible debe ser 50% del diámetro del colector, asegurando la ventilación del tramo” (O.S.070, 2006, p.71)

- Tirante de agua:

Según CEPIS (2005) afirma:

El nivel máximo de agua en la alcantarilla es el 80% del diámetro (0,8 D). Es fácilmente demostrable que con este nivel en un colector circular se alcanza la velocidad más alta. La parte vacía de la sección por encima de 0,8 D se emplea para ventilación, movimiento de los gases, sirviendo además para los flujos excepcionales.(p.30)

$$0.2D < \frac{h}{D} < 0,8D$$

Donde:

$h$  = Nivel de agua en la tubería.

$D$  = Diámetro de la tubería.

- Criterio de la tensión tractiva:

Se considera que este método es el más práctico para calcular alcantarillas que tiene en cuenta la configuración y la sección mojada del conducto. Su

aplicación permite el control de la erosión, la sedimentación y la producción de sulfuros, principalmente, en zonas de topografía plana, donde la aplicación del criterio de velocidad mínima arroja resultados menos ventajosos en términos de diámetro, pendiente y profundidad de tuberías. (CEPIS, 2005, p.29)

- Tensión tractiva:

Según CEPIS (2005) afirma:

La tensión tractiva ó fuerza de arrastre ( $\tau$ ), 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. Como se muestra en la Figura 20, en la masa de aguas residuales de un tramo de colector de longitud ( $L$ ), con área de sección transversal ( $A$ ) y perímetro mojado ( $P$ ), la tracción tractiva estará dada por el componente del peso ( $W$ ) en dirección del flujo dividido por el área mojada:(p.31)

$$\tau = \frac{W \operatorname{sen} \phi}{PL}$$

Donde:

$\tau$  = Tensión tractiva ( $\text{N/m}^2$ , Pa)

$P$  = Perímetro mojado (m).

$L$  = Longitud (m)

$W$  = Peso (N)

El peso ( $W$ ) está dado por:

$$W = \rho gAL$$

Donde:

$\rho$  = Densidad de aguas residuales ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = Aceleración de la gravedad ( $\text{m/s}^2$ )

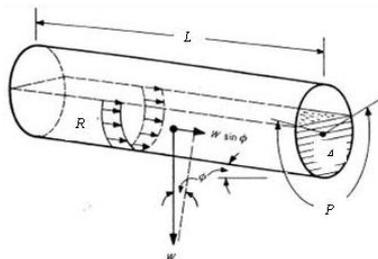


Figura 20: Definición de parámetros para tensión tractiva en un colector circular

Fuente: Guías para el Diseño de Tecnología de Alcantarillado (2005)

Según CEPIS (2005) afirma:

Si se considera que  $A/P$  es el radio hidráulico,  $R$ :

$$\tau = \rho g R \text{sen}\phi$$

Cuando  $\phi$  es pequeño,  $\text{sen}\phi = \text{tan}\phi$ , y como la  $\text{tan}\phi$  es la gradiente del colector,  $S$  (m/m), la ecuación de tensión tractiva puede ser escrita de la siguiente forma:

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

La pendiente del colector será calculada con el criterio de la tensión tractiva, según la ecuación.

Pendiente para tuberías con sección llena:

$$S = \frac{\tau}{\frac{\rho g D}{4}}$$

Pendiente para tuberías parcialmente llenas:

$$S = \frac{\tau}{\frac{\rho g D}{4} \left(1 - \frac{360 \sin \theta}{2\pi\theta}\right)}$$

- Tensión tractiva mínima:

“Cada tramo debe ser verificado por el criterio de Tensión Tractiva Media ( $\sigma_t$ ) con un valor mínimo  $\sigma_t = 1,0\text{Pa}$ , calculada para el caudal inicial ( $Q_i$ ), valor correspondiente para un coeficiente de Manning  $n = 0,013$ .” (OS.070, 2006, p.71)

$$\tau_{min} = 1 \text{ Pa}$$

En los tramos iniciales de los colectores (arranque), en los cuales se presentan bajos caudales promedio tanto al inicio como al fin del periodo de diseño, se recomienda calcular la pendiente con una tensión tractiva de 1 Pa, y posteriormente, su verificación con caudales de aporte reales, no deberá ser menor a 0,6 Pa (CEPIS, 2005, p.32).

Pendiente de alcantarilla:

- Pendiente mínima

Según CEPIS (2005) afirma:

La pendiente mínima de las redes simplificadas y condominiales, 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 (p.33):

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

Donde:

$S_{min}$  = pendiente mínima

$Q_i$  = flujo máximo de diseño l/s.

“Para coeficientes de Manning diferentes de 0.013, los valores de Tensión Tractiva Media y pendiente mínima a adoptar deben ser justificados. La expresión recomendada para el cálculo hidráulico es la fórmula de Manning” (OS.070, 2006, p.71).

- Pendiente máxima admisible

La pendiente máxima admisible será calculada para la velocidad máxima permisible. (CEPIS, 2005, p.34).

- Diámetro mínimo de alcantarillas:

Según CEPIS (2005) afirma:

Los criterios de diseño de las redes convencionales especifican que el diámetro mínimo de las alcantarillas será 200 mm (8”), tanto en habilitaciones de uso de vivienda como de uso industrial. Excepcionalmente y sólo en habilitaciones de uso de vivienda, podrá utilizarse alcantarillas de 150 mm (6”) de diámetro; siempre y cuando su necesidad se sustente en mejores condiciones hidráulicas de funcionamiento o por su ubicación en zonas accidentadas con calles angostas, pero de fuertes pendientes.(p.35)

Por tanto, el diámetro mínimo que se recomienda en el diseño de redes simplificadas es 150 mm (6”), siendo limitado el uso de las tuberías de 100 mm (4”) para los casos donde se justifique técnicamente su requerimiento. (p.35)

El diámetro mínimo a emplear en las redes condominiales será 100 mm, de las experiencias de Brasil y Bolivia no se ha reportado problemas mayores usando tuberías de este diámetro. (p.35)

En los sistemas de pequeño diámetro las tuberías pueden ser de 75 mm (3”) o mayores, pero el tamaño mínimo recomendado de la tubería es 100 mm (4”) ya que las tuberías de 75 mm no se consiguen fácilmente y tienen que ser encargadas sobre pedido. (p.35)

### 2.2.3 Operación y mantenimiento de sistema de alcantarillado sanitario

Cada empresa o la entidad responsable de la administración de los servicios de agua potable y alcantarillado, deberá tener Manual de Operación y Mantenimiento. Para realizar las actividades de operación y mantenimiento, se deberá organizar y ejecutar un programa que incluya: inventario técnico, recursos humanos y materiales, sistema de información, control, evaluación y archivos, que garanticen su eficiencia. (OS.100, 2006,p.115)

#### Tuberías y Cámaras de Inspección de Alcantarillado

Según la norma OS.100 (2006) afirma:

- Deberá efectuarse inspección y limpieza periódica anual de las tuberías y cámaras de inspección, para evitar posibles obstrucciones por acumulación de fango u otros. (p.116)
- En las épocas de lluvia se deberá intensificar la periodicidad de la limpieza debido a la acumulación de arena y/o tierra arrastrada por el agua. (p.116)
- Todas las obstrucciones que se produzcan deberán ser atendidas a la brevedad posible utilizando herramientas, equipos y métodos adecuados. (p.116)
- Deberá elaborarse periódicamente informes y cuadros de las actividades de mantenimiento, a fin de conocer el estado de conservación y condiciones del sistema. (p.116)

### 2.3 Definición de términos básicos

- Red de recolección: Conjunto de tuberías principales y ramales colectores que permiten la recolección de las aguas residuales generadas en las viviendas.
- Ramal colector: Es la tubería que se ubica en la vereda de los lotes, recolecta el agua residual de una o más viviendas y la descarga a una tubería principal.
- Tubería principal: Es el colector que recibe las aguas residuales provenientes de otras redes y/o ramales.
- Tensión tractiva: Es el esfuerzo tangencial unitario asociado al escurrimiento por gravedad en la tubería de alcantarillado, ejercido por el líquido sobre el material depositado.
- Pendiente mínima: Valor mínimo de la pendiente determinada utilizando el criterio de tensión tractiva que garantiza la autolimpieza de la tubería.
- Profundidad: Diferencia de nivel entre la superficie de terreno y la generatriz inferior interna de la tubería.
- Recubrimiento: Diferencia de nivel entre la superficie de terreno y la generatriz superior externa de la tubería (clave de la tubería).
- Conexión Domiciliaria de Alcantarillado: Conjunto de elementos sanitarios instalados con la finalidad de permitir la evacuación del agua residual proveniente de cada lote.

## CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

### 3.1 Hipótesis

#### 3.1.1 Hipótesis general

Se analizará a partir de los parámetros hidráulicos del sistema de alcantarillado sanitario del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito de Chincha Alta, mediante la modelación del software SewerGEMS permitiendo mostrar simulaciones dinámicas para la solución de los tramos críticos y así mitigar el impacto ambiental en el poblado.

#### 3.1.2 Hipótesis específicas

- La característica topográfica del Centro Poblado Túpac Amaru es la presencia de terrenos planos con ligeras pendientes de 3% hacia el suroeste, ubicado entre dos zonas una de pampas colindantes a otra de valle costero.
- El caudal total de aguas residuales del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito Chincha Alta está entre el rango de 10 l/s a 20 l/s.
- El diseño óptimo se basará en la modelación matemática que proporcionará diámetros de tubería de 160 mm - 355 mm, con velocidades del flujo dentro del rango normativo OS. 070 y OS.100

### 3.2 Variables de investigación

#### 3.2.1 Definición conceptual de las variables

##### Variable Independiente

Salkind (1999) explica que, “la variable independiente representa los tratamientos o condiciones que el investigador controla para probar sus efectos sobre algún resultado. Una variable independiente se manipula en el desarrollo de un experimento con el objetivo de entender los efectos de talo manipulación sobre la variable dependiente” (pg.25)

La variable independiente es el sistema de alcantarillado sanitario del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito de Chincha Alta

Variable Dependiente:

Salkind (1999) afirma que, “la variable dependiente refleja los resultados de un estudio de investigación (...) podemos pensar en las variables dependientes como los resultados que podrían depender del tratamiento experimental de lo que el investigador modifica o manipula “(pg.25).

La variable dependiente es el impacto ambiental en el sistema de alcantarillado sanitario

### 3.2.2 Operacionalización de variables

Sampieri (2014) afirma que, “la operacionalización de variables constituye al conjunto de procedimientos que describe las actividades que un observador debe realizar para recibir las impresiones sensoriales, las cuales indican la existencia de un concepto teórico en mayor o menor grado” (pg.111)

Ver Matriz de Operacionalización en el Anexo 1

## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1 Tipo y nivel

#### 4.1.1 Tipo

Baena (2017). afirma que, la investigación aplicada tiene como objeto el estudio de un problema destinado a la acción (...) concentra su atención en las posibilidades concretas de llevar a la práctica las teorías generales, y destinan sus esfuerzos a resolver necesidades que se plantean la sociedad y los hombres (p.18).

Sampieri (2014), afirma que, los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (meta inferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (p.534).

La presente investigación fue de tipo aplicado con enfoque mixto (cualitativo-cuantitativo)

#### 4.1.2 Nivel

Sampieri (2014) sostiene que, el nivel descriptivo busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población. (p.92).

Sampieri (2014) sostiene que, los estudios explicativos pretenden establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian. (p.95)

La presente investigación fue de nivel descriptivo y explicativo

### 4.2 Diseño de investigación

Sampieri (2014) afirma que, la investigación no experimental son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos. (p.152).

Sampieri (2014) afirma que, los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. (p.154).

La presente investigación fue no experimental con diseño transversal

#### 4.3 Población y Muestra

Sampieri (2014) explica que, la población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones y que deben situarse claramente por sus características de contenido, lugar y tiempo. (p.174)

La población de estudio fue el sistema de alcantarillado sanitario perteneciente a la provincia de Chincha, cuyas características principales son:

- Presenta una población estimada de 226 113 habitantes, con una tasa de crecimiento de 1.53% en el año base 2017.
- Presenta 7 localidades que son: Chincha Alta, Sunampe, Alto Larán, Grocio Prado, Pueblo Nuevo, Tambo de Mora y Chincha Baja.
- Los colectores primarios del subsistema de Chincha Alta tienen un diámetro de tuberías que están comprendidas entre 10 a 24 pulgadas y del subsistema de Chincha Baja de 8 a 12 pulgadas.
- Los colectores secundarios del subsistema de Chincha Alta y Chincha Baja, tienen diámetro de tuberías que están comprendidas entre 6 a 8 pulgadas
- En el subsistema de Chincha Alta se encuentran 5 emisores principales y en el subsistema de Chincha Baja una estación de bombeo de aguas residuales
- Presentan 6 plantas de tratamiento de aguas residuales

Sampieri (2014) afirma que, la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población. (p.173)

La muestra de la presente investigación fue el sistema de alcantarillado sanitario del distrito de Chincha Alta, cuyas características principales son:

- Presenta un área de superficie de 22 600 km<sup>2</sup>, con una población al 2017 de 69 337 hab. con una densidad poblacional de 3.13 hab./lote y una tasa de crecimiento anual del 1.53%
- Tiene una cobertura de alcantarillado del 86.04%

- Presenta un número de conexiones de alcantarillado de 19 542 con una participación del 47.61%
- Según las conexiones de alcantarillado en relación al tipo de usuarios de tipo residencial activo equivale al 67.22%, no residencial 6.70% y de los inactivos residencial es de 23.49% y no residencial 2.58%
- Uno de los puntos críticos de colapso es el Centro Poblado Túpac Amaru, el cual es centro de la presente investigación
- La muestra del Centro Poblado Túpac Amaru fue seleccionada mediante un muestreo por conveniencia

#### 4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

##### 4.4.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

La presente investigación se desarrolló usando las técnicas de observación directa y recolección de información a través de expedientes técnicos de la zona de estudio, artículos y revistas del diseño de sistemas de alcantarillado sanitario, tomando como referencia la Guía para el diseño de tecnología de alcantarillado tal como exigen las regulaciones de la SUNASS.

##### Instrumentos

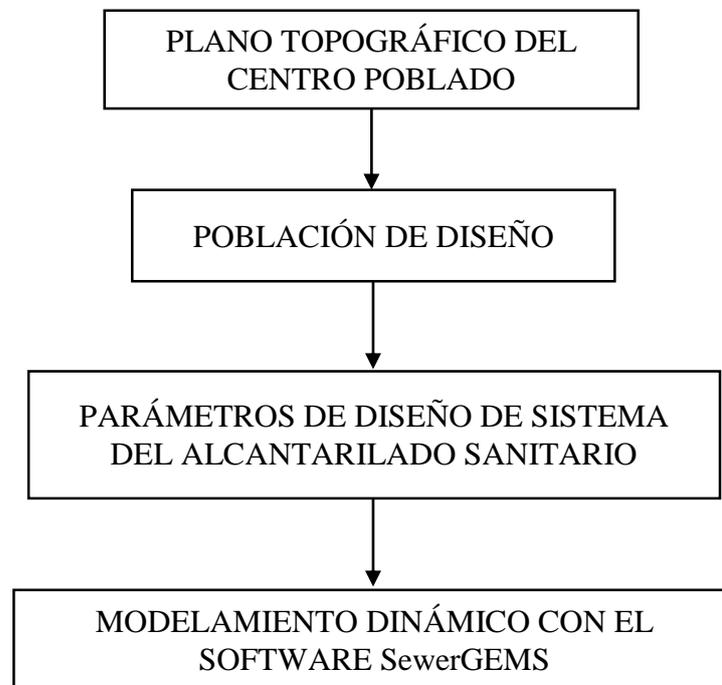
- Norma OS.070 del año 2006
- Norma OS.100 del año 2006
- Manual de Estudio Tarifario – (Servicio Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Chincha- EPS SEMAPACH S.A.) – SUNASS
- Plano de lotización del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito de Chincha Alta
- Plano topográfico del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito de Chincha Alta
- Autodesk Civil 3D versión 2021
- Microsoft Excel 2019
- Google Earth
- ArcGIS 10.8
- Software SewerGEMS CONNECT Edition Update 2 v10.02.01.04

#### 4.4.2 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos:

Los softwares utilizados en la investigación tienen mucha confiabilidad, ya que son utilizados por entidades públicas y privadas para diversos proyectos de ingeniería. Además, la información obtenida se fundamentó en las normas OS. 070 y OS.100 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), plano de lotización y topográfico de la EPS SEMAPACH necesarios para el análisis del sistema de alcantarillado sanitario del Centro Poblado Túpac Amaru.

#### 4.4.3 Procedimientos para la recolección de datos son:

El procedimiento que se realizó para la presente tesis, está representado en el siguiente diagrama:



#### 4.4.4 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Para caracterizar la topografía se utilizan los programas AutoCAD Civil 3D y Global Mapper que realizan las funciones de un levantamiento topográfico para la zona de estudio. Se obtuvo una representación gráfica de las curvas de nivel del terreno a una equidistancia de 1 m para así determinar el tipo de topografía del Centro Poblado Túpac Amaru. La limitación fue no obtener el plano respectivo del área de influencia, necesario para determinar las pendientes del

terreno para el sistema de alcantarillado sanitario propuesto, ya que lo solicitado a la EPS SEMAPACH S.A. no estaba disponible.

Luego se procedió a estimar la población de diseño a través de los métodos de proyección para un periodo de vida útil de 20 años en redes de alcantarillado sanitario.

Se realiza los cálculos para obtener los parámetros de diseño del sistema de alcantarillado sanitario de acuerdo a las normas OS.070 y OS.100 del año 2006, sin embargo, no profundizan los procedimientos para obtención de los parámetros de diseño, para lo cual fue necesario usar la Guía para el diseño de alcantarillado sanitario del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).

Finalmente, el modelamiento de la red de alcantarillado sanitario se hizo en el software SewerGEMS con los lotes, las curvas de nivel, caudales, velocidades, diámetros, etc. El modelamiento dinámico nos permite obtener una simulación del sistema de alcantarillado sanitario para un adecuado funcionamiento y así mitigar los impactos ambientales que fueron generados por la red existente.

Ver Matriz de Consistencia en el Anexo 2

## CAPÍTULO V: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1 Caracterización de la topografía del Centro Poblado Túpac Amaru

El plano topográfico PT-01 del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito de Chinchá Alta se ubica entre las cotas 110.40 y 114.40 m.s.n.m. sobre un terreno llano, es decir, superficies planas y suaves hondonadas donde las pendientes transversales se encuentran entre 0% y 3% en sentido suroeste. Asimismo, presenta curvas de nivel secundarias cada 0.20 m y curvas principales cada 1.00 m. La superficie del terreno es de 17.2 ha y 1 821 m de perímetro.

Las viviendas que se ubican topográficamente bajas son las más perjudicadas ante el aniego de aguas residuales. Esta información es importante para definir los sentidos de flujo para el sistema de alcantarillado sanitario propuesto.



Figura 21: Plano Topográfico del Centro Poblado Túpac Amaru

Fuente: Mejoramiento del Servicio del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en el Pueblo Joven Túpac Amaru

## 5.2 Caudal de diseño del sistema de alcantarillado

### 5.2.1 Población

Para el diagnóstico y evaluación del sistema de alcantarillado sanitario del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito de Chinchá Alta, se ha obtenido el número de lotes según el plano de lotización PL-01 de la EPS SEMAPACH S.A.



Figura 22: Plano de lotización del Centro Poblado Túpac Amaru

Fuente: Mejoramiento del Servicio del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en el Pueblo Joven Túpac Amaru

Los lotes de color amarillo corresponden a las 397 viviendas del Centro Poblado Túpac Amaru. La población, en el año 2021, es de 1243 habitantes con una densidad poblacional de 3.13 hab./lote.

Tabla 2: Viviendas Centro Poblado Túpac Amaru (2021)

Uso	N° Lotes	Población
Vivienda	397	1243

Fuente: Elaboración Propia

Los lotes de color rojo corresponden a los 2 centros educativos del Centro Poblado Túpac Amaru. Se tiene un total de 299 alumnos y 14 docentes aproximadamente.

Tabla 3: Colegios Centro Poblado Túpac Amaru (2021)

	Alumnos	Docentes
I.E.I. Túpac Amaru 234	107	4
I.E.P. Túpac Amaru 22635	192	10
Total	299	14

Fuente: Elaboración Propia

Al no tener información suficiente del Centro Poblado Túpac Amaru se utiliza los Censos realizados en los años 1981, 1993, 2007 y 2017 de la provincia de Chincha para obtener la tasa de crecimiento promedio anual.

Tabla 4: Provincia de Chincha. Población censada

Censo	Población
1981	117 109
1993	150 264
2007	194 315
2017	226 113

Fuente: INEI- Censos Nacionales de Población y Vivienda 1981, 1993, 2007 y 2017

Método Aritmético

Ecuación:

$$P_f = P_a \left( 1 + \frac{r(t_f - t_i)}{100} \right)$$

Donde:

$P_f$  = población futura en habitantes

$P_a$  = población actual en habitantes

$r$  = tasa de crecimiento promedio anual

$t_f - t_i$  = tiempo intercensal

Se procede a despejar la variable “r” de la ecuación del método aritmético para determinar la tasa de crecimiento promedio anual de la combinación de dos censos realizados en la provincia de Chincha.

$$r = \frac{100 \left( \frac{P_f}{P_a} - 1 \right)}{(t_f - t_i)}$$

$$r = \frac{100 \left( \frac{150\ 264}{117\ 109} - 1 \right)}{(1993 - 1981)} = 2.36\%$$

$$r = \frac{100 \left( \frac{194\ 315}{117\ 109} - 1 \right)}{(2007 - 1981)} = 2.54\%$$

Tabla 5: Tasa de crecimiento de dos censos por el método aritmético

Censos		r%
1981	1993	2.36
1981	2007	2.54
1981	2017	2.59
1993	2007	2.09
1993	2017	2.10
2007	2017	1.64

Fuente: Elaboración Propia

Luego, se realiza el procedimiento para combinación de tres censos desarrollados en la provincia de Chincha con la siguiente ecuación:

$$r = \frac{r_{(i,i+1)}(t_{i+1} - t_i) + r_{(i+1,i+2)}(t_{i+2} - t_{i+1})}{(t_{i+2} - t_i)}$$

$$r = \frac{0.0236(1993 - 1981) + 0.0209(2007 - 1993)}{(2007 - 1981)} = 2.22\%$$

$$r = \frac{0.0236(1993 - 1981) + 0.021(2017 - 1993)}{(2017 - 1981)} = 2.19\%$$

Tabla 6: Tasa de crecimiento de tres censos por el método aritmético

Censos			r%
1981	1993	2007	2.22
1981	1993	2017	2.19
1981	2007	2017	2.29
1993	2007	2017	1.90

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, se repite el mismo procedimiento para la combinación de cuatros censos llevados a cabo en la ciudad de Chincha con la siguiente ecuación:

$$r = \frac{r_{(i,i+1)}(t_{i+1} - t_i) + r_{(i+1,i+2)}(t_{i+2} - t_{i+1}) + r_{(i+2,i+3)}(t_{i+3} - t_{i+2})}{(t_{i+3} - t_i)}$$

$$r = \frac{0.0236(1993 - 1981) + 0.0209(2007 - 1993) + 0.0164(2017 - 2007)}{(2017 - 1981)} = 2.06\%$$

Tabla 7: Tasa de crecimiento de cuatro censos por el método aritmético

Censos				r%
1981	1993	2007	2017	2.06

Fuente: Elaboración Propia

Se despeja la variable  $P_a$  de la ecuación del método aritmético para determinar la población en los años 1981, 1993 y 2007 con sus respectivas tasas de crecimiento, lo cual nos permite obtener cinco curvas representativas.

$$P_a = \frac{P_f}{1 + \frac{r(t_f - t_i)}{100}}$$

Curva 1:

$$P_{1981} = \frac{226\ 113}{1 + \frac{2.22(2017 - 1981)}{100}} = 125\ 674 \text{ hab.}$$

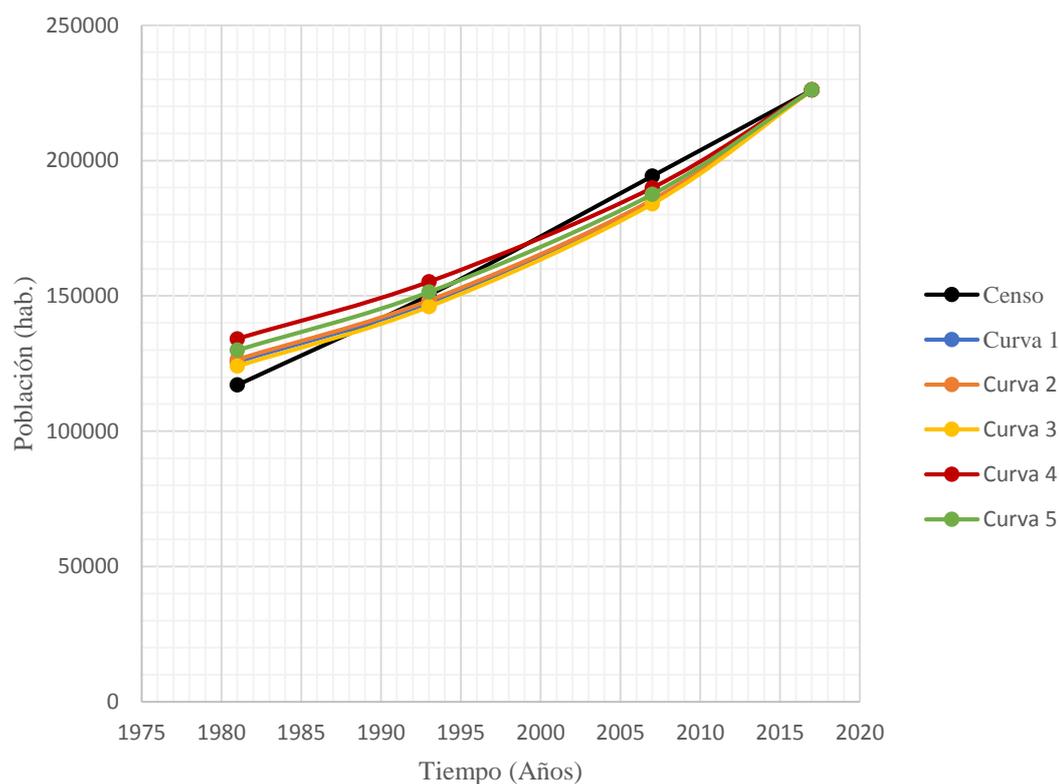
$$P_{1993} = \frac{226\ 113}{1 + \frac{2.22(2017 - 1993)}{100}} = 147\ 516 \text{ hab.}$$

Tabla 8: Curva de crecimiento de la población de Chincha

	r%	Años			
		1981	1993	2007	2017
Censo	-----	117 109	150 264	194 315	226 113
Curva 1	2.22	125 674	147 516	185 035	226 113
Curva 2	2.19	126 469	148 245	185 512	226 113
Curva 3	2.29	124 039	146 010	184 043	226 113
Curva 4	1.90	134 175	155 212	189 957	226 113
Curva 5	2.06	129 956	151 420	187 563	226 113

Fuente: Elaboración Propia

Figura 23: Curva de crecimiento según método aritmético



Fuente: Elaboración Propia usando Excel 2019

En la Figura 23, se escoge la curva 2 con un  $r = 2.19\%$ , debido a que muestra una mayor aproximación a la curva del censo.

## Método Geométrico

Ecuación:

$$P_f = P_a \left(1 + \frac{r}{100}\right)^{(t_f - t_i)}$$

Se procede a despejar la variable “r” de la ecuación del método geométrico para determinar la tasa de crecimiento promedio anual de la combinación de dos censos realizados en la provincia de Chincha.

$$r = \left(\frac{P_f}{P_a}\right)^{\frac{1}{(t_f - t_i)}} - 1$$

$$r = \left(\frac{150\,264}{117\,109}\right)^{\frac{1}{(1993-1981)}} - 1 = 2.10\%$$

$$r = \left(\frac{194\,315}{117\,109}\right)^{\frac{1}{(2007-1981)}} - 1 = 1.97\%$$

Tabla 9: Tasa de crecimiento de dos censos por el método geométrico

Censos		r%
1981	1993	2.10
1981	2007	1.97
1981	2017	1.84
1993	2007	1.85
1993	2017	1.72
2007	2017	1.53

Fuente: Elaboración Propia

Luego, se realiza el procedimiento para la combinación de tres censos desarrollados en la provincia de Chincha con la siguiente ecuación:

$$r = (r_{(i,i+1)})^{(t_{i+1}-t_i)} * r_{(i+1,i+2)}^{(t_{i+2}-t_{i+1})} \left(\frac{1}{(t_{i+2}-t_i)}\right)$$

$$r = (0.021)^{(1993-1981)} * 0.0185^{(2007-1993)} \left(\frac{1}{(2007-1981)}\right) = 1.96\%$$

$$r = (0.021)^{(1993-1981)} * 0.0172^{(2017-1993)} \left(\frac{1}{(2017-1981)}\right) = 1.84\%$$

Tabla 10: Tasa de crecimiento de tres censos por el método geométrico

Censos			r%
1981	1993	2007	1.96
1981	1993	2017	1.84
1981	2007	2017	1.83
1993	2007	2017	1.71

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, se repite el mismo procedimiento para la combinación de cuatros censos llevados a cabo en la ciudad de Chincha con la siguiente ecuación:

$$r = (r_{(i, i+1)}^{(t_{i+1}-t_i)} * r_{(i+1, i+2)}^{(t_{i+2}-t_{i+1})} * (r_{(i+2, i+3)}^{(t_{i+3}-t_{i+2})})^{\frac{1}{(t_{i+3}-t_i)}} \\ r = (0.021^{(1993-1981)} * 0.0185^{(2007-1993)} * 0.0153^{(2017-2007)})^{\frac{1}{(2017-1981)}} = 1.83\%$$

Tabla 11: Tasa de crecimiento de cuatro censos por el método geométrico

Censos				r%
1981	1993	2007	2017	1.83

Fuente: Elaboración Propia

Se despeja la variable  $P_a$  de la ecuación del método geométrico para determinar la población en los años 1981, 1993 y 2007 con sus respectivas tasas de crecimiento, lo cual nos permite obtener cinco curvas representativas.

$$P_a = \frac{P_f}{(1 + \frac{r}{100})^{(t_f-t_i)}}$$

Curva 1:

$$P_{1981} = \frac{226\ 113}{(1 + \frac{1.96}{100})^{(2017-1981)}} = 112\ 422 \text{ hab.}$$

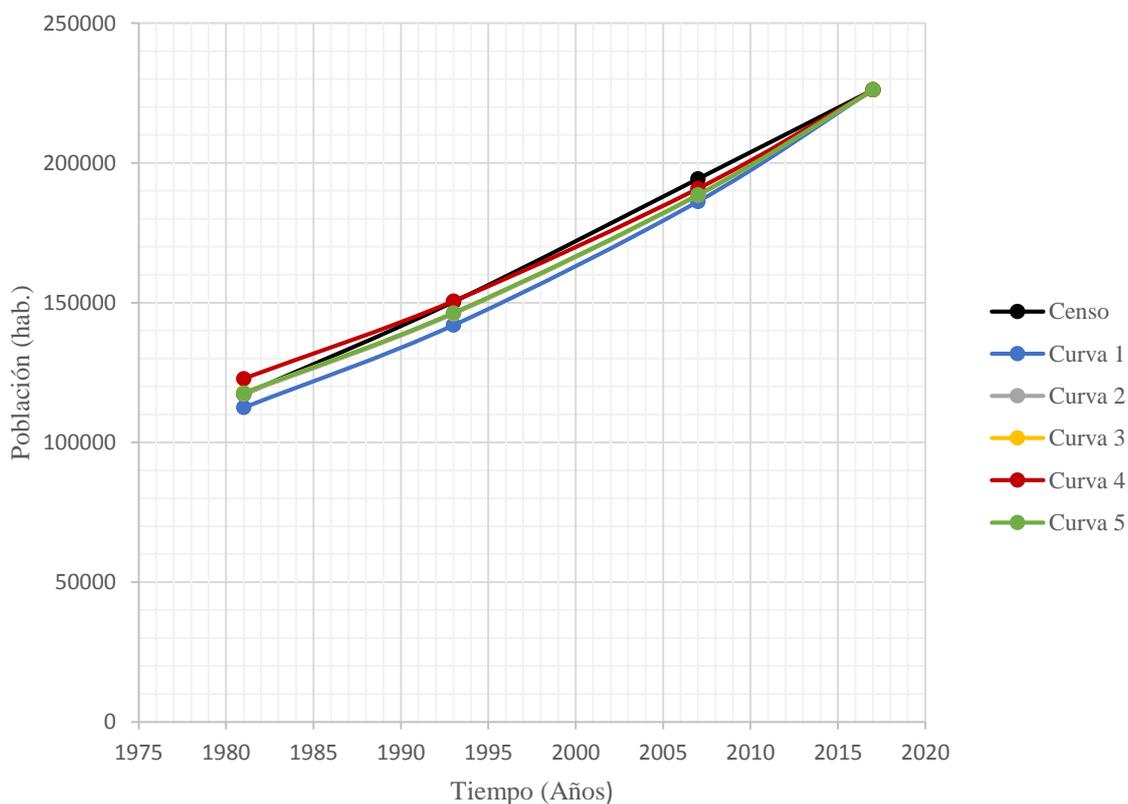
$$P_{1993} = \frac{226\ 113}{(1 + \frac{1.96}{100})^{(2017-1993)}} = 141\ 909 \text{ hab.}$$

Tabla 12: Curva de crecimiento de la población de Chincha

	r%	Años			
		1981	1993	2007	2017
Censo	-----	117 109	150 264	194 315	226 113
Curva 1	1.96	112 422	141 909	186 220	226 113
Curva 2	1.84	117 290	145 977	188 426	226 113
Curva 3	1.83	117 706	146 321	188 611	226 113
Curva 4	1.71	122 810	150 521	190 849	226 113
Curva 5	1.83	117 676	146 297	188 598	226 113

Fuente: Elaboración Propia

Figura 24: Curva de crecimiento según método geométrico



Fuente: Elaboración Propia usando Excel 2019

En la Figura 24, se escoge la curva 4 con un  $r = 1.71\%$ , debido a que muestra una mayor aproximación a la curva del censo.

## Método Exponencial

Ecuación:

$$P_f = P_a * e^{\left(\frac{r(t_f-t_i)}{100}\right)}$$

Se procede a despejar la variable “r” de la ecuación del método exponencial para determinar la tasa de crecimiento promedio anual de la combinación de dos censos realizados en la provincia de Chincha.

$$r = \frac{\text{Ln } P_f - \text{Ln } P_a}{\frac{(t_f - t_i)}{100}}$$

$$r = \frac{\text{Ln}(150\,264) - \text{Ln}(117\,109)}{\frac{(1993 - 1981)}{100}} = 2.08\%$$

$$r = \frac{\text{Ln}(194\,315) - \text{Ln}(117\,109)}{\frac{(2007 - 1981)}{100}} = 1.95\%$$

Tabla 13: Tasa de crecimiento de dos censos por el método exponencial

Censos		r%
1981	1993	2.08
1981	2007	1.95
1981	2017	1.83
1993	2007	1.84
1993	2017	1.70
2007	2017	1.52

Fuente: Elaboración Propia

Luego, se realiza el procedimiento para la combinación de tres censos desarrollados en la provincia de Chincha con la siguiente ecuación:

$$r = \left[ \frac{\text{Ln} \left( \frac{150\,264}{117\,109} \right) * \text{Ln} \left( \frac{194\,315}{150\,264} \right)}{(1993 - 1981)(2007 - 1993)} \right]^{1/2} = 1.95\%$$

$$r = \left[ \frac{\ln\left(\frac{150\,264}{117\,109}\right) * \ln\left(\frac{226\,113}{150\,264}\right)}{(1993 - 1981)(2017 - 1993)} \right]^{1/2} = 1.88\%$$

Tabla 14: Tasa de crecimiento de tres censos por el método exponencial

Censos			r%
1981	1993	2007	1.95
1981	1993	2017	1.88
1981	2007	2017	1.72
1993	2007	2017	1.67

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, se repite el mismo procedimiento para la combinación de cuatros censos llevados a cabo en la ciudad de Chincha con la siguiente ecuación:

$$r = \left[ \frac{\ln\left(\frac{150\,264}{117\,109}\right) * \ln\left(\frac{194\,315}{150\,264}\right) * \ln\left(\frac{226\,113}{194\,315}\right)}{(1993 - 1981)(2007 - 1993)(2017 - 2007)} \right]^{1/3} = 1.79\%$$

Tabla 15: Tasa de crecimiento de cuatro censos por el método exponencial

Censos				r%
1981	1993	2007	2017	1.79

Fuente: Elaboración Propia

Se despeja la variable de la ecuación del método exponencial para determinar las poblaciones de los años censados y tener las cinco curvas representativas con sus respectivas tasas de crecimiento.

$$P_a = \frac{P_f}{e^{\left(\frac{r(t_f-t_a)}{100}\right)}}$$

Curva 1:

$$P_{1981} = \frac{226\,113}{e^{\left(\frac{1.95(2017-1981)}{100}\right)}} = 112\,060 \text{ hab.}$$

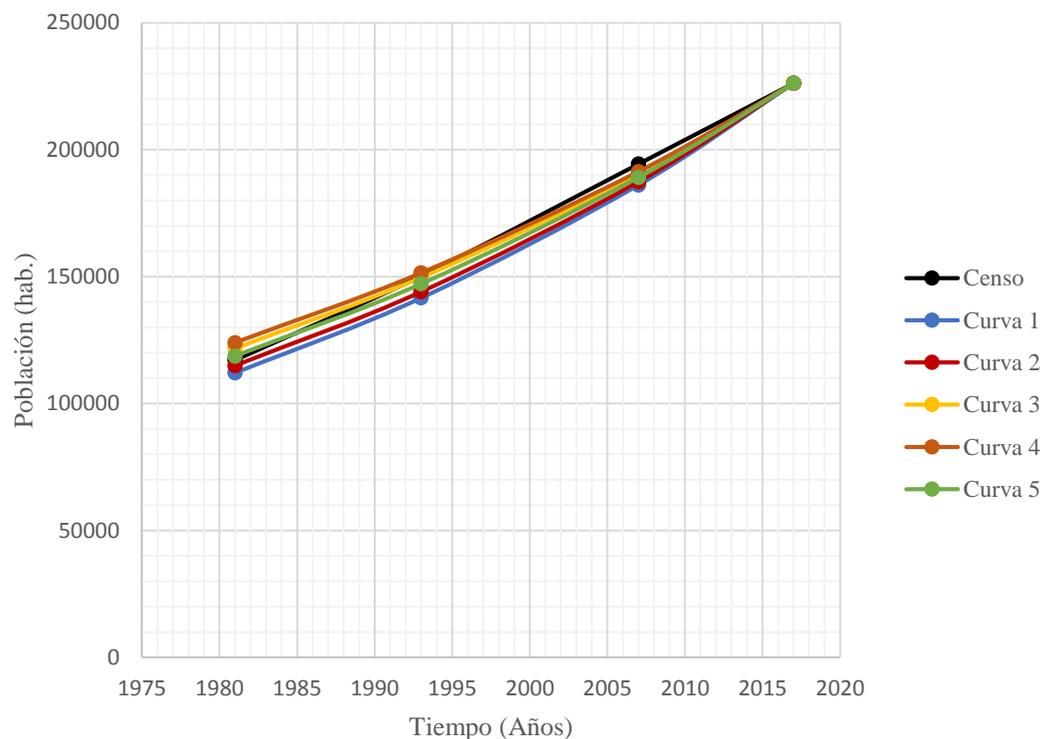
$$P_{1993} = \frac{226\ 113}{e^{\left(\frac{1.95(2017-1993)}{100}\right)}} = 141\ 604 \text{ hab.}$$

Tabla 16: Curva de crecimiento de la población de Chincha

		Años			
	r%	1981	1993	2007	2017
Censo	-----	117 109	150 264	194 315	226 113
Curva 1	1.95	112 060	141 604	186 054	226 113
Curva 2	1.88	114 920	144 003	187 361	226 113
Curva 3	1.72	121 734	149 640	190 382	226 113
Curva 4	1.67	123 945	151 447	191 337	226 113
Curva 5	1.79	118 704	147 147	189 054	226 113

Fuente: Elaboración Propia

Figura 25: Curva de crecimiento según método exponencial



Fuente: Elaboración Propia usando Excel 2019

En la Figura 25, se escoge la curva 3 con un  $r = 1.72\%$ , debido a que muestra una mayor aproximación a la curva del censo.

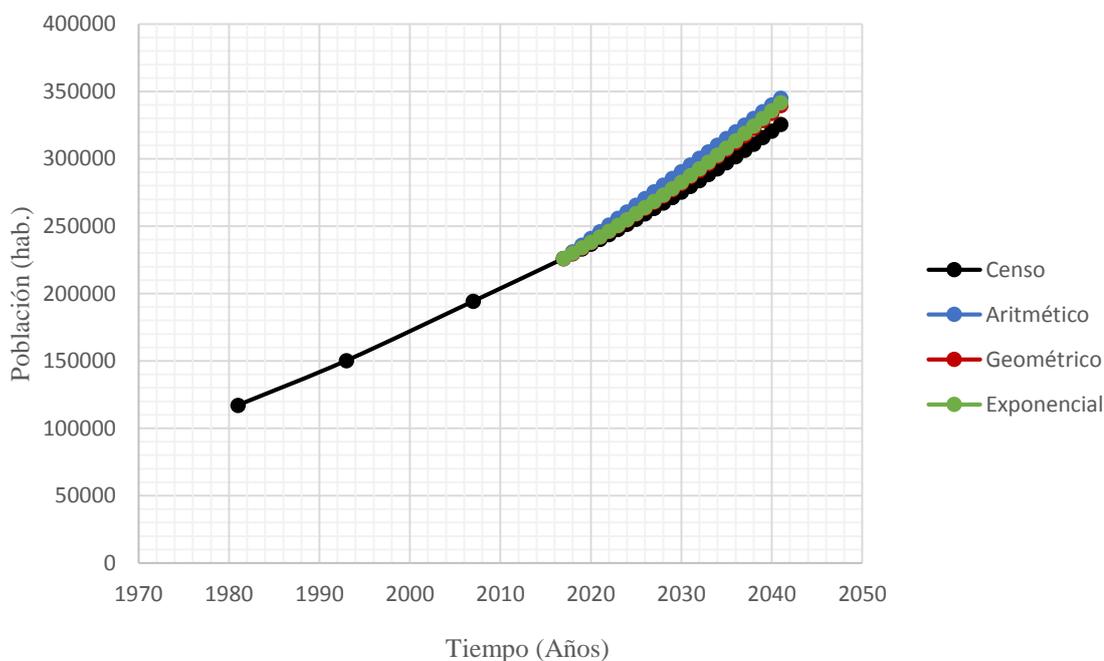
Tabla 17: Comparación de métodos de proyección

Año	Censo	Aritmético	Geométrico	Exponencial
1981	117 109	---	---	---
1993	150 264	---	---	---
2007	194 315	---	---	---
2017	226113	226 113	226 113	226 113
2018	229573	231 065	229 980	230 036
2019	233085	236 017	233 912	234 027
2020	236651	240 969	237 912	238 087
2021	240272	245 920	241 980	242 217
2022	243948	250 872	246 118	246 419
2023	247681	255 824	250 327	250 694
2024	251470	260 776	254 607	255 044
2025	255318	265 728	258 961	259 468
2026	259224	270 680	263 389	263 970
2027	263190	275 632	267 893	268 549
2028	267217	280 584	272 474	273 208
2029	271305	285 535	277 134	277 948
2030	275456	290 487	281 873	282 770
2031	279671	295 439	286 693	287 676
2032	283950	300 391	291 595	292 667
2033	288294	305 343	296 581	297 744
2034	292705	310 295	301 653	302 910
2035	297183	315 247	306 811	308 165
2036	301730	320 199	312 058	313 511
2037	306347	325 150	317 394	318 950
2038	311034	330 102	322 821	324 484
2039	315793	335 054	328 342	330 113
2040	320624	340 006	333 956	335 840
2041	325530	344 958	339 667	341 666

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 17, se tiene los resultados de los 3 métodos de proyección empleados para el periodo de diseño del sistema de alcantarillado sanitario propuesto.

Figura 26: Curva de crecimiento poblacional de la provincia de Chincha



Fuente: Elaboración Propia usando Excel 2019

La curva elegida es del método geométrico con una tasa  $r = 1.71\%$ , debido a que es la que mejor se ajusta al comportamiento de la población.

Tabla 18: Periodos de diseño

Sistema/ Componente	Periodo
Redes del sistema de agua potable y alcantarillado	20 años
Reservorios, Plantas de tratamiento	Entre 10 y 20 años
Sistemas a gravedad	20 años
Sistemas de bombeo	10 años
Unidad básica de saneamiento de material noble	10 años
Unidad básica de saneamiento de otro material	5 años

Fuente: Guía de elaboración de expedientes técnicos de proyectos de saneamiento

A partir de la Tabla 18 del criterio de evaluación para los proyectos de saneamiento, el horizonte de la presente investigación en el Centro Poblado Túpac Amaru será de 20 años.

### 5.2.2 Métodos de proyección de la población futura

Definida la población actual y la tasa de crecimiento promedio anual se ha determinado de forma adecuada la población de diseño o futura en el horizonte establecido.

$$P_f = P_a \left(1 + \frac{r}{100}\right)^{(t_f - t_i)}$$

$$P_f = 1243 \left(1 + \frac{1.71}{100}\right)^{(2041 - 2021)} = 1\ 745 \text{ hab.}$$

Tabla 19: Población de diseño. Método geométrico

Método de proyección	Población de diseño
Geométrico	1 745

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 19, el método geométrico ha determinado una población de 1745 habitantes al año 2041, con la finalidad de obtener un buen diseño del sistema de alcantarillado sanitario.

### 5.2.3 Dotación de agua

La dotación es la cantidad de agua que satisface las necesidades diarias de consumo de cada integrante de un establecimiento y que incluye el consumo de todos los servicios que realiza en un día medio anual. Estas dotaciones se podrán obtener de la Norma IS. 010 (Instalaciones sanitarias para edificaciones) según el tipo de uso: doméstico, comercial, industrial, riego de jardines u otros fines.

#### 5.2.3.1 Dotación de agua para locales educacionales y residenciales

Según la Norma IS. 010 estará en función del tipo de local educacional y residenciales estudiantiles que se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 20: Dotación diaria para Centros Educativos

Tipo de local educacional	Dotación diaria
Alumnado y personal no residente	50 l/persona
Alumnado y personal residente	200 l/persona

Fuente: Norma IS. 010

#### 5.2.4 Parámetros de diseño de alcantarillado sanitario

Son los caudales que discurrirán a través de las redes de alcantarillado sanitario para el inicio y fin de la presente investigación.

##### a) Caudal Promedio

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

Donde:

Q = caudal promedio (l/s)

C = coeficiente de retorno (0.80)- Caudal de contribución al alcantarillado- Norma OS. 070- Redes de Aguas residuales

P = población de diseño o futura

Dotación Viviendas = 250 l/hab./d en clima templado y cálido

Viviendas:

$$Q_{\text{Promedio}} = \frac{0.80 * 1\,745 * 250}{86400} = 4.04 \text{ l/s}$$

Centros Educativos:

$$Q_{\text{Promedio}} = \frac{0.80 * 313 * 50}{86400} = 0.14 \text{ l/s}$$

Caudal promedio total:

$$Q_{\text{Promedio Total}} = 4.04 + 0.14 = 4.18 \text{ l/s}$$

##### b) Caudal máximo horario

$$Q_{\text{mh}} = K * Q_{\text{promedio}}$$

Donde:

$Q_{mh}$  = caudal máximo horario

K = coeficiente de flujo máximo igual a 1.8

$$Q_{mh} = 1.8 * 4.18 = 7.52 \text{ l/s}$$

c) Caudal de infiltración

El caudal de infiltración incluye el agua del subsuelo que penetra las redes de alcantarillado sanitario, a través de las paredes de tuberías defectuosas, uniones de tuberías, conexiones, y las estructuras de los pozos de visita, cajas de paso, terminales de limpieza, etc.

Tabla 21: Valores de infiltración en tuberías

Unión	Caudales de Infiltración (l/s/km)			
	Tubo de cemento		Tubo de PVC	
	Cemento	Goma	Cemento	Goma
Nivel freático bajo	0.5	0.2	0.1	0.05
Nivel freático alto	0.8	0.2	0.15	0.5

Fuente: Norma Boliviana NB 688-01 de Alcantarillado Sanitario

En la Tabla 21, se detalla las tasas de infiltración en base al tipo de tubería, unión y la situación de la tubería respecto al nivel freático según la Norma Boliviana NB 688-01 de Alcantarillado Sanitario

Tabla 22: Longitud total de la red

Centro Poblado	Longitud total de la red (km)
Túpac Amaru	3.99

Fuente: Elaboración Propia

$$Q_i = K * L$$

Donde:

K = valor de infiltración en tuberías

L = tamaño de la red

$$Q_i = 0.05 * 3.99 = 0.20 \text{ l/s}$$

En la Tabla 22, se detalla el caudal de infiltración para el tipo de tubería (PVC) y unión (goma) a utilizar. Se toma como referencia la Norma Boliviana NB 688-01 de Alcantarillado Sanitario, el cual es de 0.20 l/s

d) Caudal por conexiones erradas

Se deben considerar los caudales provenientes de malas conexiones o conexiones erradas, así como de conexiones clandestinas. El caudal por conexiones erradas puede ser del 5% al 10% del caudal máximo horario de aguas residuales, se calcula con la siguiente expresión:

$$Q_e = 0.05 * Q_{mh}$$

$$Q_e = 0.05 * 7.52 = 0.38 \text{ l/s}$$

Para el caudal de conexiones erradas se ha considerado un porcentaje mínimo de 5%, el cual representa las conexiones clandestinas que pudieran existir en el Centro Poblado Túpac Amaru del distrito de Chincha Alta.

e) Caudal de diseño

El dimensionamiento de los conductos deberá atender los máximos caudales de descarga según la siguiente ecuación:

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

$$Q_d = 7.52 + 0.20 + 0.38 = 8.10 \text{ l/s}$$

El caudal de diseño del sistema de alcantarillado sanitario es la suma de los caudales máximo horario, infiltración y conexiones erradas que da un valor de 8.10 l/s

### 5.2.5 Pendientes de alcantarillado sanitario

El diseño de alcantarillado sanitario convencional considera que la pendiente mínima, viene dada por la inclinación de la tubería con la cual se logrará mantener la velocidad mínima de 0.60 m/s, transportando el caudal máximo con

un nivel de agua del 75% del diámetro, de acuerdo a la Norma O.S. 070- Redes de Aguas residuales

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

Donde:

$$S_{\min} = \text{m/m}$$

$Q_i$  = flujo máximo de diseño (l/s)

$$S_{\min} = 0.0055 * 1.5^{-0.47} = 0.005 = 5\text{‰}$$

### 5.3 Modelamiento del sistema de alcantarillado sanitario

#### 5.3.1 Sistema de alcantarillado sanitario existente

El sistema de alcantarillado existente del Centro Poblado Túpac Amaru cuenta en su totalidad con redes colectoras de concreto simple con diámetro de 8", y solo las Calle 06 de agosto y Calle Atahualpa, presentan tuberías de PVC-UF de 200 mm de diámetro, tal como se muestra.

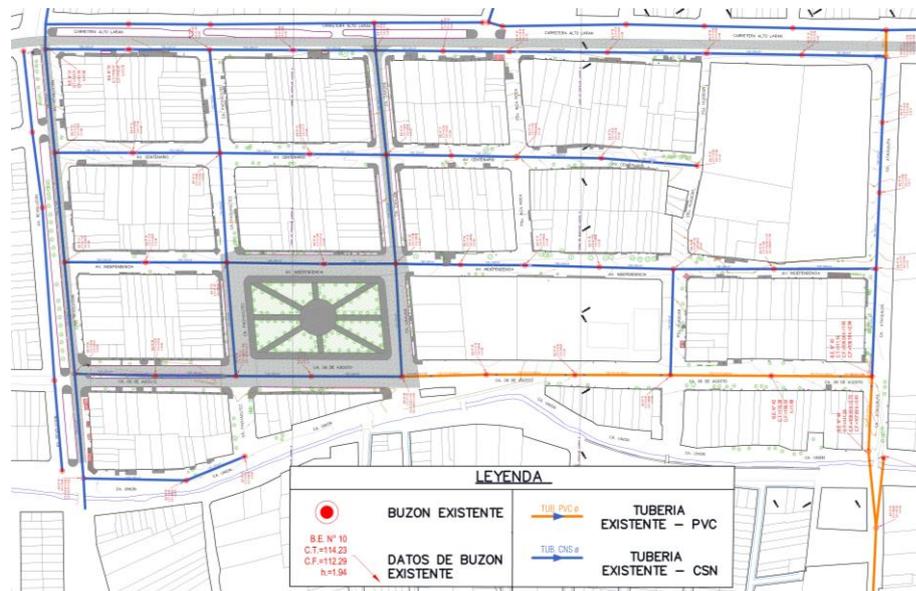


Figura 27: Red de alcantarillado existente

Fuente: Mejoramiento del Servicio del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en el Pueblo Joven Túpac Amaru

Los buzones existentes cuentan con un total de 47 buzones, con diámetros de 1.20 m, con profundidades de 1.50 m a 3.40 m.

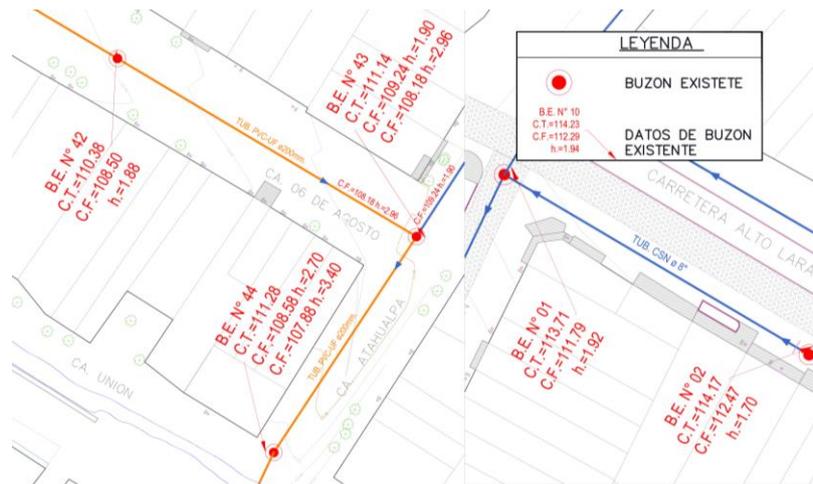


Figura 28: Buzón existente

Fuente: Mejoramiento del Servicio del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en el Pueblo Joven Túpac Amaru

### 5.3.2 Trazado del sistema de alcantarillado sanitario existente

Del análisis del sistema de alcantarillado existente se verifican 3 puntos de contribuyentes de Centros Poblados aledaños y 2 puntos de desfogue, tal como se muestra en la siguiente figura.

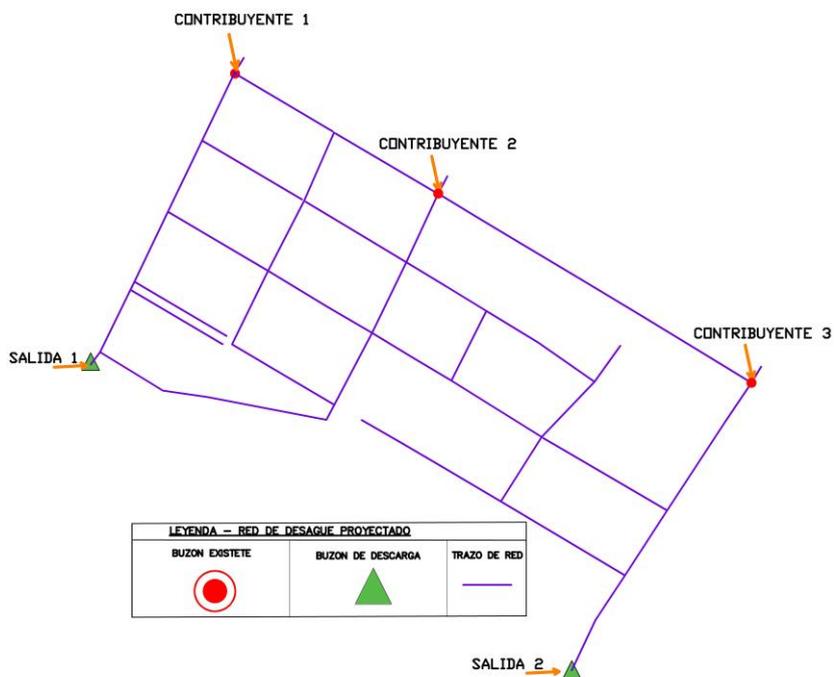


Figura 29: Trazado de la red colectora proyectada

Fuente: Mejoramiento del Servicio del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en el Pueblo Joven Túpac Amaru

En la Calle 06 de agosto ubicada entre la Av. Revolución y la Calle Pachacútec, se traza dos redes colectoras paralelas, debido a la sobrecarga de servicio sanitario en dicha calle, por ello se demolerán los B.E. N°34 y B.E. N°35, tal como se muestra en la siguiente figura.

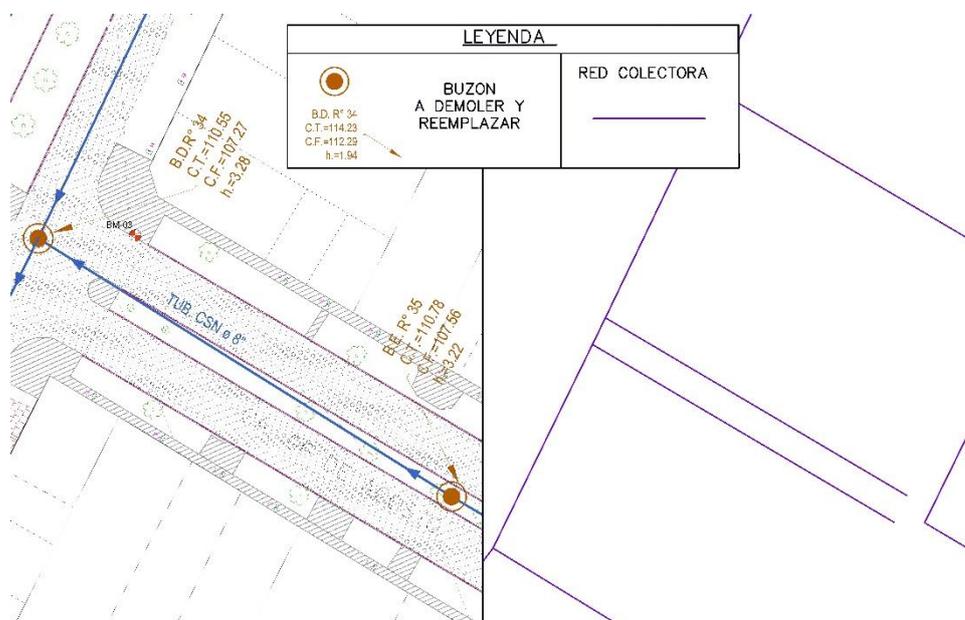


Figura 30: Buzón a demoler y reemplazar

Fuente: Mejoramiento del Servicio del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en el Pueblo Joven Túpac Amaru

En la Tabla 23, se muestran las coordenadas, cotas de los puntos de entrada y salida, para lo cual se diseñó la red de colectores, considerando su topografía.

Tabla 23: Coordenadas de buzones contribuyentes y de salida

	Este (m)	Norte (m)	Cota (m)
Contribuyente 1	378617.20	8516957.53	113.71
Contribuyente 2	378819.32	8516837.26	113.90
Contribuyente 3	379129.68	8516648.84	110.08
Salida 1	378475.15	8516668.58	110.00
Salida 2	378951.64	8516361.68	108.90

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3.3 Conexión domiciliar de desagüe

Los laterales presentan tuberías de ½” y se conectan desde la caja de registro de desagüe hasta el colector próximo de manera perpendicular.

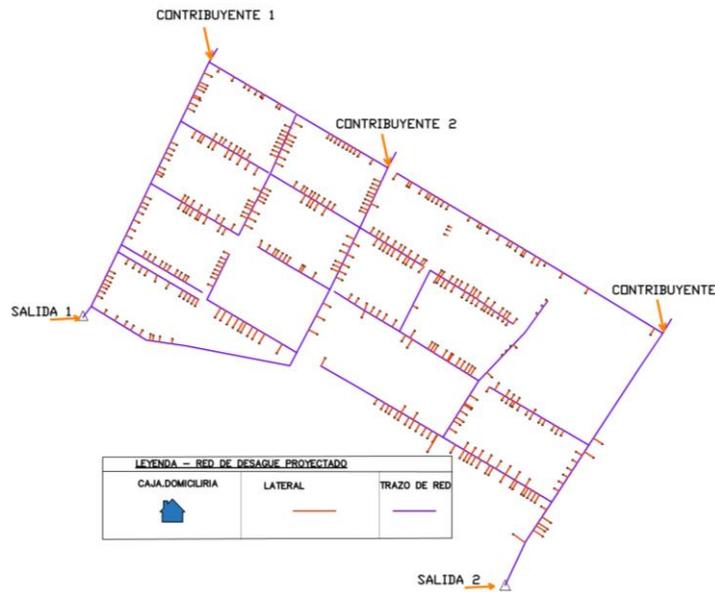


Figura 31: Esquema de cajas de registro

Fuente: Mejoramiento del Servicio del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en el Pueblo Joven Túpac Amaru

### 5.3.4 Buzones del sistema de alcantarillado sanitario proyectado

El sistema de alcantarillado cuenta con 10 buzones adicionales para contener el aumento de cargas de servicio sanitario.

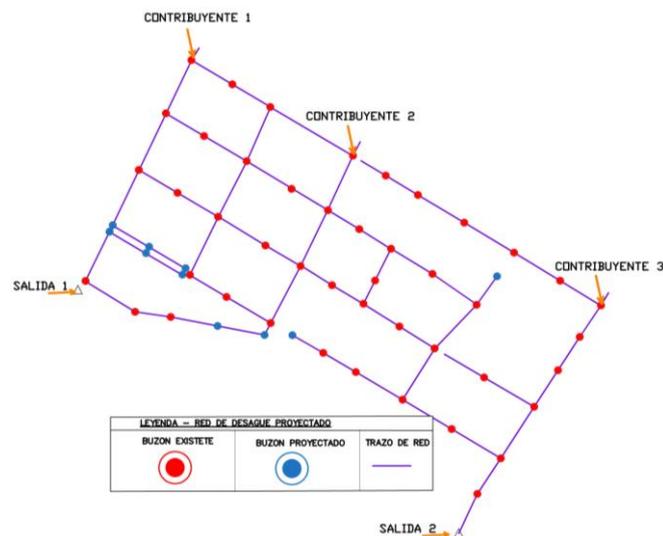


Figura 32: Esquema de buzones totales

Fuente: Mejoramiento del Servicio del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en el Pueblo Joven Túpac Amaru

En la Tabla 24, se presentan 10 buzones proyectados, ubicados estratégicamente para optimizar el diseño de alcantarillado sanitario.

Tabla 24: Resumen de buzones proyectados

Buzón	Este (m)	Norte (m)	Diámetro (mm)
B.P-01	378708.60	8516611.57	1200.00
B.P-02	378649.93	8516622.90	1200.00
B.P-03A	378605.74	8516687.08	1200.00
B.P-03B	378609.66	8516695.21	1200.00
B.P-04A	378560.16	8516714.17	1200.00
B.P-04B	378564.08	8516722.30	1200.00
B.P-05A	378514.58	8516741.26	1200.00
B.P-05B	378518.50	8516749.39	1200.00
B.P-06	378743.55	8516611.34	1200.00
B.P-07	378999.65	8516685.46	1200.00

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3.5 Caudales

#### 5.3.5.1 Caudales de arranque

Los buzones de arranque de la Tabla 25 presentan caudales imaginarios de 1.5 l/s, ya que en estos nodos se presentan pendientes mínimas, por lo que al momento de modelar estos caudales se descontarán a razón de 1.5 l/s por cada bifurcación mediante su avance por toda la red colectora, hasta llegar al último punto de bifurcación sin un caudal imaginario.

Tabla 25: Resumen de buzones de arranque

Descripción	Buzón	Cota (m)	Caudal (l/s)
Arranque	BE N°03	114.07	1.50
Arranque	BP N°03B	111.08	1.50
Arranque	BP N°03A	111.03	1.50
Arranque	BP N°06	111.02	1.50
Arranque	B.P N°07	113.077	1.50
Arranque	BE N°08	114.15	1.50

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 26, se muestra el nodo de los buzones imaginarios de arranque con caudal de 1.5 l/s para efectos de modelación descritas en los buzones de arranque.

Tabla 26: Resumen de buzones imaginarios de arranque

Descripción	Buzón	Cota (m)	Caudal (l/s)
Arranque	BE N°03*	114.07	1.5
Arranque	BE N°03**	114.07	1.5
Arranque	BE N°14*	112.68	1.5
Arranque	BE N° 14**	112.68	1.5
Arranque	BE N°23*	111.52	1.5
Arranque	BE N°23**	111.52	1.5
Arranque	BE N°05*	113.9	1.5
Arranque	BE N°25*	111.52	1.5
Arranque	BE N°18*	111.92	1.5
Arranque	BE N°08*	114.15	1.5
Arranque	BE N°20*	112.86	1.5
Arranque	BE N°29*	111.24	1.5

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 27, se presentan 2 centros poblados adyacentes con su respectivo caudal de contribución en los 3 buzones de entrada al Centro Poblado Túpac Amaru.

Tabla 27: Resumen de buzones contribuyentes

Centro Poblado	Bz Aporte	Lotes	Q <sub>promedio</sub> (l/s)	Q <sub>mh</sub> (l/s)	Q <sub>e</sub> (l/s)	Q <sub>Total</sub> (l/s)
San Agustín	BE N°01	545	3.33	5.99	0.30	6.29
	BE N°05	1018	6.21	11.18	0.56	11.74
San Luis	BE N°11	415	2.53	4.56	0.23	4.79

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 28, se muestra el resumen de caudales totales en cada buzón de aporte, como el caudal máximo horario ( $K = 1.8$ ), caudal por conexiones erradas (5%), sin embargo, no se considera el caudal de infiltración debido a que se determina su valor al desarrollar el modelado en el software SewerGEMS.

Tabla 28: Resumen de caudal total en los buzones de aporte

Descripción	Bz. Aporte	Lotes	Q <sub>prom</sub> (l/s)	Q <sub>mh</sub> (l/s)	Q <sub>e</sub> (l/s)	Q <sub>Total</sub> (l/s)
Vivienda	BE N°02	5	0.031	0.055	0.003	0.058
Vivienda	BE N°01	4	0.025	0.045	0.002	0.047
Vivienda	BE N°12	8	0.049	0.088	0.004	0.092
Vivienda	BE N°13	10	0.061	0.110	0.006	0.116
Vivienda	BE N°12	8	0.049	0.088	0.004	0.092
Vivienda	BE N°21	7	0.043	0.078	0.004	0.081
Vivienda	BE N°22	10	0.061	0.110	0.006	0.116
Vivienda	BE N°21	7	0.043	0.078	0.004	0.081
Vivienda	BP N°5B	7	0.043	0.078	0.004	0.081
Vivienda	BP N°04B	6	0.038	0.068	0.003	0.071
Vivienda	BP N°5B	4	0.025	0.045	0.002	0.047
No-vivienda	BP N°05A	0	0.000	0.000	0.000	0.000
Vivienda	BP N°04A	6	0.038	0.068	0.003	0.071
Vivienda	BP N°05A	5	0.031	0.055	0.003	0.058
Vivienda	BE N°45	7	0.043	0.078	0.004	0.081
Vivienda	BE N°14	15	0.092	0.165	0.008	0.173
Vivienda	BE N°23	13	0.081	0.145	0.007	0.152
Vivienda	BE N°36	8	0.049	0.088	0.004	0.092
Vivienda	BE N°37	6	0.038	0.068	0.003	0.071
Vivienda	BE N°38	4	0.025	0.045	0.002	0.047
Vivienda	BE N°24	7	0.043	0.078	0.004	0.081
Vivienda	BE N°25	3	0.018	0.033	0.002	0.034
Vivienda	BE N°16	4	0.025	0.045	0.002	0.047
Vivienda	BE N°15	10	0.061	0.110	0.006	0.116
Vivienda	BE N°04	4	0.025	0.045	0.002	0.047
Vivienda	BE N°05	6	0.038	0.068	0.003	0.071
Vivienda	BE N°16	10	0.061	0.110	0.006	0.116
Vivienda	BE N°25	11	0.067	0.120	0.006	0.126
Vivienda	BE N°38	3	0.018	0.033	0.002	0.034
No-vivienda	BP N°01	0	0.000	0.000	0.000	0.000
No-vivienda	BP N°02	0	0.000	0.000	0.000	0.000
Vivienda	BE N°47	2	0.011	0.020	0.001	0.021
Vivienda	BE N°46	4	0.025	0.045	0.002	0.047
Vivienda	BE N°45	5	0.031	0.055	0.003	0.058
No-vivienda	S-1	0	0.000	0.000	0.000	0.000
Vivienda	BE N°06	4	0.025	0.045	0.002	0.047
Vivienda	BE N°07	6	0.038	0.068	0.003	0.071
Vivienda	BE N°07	7	0.043	0.078	0.004	0.081
Vivienda	BE N°09	7	0.043	0.078	0.004	0.081
Vivienda	BE N°10	1	0.006	0.010	0.001	0.011
Vivienda	BE N°11	1	0.006	0.010	0.001	0.011
No-vivienda	BE N°31	0	0.000	0.000	0.000	0.000

No-vivienda	BE N°32	0	0.000	0.000	0.000	0.000
Vivienda	BE N°33	1	0.006	0.010	0.001	0.011
Vivienda	BE N° 43	7	0.043	0.078	0.004	0.081
Vivienda	BE N°44	4	0.025	0.045	0.002	0.047
No-vivienda	S-2	0	0.000	0.000	0.000	0.000
Vivienda	BE N°18	3	0.018	0.033	0.002	0.034
No-vivienda	BEN°09	0	0.000	0.000	0.000	0.000
Vivienda	BE N°27	1	0.006	0.010	0.001	0.011
Vivienda	BE N°20	3	0.018	0.033	0.002	0.034
Vivienda	BE N°29	5	0.031	0.055	0.003	0.058
Vivienda	BE N°41	7	0.043	0.078	0.004	0.081
Vivienda	BE N°39	1	0.006	0.010	0.001	0.011
Vivienda	BE N°40	3	0.018	0.033	0.002	0.034
Vivienda	BE N°41	11	0.067	0.120	0.006	0.126
Vivienda	BE N°42	13	0.081	0.145	0.007	0.152
Vivienda	BE N°43	12	0.074	0.133	0.007	0.139
Vivienda	BE N°26	3	0.018	0.033	0.002	0.034
Vivienda	BE N°27	5	0.031	0.055	0.003	0.058
Vivienda	BE N°28	11	0.067	0.120	0.006	0.126
Colegio	BE N°27	1	0.09	0.168	0.008	0.177
Colegio	BE N°28	1	0.05	0.093	0.005	0.097
Vivienda	BE N°29	8	0.049	0.088	0.004	0.092
Vivienda	BE N°30	11	0.067	0.120	0.006	0.126
Vivienda	BE N°33	7	0.043	0.078	0.004	0.081
Vivienda	BE N°17	12	0.074	0.133	0.007	0.139
Vivienda	BE N°16	9	0.054	0.098	0.005	0.102
Vivienda	BE N°19	15	0.092	0.165	0.008	0.173
Vivienda	BE N°18	16	0.097	0.175	0.009	0.184

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3.6 Modelado de la red de Alcantarillado sanitario

#### 5.3.6.1 Configuración del Software SewerGEMS

##### a) Configuración de unidades y etiquetas.

Las unidades con la que se modela el sistema de alcantarillado sanitario son el Sistema Internacional de unidades (S.I), para ello se selecciona de la barra de herramientas la opción Tools por consiguiente Options y se selecciona Units, eligiendo la opción de SI para el cambio a unidades internacionales, tal como se muestra en la siguiente figura.

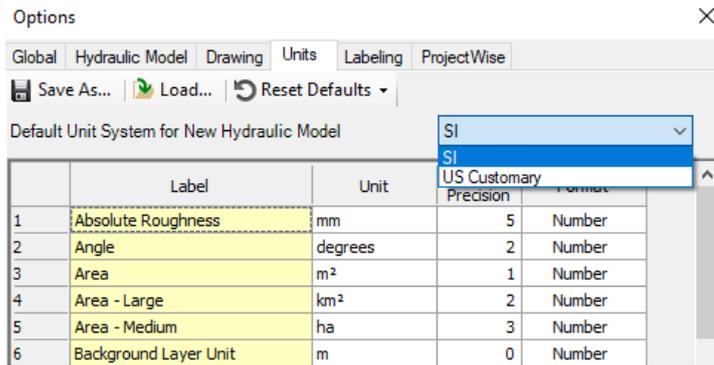


Figura 33: Configuración de unidades

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

En el etiquetado se pone al conducto como al buzón el etiquetado de tramo-1 y B.E.N-1 correspondiente.

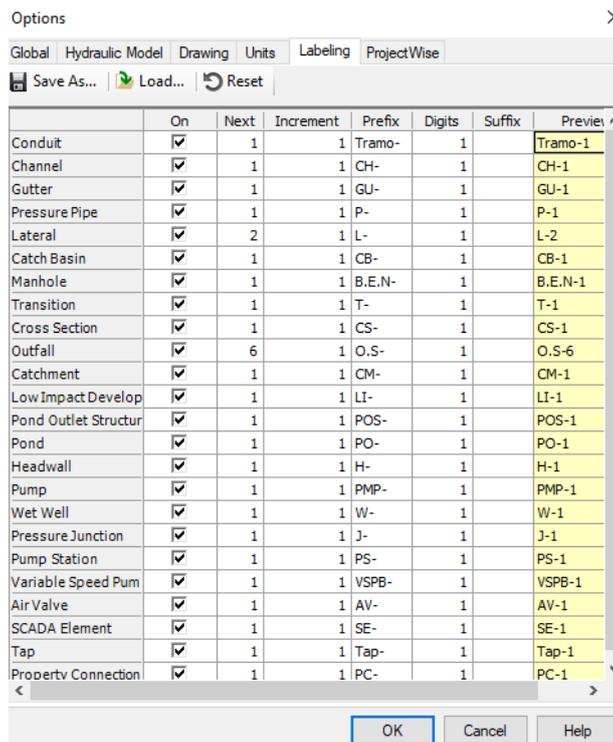


Figura 34: Etiquetado de conducto y buzón

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

### b) Definición de prototipo

En la ventana prototipo se define el material de tubería, como sus diámetros tentativos del colector, tales como de 200 mm, 250 mm, 315 mm, 355 mm

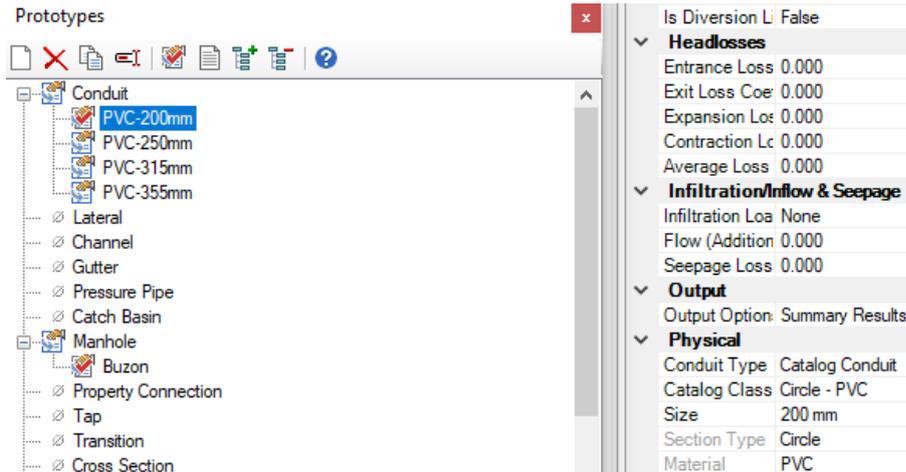


Figura 35: Configuración de conducto

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

Los buzones se diseñarán con un tipo de estructura circular con diámetro de 1 200 mm, como se observa en la siguiente figura.

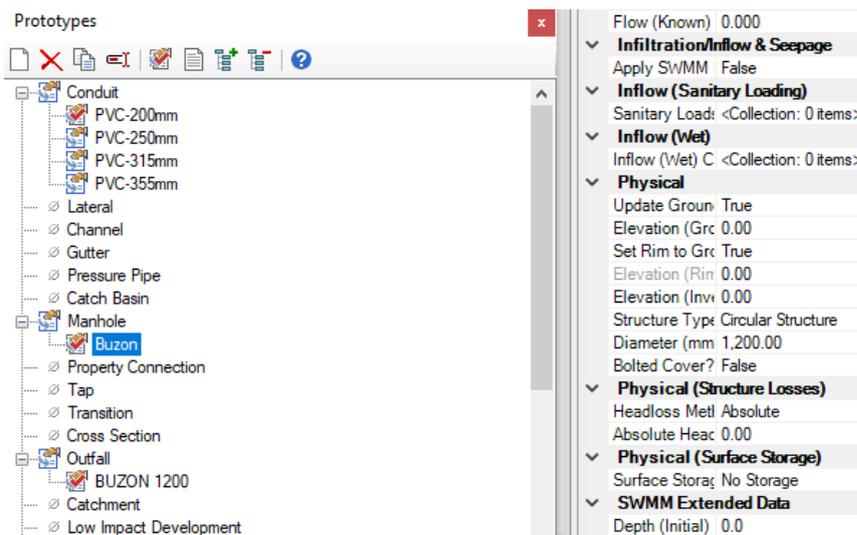


Figura 36: Configuración de buzón

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

### c) Definición de catálogo

Se inserta el prototipo de la tubería PVC con diámetros de 200 mm, 250 mm, 315 mm y 355 mm en el catálogo para que el software pueda diseñar con estos diámetros.

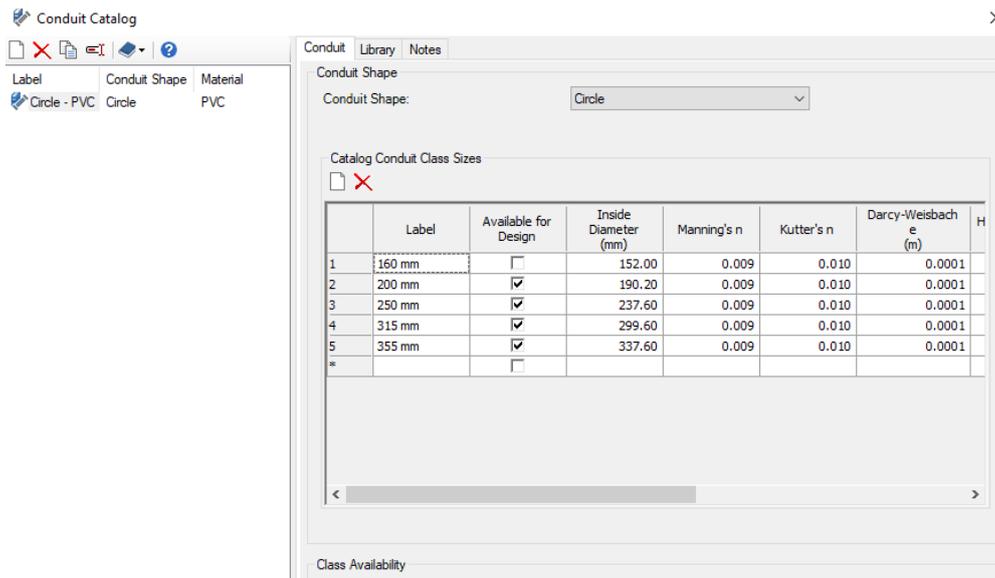


Figura 37: Configuración de colector

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

### 5.3.6.2 Trazo de buzón y red colectora

Se traza de diseño de la red colectora en el software Civil 3D, en formato dxf para proceder a importarlo en el software SewerGEMS junto con el detalle de lotización del Centro Poblado Túpac Amaru.



Figura 38: Trazo de la red colectora

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

Al trazar la red colectora se selecciona la opción ModelBuilder para que el programa dibuje los buzones y las redes colectora a partir del archivo redes Dxf



Figura 39: Importación del trazo de la red colectora

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

### 5.3.6.3 Determinación de cotas en los buzones

Se importan las curvas de nivel en formato Dxf, seleccionando la opción Trex, para ubicar las cotas de los buzones como en la siguiente imagen.

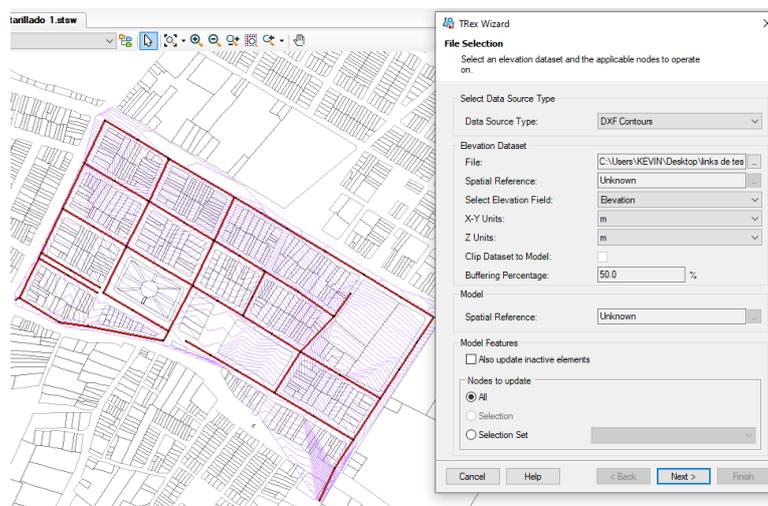


Figura 40: Importación de la superficie del terreno

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

La cota de terreno en cada buzón, se observa en el parámetro Physical seleccionando Elevation Ground

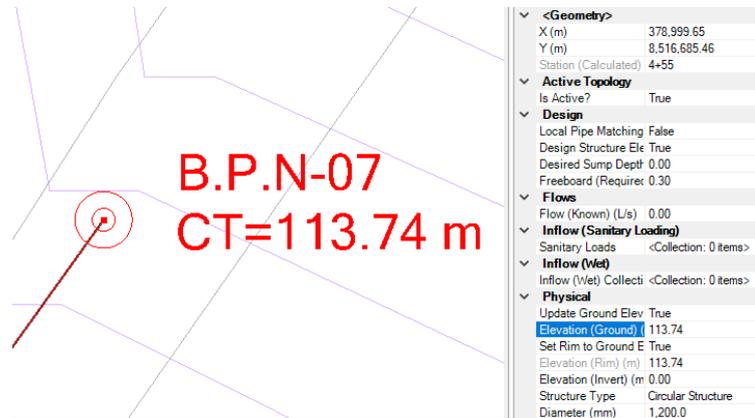


Figura 41: Cota de buzón

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

### 5.3.6.4 Carga sanitaria

- Caudal de cajas de registro de desagüe

Para la asignación de caudales se selecciona las herramientas Loading y Sanitary Load Control Center, para la asignación de los caudales determinados en la Tabla 27.

The image shows the 'Sanitary Load Control Center' window in SewerGEMS. It contains a table with columns for ID, Label, Load Definition, Pattern, and Base Flow (L/s). The table lists 33 manholes with their respective sanitary loads. The 'Base Flow' column shows values ranging from 0.034 to 0.220 L/s. The 'Pattern' column is set to 'Fixed' for all entries.

ID	Label	Load Definition	Pattern	Base Flow (L/s)
1	196 B.E.Nº 09	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.081
2	184 B.E.Nº 38	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.081
3	179 B.P.Nº 05A	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.058
4	178 B.P.Nº 05B	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.047
5	309 B.E.Nº 03**	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.000
6	300 B.E.Nº 42	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.152
7	293 B.E.Nº 41	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.207
8	291 B.E.Nº 09	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.081
9	287 B.E.Nº 14	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.173
10	283 B.E.Nº 10	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.011
11	279 B.P.Nº 02	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.000
12	274 B.E.Nº 30	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.126
13	273 B.E.Nº 29*	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.000
14	271 B.E.Nº 23**	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.000
15	269 B.E.Nº 21	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.162
16	268 B.E.Nº 22	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.116
17	266 B.E.Nº 12	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.092
18	262 B.E.Nº 33	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.092
19	257 B.E.Nº 36	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.092
20	256 B.E.Nº 37	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.071
21	254 B.E.Nº 44	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.047
22	253 B.E.Nº 43	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.220
23	250 B.P.Nº 04B	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.071
24	249 B.P.Nº 03B	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.000
25	247 B.P.Nº 03A	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.000
26	245 B.P.Nº 04A	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.071
27	242 B.E.Nº 29	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.150
28	241 B.E.Nº 28	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.223
29	239 B.E.Nº 19	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.173
30	238 B.E.Nº 20*	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.000
31	236 B.E.Nº 25	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.160
32	234 B.E.Nº 32	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.000
33	232 B.E.Nº 40	Sanitary Pattern Load	Fixed	0.034

Figura 42: Cargas de aporte en los buzones

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

- Caudal por infiltración

En la Figura 43, se muestra el menú de propiedades donde se selecciona el tipo de infiltración de Pie-Rise-Length, cuyo cálculo se basa en hallar las longitudes totales de todas las redes de alcantarillado sanitario para multiplicarlo por el factor de infiltración (según la norma boliviana NB 688-1 recomienda que para zonas de N.F bajo usar un factor de 0.05 l/s/km para PVC).



Figura 43: Menú de caudal de infiltración

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

5.3.6.5 Restricciones de diseño

De acuerdo a la norma OS.070, se presentan restricciones de velocidad, caudal, tensión tractiva, profundidad de buzones tal como muestra las siguientes imágenes:

- La velocidad mínima es de 0.60 m/s, con un porcentaje de Y/D máximo del 75% en las tuberías.

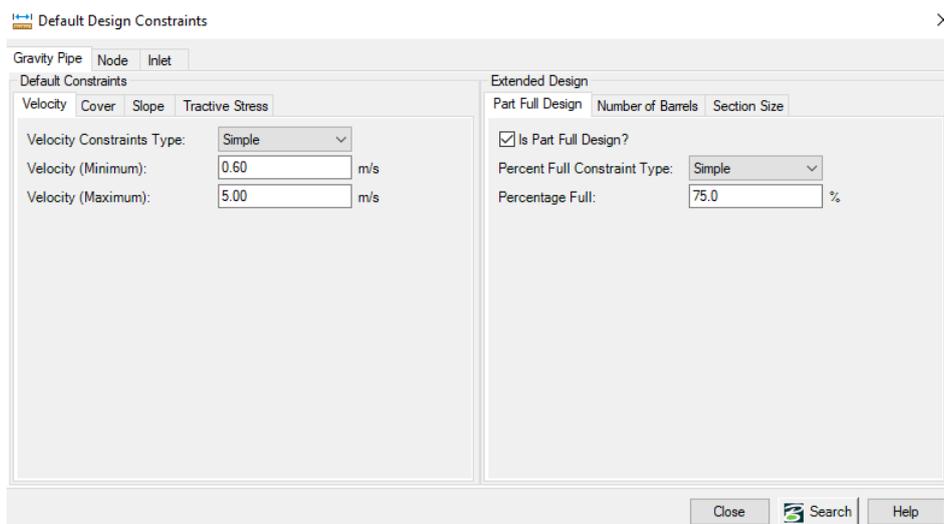


Figura 44: Restricción de velocidades y Y/D%

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

- Se establecen las profundidades mínimas y máximas en las coberturas de los buzones de 1.20 m y 7 m correspondientes.

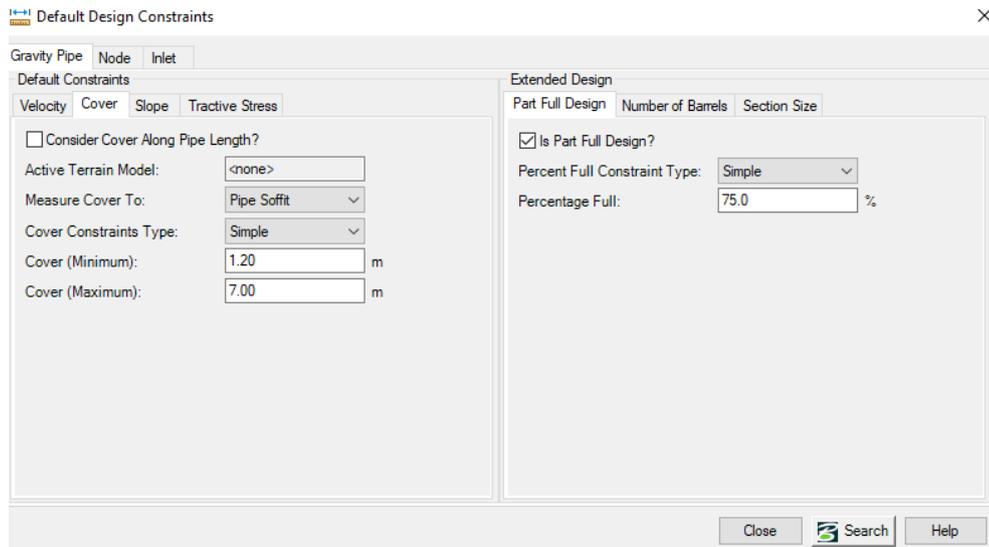


Figura 45: Restricción de cobertura

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

- La norma OS.070 establece una pendiente mínima de 5 por mil, por ello se pone como restricción mínima de 5 m/km y máxima de 100 m/km.

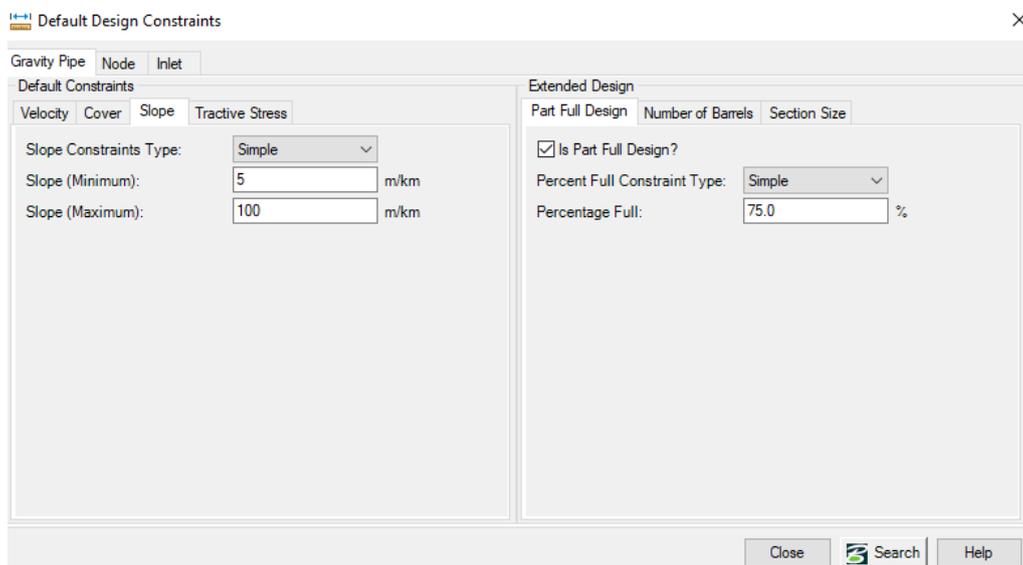


Figura 46: Restricción de pendiente

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

- La tensión tractiva de acuerdo a la norma OS.070 (2006) establece un valor mínimo de 1 Pascal en las redes colectoras, siendo la restricción más importante para el diseño de alcantarillado sanitario.

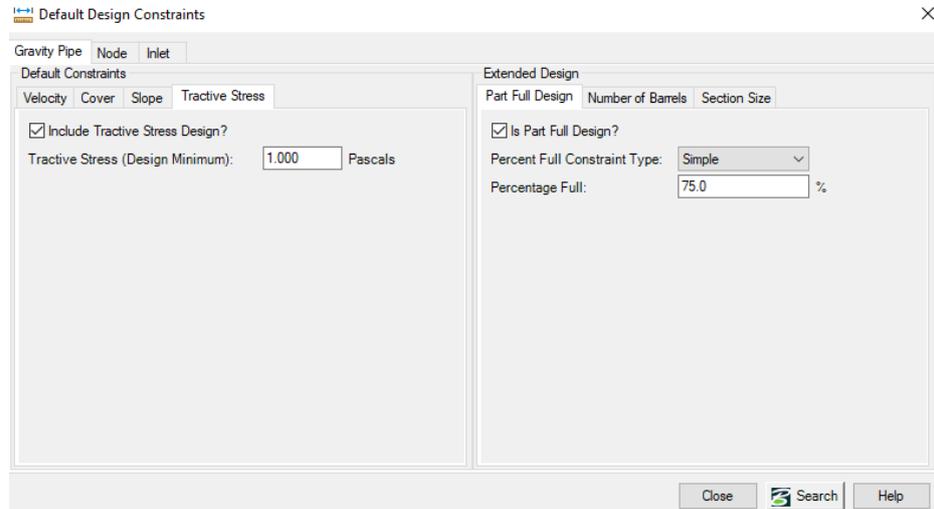


Figura 47: Restricción de tensión tractiva

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

- En los nodos, la coincidencia de tuberías se mantendrá a un nivel de 0 m, permitiendo una estructura de caída.

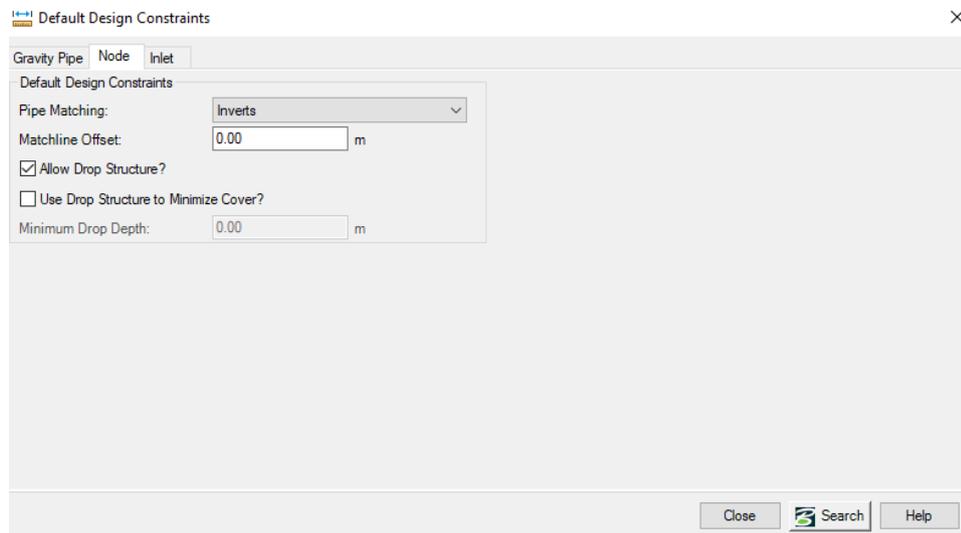


Figura 48: Restricción de nodos

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

### 5.3.6.6 Etiquetado de colector y buzón

Para el etiquetado de buzones se muestran los parámetros de Label, elevación y altura de buzón.

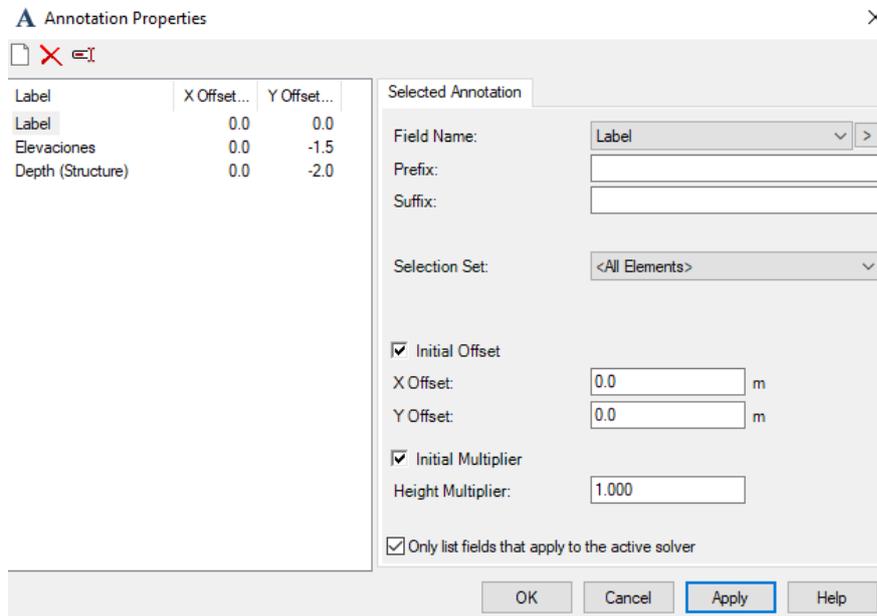


Figura 49: Etiquetado de buzones

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

En el etiquetado de colector se consideran los parámetros físicos de diámetro, longitud y pendiente, y en los resultados los parámetros de velocidad, caudal tensión tractiva y Y/D%.

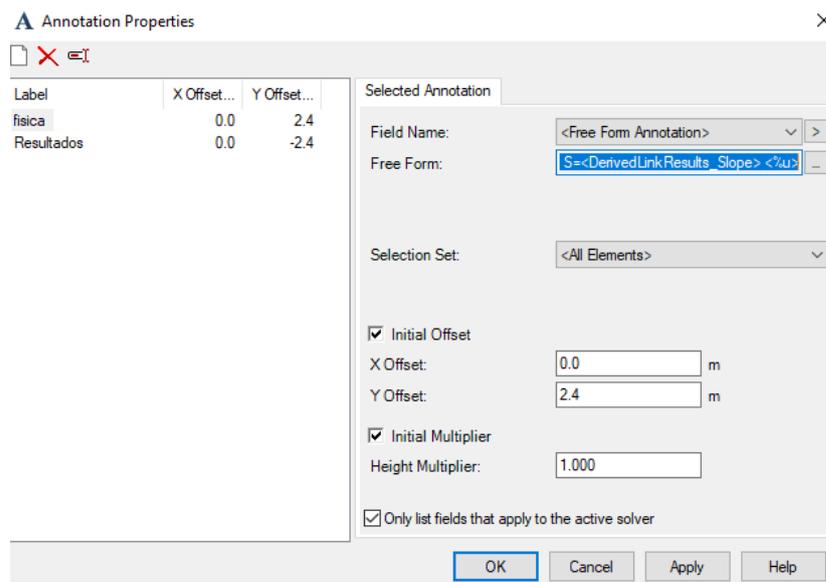


Figura 50: Etiquetado de colector

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

### 5.3.6.7 Definición del color de tuberías

De acuerdo al diámetro se escoge un color para su representación

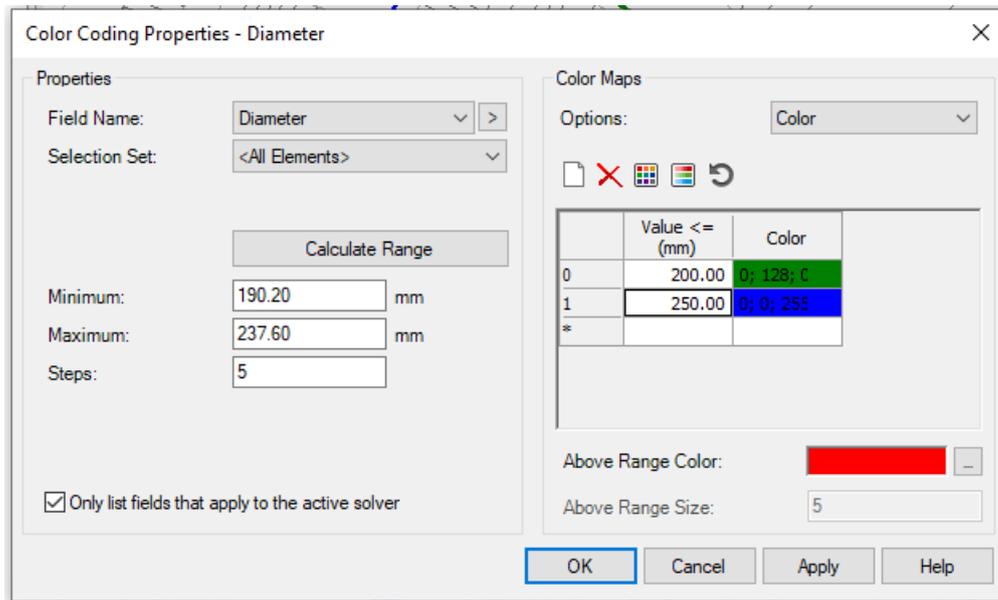


Figura 51: Etiquetado por color de diámetros de tubería

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

### 5.3.6.8 Escenarios

Se crean escenarios para el análisis estático y dinámico.

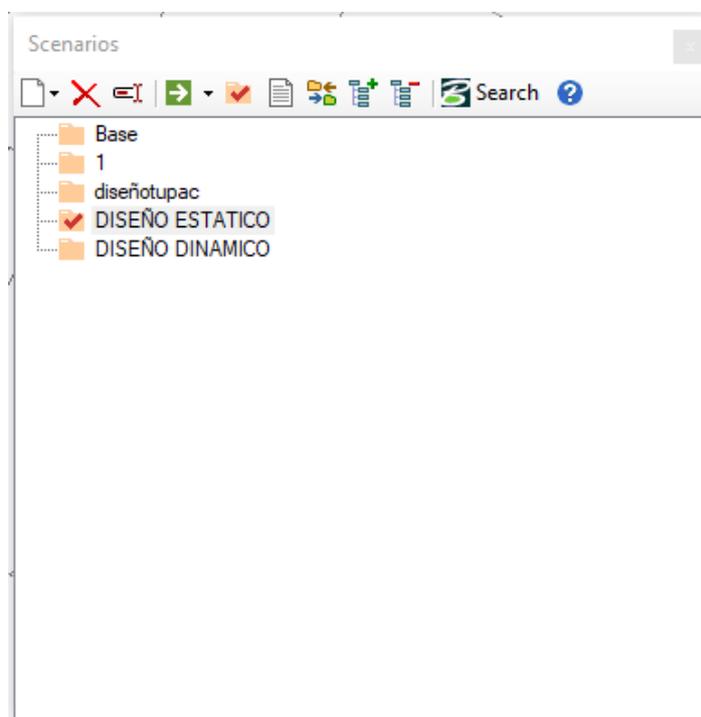


Figura 52: Menú de escenarios

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

### 5.3.7 Resultados del modelamiento de la red de alcantarillado sanitario

#### 5.3.7.1 Colectores principales

En la Figura 53, se muestran los 3 tramos de colectores principales, para el desarrollo de sus perfiles.

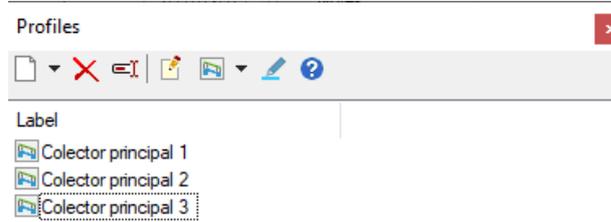


Figura 53: Colectores principales

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

#### Colector principal 1

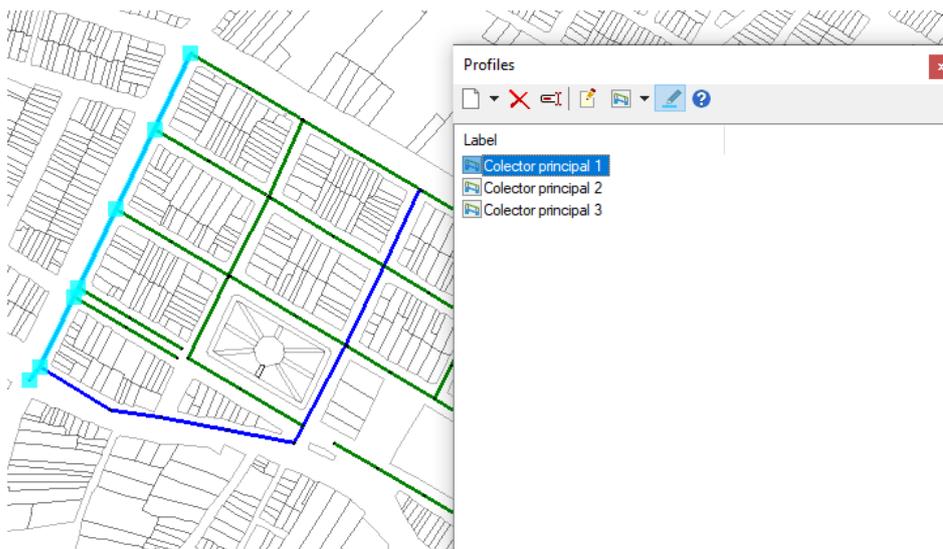


Figura 54: Colector principal 1

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

### Colector principal 2

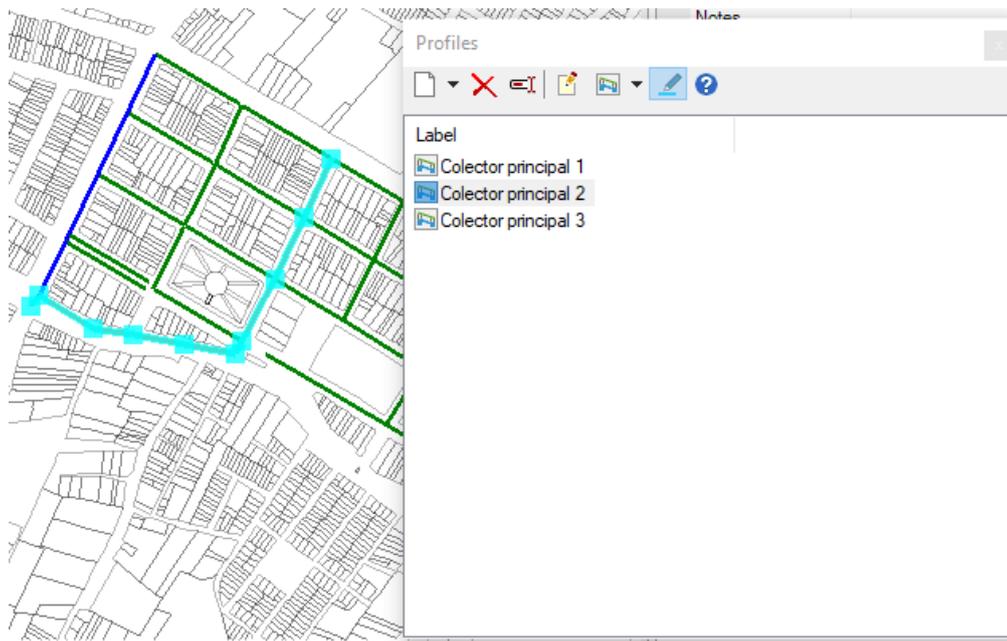


Figura 55: Colector principal 2

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

### Colector principal 3:

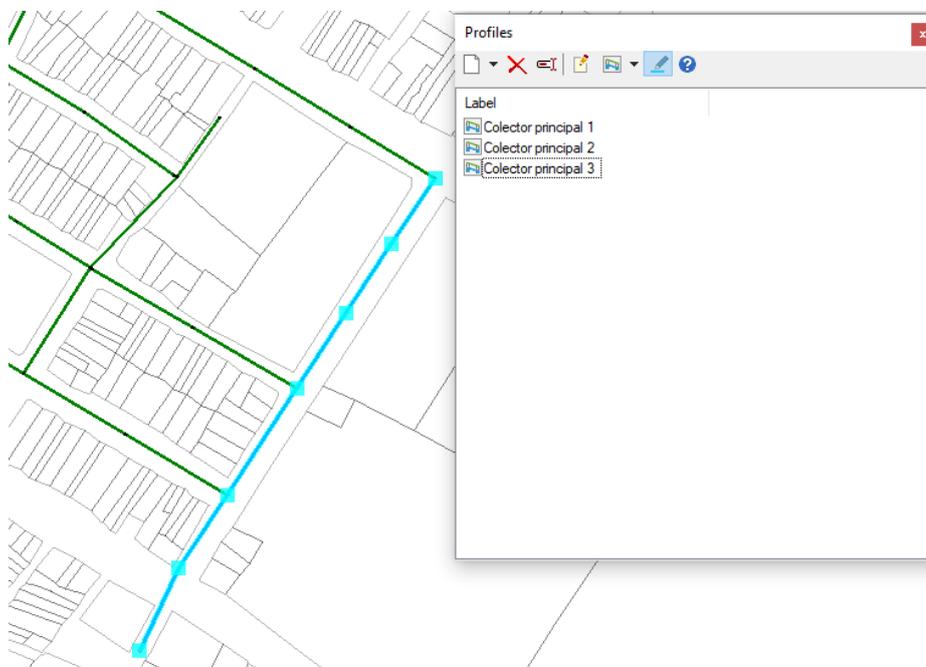


Figura 56: Colector principal 3

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

### 5.3.7.2 Modelamiento Estático

El software diseña el modelado de alcantarillado sanitario con el motor de cálculo del GVF- convex (SewerCAD), bajo una calculadora tipo Design, para condiciones estáticas.

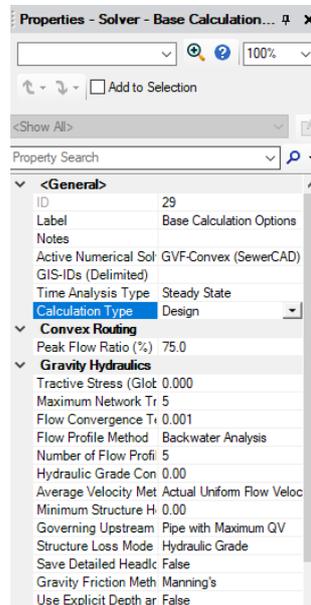


Figura 57: Motor de cálculo

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

Al determinar el tipo de motor de cálculo se procede a correr el programa, obteniendo una verificación de color verde que valida que el diseño no presenta error bajo las restricciones establecidas.

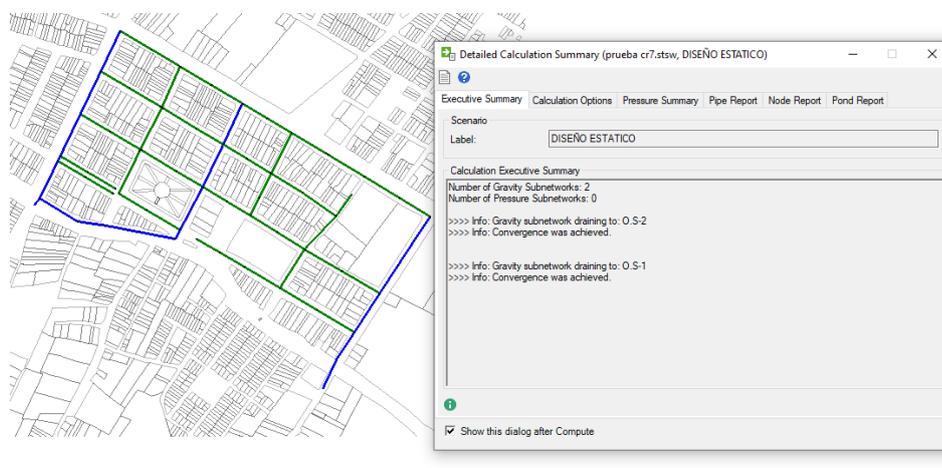


Figura 58: Verificación de validación del diseño

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

En la Figura 59, se observa el diseño de los buzones, con sus cotas de fondo, cota de terreno y altura; en el colector se determina el sentido de flujo, longitud, diámetro, velocidad, caudal, tensión tractiva y Y/D %. Por lo que se obtendrá como resultado final el plano del modelamiento de redes de alcantarillado sanitario. Ver Plano Modelamiento de redes de alcantarillado sanitario en el Anexo 3, 4, 5, 6, 7 y 8.



Figura 59: Diseño de colector y buzón

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

El modelado de alcantarillado sanitario presenta colectores de 200 mm, 250 mm, tal como se muestra en la siguiente figura:



Figura 60: Esquema de diámetro de tuberías

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

- Reporte de buzón de descarga

En la Tabla 29, se muestra el reporte de 2 puntos de salida obtenidos al modelar la red de alcantarillado sanitario.

Tabla 29: Reporte de buzón de descarga

Label	Elevation (Ground) (m)	Elevation (Invert) (m)	Flow (Total Out) (l/s)	Depth (Structure) (m)
O.S-2	108.90	106.92	7.15	1.98
O.S-1	110.00	106.35	20.49	3.65

Fuente: Elaboración Propia

- Reporte de buzones (Manhole)

En la Tabla 30, se observa el resumen de buzones de diámetro 1200 mm bajo condiciones estáticas, cuyos caudales de salida son mayores e iguales a 1.5 l/s.

Tabla 30: Reporte de buzones

Elemento	C.Tapa (m)	C.Fondo(m)	Qsalida (l/s)	Altura (m)
BP N° 03B	111.08	109.88	1.500	1.20
BP N° 04B	110.78	109.54	1.572	1.24
BE N° 03*	114.07	112.87	1.500	1.20
BE N° 14	112.68	111.49	1.674	1.19
BE N° 23	111.52	110.33	1.826	1.19
BE N° 22	111.37	109.63	1.943	1.74
BE N° 03	114.07	112.87	1.500	1.20
BE N° 02	114.17	112.52	1.559	1.65
BE N° 01	113.71	112.14	7.893	1.57
BE N° 14*	112.68	111.48	1.500	1.20
BE N° 13	112.93	111.10	1.617	1.83
BE N° 12	112.19	110.37	8.103	1.82
BE N° 21	111.27	109.00	8.710	2.27
BP N° 05B	110.55	108.61	8.829	1.94
BP N° 03A	111.03	109.83	1.500	1.20
BP N° 04A	110.78	109.49	1.572	1.29
BP N° 05A	110.55	108.57	8.960	1.98
BE N° 18*	111.92	110.72	1.500	1.20
BE N° 17	112.04	110.11	1.639	1.93
BE N° 03**	114.07	112.87	1.500	1.20
BE N° 04	113.99	112.07	1.501	1.92
BE N° 05	113.90	111.25	13.311	2.65

BE N° 14**	112.68	111.48	1.500	1.20
BE N° 15	112.64	111.06	1.617	1.58
BE N° 16	112.07	109.51	13.834	2.56
BE N° 23*	111.52	110.32	1.500	1.20
BE N° 24	111.64	109.88	1.582	1.76
BE N° 25	111.52	109.12	14.077	2.40
BE N° 23**	111.52	110.32	1.500	1.20
BE N° 36	111.10	109.24	1.593	1.86
BE N° 37	111.09	108.52	1.664	2.56
BE N° 38	111.07	107.70	14.324	3.37
BP N° 01	111.06	107.61	14.324	3.45
BP N° 02	110.80	107.32	14.325	3.48
BE N° 47	110.72	107.02	14.346	3.70
BE N° 46	110.54	106.79	14.394	3.75
BE N° 45	110.32	106.43	20.494	3.89
BE N° 29*	111.24	110.04	1.500	1.20
BE N° 30	111.96	109.08	1.627	2.88
BE N° 08	114.15	112.95	1.500	1.20
BE N° 09	114.48	111.98	1.582	2.50
BE N° 10	114.23	111.08	1.593	3.15
BE N° 11	114.24	110.28	6.390	3.96
BE N° 31	113.72	110.05	6.390	3.68
BE N° 32	112.86	109.79	6.391	3.07
BE N° 33	111.77	108.13	6.611	3.64
BP N° 07	113.77	112.57	1.500	1.20
BE N° 20	112.86	111.67	1.534	1.19
BE N°20*	112.96	111.76	1.500	1.20
BE N° 19	112.24	110.85	1.674	1.39
BE N°05*	113.90	112.70	1.500	1.20
BE N° 06	113.71	112.08	1.547	1.63
BE N°08*	114.15	112.95	1.500	1.20
BE N° 07	113.75	111.44	1.701	2.31
BE N° 18	111.92	110.08	2.093	1.84
BE N° 09	111.50	109.86	2.175	1.64
BE N° 25*	111.52	110.32	1.500	1.20
BE N° 26	111.51	109.72	1.534	1.79
BE N° 27	111.13	109.09	2.456	2.04
BE N° 28	111.52	108.82	2.680	2.70
BE N° 29	111.24	108.56	2.865	2.68
BP N° 06	111.02	109.82	1.500	1.20
BE N° 39	110.95	109.54	1.511	1.41
BE N° 40	110.50	108.87	1.546	1.63
BE N° 41	110.36	108.18	3.119	2.18
BE N° 42	110.45	107.82	3.272	2.63
BE N° 43	111.14	107.46	7.105	3.68
BE N° 44	111.28	107.20	7.152	4.08

Fuente: Elaboración Propia

- Reporte de tuberías (Conduit)

En la Tabla 31, se muestra la verificación del cumplimiento de las restricciones de velocidades, caudal, Y/D y tensión tractiva en toda la red de colectores, con material PVC, diámetro de 200 mm y Manning de 0.009.

Tabla 31: Reporte de tuberías.

Tramo	Buz.Aguas arriba	Buz.Aguas abajo	L (m)	S (m/k m)	V <sub>p</sub> (m/s)	Q (l/s)	Y/D (%)	τ (Pa)
TR-01	BP N° 03B	BP N°04B	53.00	7.00	0.60	1.50	17.20	1.10
TR-02	BP N° 04B	BP N°05B	53.00	18.00	0.85	1.57	28.50	2.40
TR-03	BE N° 03*	BE N° 14	74.50	19.00	0.66	1.50	17.50	2.90
TR-04	BE N° 14	BE N° 23	78.40	15.00	0.63	1.67	18.40	2.55
TR-05	BE N° 22	BE N° 23	59.00	12.00	0.60	1.83	19.10	2.23
TR-06	BE N° 22	BE N° 21	56.40	11.00	0.60	1.94	29.30	2.20
TR-07	BE N° 02	BE N° 03	53.70	7.00	0.60	1.50	17.20	1.10
TR-08	BE N° 02	BE N° 01	59.60	6.00	0.60	1.56	27.40	1.10
TR-09	BE N° 01	BE N° 12	74.40	24.00	1.49	7.89	30.10	5.98
TR-10	BE N° 13	BE N°14*	59.50	7.00	0.60	1.50	17.30	1.10
TR-11	BE N° 13	BE N° 12	55.60	13.00	0.60	1.62	27.80	2.29
TR-12	BE N° 12	BE N° 21	77.10	17.00	1.34	8.10	30.90	4.74
TR-13	BE N° 21	BP N°05B	77.20	5.00	0.88	8.71	31.60	1.85
TR-14	BP N° 05B	BP N°05A	9.00	5.00	0.89	8.83	31.80	1.86
TR-15	BP N° 03A	BP N°04A	53.00	7.00	0.60	1.50	17.20	1.10
TR-16	BP N° 04A	BP N°05A	53.00	17.00	0.85	1.57	28.70	2.38
TR-17	BP N° 05A	BE N° 45	69.10	5.00	0.89	8.96	29.90	1.87
TR-18	BE N° 18*	BE N° 17	44.60	14.00	0.60	1.50	17.40	2.30
TR-19	BE N° 17	BE N° 16	46.20	13.00	0.60	1.64	33.90	2.28
TR-20	BE N° 03**	BE N°04	58.70	14.00	0.60	1.50	17.00	2.30
TR-21	BE N°04	BE N° 05	59.50	14.00	0.60	1.50	33.00	2.30
TR-22	BE N° 05	BE N° 16	75.10	5.00	0.99	13.31	36.70	2.21
TR-23	BE N°14**	BE N° 15	64.00	7.00	0.60	1.50	17.30	1.10
TR-24	BE N° 15	BE N° 16	52.60	6.00	0.60	1.62	16.40	1.10
TR-25	BE N° 16	BE N° 25	78.20	5.00	1.01	13.84	40.20	2.25
TR-26	BE N° 24	BE N°23*	67.20	7.00	0.60	1.50	17.20	1.10
TR-27	BE N° 25	BE N° 24	51.10	15.00	0.81	1.58	34.00	2.12
TR-28	BE N° 25	BE N° 38	78.00	5.00	1.01	14.08	37.80	2.26
TR-29	BE N° 36	BEN°23**	75.00	14.00	0.60	1.50	17.30	2.30
TR-30	BE N° 37	BE N° 36	53.60	13.00	0.60	1.59	17.70	2.29
TR-31	BE N° 38	BE N° 37	64.30	13.00	0.60	1.67	34.40	2.27
TR-32	BE N° 38	BP N° 01	16.90	5.00	1.02	14.32	40.70	2.28
TR-33	BP N° 01	BP N° 02	59.80	5.00	1.02	14.33	40.70	2.28
TR-34	BP N° 02	BE N° 47	59.80	5.00	1.02	14.33	40.80	2.28
TR-35	BE N° 47	BE N° 46	45.00	5.00	1.02	14.35	40.80	2.28

TR-36	BE N° 46	BE N° 45	73.20	5.00	1.02	14.40	45.00	2.28
TR-37	BE N° 45	OS- 1	15.40	5.00	1.12	20.49	46.10	2.63
TR-38	BE N° 29*	BE N° 30	70.10	14.00	0.60	1.50	17.40	2.30
TR-39	BE N° 30	BE N° 33	72.70	13.00	0.60	1.63	25.90	2.28
TR-40	BE N° 08	BE N° 09	70.60	14.00	0.60	1.50	17.20	2.30
TR-41	BE N° 09	BE N° 10	67.70	13.00	0.60	1.58	17.50	2.30
TR-42	BE N° 10	BE N° 11	59.80	13.00	0.60	1.59	25.50	2.29
TR-43	BE N° 11	BE N° 31	47.40	5.00	0.81	6.39	26.80	1.62
TR-44	BE N° 31	BE N° 32	50.30	5.00	0.81	6.39	26.80	1.62
TR-45	BE N° 32	BE N° 33	54.60	5.00	0.81	6.39	25.10	1.62
TR-46	BE N° 33	BE N° 43	77.10	9.00	0.99	6.61	27.80	2.51
TR-47	BE N° 20	BP N° 07	44.10	21.00	0.69	1.50	17.10	3.14
TR-48	BE N° 20	BE N° 29	76.00	21.00	0.70	1.54	15.10	3.25
TR-49	BE N° 20*	BE N° 19	66.60	14.00	0.60	1.50	17.50	2.30
TR-50	BE N° 19	BE N° 18	60.00	13.00	0.60	1.67	19.10	2.27
TR-51	BE N° 05*	BE N° 06	45.40	14.00	0.60	1.50	17.10	2.30
TR-52	BE N° 06	BE N° 07	47.10	14.00	0.60	1.55	17.70	2.31
TR-53	BE N° 07	BE N°08*	66.90	23.00	0.71	1.50	17.60	3.38
TR-54	BE N° 07	BE N° 18	75.60	18.00	0.88	1.70	19.10	2.52
TR-55	BE N° 18	BE N° 09	44.70	5.00	0.60	2.09	20.30	1.04
TR-56	BE N° 09	BE N° 27	33.00	23.00	1.04	2.18	21.20	3.46
TR-57	BE N 25*	BE N° 26	44.20	14.00	0.60	1.50	17.10	2.30
TR-58	BE N° 26	BE N° 27	45.70	14.00	0.60	1.54	19.50	2.32
TR-59	BE N° 27	BE N° 28	53.00	5.00	0.63	2.46	22.40	1.10
TR-60	BE N° 28	BE N° 29	52.70	5.00	0.64	2.68	23.20	1.15
TR-61	BE N° 29	BE N° 41	76.00	5.00	0.66	2.87	24.20	1.18
TR-62	BE N° 39	BP N° 06	44.20	7.00	0.60	1.50	17.00	1.10
TR-63	BE N° 40	BE N° 39	47.80	14.00	0.60	1.51	17.20	2.33
TR-64	BE N° 41	BE N° 40	68.00	10.00	0.70	1.55	21.00	1.55
TR-65	BE N° 41	BE N° 42	71.70	5.00	0.67	3.12	25.00	1.23
TR-66	BE N° 42	BE N° 43	71.70	5.00	0.68	3.27	30.30	1.25
TR-67	BE N° 43	BE N° 44	53.50	5.00	0.83	7.11	28.40	1.69
TR-68	BE N° 44	O.S-2	55.10	5.00	0.83	7.15	26.60	1.70

Fuente: Elaboración Propia

- Perfiles Estáticos

El perfil 1 comienza en el buzón B.E.N° 01 y termina en el punto de salida OS-1, presentando una estructura de caída en el B.E.N° 21 para obtener pendientes mínimas en el tramo correspondiente al colector principal 1. Ver Plano PE 01-Perfil estático en el Anexo 9.

El perfil 2 comienza en el buzón B.E.N° 05 y termina en el punto de salida OS-1, presentando dos estructuras de caída en el B.E.N° 16 y B.E.N° 38, para minimizar la pendiente del tramo correspondiente al colector principal 2. Ver Plano PE 02-Perfil estático en el Anexo 10.

El perfil 3 comienza en el B.E.N° 11 y termina en el punto de salida OS-2, presentando una estructura de caída en el B.E.N° 33 correspondiente al colector principal 3. Ver Plano PE 01-Perfil estático en el Anexo 11.

### 5.3.7.3 Modelamiento Dinámico

El software diseña el modelado de alcantarillado sanitario con el motor de cálculo de Implicit (SewerGEMS Dynamic Wave), para condiciones dinámicas.

<b>&lt;General&gt;</b>	
ID	29
Label	Base Calculation Options
Notes	
Active Numerical Solver	Implicit (SewerGEMS Dynar
GIS-IDs (Delimited)	
Simulation Start Date	1/01/2000
Simulation Start Time	00:00:00
Duration (hours)	24.000
Output Increment (hours)	1.000
Calculation Time Step (hr)	0.025
Receding Limb Multiplier	1.000
Minimum Tc (hours)	0.083
Pattern Setup	<None>
<b>Gravity Hydraulics</b>	
Tractive Stress (Global M)	0.000
<b>Implicit Engine</b>	
Y Iteration Tolerance (m)	0.0
LPI Coefficient	1.000
NR Weighting Coefficient	0.700
NR Iterations	10
Relaxation Weighting Coe	0.600
Computation Distance (m)	15.2
Start Type	Transition Start
Virtual Flow Depth (m)	0.012

Figura 61: Motor de cálculo dinámico

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

Al determinar el tipo de motor de cálculo se procede a correr el software.

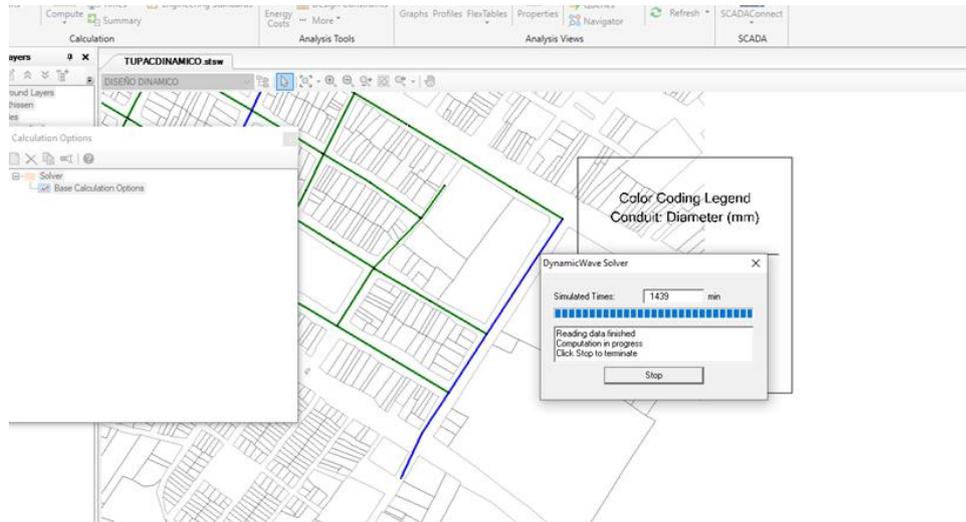


Figura 62: Corrida en modo dinámico

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

En la Figura 66, se observa el resumen de cálculos al correr el programa en modo dinámico.

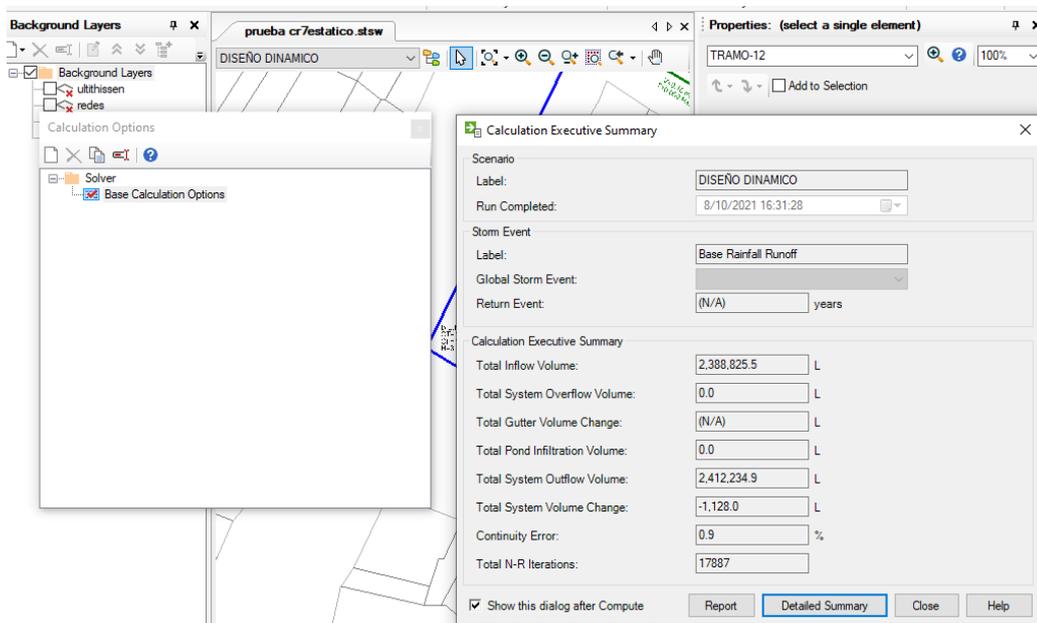


Figura 63: Verificación en modo dinámico

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

- Reporte de buzón de descarga O.S (Outfall)

Se muestra el reporte de caudal en los 2 puntos de salida obtenidos de los colectores principales en el horario de las 7:00 horas de mayor demanda sanitaria, tal como se observa en la siguiente figura.

	Label	Elevation (Ground) (m)	Set Rim to Ground Elevation?	Elevation (Invert) (m)	Flow (Total Out) (L/s)	Depth (Structure) (m)
317: O.S-2	O.S-2	108.90	<input checked="" type="checkbox"/>	106.92	7.153	1.98
321: O.S-1	O.S-1	110.00	<input checked="" type="checkbox"/>	106.35	21.646	3.65

2 of 2 elements displayed

Figura 64: Reporte de caudal de salida del colector principal 3.

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

En la figura 68 se presenta el reporte de caudal en los 2 puntos de salida obtenidos de los colectores principales en el horario de las 11:00 horas de mayor demanda sanitaria.

	Label	Elevation (Ground) (m)	Set Rim to Ground Elevation?	Elevation (Invert) (m)	Flow (Total Out) (L/s)	Depth (Structure) (m)
317: O.S-2	O.S-2	108.90	<input checked="" type="checkbox"/>	106.92	7.152	1.98
321: O.S-1	O.S-1	110.00	<input checked="" type="checkbox"/>	106.35	21.682	3.65

2 of 2 elements displayed

Figura 65: Reporte de caudal de salida del colector principal 2

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

Se muestra el reporte de caudal en los 2 puntos de salida obtenidos de los colectores principales en el horario de las 22:00 horas de mayor demanda sanitaria, tal como se observa en la siguiente figura.

	Label	Elevation (Ground) (m)	Set Rim to Ground Elevation?	Elevation (Invert) (m)	Flow (Total Out) (L/s)	Depth (Structure) (m)
317: O.S-2	O.S-2	108.90	<input checked="" type="checkbox"/>	106.92	7.152	1.98
321: O.S-1	O.S-1	110.00	<input checked="" type="checkbox"/>	106.35	21.653	3.65

2 of 2 elements displayed

Figura 66: Reporte de caudal de salida del colector principal 1

Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

En la Tabla 32, se muestra el resumen de caudales en los colectores principales en sus horarios de mayor caudal

Tabla 32: Resumen de caudales máximos en los colectores principales

Colector	Horario	Label	Flow (Total Out)(L/s)
Principal 3	07:00	OS-2	7.15
Principal 2	11.00	OS-1	21.68
Principal 1	22:00	OS-1	21.65

Fuente: Elaboración Propia

- Reporte de buzones (Manhole)

En la Tabla 33, se observa el resumen de buzones en condición dinámica en el horario de mayor caudal, con diámetro de 1200 mm.

Tabla 33: Resumen de caudal dinámico en buzones

Elemento	Cota Tapa (m)	Cota Fondo (m)	Q <sub>salida</sub> (l/s)	Altura (m)
BP N° 03B	111.08	109.88	0.000	1.20
BP N° 04B	110.78	109.54	0.072	1.24
BE N° 03*	114.07	112.87	0.000	1.20
BE N° 14	112.68	111.49	0.174	1.19
BE N° 23	111.52	110.33	0.327	1.19
BE N° 22	111.37	109.63	0.444	1.74
BE N° 03	114.07	112.87	0.000	1.20
BE N° 02	114.17	112.52	0.059	1.65
BE N° 01	113.71	112.14	6.393	1.57
BE N°14*	112.68	111.48	0.000	1.20
BE N° 13	112.93	111.10	0.117	1.83
BE N° 12	112.19	110.37	6.603	1.82
B.E N° 21	111.27	109.00	7.209	2.27
BP N° 05B	110.55	108.61	7.378	1.94
BP N° 03A	111.03	109.83	0.000	1.20
BP N° 04A	110.78	109.49	0.072	1.29
BP N° 05A	110.55	108.57	7.494	1.98
BE N° 18*	111.92	110.72	0.000	1.20
BE N° 17	112.04	110.11	0.140	1.93
BE N° 03**	114.07	112.87	0.000	1.20
BE N°04	113.99	112.07	0.001	1.92
BE N° 05	113.90	111.25	13.250	2.65
BE N°14**	112.68	111.48	0.000	1.20
BE N° 15	112.64	111.06	0.117	1.58

BE N° 16	112.07	109.51	13.536	2.56
BE N° 23*	111.52	110.32	0.000	1.20
BE N° 24	111.64	109.88	0.082	1.76
BE N° 25	111.52	109.12	13.738	2.40
BE N° 23**	111.52	110.32	0.000	1.20
BE N° 36	111.10	109.24	0.093	1.86
BE N° 37	111.09	108.52	0.165	2.56
BE N° 38	111.07	107.70	13.982	3.37
BP N° 01	111.06	107.61	13.985	3.45
BP N° 02	110.80	107.32	13.997	3.48
BE N° 47	110.72	107.02	14.029	3.70
BE N° 46	110.54	106.79	14.081	3.75
BE N° 45	110.32	106.43	21.684	3.89
BE N° 29*	111.24	110.04	0.000	1.20
BE N° 30	111.96	109.08	0.127	2.88
BE N° 08	114.15	112.95	0.000	1.20
BE N° 09	114.48	111.98	0.082	2.50
BE N° 10	114.23	111.08	0.094	3.15
BE N° 11	114.24	110.28	4.890	3.96
BE N° 31	113.72	110.05	4.890	3.68
BE N° 32	112.86	109.79	4.891	3.07
BE N° 33	111.77	108.13	5.111	3.64
BP N° 07	113.77	112.57	0.000	1.20
BE N° 20	112.86	111.67	0.035	1.19
BE N° 20*	112.96	111.76	0.000	1.20
BE N° 19	112.24	110.85	0.174	1.39
BE N° 05*	113.90	112.70	0.000	1.20
BE N° 06	113.71	112.08	0.048	1.63
BE N°08*	114.15	112.95	0.000	1.20
BE N° 07	113.75	111.44	0.201	2.31
BE N° 18	111.92	110.08	0.594	1.84
BE N° 09	111.50	109.86	0.675	1.64
BE N 25*	111.52	110.32	0.000	1.20
BE N° 26	111.51	109.72	0.035	1.79
BE N° 27	111.13	109.09	0.957	2.04
BE N° 28	111.52	108.82	1.180	2.70
BE N° 29	111.24	108.56	1.366	2.68
BP N° 06	111.02	109.82	0.000	1.20
BE N° 39	110.95	109.54	0.000	1.41
BE N° 40	110.50	108.87	0.047	1.63
BE N° 41	110.36	108.18	1.620	2.18
BE N° 42	110.45	107.82	1.773	2.63
BE N° 43	111.14	107.46	7.104	3.68
BE N° 44	111.28	107.20	7.152	4.08

Fuente: Elaboración Propia

- Reporte de tuberías (Conduit)

En la Tabla 34, se muestra el caudal máximo en el horario de mayor demanda de carga sanitaria verificando las restricciones de velocidades, caudal, Y/D% y tensión tractiva en toda la red de colectores.

Tabla 34: Reporte de buzón a las 11:00 h

Tramo	Buz.Aguas arriba	Buz.Aguas abajo	L (m)	S (m/km)	V <sub>p</sub> (m/s)	Q (l/s)	Y/D (%)	τ (Pa)
TR-01	BPN°03B	BPN°04B	53.00	7.00	0.00	0.00	0.2	0.00
TR-02	BPN° 04B	BPN°05B	53.00	18.00	0.16	0.07	0.8	0.00
TR-03	BEN° 03*	BE N° 14	74.50	19.00	0.01	0.00	0.2	0.00
TR-04	BEN° 14	BE N° 23	78.40	15.00	0.18	0.18	1.1	0.00
TR-05	BEN° 22	BE N° 23	59.00	-12.00	-0.20	-0.33	3.1	-0.84
TR-06	BE N° 22	BE N° 21	56.40	11.00	0.22	0.44	4.5	0.94
TR-07	BE N° 02	BE N° 03	53.70	-7.00	0.00	0.00	0.2	0.00
TR-08	BE N° 02	BE N° 01	59.60	6.00	0.16	0.06	0.8	0.00
TR-09	BE N° 01	BE N° 12	74.40	24.00	0.70	6.39	14.9	5.35
TR-10	BE N° 13	BE N°14*	59.50	-7.00	-0.01	0.00	0.2	0.00
TR-11	BE N° 13	BE N° 12	55.60	13.00	0.17	0.12	0.9	0.00
TR-12	BE N° 12	BE N° 21	77.10	17.00	0.73	6.60	17	4.26
TR-13	BE N° 21	BPN° 05B	77.20	5.00	0.77	7.21	25.3	1.70
TR-14	BPN° 05B	BPN° 05A	9.00	5.00	0.72	7.37	27.4	1.72
TR-15	BPN° 03A	BP N° 4A	53.00	7.00	0.00	0.00	0.2	0.00
TR-16	BPN° 04A	BP N°05A	53.00	17.00	0.16	0.07	0.8	0.00
TR-17	BPN° 05A	BE N° 45	69.10	5.00	0.74	7.47	27.5	1.73
TR-18	BE N°18*	BE N° 17	44.60	14.00	0.00	0.00	0.2	0.00
TR-19	BE N°17	BE N° 16	46.20	13.00	0.17	0.14	1	0.00
TR-20	BEN°03**	BE N°04	58.70	14.00	0.01	0.00	0.2	0.00
TR-21	BE N°04	BE N° 05	59.50	14.00	0.18	0.75	15.9	1.42
TR-22	BEN°05	BE N° 16	75.10	5.00	0.92	13.07	30.8	2.19
TR-23	BE°14**	BE N° 15	64.00	7.00	0.01	0.00	0.2	0.00
TR-24	BE N° 15	BE N° 16	52.60	6.00	0.21	0.12	4.8	0.00
TR-25	BE N° 16	BE N° 25	78.20	5.00	0.95	13.51	33.2	2.22
TR-26	BE N° 24	BE N° 23*	67.20	-7.00	-0.01	0.00	0.2	0.00
TR-27	BE N° 25	BE N° 24	51.10	-15.00	-0.16	-0.08	0.8	0.00
TR-28	BE N° 25	BE N° 38	78.00	5.00	0.96	13.73	34.9	2.23
TR-29	BE N° 36	BEN°23**	75.00	-14.00	-0.01	0.00	0.2	0.00
TR-30	BE N° 37	BE N° 36	53.60	-13.00	-0.17	-0.09	0.9	0.00
TR-31	BE N° 38	BE N° 37	64.30	-13.00	-0.18	-0.17	1.4	0.00
TR-32	BE N° 38	BP N° 01	16.90	5.00	0.92	13.98	36.7	2.25
TR-33	BP N° 01	BP N° 02	59.80	5.00	0.95	13.99	36.2	2.25
TR-34	BP N° 02	BE N° 47	59.80	5.00	0.95	14.00	36.4	2.25
TR-35	BE N° 47	BE N° 46	45.00	5.00	0.96	14.03	36.3	2.25
TR-36	BE N° 46	BE N° 45	73.20	5.00	0.93	14.09	37.2	2.26

TR-37	BE N° 45	OS-1	15.40	5.00	1.03	21.68	47.7	2.68
TR-38	BE N° 29*	BE N° 30	70.10	14.00	0.01	0.00	0.2	0.00
TR-39	BE N° 30	BE N° 33	72.70	13.00	0.17	0.13	1	0.00
TR-40	BE N° 08	BE N° 09	70.60	14.00	0.01	0.00	0.2	0.00
TR-41	BE N° 09	BE N° 10	67.70	13.00	0.16	0.08	0.8	0.00
TR-42	BE N° 10	BE N° 11	59.80	13.00	0.20	0.09	0.9	0.00
TR-43	BE N° 11	BE N° 31	47.40	5.00	0.64	4.89	20.3	1.42
TR-44	BE N° 31	BE N° 32	50.30	5.00	0.64	4.89	21.6	1.42
TR-45	BE N° 32	BE N° 33	54.60	5.00	0.63	4.89	22.4	1.42
TR-46	BE N° 33	BE N° 43	77.10	9.00	0.67	5.11	19.6	2.21
TR-47	BE N° 20	BP N° 07	44.10	-21.00	0.00	0.00	0.2	0.00
TR-48	BE N° 20	BE N° 29	76.00	21.00	0.16	0.04	0.6	0.00
TR-49	BE N° 20*	BE N° 19	66.60	14.00	0.01	0.00	0.2	0.00
TR-50	BE N° 19	BE N° 18	60.00	13.00	0.18	0.17	1.3	0.00
TR-51	BE N° 05*	BE N° 06	45.40	14.00	0.00	0.00	0.2	0.00
TR-52	BE N° 06	BE N° 07	47.10	14.00	0.16	0.05	0.7	0.00
TR-53	BE N° 07	BE N°08*	66.90	-23.00	-0.01	0.00	0.2	0.00
TR-54	BE N° 07	BE N° 18	75.60	18.00	0.18	0.20	1.1	0.00
TR-55	BE N° 18	BE N° 09	44.70	5.00	0.30	0.59	10.8	0.62
TR-56	BE N° 09	BE N° 27	33.00	23.00	0.26	0.68	7.8	2.01
TR-57	BE N 25*	BE N° 26	44.20	14.00	0.00	0.00	0.2	0.00
TR-58	BE N° 26	BE N° 27	45.70	14.00	0.16	0.04	0.6	0.00
TR-59	BE N° 27	BE N° 28	53.00	5.00	0.31	0.96	16	0.72
TR-60	BE N° 28	BE N° 29	52.70	5.00	0.31	1.18	18.9	0.79
TR-61	BE N° 29	BE N° 41	76.00	5.00	0.38	1.37	17.7	0.84
TR-62	BE N° 39	BP N° 06	44.20	-7.00	0.00	0.00	0.2	0.00
TR-63	BE N° 40	BE N° 39	47.80	-14.00	-0.11	-0.01	0.5	0.00
TR-64	BE N° 41	BE N° 40	68.00	-10.00	-0.16	-0.05	0.7	0.00
TR-65	BE N° 41	BE N° 42	71.70	5.00	0.37	1.62	20.9	0.90
TR-66	BE N° 42	BE N° 43	71.70	5.00	0.33	1.77	23.9	0.94
TR-67	BE N° 43	BE N° 44	53.50	5.00	0.74	7.11	26.6	1.69
TR-68	BE N° 44	O.S-2	55.10	5.00	0.74	7.15	26.8	1.69

Fuente: Elaboración Propia

- Perfiles dinámicos

El Perfil 1 comienza en el buzón B.E.N° 01 y termina en el punto de salida OS-1, cuyo horario a las 22.00 h presenta mayor demanda de carga sanitaria, presentado un Y/D % inferior al 35% en los tramos a pesar de presentar una estructura de caída de 1.70 m en el B.E.N° 45. Ver Perfil dinámico del colector principal 1 en el Anexo 12.

El Perfil 2 comienza en el buzón B.E.N° 05 y termina en el punto de salida O.S-1, cuyo horario de las 11.00 h presenta mayor demanda de

carga sanitaria, presentando un Y/D % inferior al 60%, sin embargo en el buzón B.E.N° 25 se presenta un salto de la línea de energía debido a que en ese buzón existe una estructura de caída de llegada hacia el colector principal y en el buzón B.E.N° 45 existe un ascenso de la línea de gradiente hidráulico en el buzón, debido a que confluyen los tramos del colector principal 1 y 2. Ver Perfil dinámico del colector principal 2 en el Anexo 12.

El Perfil 3 comienza en el buzón B.E.N° 011 y termina en el punto de salida OS-2, cuyo horario de las 7.00 h presenta mayor demanda de carga sanitaria, presentando un Y/D % inferior al 40% en los tramos a pesar de presentar una estructura de caída de 1.65 m en el B.E.N° 33. Ver Perfil dinámico del colector principal 3 en el Anexo 12.

#### 5.4 Análisis de resultados

El plano topográfico del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito de Chíncha Alta se ubica entre las cotas 110 y 114 m.s.n.m. con una topografía de tipo plana, es decir, superficies llanas y suaves hondonadas donde las pendientes longitudinales se encuentran entre el 3% y 6% en sentido norte- sur.

Los lotes que se ubican topográficamente en zonas bajas son las más perjudicadas ante el aniego de aguas residuales, debido al ineficiente sistema de alcantarillado sanitario existente que ocasiona daños materiales y estructurales en la zona de estudio. Ver topografía del centro poblado Túpac Amaru en el Anexo 15.

La estimación de la población de diseño se basó en la realización de 3 métodos matemáticos, los cuales fueron el aritmético, geométrico y exponencial. El procedimiento para la obtención de cada una de las curvas se realizó con la combinación de 2, 3 y 4 censos que se desarrollaron en los años 1981, 1993, 2007 y 2017 en la provincia de Chíncha. En la Figura 67, se obtuvo la curva geométrica, de color rojo, muestra una mayor aproximación hacia la curva censo y es la escogida para la determinación de la población.

Además, se utilizó un método que mejor representa la situación actual de la zona de estudio y su tendencia de crecimiento poblacional.

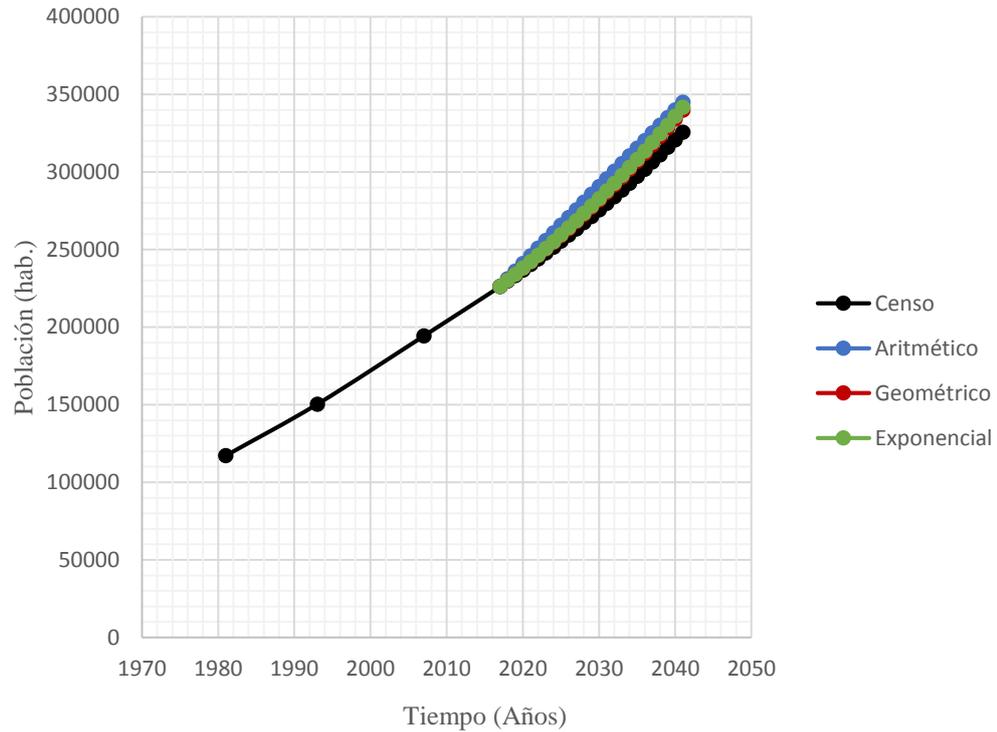


Figura 67: Curva de crecimiento poblacional de la provincia de Chincha

Fuente: Elaboración Propia usando Excel 2019

En la Figura 68, se muestra el resumen en forma de barras para la longitud de las tuberías de diámetros 200mm y 250mm, si bien se tiene como mínimo tuberías de 200mm de diámetro con longitudes de cada tramo menor a 80 m, se concluye que según el rango de longitudes en cada tramo no excede la distancia máxima establecida por la norma OS.070 para el diámetro mínimo, por consiguiente, para los de mayor diámetro.

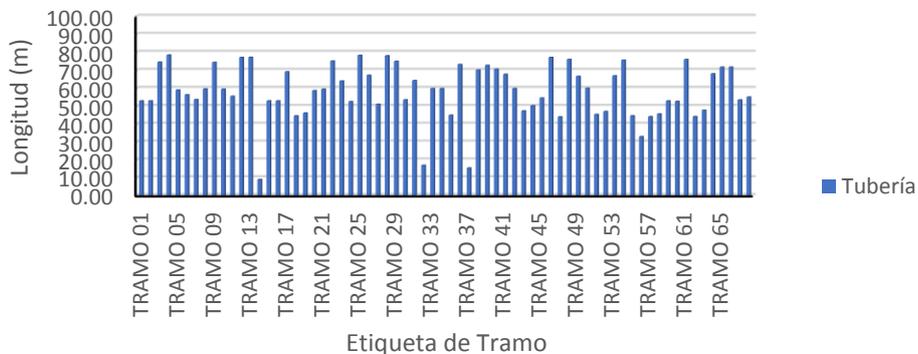


Figura 68: Longitud de cada tramo del sistema de alcantarillado sanitario

Fuente: Elaboración Propia usando Excel 2019

Como se puede observar en la Figura 69, la profundidad de los buzones está en el rango de 1.20 m hasta 3.96 m de profundidad y la gran mayoría de los buzones más profundos pertenecen al colector principal 3 cuyo rango de profundidades es de 3 m hasta 4.08 m, debido a que se encuentra el contribuyente 3 (B.E. N°11) que tiene una profundidad de arranque de 3.96 m según el modelado y la topografía, si bien la norma OS.070 no restringe profundidades máximas por ello se pretendió evitar profundidades excesivas.

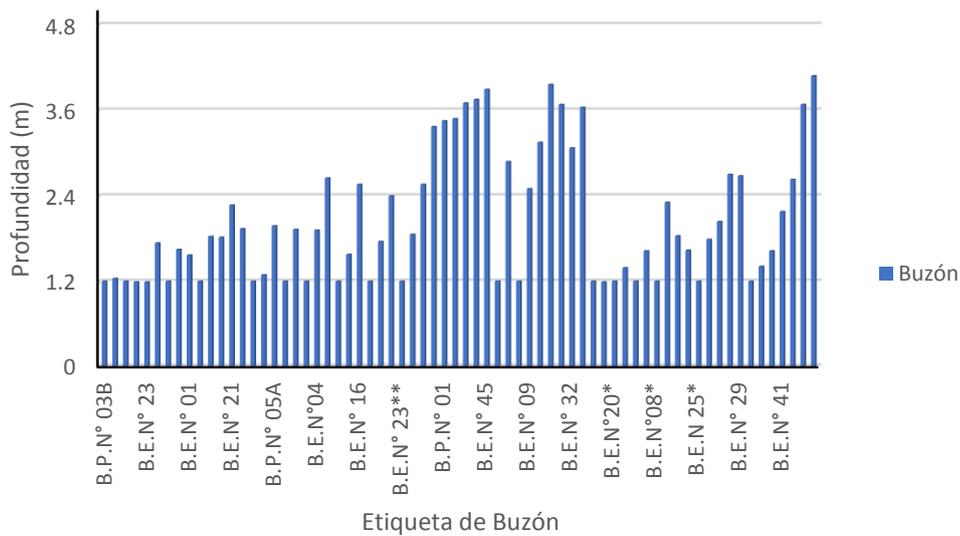


Figura 69: Profundidad de buzones

Fuente: Elaboración Propia usando Excel 2019

En la Figura 70, se muestra que todas las pendientes en los tramos de la red colectora resultan ser mayores o iguales a 5 por mil y menor a 100 por mil, cumpliendo con el requisito de pendiente mínima y máxima establecida por la norma OS.070

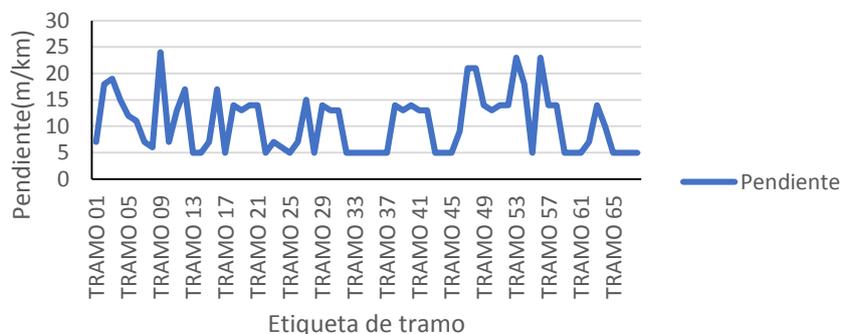


Figura 70: Pendiente en la red colectora

Fuente: Elaboración Propia usando Excel 2019

En la Figura 71, se muestra caudales superiores a 1.5 l/s en la red colectora bajo condiciones estáticas, cuyo valor pico se encuentra en el tramo 37 perteneciente al tramo de unión del colector principal 1 y 2, por lo tanto, se verifica el cumplimiento de la condición de caudal mínimo establecido por la norma OS.070.



Figura 71: Caudales estáticos de la red colectora

Fuente: Elaboración Propia usando Excel 2019

En la Figura 72, se muestra bajo condiciones dinámicas los caudales de los 3 tramos principales que resultan ser superiores a 1.5 l/s que es el valor mínimo que debe pasar por una tubería tal como lo establece la norma OS.070, por lo cual se cumple con la verificación de caudal mínimo, sabiendo que el colector principal 2 muestran mayores valores de caudal en el intervalo de 12 a 15 l/s a comparación de los demás colectores principales que resultan tener menos caudal.

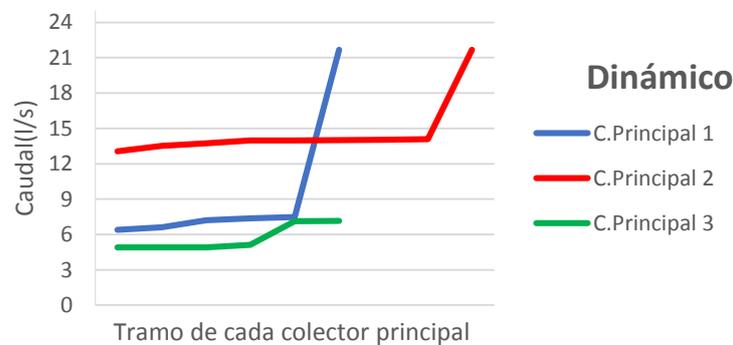


Figura 72: Caudales dinámicos de los colectores principales.

Fuente: Elaboración Propia usando Excel 2019

En la Figura 73, el caudal de descarga en los puntos de salida del modelamiento bajo condiciones estáticas y dinámicas, resultan ser igual en el buzón de descarga O.S-02, en cambio en el buzón O.S-1 presenta una ligera variación de 1.19 l/s.

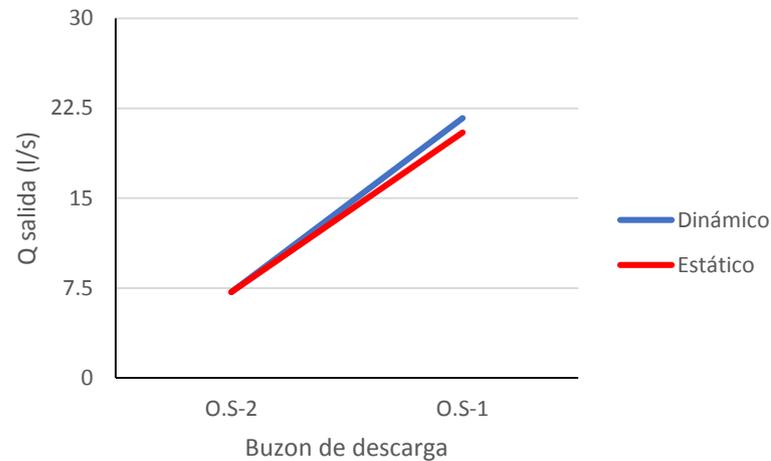


Figura 73: Caudal de descarga en condiciones dinámicas y estáticas

Fuente: Elaboración Propia usando Excel 2019

En la Figura 74, se observan valores de velocidades que están sujetas a condiciones estáticas, con un rango de velocidades mayores a 0.6 m/s y menores a 1.8 m/s, por lo tanto, se verifica el cumplimiento de velocidades en la tubería establecidas por la norma OS.070

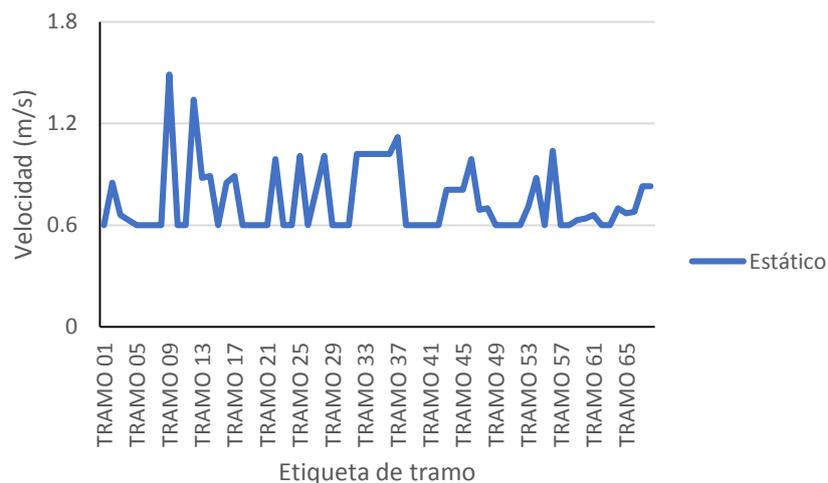


Figura 74: Velocidades estáticas de la red colectora

Fuente: Elaboración Propia usando Excel 2019

En la Figura 75, se muestran las velocidades bajo condiciones dinámicas de los 3 colectores principales, resultando ser mayores a 0.60 m/s y menores a 1.2 m/s, y que se mantienen relativamente constantes a lo largo de su recorrido, pero en el tramo 37 muestra un aumento de velocidad ya que resulta de la unión del colector principal 1 y 2 hacia el buzón de descarga O.S-01. En conclusión, se cumple con la verificación de velocidad mínima establecida por la norma OS.070.

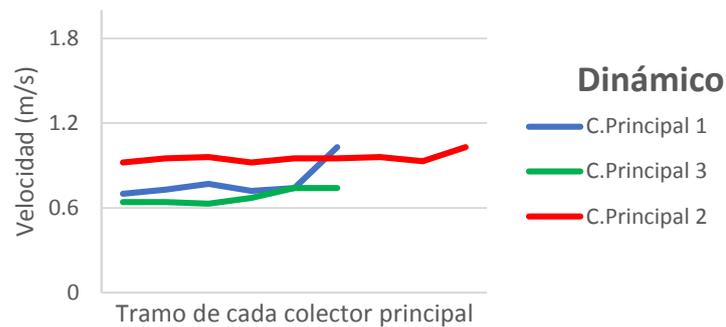


Figura 75: Velocidades dinámicas de los colectores principales

Fuente: Elaboración Propia usando Excel 2019

En la Figura 76, se muestra las tensiones tractivas mayores a 1 Pascal para condiciones estáticas cumpliendo la verificación del criterio de tensión tractiva establecida por la norma OS.070.

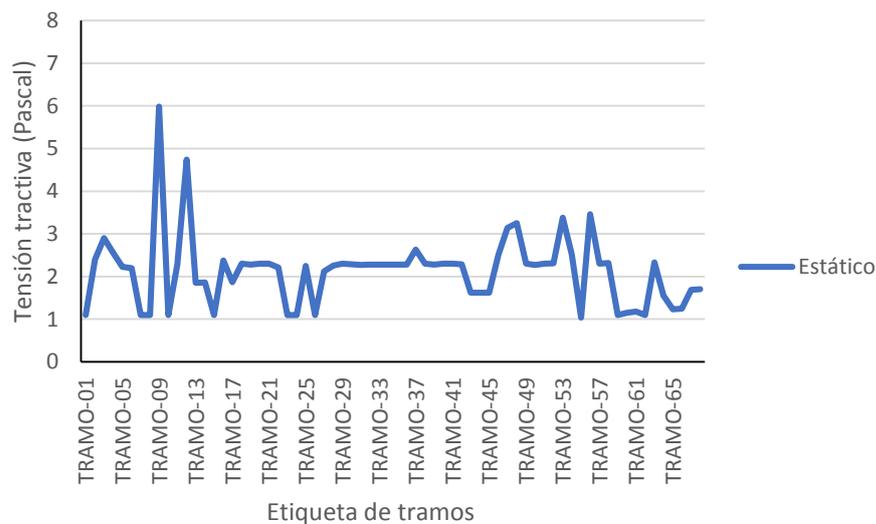


Figura 76: Tensión tractiva en la red colectora

Fuente: Elaboración Propia usando Excel 2019

En la Figura 77, los valores de tensión tractiva para condiciones dinámicas resultan ser mayores a 1 Pascal en los tramos de colectores principales, cumpliendo con la verificación de tensión tractiva establecida por la norma OS.070. Si bien estos valores de tensión tractiva resultan ser relativamente constante en el colector principal 2, mientras en el colector 1 y 3 muestran variaciones de tensiones tractivas debido a que presentan tramos de mayor pendiente.

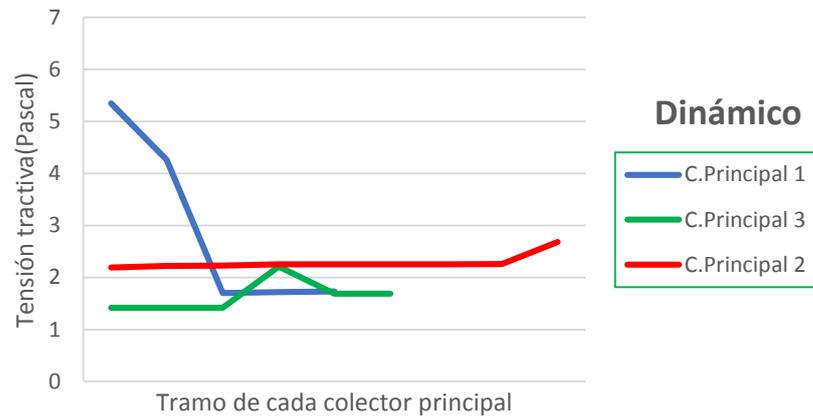


Figura 77: Tensión tractiva dinámica de los colectores principales

Fuente: Elaboración Propia usando Excel 2019

Como se puede observar en la Figura 78, se observa que el Y/D % representa la altura de la lámina de flujo en la tubería con respecto al diámetro de la misma, obteniéndose como máximo un 46.1% que resulta ser menor al 75% que es el valor de la restricción, por lo tanto, el diseño de los diámetros de tubería cumple con lo establecido por la norma OS.070.

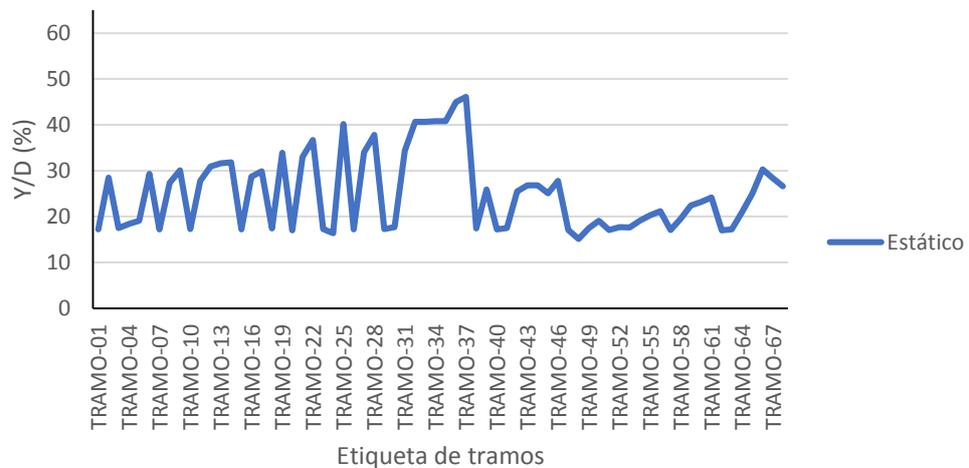


Figura 78: Y/D (%) en la red colectora

Fuente: Elaboración Propia usando Excel 2019

Como se puede observar en la Figura 79, las curvas de cada tramo de colector principal presentan una tendencia hacia arriba, considerando que el crecimiento de Y/D % ocurre debido a que el sistema es bajo gravedad, por lo que aguas abajo presentan mayor altura de lámina de agua. En conclusión, la altura de la lámina de agua con respecto al diámetro de la tubería bajo las condiciones dinámicas, resultan tener valores menores al 75% en los 3 colectores principales, por lo tanto, se verifica la restricción descrita por la norma OS.070.

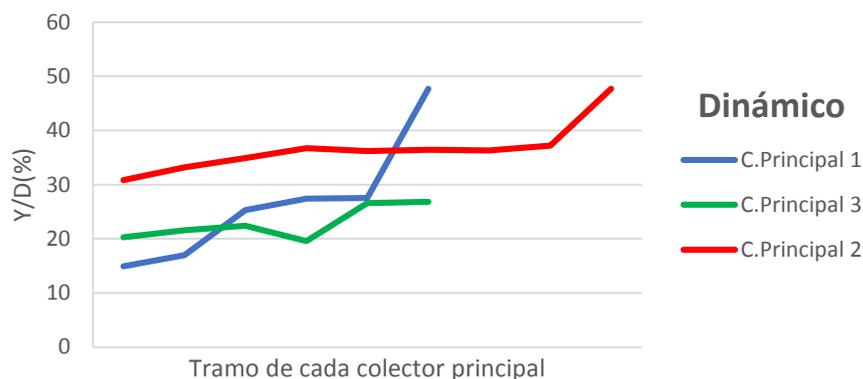


Figura 79: Y/D (%) dinámica de los colectores principales

Fuente: Elaboración Propia usando Excel 2019

### 5.5 Contrastación de Hipótesis

Hipótesis general: Se analizará a partir de los parámetros hidráulicos del sistema de alcantarillado sanitario del distrito Chíncha Alta, mediante la modelación del software SewerGEMS permitiendo mostrar simulaciones dinámicas para solución de los tramos críticos y así mitigar el impacto ambiental en el distrito.

#### Contrastación de Hipótesis General

La hipótesis general se cumplió, debido a que se realizó el modelamiento en el software SewerGEMS para las simulaciones estáticas y, principalmente, dinámicas con la finalidad de determinar los diámetros de las tuberías en la red de alcantarillado existente del centro poblado.

Hipótesis específica 1: La característica topográfica del Centro Poblado Túpac Amaru es la presencia de terrenos planos con ligeras pendientes de 3% hacia el suroeste, ubicado entre dos zonas una de pampas colindantes a otra de valle costero.

### Contrastación de Hipótesis Especifica 1

Esta hipótesis se cumplió, ya que al emplear los softwares Civil 3D, Google Earth y Global Mapper se obtuvo las curvas principales y secundarias de la zona de investigación para así describir sus características topográficas del Centro Poblado Túpac Amaru que presenta superficies planas con pendientes transversales en el rango de 1% a 3%.

Hipótesis específica 2: El caudal total de aguas residuales del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito Chíncha Alta está entre el rango de 10 l/s a 20 l/s.

### Contrastación de Hipótesis Especifica 2

Esta hipótesis no se cumplió porque el caudal de aguas residuales del Centro Poblado Túpac Amaru es de 8.10 l/s, lo cual es inferior al supuesto en el sistema de hipótesis. Por lo tanto, los resultados dan mayor precisión de cuál es caudal para la población de la zona de estudio.

Hipótesis específica 3: El diseño óptimo se basará en la modelación matemática que proporcionará diámetros de tubería de 160 mm - 355 mm, con velocidades del flujo dentro del rango normativo OS.070 y OS.100.

### Contrastación de Hipótesis Especifica 3

A partir de la modelación del sistema de alcantarillado sanitario en el Centro Poblado Túpac Amaru, se diseña la red colectora con tuberías de 200mm, 250mm, bajo velocidades mínima de 0.60 m/s y máxima de 1.49 m/s tal como impone la normativa peruana. Por lo tanto, se ha demostrado el no cumplimiento total de la hipótesis porque los diámetros de la tubería resultan ser distintos.

## CONCLUSIONES

- 1.- A partir de la caracterización del plano topográfico del Centro Poblado Túpac Amaru se concluye que la zona de estudio tiene un área de influencia de 17.20 ha., 1 821 m de perímetro y 399 lotes habitados, 397 viviendas y 2 colegios. La superficie del terreno presenta una topografía plana con una pendiente transversal de 2.98% en sentido norte- sur. Asimismo, presenta curvas secundarias cada 0.20 m y curvas principales cada 1.00 m.
- 2.- Se utilizó 3 métodos matemáticos (aritmético, geométrico y exponencial) para la obtención de la población de diseño en un periodo de 20 años. Se seleccionó el geométrico que representa la situación actual de la zona de estudio y su tendencia de crecimiento. La población futura es de 1745 habitantes al año 2041, con un caudal promedio de 4.18 l/s, caudal de máximo horario de 7.52 l/s y caudal de diseño de 8.10 l/s. Los parámetros de diseño obtenidos permitieron realizar la modelación en el software SewerGEMS.
- 3.- A partir de la modelación del software SewerGEMS, se concluye que el diseño del sistema de alcantarillado sanitario por gravedad, presenta en su red colectora tuberías de PVC con diámetros de 200mm y 250mm, bajo caudales mayores e iguales a 1.5 l/s, cuyas velocidades se encuentran entre los 0.60 m/s y 1.5 m/s, para pendientes mínimas de 5 por mil y máxima de 24 por mil, mediante tensiones tractivas superiores a 1 Pascal, contando con 10 buzones proyectados para alcanzar un total de 66 buzones a profundidades mínima de 1.20 m y máxima de 4.06 m. Este diseño manifiesta una mayor optimización, eficiencia y eficacia en el sistema de alcantarillado sanitario, ya que al evaluar por el método estático y dinámico se confirma que el diseño cumple con los requisitos establecidos por la Norma Técnica Peruana OS.070 (Redes de aguas residuales).

## RECOMENDACIONES

- 1.- En futuras investigaciones a centros poblados de la región geográfica de la sierra de la provincia de Chíncha se debería tener en cuenta un sistema de alcantarillado pluvial, debido a la presencia de lluvias intensas durante el año.
- 2.- Se recomienda para el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario tener en cuenta las características topográficas de la zona de estudio. Para ello, es importante utilizar equipos topográficos que tengan una importante precisión como drones o puntos geodésicos para así reducir los errores al realizar un levantamiento topográfico y proyectar un sistema de alcantarillado más eficiente.
- 3.- Se sugiere buscar nuevas alternativas para el material de la tubería a emplear como el polietileno de alta densidad (HDPE) que es la tubería empleada por algunas entidades prestadoras de servicio de agua potable y alcantarillado del país como una solución a la tubería utilizada en la presente investigación
- 4.- Actualmente las aguas residuales que son eliminadas en la red alcantarillado sanitario de la ciudad de Chíncha Alta llegan a la PTAR de la localidad, cuya tecnología es una laguna de oxidación, la cual se encuentra abandonada, colmatada de lodos y con maleza. Se recomienda implementar un programa de adecuación y manejo ambiental (PAMA) por parte de la EPS SEMAPACH S.A. para mitigar o eliminar los impactos ambientales negativos que se generan por el vertimiento de aguas residuales no tratadas al mar.
- 5.- Como recomendación académica se sugiere a partir de la presente investigación analizar las redes de alcantarillado sanitario de otros centros poblados de la provincia de Chíncha afectados, de igual manera, por el aniego de aguas residuales, debido a que tienen un sistema deficiente y obsoleto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agüero Sánchez, P. F. (2020). *Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Sihuas- Ancash*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Vargas Vásquez, L. D. (2020), *Diseño de redes de agua potable y alcantarillado de la comunidad campesina la Ensenada de Collanac distrito de Pachacamac mediante el uso de los programas WaterCAD y SewerCAD*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú
- Ordoñez Pinto, N. A. (2020). *Diseño de la Red de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado del Distrito de Marcona- Nazca- Ica*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Municipalidad Provincial de Chincha, Sub Gerencia de Obras. (2020). *Mejoramiento del servicio del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en el Pueblo Joven Túpac Amaru del distrito de Chincha*
- Mamani Contreras, H. A., & Alfaro Gutiérrez, K. A. (2019). *Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado del Centro Poblado de la Planchada- Camaná*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Gutiérrez Solano, M. S. (2019). *Diseño del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de la Comunidad de Villa Sol, Distrito de Grocio Prado, Provincia de Chincha, Departamento de Ica y su Incidencia en la Condición Sanitaria de la Población- 2019*. Ayacucho: Universidad Católica los Ángeles Chimbote
- Medina Ramírez, C. C., & Hernández Moreno, C. A. (2018). *Análisis de alternativas no convencionales para la recolección, transporte y tratamiento de las aguas residuales que se generan en el sector rural, caso de estudio Nuevo-Calera*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

Montero, L., & García, J. (2017). *Panorama multidimensional del desarrollo urbano en América Latina y el Caribe*. Recuperado de

<https://www.cepal.org/es/publicaciones/41974-panorama-multidimensional-desarrollo-urbano-america-latina-caribe>

Rengifo Alayo, D. A., & Safora Herrera, R. A. (2017). *Propuesta de Diseño de un Sistema de Alcantarillado y/o Unidades Básicas de Saneamiento en la Localidad de Carhuacocha, Distrito de Chilia-Pataz-La Libertad, 2017*. La Libertad: Universidad Privada del Norte

Baena Paz, G. (2017). *Metodología de la investigación* (Tercera edición ed.). México: Patria.

Lazo Sandoval., E. M. (2016), *Aplicación de softwares libres en Sistemas de Alcantarillado Sanitario en Nicaragua, tomando como estudio de caso el Sistema de Alcantarillado Sanitario existente del Casco Urbano de la ciudad de Boaco en el periodo octubre 2015 a mayo 2016*. Nicaragua. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

Lentini, E. (2015). *El futuro de los servicios de agua y saneamiento en América Latina: Desafíos de los operadores de áreas urbanas de más de 300.000 habitantes*. Recuperado de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/El-futuro-de-los-servicios-de-agua-y-saneamiento-en-Am%C3%A9rica-Latina-Desaf%C3%ADos-de-los-operadores-de-%C3%A1reas-urbanas-de-m%C3%A1s-de-300000-habitantes.pdf>

Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2015). Recuperado de <http://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB2/Home/ambiente/saneamiento>

Perez, R. (2014). *Diseño y construcción de alcantarillado sanitario, pluvial y drenaje en carreteras*. Bogotá: ECOE

- Naciones Unidas. (2014) *La situación demográfica en el mundo,2014*. Recuperado de [https://www.un.org/en/development/desa/population/events/pdf/other/4/World%20Population%20Situation\\_2014\\_10%20key%20findings\\_es.pdf](https://www.un.org/en/development/desa/population/events/pdf/other/4/World%20Population%20Situation_2014_10%20key%20findings_es.pdf)
- Sampieri, R. H., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Martínez, M., Rico, L., Hernández Gómez, J. A., & Romero González, J. (2013). *Propuesta de diseño de una alcantarilla para disminuir las obstrucciones por residuos sólidos*. Universidad Autónoma de Ciudad de Juárez, 13.
- Cerquín Quispe, R. (2013). *Evaluación de la Red de Alcantarillado Sanitario del Jirón La Cantuta en la Ciudad de Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Carreras, J., Mejía Betancourt, A., Ruiz-Tagle, E., Ocampo, J. A., Uribe, E., & Pena, D. (2013). *Equidad e inclusión social en América Latina: Acceso universal al agua y el saneamiento. Serie Reflexiones sobre políticas sociales y ambientales, 2013/02*, Caracas: CAF. Retrieved from <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/611>
- Molinos-Senante, M., Hernández Sancho, F., & Sala Garrido, R. (2012). *Estado actual y evolución del saneamiento y la depuración de aguas residuales en el contexto nacional e internacional. Anales De Geografía De La Universidad Complutense, 32(1)*, 69-89. [https://doi.org/10.5209/rev\\_AGUC.2012.v32.n1.39309](https://doi.org/10.5209/rev_AGUC.2012.v32.n1.39309)
- Chulluncuy Camacho, Nadia Cristina (2011). *Tratamiento de agua para consumo humano. Ingeniería Industrial, (29)*,153-170. [fecha de Consulta 31 de Julio de 2021]. ISSN: 1025-9929. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428495008>

- Comisión Nacional del Agua. (2009). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento:Alcantarillado sanitario*.Coyoacán, México:Semarnat
- Empresa de servicios públicos de Medellín y Colombia . (2009). *Guía para el diseño hidráulico de Redes de Alcantarillado*. Medellín: EPM.
- NB 688(2007). *Reglamentos Técnicos de Diseño de Sistemas de Alcantarillado Sanitario y Pluvial*. Bolivia
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma OS.070 Redes de Aguas Residuales*. Lima
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma OS.100 Consideraciones Básicas de Diseño de Infraestructura Sanitaria*. Lima
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma IS.010 Instalaciones Sanitarias para Edificaciones*. Lima
- CEPIS. (2005). *Guías para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado*. Lima: COSUDE.
- Salkind, N. (1999). *Métodos de investigación*. México: 3ª Edición, Editorial Prentice Hall.

## ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Operacionalización

Variable Independiente	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Ítem
El sistema de alcantarillado sanitario del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito de Chincha Alta	Engloba al conjunto de tuberías y componentes estructuras de recibir, evacuar, conducir y disponer las aguas residuales domésticas, de establecimientos comerciales y pequeñas plantas industriales;	Diseño hidráulico	Hidráulicas del sistema	Norma OS.070 Norma OS.0100 Guía de alcantarillado sanitario	Modelamiento hidráulico del sistema, basados en simulaciones dinámicas
		Métodos de diseño	Red de distribución		
		Dimensión estructural	Caudal de diseño Propiedades		
Variable Dependiente	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Ítem
Impacto ambiental en el sistema de alcantarillado sanitario	Efecto que produce la contaminación por aguas residuales al suelo y ríos	Costo - socioeconómico	Desarrollo sostenible	Programa de Adecuación y Manejo Ambiental	Mejoramiento del sistema de alcantarillado sanitario
		Enfermedades	Impacto económico		

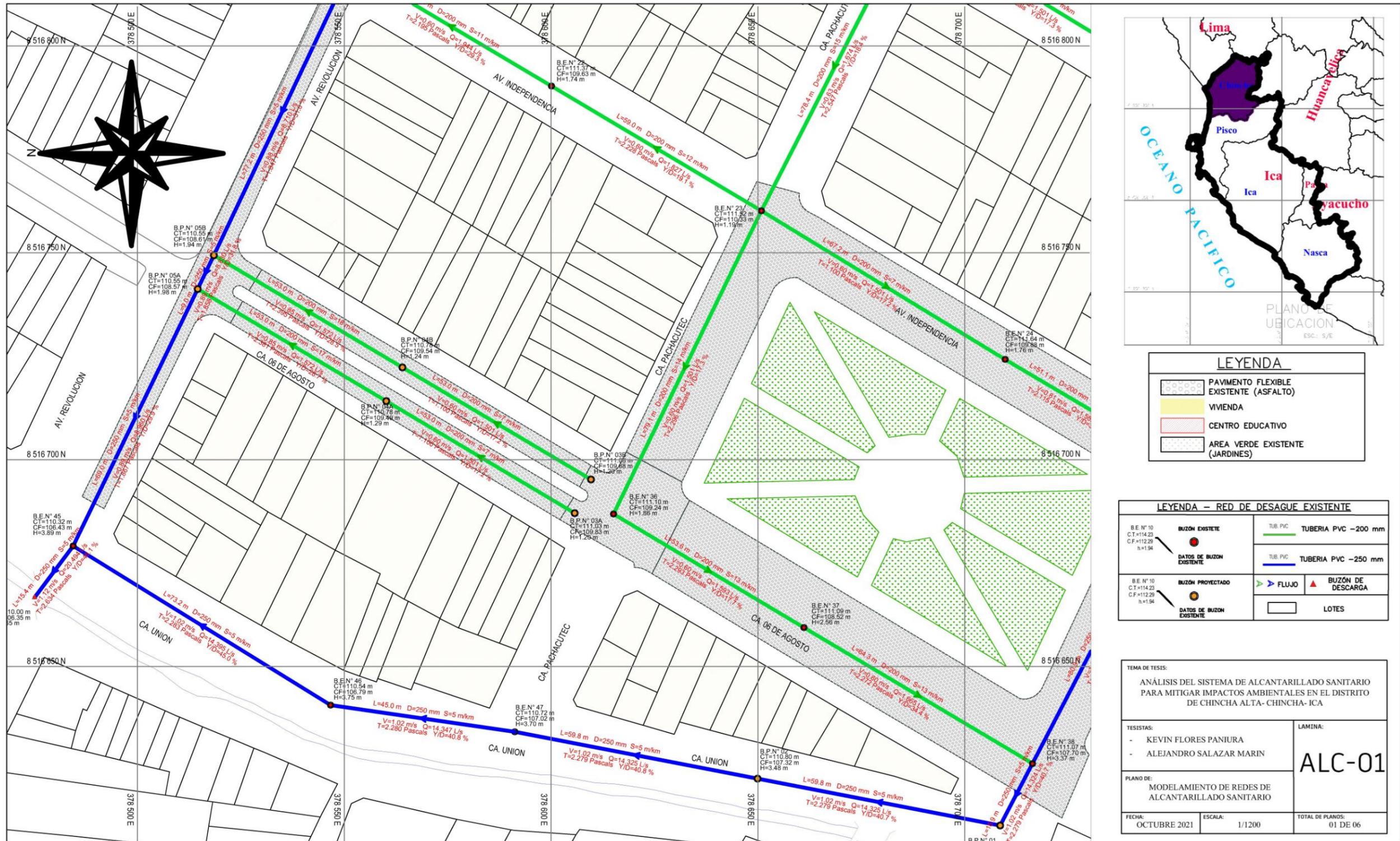
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2: Matriz de Consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Dimensión	Indicador	Técnicas e Instrumentos
¿Cómo analizar el sistema de alcantarillado sanitario para mitigar impactos ambientales en el Centro Poblado Túpac Amaru del distrito de Chincha Alta- Chincha- Ica?	Realizar el análisis del sistema de alcantarillado sanitario para mitigar impactos ambientales en el Centro Poblado Túpac Amaru del distrito de Chincha Alta – Chincha- Ica	Se analizará a partir de los parámetros hidráulicos del sistema de alcantarillado sanitario del distrito Chincha Alta, mediante la modelación del software SewerGEMS permitiendo mostrar simulaciones dinámicas para solución de los tramos críticos y así mitigar el impacto ambiental en el distrito.			<b>Técnicas:</b> La presente investigación se desarrolla usando las técnicas de observación directa y recolección de información a través de expedientes técnicos de la zona de estudio, de artículos y revistas del diseño de sistemas de alcantarillado sanitario, tomando como referencia la guía para el diseño hidráulico de redes de alcantarillado tal como exigen las regulaciones de la SUNASS.
<b>Problema Específico</b>	<b>Objetivo Específico</b>	<b>Hipótesis Específicas</b>		<b>Caudal</b>	
¿Cuáles son las características topográficas del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito de Chincha Alta?	Caracterizar la topografía del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito de Chincha Alta	Las características topográficas de Chincha Alta son la presencia de terrenos planos con ligeras pendientes del 3% hacia el suroeste, cuyos sectores de centro poblado San José, Guzmán Barrios y Pueblo Joven de Tupac Amaru están emplazados entre zonas pampas y de valle costero.	Parámetros del sistema de alcantarillado sanitario	Diámetro de tubería	
¿Cuál es el caudal de aguas residuales del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito Chincha Alta?	Determinar el caudal de aguas residuales del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito de Chincha Alta.	El caudal de aguas residuales de aguas residuales del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito Chincha Alta están entre el rango de 20 l/s a 30 l/s.		Velocidad	<b>Instrumentos:</b> -Norma OS. 070 del año 2006 -Norma OS. 100 del año 2006 -Manual de Estudio Tarifario – (Servicio municipal de agua potable y alcantarillado de chincha S.A(SEMAPACH S.A.) – SUNASS - Planos topográficos del casco urbano de Chincha Alta - Autodesk Civil3D versión 2021 - Microsoft Excel 2019 - Google Earth - Software SewerGEMS CONNECT Edition Update 2 v10.02.01.04
¿Cuál es el diseño hidráulico estructural más adecuado de la red de alcantarillado sanitario del distrito de Chincha Alta?	Proponer el diseño idóneo de la red de alcantarillado sanitario del Centro Poblado Túpac Amaru del distrito de Chincha Alta.	El diseño óptimo se basará en la modelación matemática que proporcionará diámetros de tubería de 200 mm - 350 mm, con velocidades del flujo dentro del rango normativo O.S. 070 y OS.100		Tensión tractiva	

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3: Plano ALC 01- Modelamiento de redes de alcantarillado sanitario



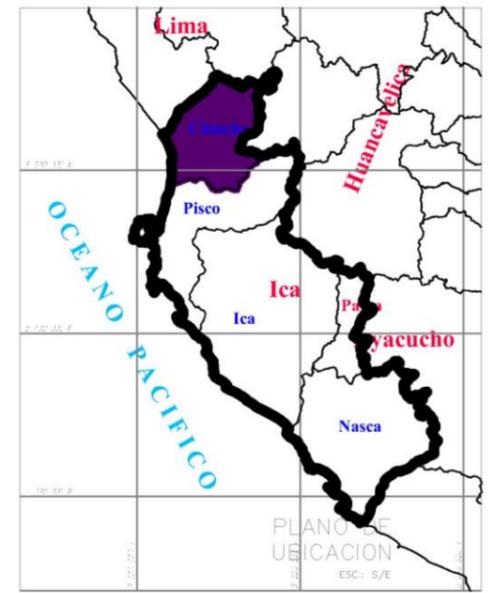
Fuente: Elaboración Propia usando el Software Autodesk Civil3D 2021

Anexo 4: Plano ALC 02- Modelamiento de redes de alcantarillado sanitario



Fuente: Elaboración Propia usando el Software Autodesk Civil3D 2021

Anexo 5: Plano ALC 03- Modelamiento de redes de alcantarillado sanitario



**LEYENDA**

	PAVIMENTO FLEXIBLE EXISTENTE (ASFALTO)
	VIVIENDA
	CENTRO EDUCATIVO
	AREA VERDE EXISTENTE (JARDINES)

**LEYENDA - RED DE DESAGUE EXISTENTE**

	BUZÓN EXISTENTE		TUBERIA PVC -200 mm
	DATOS DE BUZÓN EXISTENTE		TUBERIA PVC -250 mm
	BUZÓN PROYECTADO		FLUJO
	DATOS DE BUZÓN EXISTENTE		BUZÓN DE DESCARGA
			LOTES

**TEMA DE TESIS:**  
ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MITIGAR IMPACTOS AMBIENTALES EN EL DISTRITO DE CHINCHA ALTA- CHINCHA- ICA

**TESTISTAS:**  
- KEVIN FLORES PANIURA  
- ALEJANDRO SALAZAR MARIN

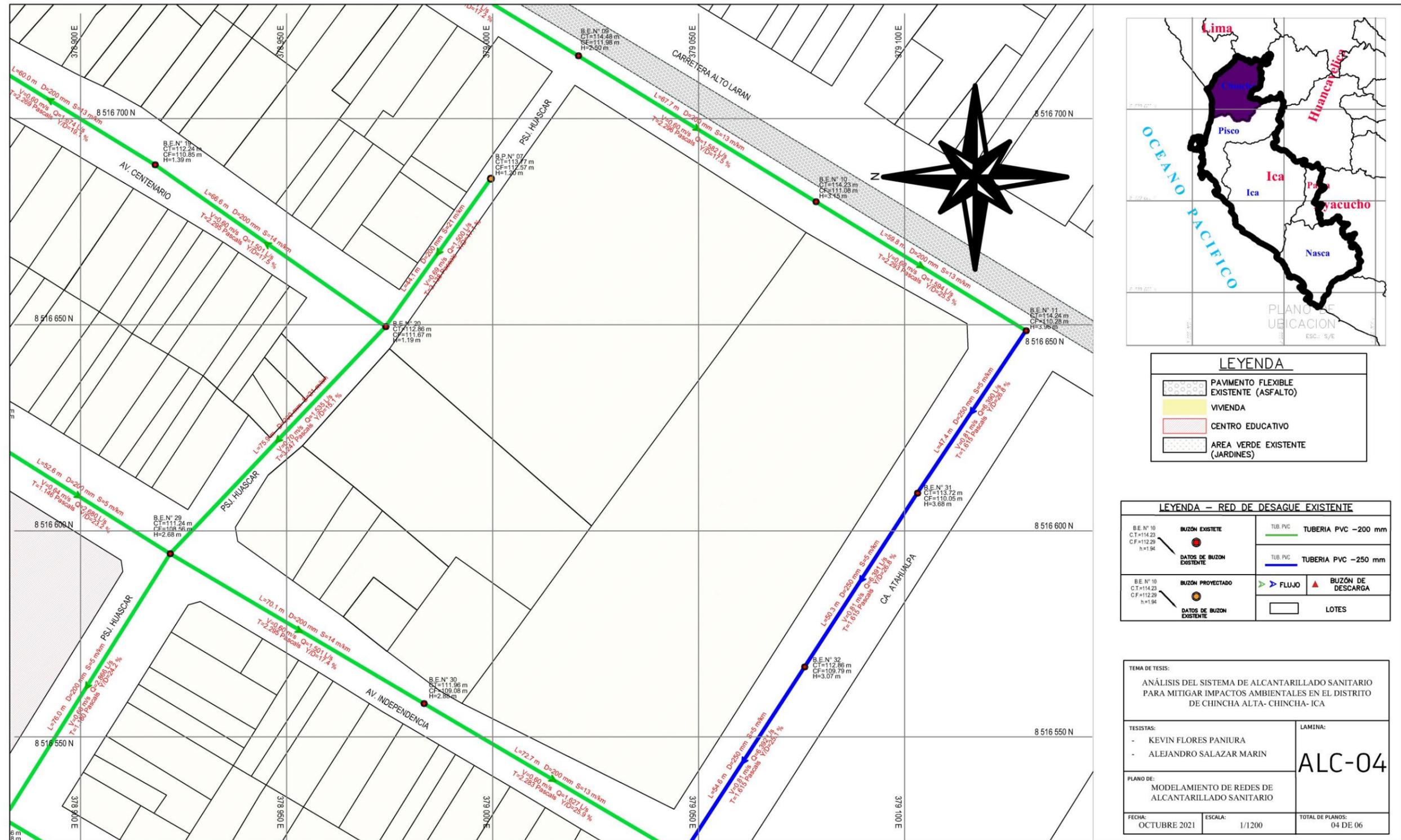
**LAMINA:**  
**ALC-03**

**PLANO DE:**  
MODELAMIENTO DE REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO

**FECHA:** OCTUBRE 2021    **ESCALA:** 1/1200    **TOTAL DE PLANOS:** 03 DE 06

Fuente: Elaboración Propia usando el Software Autodesk Civil3D 2021

Anexo 6: Plano ALC 04- Modelamiento de redes de alcantarillado sanitario



Fuente: Elaboración Propia usando el Software Autodesk Civil3D 2021

Anexo 7: Plano ALC 05- Modelamiento de redes de alcantarillado sanitario



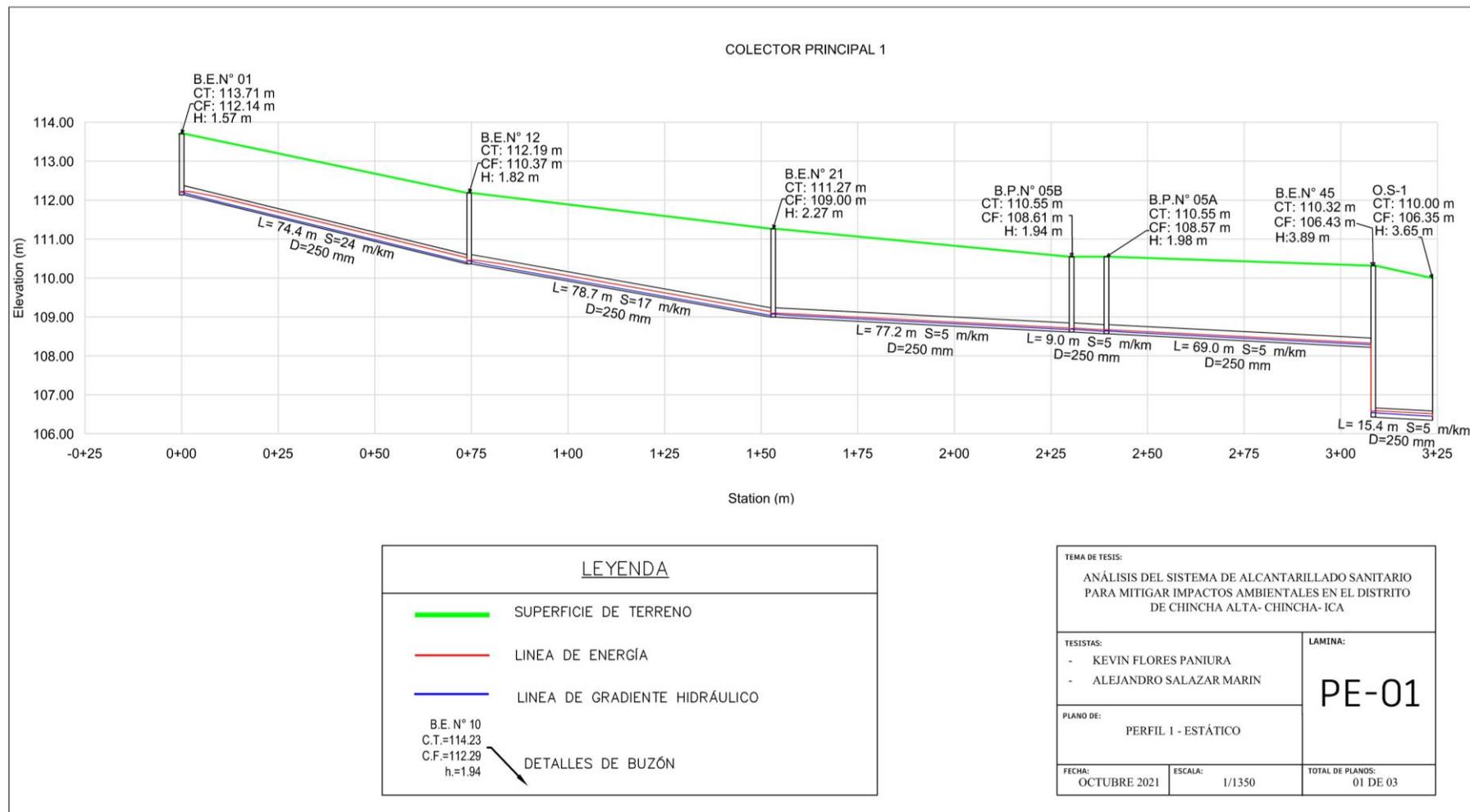
Fuente: Elaboración Propia usando el Software Autodesk Civil3D 2021

Anexo 8: Plano ALC 06 - Modelamiento de redes de alcantarillado sanitario



Fuente: Elaboración Propia usando el Software Autodesk Civil3D 2021

### Anexo 9: Plano PE 01- Perfil estático



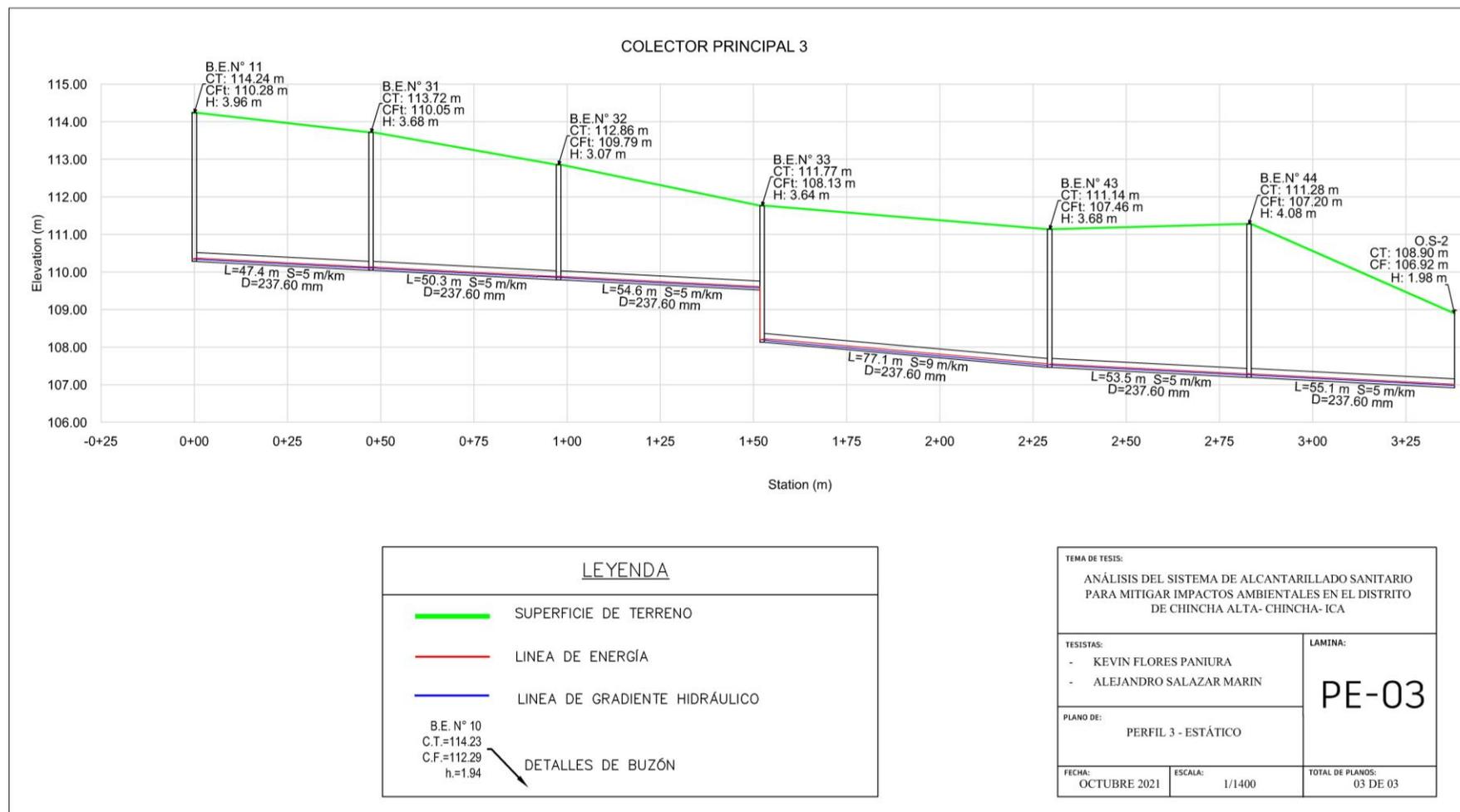
Fuente: Elaboración Propia usando el Software Autodesk Civil3D 2021

### Anexo 10: Plano PE 02- Perfil estático



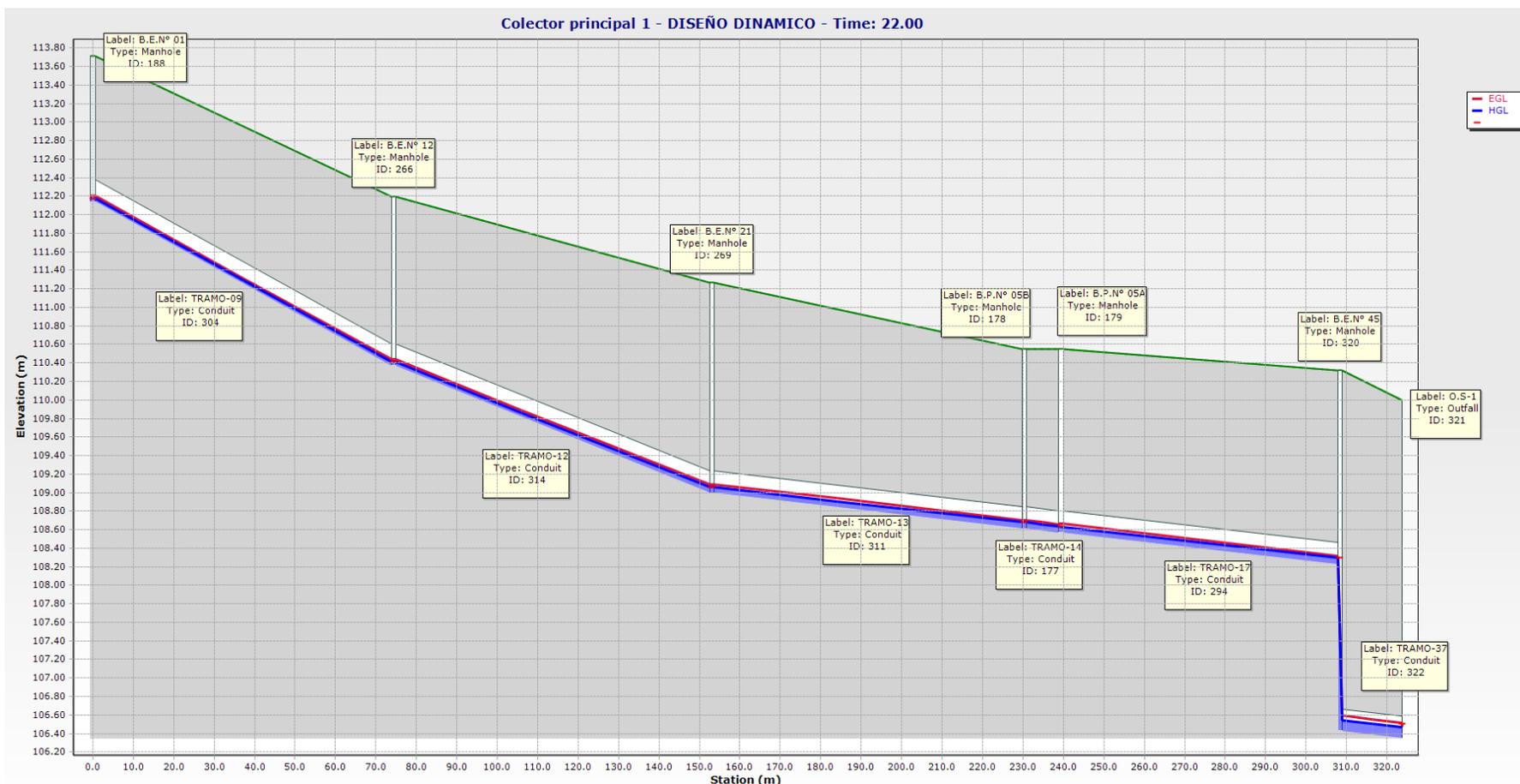
Fuente: Elaboración Propia usando el Software Autodesk Civil3D 2021

### Anexo 11: Plano PE 03- Perfil estático



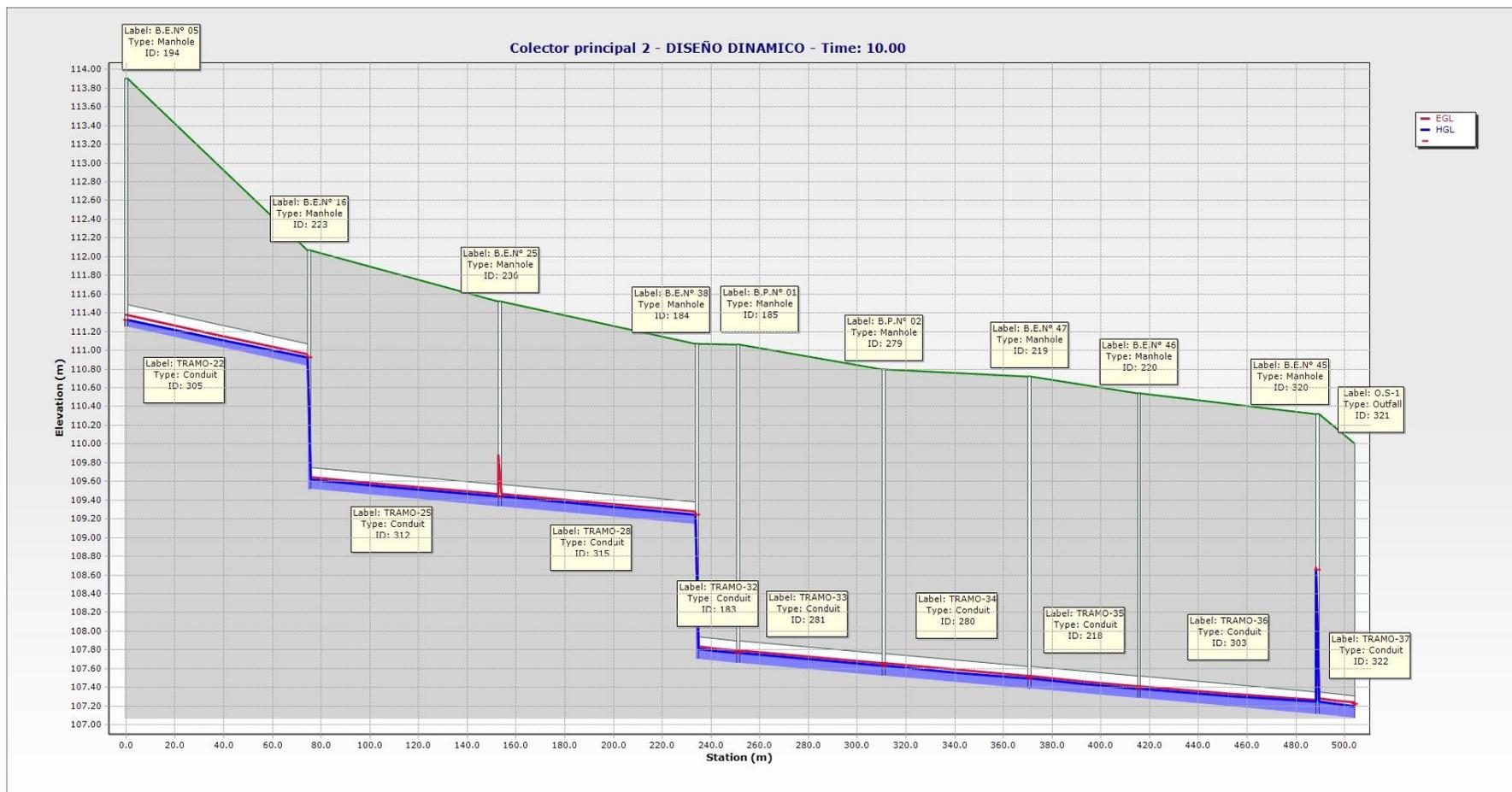
Fuente: Elaboración Propia usando el Software Autodesk Civil3D 2021

### Anexo 12: Perfil dinámico del colector principal 1.



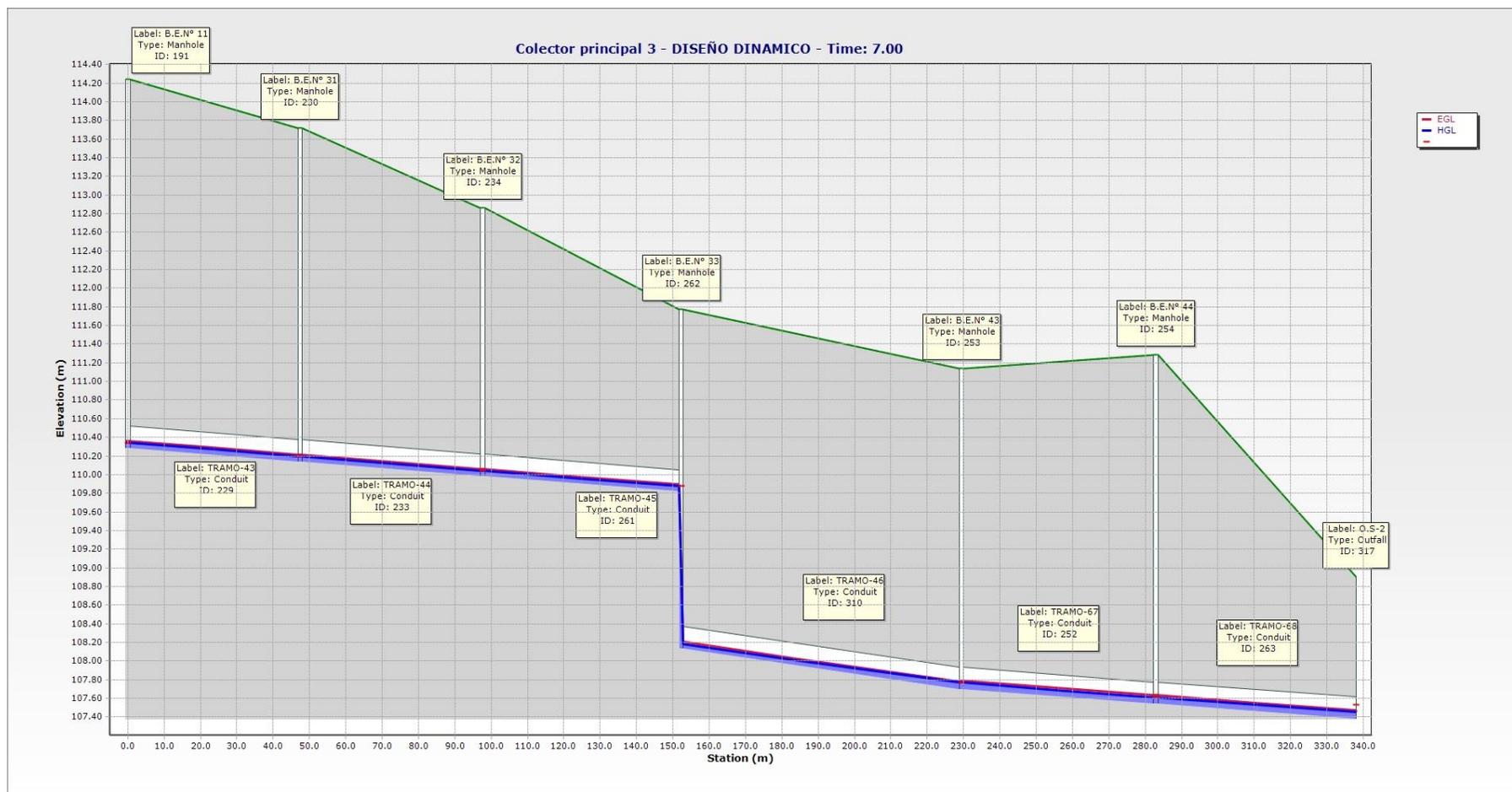
Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

### Anexo 13: Perfil dinámico del colector principal 2.



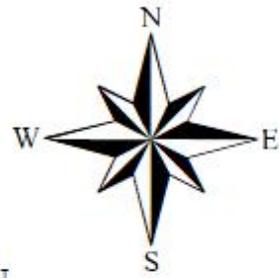
Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

### Anexo 14: Perfil dinámico del colector principal 3.

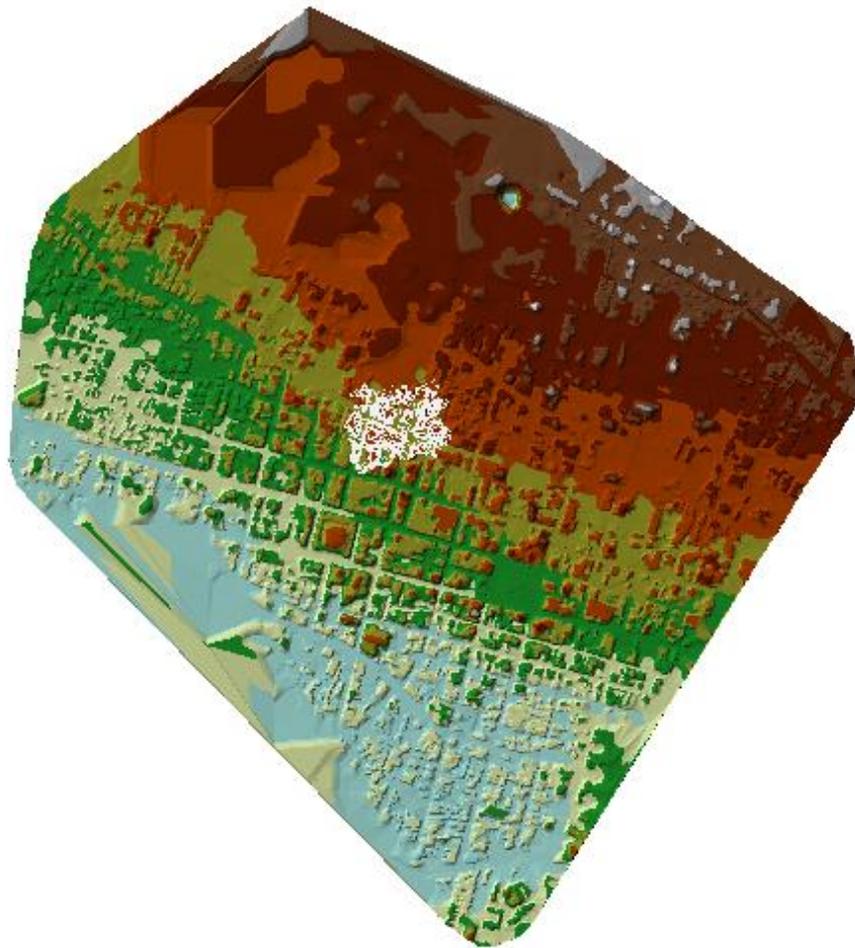


Fuente: Elaboración Propia usando el Software SewerGEMS v10.02.01.04

Anexo 15: Topografía del Centro Poblado Túpac Amaru.



SUPERFICIE DEL CENTRO POBLADO TÚPAC AMARU  
DISTRITO DE CHINCHA ALTA



**Leyenda**

TIN	109.556 - 112.278	98.667 - 101.389
Edge type	106.833 - 109.556	95.944 - 98.667
Hard Edge	104.111 - 106.833	93.222 - 95.944
Elevation	101.389 - 104.111	90.5 - 93.222
	112.278 - 115	



Fuente: Elaboración Propia usando el Software ArcGIS 10.8.

Anexo 16: Carta N° 388-2021-EPS SEMAPACH S.A./G.G./G.I.P.O.

**EPS SEMAPACH S.A.**



"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ: 200 AÑOS DE INDEPENDENCIA"

Chincha Alta, 29 de octubre de 2021

CARTA N° 388-2021-EPS SEMAPACH S.A./G.G./G.I.P.O.  
SEÑOR:  
**ALEJANDRO DANIEL SALAZAR MARÍN**  
alejandro.salazar@urp.edu.pe

**ASUNTO:** FACILIDAD DE ACCESO A EXPEDIENTES TÉCNICOS DE LOS AÑOS 2020 Y 2021  
**REFERENCIA:** CARTA N° 006-2021-SMAD

De mi especial consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, para comunicarle en atención al documento de referencia, en el cual se nos solicita el acceso a la información de los EXPEDIENTES TÉCNICOS (formato físico y/o digital) elaborados y revisados por la EPS SEMAPACH S.A. en el periodo 2020-2021 en la ciudad de Chincha Alta. La **GERENCIA DE INGENIERÍA, PROYECTOS Y OBRAS** se complace en brindar **ACCESO Y AUTORIZACIÓN** al BACHILLER ALEJANDRO DANIEL SALAZAR MARÍN para el uso de la documentación el cual tendrá únicamente un fin académico y descriptivo, y se hará uso responsable de ella

Asimismo, indicarle que toda documentación deberá ser presentada por mesa de partes virtual de la EPS SEMAPACH S.A. [mesadepartes@epssemapach.com.pe](mailto:mesadepartes@epssemapach.com.pe)

*Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para expresarles los sentimientos de mi especial consideración y estima personal*

Atentamente,

Ing. Jesus Artemio Ore Ccapali  
GERENTE DE INGENIERIA  
PROYECTOS Y OBRAS  
EPS SEMAPACH S.A.



Calle Rosario N° 248,  
Chincha Alta, Chincha, Ica  
(056) 261388  
[www.epssemapach.com.pe](http://www.epssemapach.com.pe)

Fuente: EPS SEMAPACH S.A.