



UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO TÉCNICO DE RED SANITARIA Y PRESUPUESTO
PARA DISTRITO GUBERNAMENTAL GARABITO**

FABIOLA JOSÉ CORDERO RODRÍGUEZ

HEREDIA, 7 DE MAYO DEL 2021



TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: “***Diseño técnico de red sanitaria y presupuesto para Distrito Gubernamental Garabito***”, por el (la) estudiante: Fabiola José Cordero Rodríguez, fue aprobada por el Tribunal Examinador de la carrera de **Ingeniería Civil** de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en **Ingeniería Civil**:

Alberto González Solera

Tutor

Leonardo Moya González

Lector

Giovanni Arguedas Morales

Representante



COMITÉ ASESOR

Ing. Alberto González Solera

Tutor

Ing. Leonardo Moya González

Lector

Ing. Giovanni Arguedas Morales

Representante



CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR TUTOR DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD PROYECTO DE GRADUACIÓN

Heredia, 7 de mayo del 2021

Sres. Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado Diseño técnico de red sanitaria y presupuesto para Distrito Gubernamental Garabito elaborado por la estudiante: Fabiola Cordero Rodríguez, como requisito para que el citado estudiante pueda optar por Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,

**ALBERTO
GONZALEZ
SOLERA
(FIRMA)**

Firmado digitalmente
por ALBERTO
GONZALEZ SOLERA
(FIRMA)
Fecha: 2021.05.07
09:29:08 -06'00'

**Esp. Ing. Alberto González Solera
IC-16251
Consultor Ambiental CI-232-2015-SETENA
Fiscal de Inversión CFIA/ Perito Poder Judicial.**

CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL LECTOR DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Heredia, 5 de mayo de 2021

Sres. Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
SD

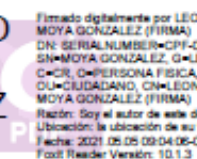
Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado Diseño técnico de red sanitaria y presupuesto para Distrito Gubernamental Garabito elaborado por la estudiante: Fabiola Cordero Rodríguez, como requisito para que el citado estudiante pueda optar por Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,

LEONARDO
MOYA
GONZALEZ
(FIRMA)

A large, stylized, semi-transparent watermark of the letter 'P' is visible in the background of the signature area.

Firmado digitalmente por LEONARDO
MOYA GONZALEZ (FIRMA)
DN: SERIALNUMBER=CPF-01-0406-0491,
SN=MOYA GONZALEZ, G=LEONARDO,
C=CR, O=PERSONA FISICA,
OU=CJUDAGANS, CN=LEONARDO
MOYA GONZALEZ (FIRMA)
Razón: Soy el autor de este documento
Ubicación: la ubicación de su firma aquí
Fecha: 2021.05.05 09:04:06-0600
Foxit Reader Versión: 10.1.3

Ing. Leonardo Moya González

104060491

San José, 12 de mayo de 2021

Universidad Latina de Costa Rica
Facultad de Ingenierías y Tecnologías de la Información
Escuela de Ingeniería Civil
Tribunal Examinador de Trabajos Finales de Graduación

Estimados(as) señores(as):

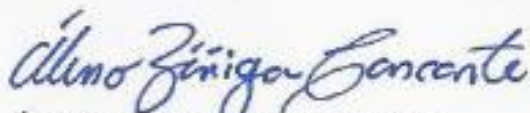
Por medio de la presente hago constar que yo, Álvaro Esteban Zúñiga Cascante, cédula 1-1398-0237, filólogo, miembro activo de ACFIL bajo el número de carné 139, doy fe de haber corregido exhaustivamente el Trabajo Final de Graduación para optar por el grado académico de licenciatura en Ingeniería Civil denominado *Diseño técnico de red sanitaria y presupuesto para Distrito Gubernamental Garabito*, el cual estuvo a cargo de Fabiola Cordero Rodríguez, cédula 1-1524-0873.

Para dicha corrección se contemplaron los siguientes aspectos:

1. Lexicografía, morfología, fondo y forma en su totalidad.
2. Uso correcto de las preposiciones.
3. Usos lingüísticos de los signos de puntuación, interrogación y exclamación.
4. Solecismos, cacofonías, anfibologías, monotonía del lenguaje, redundancias, pleonasmos y ortografía.

Por tanto, doy fe de que este proyecto contiene un fondo claro y preciso de la propuesta expresada en este, con ideas correctas que mantienen el hilo conductor a lo largo del documento.

Atentamente,



Álvaro Esteban Zúñiga Cascante

Filólogo

Céd. 1-1398-0237

ACFIL 139

Colypro: 90958

“Carta autorización del autor (es) para uso didáctico del Trabajo Final de Graduación”

Vigente a partir del 31 de Mayo de 2016, revisada el 24 de Abril de 2020

Instrucción: Complete el formulario en PDF, imprima, firme, escanee y adjunte en la página correspondiente del Trabajo Final de Graduación.

Yo (Nosotros):

Escriba Apellidos, Nombre del Autor(a). Para más de un autor separe con " ; "

Cordero Rodríguez, Fabiola

De la Carrera / Programa:

autor(es) del trabajo final de graduación titulado:

Licenciatura en Ingeniería Civil

Diseño técnico de red sanitaria y presupuesto para Distrito Gubernamental Garabito.

Autorizo (autorizamos) a la Universidad Latina de Costa Rica, para que exponga mi trabajo como medio didáctico en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI o Biblioteca), y con fines académicos permita a los usuarios su consulta y acceso mediante catálogos electrónicos, repositorios académicos nacionales o internacionales, página Web institucional, así como medios electrónicos en general, Internet, intranet, DVD, u otro formato conocido o por conocer; así como integrados en programas de cooperación bibliotecaria académicos, que permitan mostrar al mundo la producción académica de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido.

De acuerdo a lo dispuesto en la Ley No. 6683 sobre derechos de autor y derechos conexos de Costa Rica, permita copiar, reproducir o transferir información del documento, conforme su uso educativo y debiendo citar en todo momento la fuente de información; únicamente podrá ser consultado, esto permitirá ampliar los conocimientos a las personas que hagan uso, siempre y cuando resguarden la completa información que allí se muestra, debiendo citar los datos bibliográficos de la obra en caso de usar información textual o paráfrasis de la misma.

La presente autorización se extiende el día (Día, fecha) **jueves, 29** del mes **abril** de año **2021** a las **19:00** . Asimismo doy fe de la veracidad de los datos incluidos en el documento y eximo a la Universidad de cualquier responsabilidad por su autoría o cualquier situación de perjuicio que se pudiera presentar.

Firma(s) de los autores

Según orden de mención al inicio de ésta carta:



Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios, por permitirme lograr llegar hasta aquí a pesar del tiempo.

Agradezco profunda y eternamente a mi papá, mamá y hermana, por estar presente durante toda mi carrera, por cada muestra de ayuda, aliento y apoyo, y por lo que me dieron con sabiduría. Sin las enseñanzas de paciencia y perseverancia no lo hubiera podido lograr.

A mi novio Diego y a su familia, por estar presentes y ayudarme en lo que pudieran, por todo el apoyo incondicional y la confianza que depositan en mí, el acogerme como parte de su familia es invaluable.

A todos mis compañeros, colegas y profesores que sacaron de su tiempo para instruirme, ayudarme o enseñarme... siempre lo tendré muy presente.

Y, por último, pero no menos importante, a mi mejor amiga Karen, por siempre estar presente para escucharme, ayudarme y sacarme una sonrisa en los momentos más difíciles, siempre estará para mí y siempre estaré para ella.

Resumen

El distrito Garabito, en Puntarenas, es un punto turístico con un crecimiento exponencial muy importante para el país. Esto conlleva, por un lado, abastecer a la población con agua potable y, por otro lado, canalizar las aguas residuales generadas y tratarlas para su desecho por medio de alcantarillados y plantas de tratamiento antes de ser vertidas a los cuerpos de agua o, si así se prefiere, ser reutilizadas en algunos casos. Todo ello de acuerdo con lo reglamentado por el gobierno.

En Puntarenas, se propone el proyecto innovador Alianza Público-Privada Distrito Gubernamental Garabito, el cual pretende trasladar todas las entidades gubernamentales a Quebrada Bonita, un sitio entre las localidades de Herradura y Jacó. Este proyecto requiere cumplir con la reglamentación de tratamiento de aguas residuales, por lo que es necesario un alcantarillado sanitario.

Lo anterior, además de cumplir con la normativa, proporciona beneficios al medio ambiente y a la localidad en general. Por ejemplo, reduce la contaminación en los cuerpos de agua y, también, disminuye el riesgo de inundaciones locales porque se estaría saturando menos los suelos y se controlaría el caudal que entraría a los ríos, ya que es una zona propensa a estos desastres naturales.

Por tanto, este trabajo final de graduación propone un diseño técnico del alcantarillado sanitario y su presupuesto para esta zona, siguiendo la normativa del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). Para tal fin, se realizan los cálculos necesarios con apoyo de un software computacional, todo esto con resultados beneficiosos para la región donde se desarrollará el proyecto.

Summary

The Garabito district, in Puntarenas, is a tourist spot with a very important and exponential growth for the country. This entails, on the one hand, supplying the population with drinking water and, on the other hand, channeling the wastewater generated and treating it for disposal through sewers and treatment plants before being discharged into bodies of water or, if thus it is preferred, to be reused in some cases. All in accordance with what is regulated by the government.

In Puntarenas, the innovative Garabito Government District Public-Private Alliance project is proposed, which aims to move all government entities to Quebrada Bonita, a site between the towns of Herradura and Jacó. This project requires compliance with wastewater treatment regulations, which is why a sanitary sewer system is necessary.

The above, in addition to complying with the regulations, provides benefits to the environment and the town in general. For example, it reduces pollution in water bodies and, also, reduces the risk of local floods because the soils would be less saturated and the flow that would enter the rivers would be controlled, since it is an area prone to these natural disasters.

Therefore, this final graduation work proposes a technical design of the sanitary sewer system and a cost estimate for its construction, following the regulations of the Costa Rican Institute of Aqueducts and Sewers (AyA). To this end, the necessary calculations are carried out with the support of computer software, all this with beneficial results for the region where the project will be developed.

Índice de contenidos

Introducción	1
A.1 Antecedentes	1
A.1.1 Descripción del proyecto	1
A.1.2 Historia.....	3
A.1.3 Ejemplos de alcantarillados sanitarios	7
A.2 Planteamiento del problema.....	7
A.3 Objetivo general.....	8
A.4 Objetivos específicos	8
A.5 Justificación	8
A.6 Alcances y limitaciones	11
A.7 Impacto.....	12
A.8 Hipótesis.....	12
Capítulo 1. Fundamentación teórica	14
Estudio técnico.....	14
1.1 Sistema de alcantarillado	14
1.1.1 Tipos de orígenes de aguas residuales.....	14
1.1.2 Tipos de sistemas de alcantarillados	15
1.2 Población de diseño.....	16
1.3 Periodos de diseño.....	18
1.3.1 Red terciaria o red general	18
1.3.2 Red secundaria (subcolectores) y red primaria (colectores)	18
1.3.3 Estaciones de bombeo	18

1.4	Dotaciones	18
1.5	Caudal de diseño	19
1.5.1	Aguas residuales ordinarias (Q_{paro}).....	19
1.5.2	Aguas residuales especiales tratadas o caudal promedio de agua residual especial tratada (Q_{pare})	19
1.5.3	Contribuciones externas (Q_{ext})	20
1.5.4	Aguas de infiltración (Q_{inf}).....	20
1.6	Capacidad de sistema	21
1.7	Dimensionamiento de tuberías	21
1.7.1	Clasificación de las tuberías.....	21
1.7.2	Velocidad en tuberías a gravedad o canal abierto.....	23
1.7.3	Tirante hidráulico máximo en tuberías a gravedad o canal abierto	23
1.7.4	Cálculo hidráulico en tuberías a gravedad o canal abierto	23
1.7.5	Continuidad de tuberías	24
1.7.6	Diámetro mínimo	24
1.7.7	Profundidad.....	25
1.7.8	Prevista.....	25
1.7.9	Resistencia de la tubería a cargas externas	25
1.7.9	Sifones.....	25
1.8	Pozos de registro	26
1.9	Canal de fondo de los pozos de registro.....	27
1.10	Criterios de diseño de alcantarillados sanitarios	28
1.11	Normas de construcción.....	29

1.11.1 Tuberías.....	29
1.11.2 Canal de fondo de pozos de registro	30
1.11.3 Previstas	31
1.11.4 Caja sifón	31
1.11.5 Uniones de tuberías.....	31
Capítulo 2. Marco metodológico	32
2.1 Paradigma	32
2.2 Definición del enfoque metodológico y método de investigación.....	33
2.2.1 Población y muestra, técnicas de muestreo.....	33
2.2.2 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	34
2.2.3 Técnicas e instrumentación para el procesamiento y análisis de los datos.....	36
2.3 Categorías de análisis de la investigación.....	38
Capítulo 3. Análisis de resultados.....	40
3.1 Procedimiento para el diseño	40
3.2 Distribución de áreas tributarias por tramos	41
3.3 Distribución de colectores.....	42
3.4 Memoria de cálculo.....	45
3.4.1 Población de diseño	45
3.4.2 Dotación	47
3.4.3 Caudales	47
3.5 Resumen de parámetros para diseño.....	50
3.6 Diseño de alcantarillado.....	51
3.7 Cálculos hidráulicos.....	53

3.8 Análisis de caudal y pendientes por ramal.....	65
3.9 Análisis de parámetros hidráulicos por ramal.....	72
3.10 Análisis de información para perfiles sanitarios	76
3.11 Detalle para pozos con una profundidad mayor a los 5.00 m.....	76
3.12 Modelo en el software SewerGEMS.....	78
Capítulo 4. Propuesta	82
4.1 Resultados del diseño.....	82
4.2 Red de dirección de aguas residuales.....	82
4.3 Presupuesto	83
Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones	88
5.1 Conclusiones	88
5.2 Recomendaciones	88
Referencias bibliográficas.....	90
Anexos	94
Anexo A. Tablas de contenido mínimo de información de diseño.....	94
Anexo B. Especificaciones de tubería SDR-41	97
Glosario.....	98

Índice de figuras

Figura 1. Distrito Gubernamental Garabito. ..	1
Figura 2. Ubicación del proyecto.....	2
Figura 3. Relieve aproximado de la zona del proyecto.....	3
Figura 4. Mapa de amenazas y peligros naturales del cantón de Garabito.	10
Figura 5. Ubicación de tuberías y previstas domiciliarias.	30

Figura 6. Pozos, tramos y área de lotes de una sección de APP Distrito Gubernamental Garabito.	41
Figura 7. Distribución de colectores y ruta de aguas sanitarias.	42
Figura 8. Pozos y tramos de una sección de APP Distrito Gubernamental Garabito.	51
Figura 9. Identificación de calles para referencia en perfiles.	52
Figura 10. Ejemplo de perfil con diseño de pozos y tuberías.	52
Figura 11. Detalle típico del acero de refuerzo para pozo de registro sanitario.	77
Figura 12. Función de analizar el modelo de red de alcantarillado sanitario.	78
Figura 13. Modelo generado en SewerGEMS.	79
Figura 14. Asignación de constantes al modelo en SewerGEMS.	79
Figura 15. Asignación de constantes al modelo en SewerGEMS.	80
Figura 16. Asignación de constantes a los pozos en SewerGEMS.	80
Figura 17. Asignación de constantes a los tramos en SewerGEMS.	81
Figura 18. Especificaciones de tubería PVC SDR-41.	97

Índice de tablas

Tabla 1	17
Tabla 2	20
Tabla 3	22
Tabla 4	23
Tabla 5	24
Tabla 6	27
Tabla 7	27

Tabla 8	28
Tabla 9	34
Tabla 10	38
Tabla 11	43
Tabla 12	46
Tabla 13	46
Tabla 14	46
Tabla 15	50
Tabla 16	54
Tabla 17	59
Tabla 18	66
Tabla 19	73
Tabla 20	83
Tabla 21	83
Tabla 22	84
Tabla 23	87

Introducción

A.1 Antecedentes

A.1.1 Descripción del proyecto

El proyecto nace a raíz de la Alianza Público-Privada (APP) entre la Municipalidad de Garabito y el Grupo Empresarial Quebrada Bonita Desarrolladores, cuyo objetivo es impulsar el desarrollo del primer Distrito Gubernamental del país que incluirá un Cen-Cinai, un Tribunal de Justicia, entre otros. De este modo, el actual centro de Jacó se trasladará a esta nueva localidad.



Figura 1. Distrito Gubernamental Garabito. Fuente: Quebrada Bonita Desarrolladores, 2017.

Su ubicación es:

- Provincia: Puntarenas
- Cantón: Garabito
- Distrito: Jacó

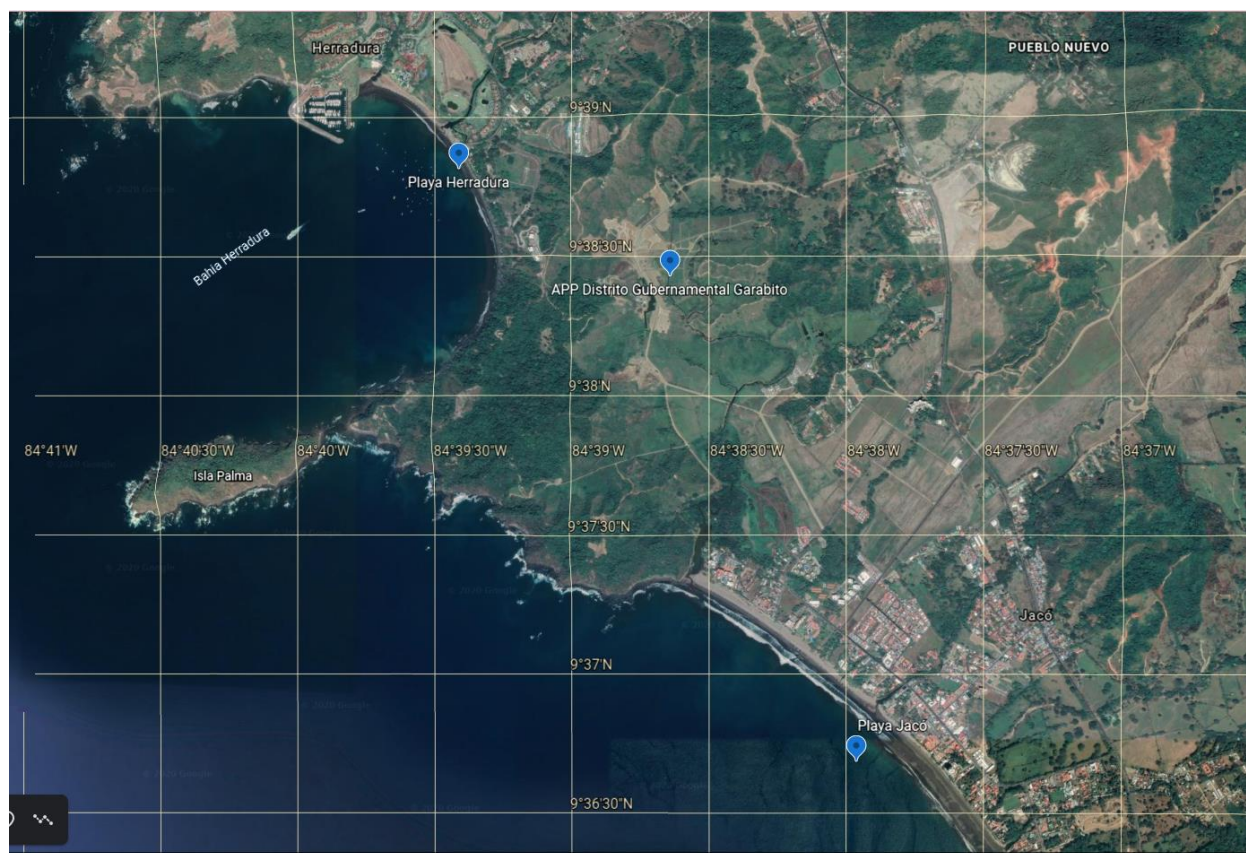


Figura 2. Ubicación del proyecto. Fuente: Google Earth, 2020.

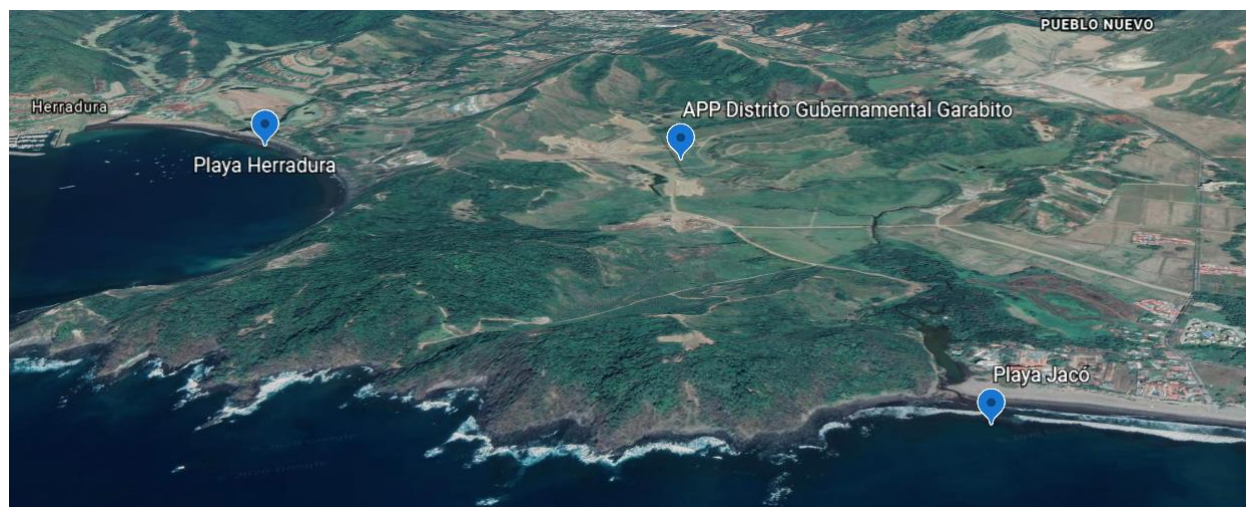


Figura 3. Relieve aproximado de la zona del proyecto. Fuente: Google Earth, 2020.

A.1.2 Historia

De acuerdo con McIntosh, J. R. (2002) las primeras redes de alcantarillado sanitario datan de los años 4000-3000 a.C. en una civilización del valle del Indo, en India. Al respecto, es oportuno señalar que en este contexto no se trataban las aguas, solo se canalizaban para que llegaran a pozos sépticos; sin embargo, dichas alcantarillas poseían aberturas a intervalos para su limpieza.

Por su parte, los romanos diseñaron un alcantarillado un poco más evolucionado, cubierto por piedras, similar a los drenajes modernos. La evacuación de las letrinas se realizaba hacia el sistema de alcantarillado principal y, posteriormente, mediante un canal central, hacia un río o arroyo cercanos. Ahora bien, el segmento más sofisticado del sistema de alcantarillado romano fue la Cloaca Máxima cubierta, el colector más grande entre los diversos colectores de aguas residuales, considerada una de las obras maestras del mundo antiguo.

La Cloaca Máxima fue construida, en primera instancia, como un canal de agua dulce abierto; no obstante, alrededor de los siglos II y I a.C. se convirtió en un monumental túnel subterráneo con paredes de toba y bóvedas. De este modo, proporcionó el drenaje necesario para la creación del Foro Romano y “se convirtió en la pieza central de una red de saneamiento que brindó servicios de higiene a las colinas alrededor de Roma” (AQUAE FUNDACIÓN, 2017 (parr.4)).

En general, a lo largo de la historia, la construcción de redes de alcantarillado ha respondido a la necesidad de alejar las aguas residuales de la población, con el fin de evitar enfermedades o

epidemias de cólera y tifoidea, las cuales azotaron Europa en el siglo XIX y provocaron muertes en distintas localidades. Londres, una de las ciudades afectadas, fue de las primeras en construir alcantarillados sanitarios en la época actual, a raíz de una idea errónea. Las personas consideraban que el olor penetrante de los residuos humanos no tratados y vertidos al Támesis, episodio conocido como “el Gran Hedor” o “la Gran Peste”, era la causa de infecciones.

Sin embargo, lo que sucedía realmente era que Londres tenía su suministro de agua “potable” de pozos de manantiales del Támesis; además, se introdujeron los inodoros que saturaron más los pozos negros, de modo que rebosaban y contaminaban las calles de la ciudad. Por estas razones, la *Metropolitan Board of Works* aprobó, en 1859, la primera construcción de alcantarillado sanitario.

A su vez, se impulsaba remover los contaminantes que podían afectar el cuerpo de agua. Por ejemplo, la contaminación de grandes ríos generaba pérdida de flora y fauna en Europa y Estados Unidos, por lo que las aguas residuales no se vertían al río, sino que primero se usaban para regar cultivos y, luego, se trataban para ser vertidas. Al inicio se empleaban tratamientos físicos, ya que los primeros tratamientos biológicos surgieron a mediados del siglo XIX con los filtros percoladores; por su parte, los lodos activados, desarrollados inicialmente por Adern y Locket, aparecieron en 1914 en Inglaterra.

A.1.2.1 Historia nacional

La población costarricense, como es sabido, no tiene una historia en el ámbito de la construcción, como la de Roma desde los siglos II y I a.C. La historia data a partir del siglo XVI, en periodo del inicio de la conquista, antes de esto, los habitantes se abastecían de nacientes y ríos. Entrado el siglo XVI el manejo del recurso hídrico cambió con su uso desmedido y sin cuidado alguno.

Desde principios del siglo XVII, principalmente en Cartago, el uso de la acequia era la forma de abastecimiento (Vargas, 2001 y Angulo, 2013). La acequia es un sistema de canalización de agua que consiste en excavar un canal paralelo a un río o quebrada y revestirlo con piedra bola o papa para facilitar su flujo.

A principios del siglo XX se empezó a construir cloacas en San José, Cartago, Alajuela y Heredia, durante el gobierno de Cleto González. Se construyeron plantas de tratamiento,

basadas en principios de tratamiento físico (sedimentadores primarios y tanques sépticos) y en algunos casos filtros percoladores. Las plantas quedaron en desuso y fueron abandonadas con el tiempo (Centeno, 2017, p.16).

Las acequias brindaron al Valle Central el recurso hídrico necesario para consumo, pero la debilidad del saneamiento llevó a los ciudadanos a realizar acciones en contra de su misma higiene, por ejemplo: disposición de excretas humanas y animales, desechos sólidos orgánicos, etc.

Los ciudadanos de todo el país, además de tomar el agua de las acequias, se bañaban, lavaban ropa y hacían sus necesidades fisiológicas ahí mismo. El problema acentuado con más de 300 años vino a complicarse aún más con el desarrollo urbano y la instalación de letrinas y excusados, muchas veces, sobre las acequias, lo que generó y aumento epidemias de enfermedades transmitidas en el agua.

En 1865 se empezaron a construir los tanques para la cañería capitalina que se inauguró el domingo 25 de octubre de 1868 y la cual fue terminada en 1869. En Heredia, la cañería no entró en operación sino hasta 1910, casi 30 años después del primer intento en construirla (Angulo, 2013, p.7).

En este devenir, uno de los impulsores del proceso de saneamiento fue el doctor Solón Núñez. Justamente, en 1927, el doctor Núñez fue nombrado el primer ministro de Salubridad Pública, cargo que ocuparía hasta 1936 y, luego también, entre 1943 y 1948 (Jiménez, 2010, p.74). Por otro lado, el ingeniero Elías Rosales destacó que, durante los años de 1980, encontró planos de 1920 de la ciudad de Cartago, con lo cual documenta que en ese entonces ya tenía alcantarillado y sistema para el tratamiento de sus aguas residuales (Angulo, 2013, p.7).

Los casos de enfermedades atendidos y potenciales llevaron al desarrollo del alcantarillado sanitario, construido principalmente por las municipalidades de Alajuela, Heredia, Cartago y San José, con el apoyo de los gobiernos de turno y algunos benefactores. Durante las primeras décadas del siglo XX, se construyeron los alcantarillados sanitarios de estos lugares con descargas de aguas residuales en los ríos y algunos tanques tipo Imhoff (Angulo, 2013, p.7).

Los primeros colectores sanitarios instalados fueron importados de Bélgica, estos eran contruidos de alcarraza vitrificada. Posteriormente, se desarrolló el modo de confección en el país

y se continuó con la producción de colectores sanitarios de este material. Sin embargo, la acidez y otros factores, como concentraciones de gas por las mismas aguas, facilitaron la corrosión y daño en las uniones de colectores.

Tras la creación del Servicio Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SNAA, 1961), hoy día Instituto Costarricenses de Acueductos y Alcantarillados (AyA), el país trató de retomar y recuperar los sistemas de alcantarillado sanitario, iniciando con personal dedicado al mantenimiento de las redes e impulsando el crecimiento vegetativo de este.

Sin embargo, la falta de operación y mantenimiento permitió que sistemas como los de Heredia, Cartago y San José colapsaran, y hasta el día de hoy los antiguos tanques Imhoff no son más que una historia que contar, pues quedaron como drenajes abiertos para canalizar las aguas a la cuenca de los ríos Tárcoles, Reventazón y otros cuerpos de agua superficial.

Toda esta canalización de aguas a las cuencas de los ríos anteriormente enunciadas genera, según Mora, D (2013):

El arrastre de contaminantes, y las descargas de agua residual, hacen que cinco playas no sean aptas para bañistas: Quepos, Azul, Tárcoles, Portete y el Balneario municipal de Limón. Por su parte, 27 están en riesgo sanitario debido a las descargas de agua residual: Brasilito, Manzanillo, Sámará y Carrillo en Guanacaste; Pochote, Tambor, El Roble, Doña Ana, Uvita, Blanca-Jiménez, Esterillos, Hermosa, La Macha-Tulemar y Puntarenas en esa provincia, Manzanillo de Limón y Cieneguita en el Caribe. Sin embargo, las playas con el riesgo más alto de contaminación sanitaria son El Coco y Tamarindo en Guanacaste, Jacó, Espadilla, Mantas de Punta Leona, Herradura, Montezuma, Piuta y Puerto Viejo (Mora, 2013, p.10).

Para empezar a dar solución a toda esta problemática arrastrada durante años, el reciente proyecto de saneamiento de San José (2010), es una respuesta del AyA para combatir la contaminación que produce todas las aguas residuales no tratadas. La gran obra de AYA se construyó cerca de La Carpía, y tendrá una capacidad de cerca de 3,5 m³/s, sirviendo a una población de más de un millón de habitantes de la capital. Otras ciudades como Alajuela, Heredia y Cartago tienen también sus planes para el desarrollo de alcantarillado sanitario para su cantón central (Centeno, 2017 p. 16).

A.1.3 Ejemplos de alcantarillados sanitarios

En Costa Rica, el Alcantarillado Sanitario Área Metropolitana San José es un ejemplo de este tipo de estructuras en el país. Por otra parte, internacionalmente, países más desarrollados, como Londres, tienen un alcantarillado sanitario desde el siglo XIX. Por su parte, la localidad de Estocolmo, Suecia, generó un ecodistrito y una de sus finalidades es que parte del biogás, que produce una planta de tratamiento de aguas residuales, se reutilice como energía. A su vez, París posee una de las plantas de tratamiento más grandes de Europa, llamada Acheres en su época (1970); además, actualmente su sistema de alcantarillado está siendo renovado.

A.2 Planteamiento del problema

En términos generales, Costa Rica ha entrado en el proyecto de saneamiento ambiental, lo que implica también el saneamiento de aguas residuales, con el fin de no contaminar los cuerpos de agua que abundan en el país. En relación con esto, la Ley de Aguas (Ley No. 276, 1942), promulgada por el Congreso Constitucional en 1942:

Regula lo relacionado con las aguas de dominio público y privado, esta ley establece que las aguas de los ríos y sus afluentes directos e indirectos, desde el punto de la naciente hasta su desembocadura, son aguas de dominio público o de propiedad nacional (Ministerio de Ambiente y Energía, Ministerio de Salud y AyA, 2016, p. 17).

Lo antes citado prevé que cualquier tipo de edificación podría verter aguas contaminadas a ríos y, por consiguiente, llegar al mar o a cualquier otro tipo de manto acuífero; de modo tal que dichas prácticas generarían una contaminación del agua.

El distrito de Garabito, el cual incluye los sectores de Herradura, Jacó, Mona, entre otros, no está lejos de la problemática antes mencionada, ya que dicha zona se encuentra en una cuenca, no posee un sistema de alcantarillado sanitario y la contaminación se agrava debido a que es una zona turística que ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años. Por ello, este proyecto se concentra en la recolección y dirección de aguas residuales, específicamente, del proyecto Distrito Gubernamental ubicado en Garabito.

El nuevo proyecto Distrito Gubernamental se ubicará en finca Quebrada Bonita, esta se encuentra entre los sectores mencionados anteriormente. Las edificaciones construidas en este

proyecto requieren tener alcantarillado sanitario, según el Decreto Ejecutivo 33601-MINAE-S del Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales (Decreto No. 33601, 2007), el cual:

Establece los límites máximos permisibles de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el vertido y reúso de aguas residuales de las diferentes actividades comerciales, industriales y de servicios existentes en el país. Por lo tanto, todo ente generador de aguas residuales deberá darle un tratamiento ajustado a lo dispuesto en este reglamento (Ministerio de Ambiente y Energía, Ministerio de Salud, AyA, 2016, p. 17).

Citado lo anterior, este proyecto de graduación diseñará la red sanitaria y su presupuesto para la construcción del Distrito Gubernamental de Garabito, con el fin de cumplir con la ley antes mencionada. Esto generará una mejora en la saturación de los suelos y aumento en el caudal de los ríos y, asimismo, disminuirá el riesgo e incidencia de inundaciones, como se explicará más adelante.

A.3 Objetivo general

Elaborar el diseño técnico de la red de alcantarillado sanitario y su presupuesto para el nuevo Distrito Gubernamental de Garabito.

A.4 Objetivos específicos

1. Estimar, mediante muestreos, la población de diseño para el cálculo de caudales de diseño para la red de alcantarillado sanitario.
2. Diseñar la red de alcantarillado sanitario con base en la *Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial* (2017) del AyA, publicada en Alcances N°227 A, B, C, D, E, F, G de *La Gaceta* N° 180, del viernes 22 de setiembre del 2017.
3. Generar el presupuesto del costo total de la construcción del proyecto por medio del programa Excel.

A.5 Justificación

Para justificar la escogencia del tema presentado en este documento, se parte de que las aguas residuales son un problema de contaminación muy grande a nivel de cuerpos de agua en el país. De acuerdo con la Comisión Nacional de Emergencias (CNE), este tipo de desechos no solo

contaminan los mantos acuíferos, sino también los saturan, lo que provoca inundaciones a lo largo del territorio nacional.

A este respecto, en el *Diagnóstico sociocultural y físicoespacial de las comunidades del cantón de Garabito* (2013), se recomienda planificar el envío de aguas servidas, negras y pluviales que fluyen de las diferentes urbanizaciones, las cuales aumentan el caudal de los ríos y generan daños a la población directa o indirectamente. Esto, aplicado al proyecto que se desea construir en Quebrada Bonita con edificaciones gubernamentales y residencias, de igual manera representa una gran amenaza por su localización, pues el Distrito Gubernamental es un proyecto que se ubica en una zona propensa a inundaciones debido a su relieve, como se ilustra en la imagen adjunta al final de este apartado (Figura 4).

Por lo anterior, se debe cumplir con el Decreto Ejecutivo 33601-MINAE-S del Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales (Decreto No. 33601, 2007), el cual exige que cualquier tipo de proyecto que genere aguas residuales debe tener un sistema de alcantarillado sanitario y un tratamiento de estas aguas para ser vertidas correctamente en el afluente más cercano. Así pues, aunque es un alcantarillado separado del de las aguas pluviales, esto genera un desahogo en la saturación de los suelos y trae beneficios al evitar un desastre natural.

Por ello, este proyecto de graduación brindará el diseño técnico del alcantarillado sanitario y su presupuesto, a fin de que el APP Distrito Gubernamental de Garabito cumpla con la ley establecida y se encuentre un paso más adelante en su proceso de realización; de modo tal que este proyecto innovador genere todo lo que se propone, sea provechoso para los habitantes del distrito e incite a realizar más proyectos de saneamiento a nivel nacional o regional, como por ejemplo el del actual centro de Jacó que está en proceso desde hace años.

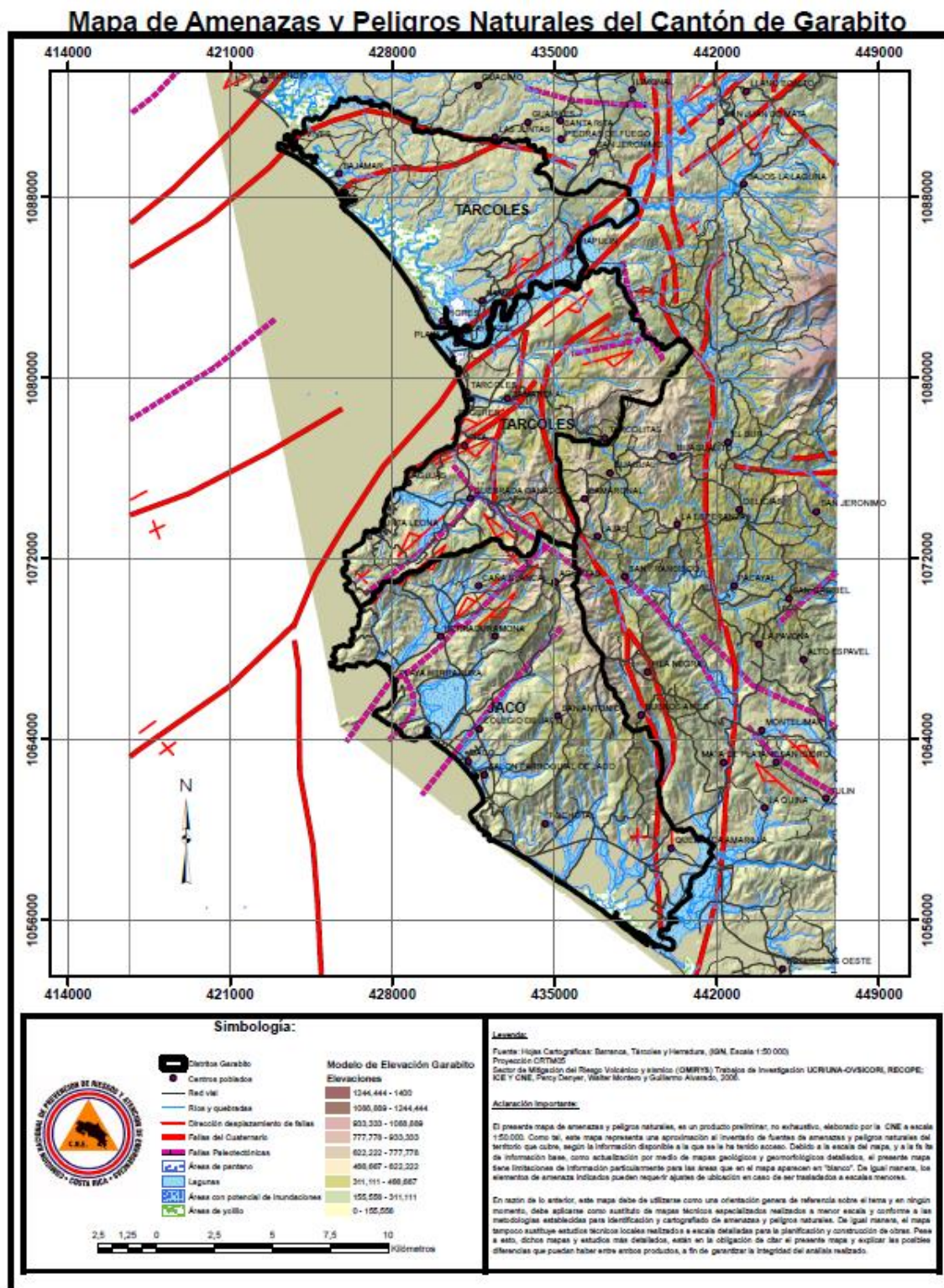


Figura 4. Mapa de amenazas y peligros naturales del cantón de Garabito. Fuente: Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, 2006.

A.6 Alcances y limitaciones

Entre los alcances de esta investigación se encuentran los siguientes:

- Se realizará el presupuesto de la construcción del proyecto.
- La tramitología no se tomará en cuenta en este proyecto.
- Se creará, únicamente, el diseño técnico del alcantarillado sanitario para el Distrito Gubernamental de Garabito.
- No se efectuará ningún tipo de estudios detallados del suelo, ya que estos serán proporcionados por la desarrolladora del proyecto.
- Se realizará el diseño geométrico de alcantarillado sanitario.
- Se utilizará el programa SewerGEMS de la compañía Bentley Systems Incorporated para modelar el diseño propuesto, ya que es dedicado a aguas residuales (aguas negras).
- Los resultados extraídos del programa SewerGEMS serán únicamente comparados con los datos obtenidos en el diseño realizado en la hoja de cálculo de Excel.

Entre las limitaciones se contemplan:

- El levantamiento topográfico será suministrado por la empresa Quebrada Bonita Desarrolladores en conjunto con la Municipalidad de Garabito.
- Al igual que el levantamiento topográfico, se suministrará el estudio de suelos con la información pertinente del área a trabajar por Quebrada Bonita Desarrolladores en conjunto con la Municipalidad de Garabito.
- Se facilitará el plano catastrado para la ubicación de lotes y calles que indicará las posibles rutas del alcantarillado por Quebrada Bonita Desarrolladores en conjunto con la Municipalidad de Garabito.
- La Municipalidad de Garabito proporcionará la cantidad y tipo de servicios que tendrá el proyecto, así como la cantidad de unidades habitacionales.

A.7 Impacto

Con la realización del diseño técnico, el proyecto que ejecutará la Alianza Público-Privada (APP) Quebrada Bonita Desarrolladores y la Municipalidad de Garabito tendría una base en cuanto al producto final del modelo de la red de alcantarillado sanitario, ya que contarían con parte de la información para el diseño geométrico de la red.

En cuanto al impacto social, el proyecto Distrito Gubernamental Garabito generará más empleo en la zona y más desarrollo; asimismo, descongestionará el actual “centro” de Jacó. Así pues, debido al traslado de población a esta nueva localidad, se necesita el tratamiento de las aguas residuales para no sufrir de contaminaciones en el agua potable o cualquier otro tipo de suministro. De este modo, se cumpliría con la ley que indica que todas las aguas residuales deben ser tratadas antes de ser vertidas en algún afluente. Además, canalizando estas aguas, habrá menos riesgo de inundaciones por la descongestión en la saturación de los suelos o quebradas aledañas y, también, se evitará enfermedades en trabajadores y visitantes.

Por otro lado, el procedimiento utilizado para el diseño técnico serviría de ejemplo o referencia para futuros proyectos de la misma índole, ya que se realizará con base en la *Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial*, dada por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). Al respecto, el país requiere de la realización de estos proyectos para el avance en su saneamiento ambiental y, en este sentido, el estudio expone y fomenta tanto la importancia, como los beneficios de este tipo de iniciativas.

A.8 Hipótesis

Según su definición, la hipótesis “es una respuesta tentativa al problema de objeto de estudio. Son las preguntas que se hace el investigador sobre el tema por indagar y consiste en una aseveración que puede validarse estadísticamente” (Hernández et al., 2010, p. 92).

De acuerdo con la definición anterior y la afirmación “no todas las investigaciones requieren hipótesis”, este proyecto de graduación no cuenta con una, ya que es un diseño técnico que se realizará a partir de información proporcionada; por ejemplo, topografía y estudios de suelos. Además, para los cálculos de variables necesarios para el diseño de un proyecto que aún no inicia, se basa en una normativa ya establecida y oficial.

En suma, no se realizará una investigación como tal; es decir, que proporcione respuestas a preguntas de un tema que no se conoce, únicamente se harán análisis de los resultados obtenidos para la elaboración del diseño óptimo para lo requerido.

Capítulo 1. Fundamentación teórica

Estudio técnico

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados define que:

Los estudios técnicos son el instrumento mediante el cual se determina la capacidad hídrica e hidráulica de un sistema de acueducto, determina los componentes que lo integran, así como su estado y permite identificar mejoras en infraestructura y en funcionamiento que requiera el sistema. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p. 10)

1.1 Sistema de alcantarillado

Según López Cualla (2003) un sistema de alcantarillado “consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población y la escorrentía superficial producida por la lluvia” (p. 341).

Según la Reglamentación Técnica para Diseño y Construcción de Urbanizaciones, Condominios y Fraccionamientos (2006) “el alcantarillado sanitario deberá ser un sistema separado, el cual recolectará únicamente las aguas residuales ordinarias, considerando los aportes por infiltración de agua de lluvia y las aguas residuales especiales que cumplan con los límites máximos permisibles” (p. 13).

1.1.1 Tipos de orígenes de aguas residuales

- Aguas residuales domésticas: Son aquellas provenientes de inodoros, lavaderos, cocinas y otros elementos domésticos. Estas aguas están compuestas por sólidos suspendidos (generalmente materia orgánica biodegradable), sólidos sedimentables (principalmente materia inorgánica), nutrientes (nitrógeno y fósforo) y organismos patógenos.
- Aguas residuales industriales: Se originan de los desechos de procesos industriales o manufactureros y, debido a su naturaleza, pueden contener, además de los componentes citados anteriormente respecto a las aguas domésticas, elementos tóxicos tales como plomo, mercurio, níquel, cobre y otros, que requieren ser removidos en vez de ser vertidos al sistema de alcantarillado.

- Aguas lluvias: Proviene de la precipitación pluvial y, debido a su efecto de lavado sobre tejados, calles y suelos, pueden contener una gran cantidad de sólidos suspendidos; en zonas de alta contaminación atmosférica, pueden contener algunos metales pesados y otros elementos químicos (López, 2003, p. 341).

1.1.2 Tipos de sistemas de alcantarillados

Existen dos tipos de sistemas de alcantarillados: los convencionales y los no convencionales.

1.1.2.1 Convencionales

Son sistemas con tuberías de grandes diámetros que permiten una gran flexibilidad en la operación del sistema, necesaria debido a la incertidumbre en los parámetros que definen el caudal: densidad de población y su estimación futura, a un sistema de mantenimiento inadecuado o insuficiente, que conlleva una mayor exigencia de las normas y, por tanto, unos costos mayores (López Cualla, R. A. 2003, p. 342).

1.1.2.1.1 Clasificación de alcantarillados convencionales

Los sistemas de alcantarillados convencionales, de acuerdo con López Cualla, R. A. (2003), se clasifican según el tipo de agua que conduzcan:

- Alcantarillado separado: es donde se independiza la evacuación de las aguas residuales y lluvias.
 - Alcantarillado sanitario: se recolectan exclusivamente aguas residuales domésticas e industriales.
 - Alcantarillado pluvial: evacúa la escorrentía superficial producida por la precipitación.
- Alcantarillado combinado: conduce simultáneamente las aguas residuales y las aguas lluvias (p. 342)

1.1.2.2 No convencionales

Surgen como respuesta de saneamiento básico de poblaciones con recursos económicos limitados, pero son sistemas poco flexibles que requieren una mayor definición y control de los caudales, de un mantenimiento intensivo y, más importante aún que la parte

tecnológica, necesitan una cultura de la comunidad que acepte y controle el sistema dentro de las limitaciones que éstos pueden tener (López Cualla, R. A. 2003, p. 342).

1.1.2.2.1 Clasificación de alcantarillados no convencionales

De acuerdo con López Cualla, R. A. (2003), los alcantarillados no convencionales, por lo general, se limitan a la evacuación de aguas residuales. Estos son clasificados según el tipo de tecnología aplicada.

- Alcantarillado simplificado: se diseña con los mismos lineamientos de un alcantarillado convencional, pero teniendo en cuenta la posibilidad de reducir diámetros y disminuir distancias entre pozos al disponer de mejores equipos de mantenimiento.
- Alcantarillados condominales: son los que recogen las aguas residuales de un pequeño grupo de viviendas (<1 hectárea) y las conducen a un sistema de alcantarillado convencional.
- Alcantarillado sin arrastre de sólidos: se conocen también como alcantarillados a presión, en estos se eliminan los sólidos de los efluentes de la vivienda por medio de un tanque interceptor. (p. 342)

1.2 Población de diseño

Para obtener la población mínima de diseño para el proyecto es necesario calcular por medio del número de unidades habitacionales existentes en la zona del alcantarillado multiplicado por el factor de hacinamiento, el cual debe ser investigado y obtenido por medio de un censo de población del distrito realizados en la entidad correspondiente.

Para el cálculo de la población correspondiente a las unidades que no son habitacionales, se deben aplicar los valores que se detallan en la siguiente tabla para determinar una equivalencia con el consumo de una unidad habitacional; lo anterior, para poder estimar el parámetro de población y el consumo respectivo en proyectos cuya actividad esencial es de naturaleza comercial, industrial u otra distinta a la habitacional (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.12).

Tabla 1*Cálculo de servicios equivalentes según tipo de actividad a desarrollar*

Tipo de actividad del nuevo desarrollo	Unidades de cálculo (UC)	Unidad de consumo equivalente (UCE) o Servicios equivalentes (SE) *
Hoteles, moteles	Habitación	Un servicio Equivalente por cada 3 Unidades de Cálculo
Escuelas, colegios o centros de educación y capacitación	Estudiante	Un servicio Equivalente por cada 25 Unidades de Cálculo
Bodegas, industrias o centros de acopio, almacenamiento y distribución	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio Equivalente por cada 500 Unidad de Cálculo
Restaurantes, sodas, bares y similares	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio Equivalente por cada 100 Unidad de Cálculo
Locales comerciales, centros comerciales, oficinas administrativas bancarias (industrial, o general)	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio Equivalente por cada 200 Unidad de Cálculo
Parcelamiento agrícola con frente a calle pública	Metro cuadrado del área de parcela	Un servicio Equivalente por cada 500 Unidad de Cálculo
Parcelamiento agrícola con frente a servidumbre	Metro cuadrado del área de parcela	Un servicio Equivalente por cada 5000 Unidad de Cálculo
Centros de recreación, turísticos o club campestre	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio Equivalente por cada 200 Unidad de Cálculo

Nota. (*) Un servicio equivalente se aplica para actividades distintas a la de los proyectos esencialmente habitacionales (residencias, finca filial, condominios habitacionales o apartamentos), se hace corresponder con una unidad habitacional simplemente para facilitar el cálculo total del consumo de agua del proyecto que es requerido para estimar la población de diseño. Fuente: *Norma técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial de Acueductos y Alcantarillados* (AyA), 2017.

En proyectos mixtos (varios tipos de actividades), el cálculo de unidades equivalentes debe realizarse de manera independiente para cada tipo de actividad; el valor final será la suma de las unidades habitacionales y todas las unidades equivalentes (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.27).

1.3 Periodos de diseño

1.3.1 Red terciaria o red general

“Para las líneas de tubería que conectan la red pública a la red privada: de 20 a 25 años” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.27).

1.3.2 Red secundaria (subcolectores) y red primaria (colectores)

“Para las líneas de tubería en redes secundarias y primarias: de 40 a 50 años” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.27).

1.3.3 Estaciones de bombeo

Para estaciones de bombeo que se ubican en zonas por desarrollar: de 20 a 25 años.

Para estaciones de bombeo que se ubican en condominios o en zonas que han alcanzado su punto de saturación, el período de diseño debe ser igual al establecido para la red terciaria de ese sistema (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.27).

1.4 Dotaciones

En el caso de este proyecto, no existen los datos reales de los patrones de consumo y demandas de la localidad de estudio, ya que es un proyecto nuevo y no existe una población anterior a este consumo, por lo cual se deben utilizar los siguientes valores mínimos para los cálculos pertinentes:

- Poblaciones rurales: 200 l/p/d; en caso de zonas rurales costeras se aplicará la dotación establecida para “poblaciones costeras”.
- Poblaciones urbanas: 300 l/p/d.
- Poblaciones costeras: 375 l/p/d.
- Área Metropolitana: 375 l/p/d.

1.5 Caudal de diseño

El caudal de aguas residuales de una población está compuesto por los siguientes aportes:

- Aguas residuales domésticas.
- Aguas residuales industriales, comerciales e institucionales.
- Aguas de infiltración.
- Conexiones erradas (López, 2003, p. 389).

El caudal de diseño para un tramo de tubería es el correspondiente al acumulado hasta el pozo de registro aguas abajo del tramo y se debe calcular considerando las siguientes contribuciones (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.27):

1.5.1 Aguas residuales ordinarias (Q_{paro})

El caudal promedio de agua residual, tipo ordinario, se debe calcular aplicando la siguiente fórmula:

$$Q_{paro} = FR * Q_{pap} \quad (1)$$

Q_{paro} : Caudal promedio de agua residual tipo ordinario

FR: Factor de retorno (0,80)

Q_{pap} : Caudal promedio diario de agua potable; la dotación debe ser la que se establece en la sección 1.4 de este capítulo, denominada “Dotaciones”

1.5.2 Aguas residuales especiales tratadas o caudal promedio de agua residual especial tratada (Q_{pare})

“El caudal promedio de agua residual especial tratada se debe calcular para cada caso particular según la actividad” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.28).

1.5.3 Contribuciones externas (Q_{ext})

“Se deben considerar las contribuciones de redes de alcantarillado sanitario adyacentes, existentes o futuras, indicadas por el Ente Operador correspondiente” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.28).

1.5.4 Aguas de infiltración (Q_{inf})

El caudal de infiltración se establece en 0,25 l/s/km cuando el material de la tubería corresponda a: concreto, PVC o PEAD; en caso de que se utilice otro material, el caudal de infiltración correspondiente se debe someter a aprobación de AyA.

Tabla 2

Caudal de infiltración según el material de la tubería

Material	Caudal de infiltración (l/s/Km)
Cloruro de Polivinilo (PVC)	0.25
Polietileno de Alta Densidad	0.25

Fuente: Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales, 1997 (www.senara.or.cr.).

Entonces:

- El caudal promedio de aguas residuales (Q_{par}) equivale a la suma de todas las contribuciones, a saber:

$$Q_{par} = Q_{paro} + Q_{pare} + Q_{ext} \quad (2)$$

- El caudal mínimo de diseño (Q_{min}) equivale a:

$$Q_{min} = FMD * Q_{par} + Q_{inf} \quad (3)$$

- El caudal mínimo no debe ser inferior a 1,5 l/s.
- El caudal máximo de diseño equivale a:

$$Q_{max} = Q_{par} * FMH + Q_{inf} \quad (4)$$

Donde:

Q_{par} : Caudal promedio de aguas residuales

FMH: Factor Máximo Horario (aplica el FMH establecido en el capítulo de Sistemas de abastecimiento de agua potable)

FMD: Factor Máximo Diario (aplica el FMD establecido en el capítulo de Sistemas de abastecimiento de agua potable)

Qinf: Caudal de infiltración

(Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.28).

1.6 Capacidad de sistema

El sistema de saneamiento debe diseñarse para aguas residuales de tipo ordinario, considerando además los aportes por infiltración y aguas residuales tratadas de tipo especial, que cumplan con los límites máximos permisibles establecidos en el Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales vigente; este sistema debe diseñarse separado del sistema de recolección y disposición de aguas pluviales.

El punto de conexión con el sistema público debe ser definido por el ente operador de previo a la presentación del diseño ante el AyA. El sistema propuesto debe permitir que las aguas residuales converjan en un punto único a un pozo de registro a construir o existente de un subcolector o colector existente o a construir (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.29).

1.7 Dimensionamiento de tuberías

1.7.1 Clasificación de las tuberías

Según López Cualla (2003), las tuberías se clasifican en:

1.7.1.1 Laterales o iniciales

Reciben únicamente los desagües provenientes de los domicilios.

1.7.1.2 Secundarias

Reciben el caudal de dos o más tuberías iniciales.

1.7.1.3 Colector secundario

Recibe el desagüe de dos o más tuberías secundarias.

1.7.1.4 Colector principal

Capta el caudal de dos o más colectores secundarios.

1.7.1.5 Emisario final

Conduce todo el caudal de aguas residuales o lluvias a su punto de entrega, el cual puede ser una planta de tratamiento o un vertimiento a un cuerpo de agua, como un río, un lago o el mar. Por lo tanto, y según el Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales:

El alcantarillado sanitario debe concebirse de tal manera que el colector final converja en un punto único, orientado lo más cerca posible hacia un colector o subcolector existente o futuro de acuerdo con la planificación establecida en los Planes Maestros de la empresa o institución operadora (Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales, 1997, p. 14).

1.7.1.6 Interceptor

Es un colector colocado paralelamente a un río o canal.

1.7.1.7 Tuberías para alcantarillado sanitario

Se utilizarán las tuberías indicadas en las siguientes 2 tabla, todas con junta de empaque de hule.

Tabla 3

Tubería para alcantarillado sanitario

Material	Tipo de tubería	Norma de correspondencia	Designación (Cédula, SDR, rigidez, clase)	Norma de referencia INTECO	Rango de diámetros nominales (mm)	Tipo de unión
PVC	Tubería de pared sólida	ASTM D 3034	SDR 41, 35	INTE 16-01-02	-	Junta con empaque de hule
	Tubería de doble pared corrugada	ASTM F 949	PS46	RTCR 304: 1997	-	Junta con empaque de hule
	Tubería de pared perfilada	ASTM F 2307	PS10	RTCR 304:1997	-	Junta con empaque de hule
PEAD	Tubería lisa	AASTHO M-525:92	-	INTE 16-05-04-95	76 A 254	-
	interna y corrugado externo	AASTHO D M 294 M:98	-	-	-	Junta con empaque de hule

Fuente: Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales, 1997 (www.senara.or.cr).

Tabla 4

Identificación de tuberías de alcantarillado sanitario en función de su material

Tipo de material	Identificación
Cloruro de Polivinilo (PVC)	Fabricada en color negro.
Polietileno de alta densidad (PEAD)	4 franjas de color negro separadas 90° entre sí.

Fuente: Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales, 1997 (www.senara.cr.cr).

1.7.2 Velocidad en tuberías a gravedad o canal abierto

Según López Cualla (2003), la velocidad no debe ser mayor de 5,0 m/s para evitar la abrasión de la tubería; por su parte, la velocidad mínima se debe establecer con base en el análisis de fuerza tractiva. A su vez, el criterio que debe regir la pendiente mínima debe ser el de fuerza tractiva mínima de 0,10 kg/m² (1 Pa), generado por el caudal mínimo del proyecto que corresponde a la condición crítica de diseño.

1.7.3 Tirante hidráulico máximo en tuberías a gravedad o canal abierto

De acuerdo con el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (2017), “el valor máximo del tirante hidráulico debe ser de 75 % del diámetro interno de la tubería seleccionada en redes de distribución para el caudal de diseño y de un 50 % en el caso de colectores y subcolectores” (p. 30).

1.7.4 Cálculo hidráulico en tuberías a gravedad o canal abierto

El sistema de recolección de aguas residuales se debe diseñar como conductos en escurrimiento libre, por gravedad. Para ello, se deben utilizar las fórmulas hidráulicas de canal abierto; si se utiliza la ecuación de Manning, los coeficientes mínimos de rugosidad a utilizar en la fórmula corresponden a los establecidos para la “n” de Manning, indicados en la siguiente tabla:

Tabla 5*Coeficientes mínimos para la “n” de Manning*

Tipo de material	Coeficiente para la "n" de Manning
Cloruro de Polivinilo (PVC)	0.01
Polietileno de Alta Densidad (PEAD) de pared sólida	0.01
Tipo de material	Coeficiente para la "n" de Manning
Polietileno de Alta Densidad (PEAD) de pared corrugada estructurada	0.012
Hierro dúctil revestido internamente	0.011
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0.01
Acero sin revestir con juntas soldadas	0.012
Concreto C-14 y C-76 sin revestir por dentro	0.013

Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017 (www.aya.go.cr).

1.7.5 Continuidad de tuberías

Según la norma del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (2017), “no se acepta reducir el diámetro de las tuberías respecto al diámetro de la tubería aguas arriba, aunque por capacidad no exista limitación alguna; lo anterior también aplica cuando hay cambios de dirección o de pendiente” (p. 51).

1.7.6 Diámetro mínimo

Para las redes terciarias, el diámetro nominal mínimo debe ser de 150 mm, a su vez, para colectores y subcolectores debe ser mayor al de la red terciaria tributaria con mayor diámetro; en cada caso, la pendiente mínima debe ser la que se obtenga para la velocidad mínima permitida que es producida por una fuerza tractiva mínima de 0,10 kg/m².

1.7.7 Profundidad

Las profundidades máximas y mínimas serán de 3,85 y de 1,20 metros de la rasante terminada a la corona del tubo, salvo casos especiales en que las condiciones topográficas requieran una profundidad mayor, lo cual debe consultarse previamente al AyA.

1.7.8 Prevista

La tubería para una prevista domiciliar debe tener un diámetro nominal mínimo de 100 mm y una pendiente mínima del 2 %.

Para el caso de condominios verticales se permite que hasta diez conexiones converjan en una misma prevista de 150 mm de diámetro nominal; para más de diez conexiones el diseño debe contemplar la construcción de pozos de registro en la acera y los sifones respectivos a lo interno del inmueble para cumplir con la función de eliminar olores provenientes del sistema de alcantarillado.

El diámetro nominal mínimo de la prevista individual en parques industriales, incluidos los que están en régimen de condominio, debe ser de 150 mm. El diámetro interno de la tubería corresponderá al que se indique en la norma de fabricación del tubo según el diámetro nominal seleccionado (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p. 31).

1.7.9 Resistencia de la tubería a cargas externas

“La tubería deberá resistir las cargas permanentes debidas al relleno, los temporales y el tránsito. Se calculará de acuerdo con la teoría y formulaciones vigentes tales como las de Marston y Spangler para tuberías rígidas o flexibles, con las recomendaciones de la Norma AWWA” (Reglamentación Técnica para Diseño y Construcción de Urbanizaciones, Condominios y Fraccionamientos, 2006, p.16).

1.7.9 Sifones

La incorporación de sifones en un diseño de alcantarilla es aceptable cuando se existan obstáculos en el terreno, estos obstáculos pueden ser causes, líneas férreas, canales, etc. Si, por lo contrario, se presentan aguas residuales tratadas, es permitido cambiar el detalle técnico del sifón que se encuentra presente en la *Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial* (2017) del AyA.

1.7.9.1 Parámetros de diseño

La velocidad mínima de flujo debe ser 1,0 m/s y el diámetro mínimo nominal debe ser de 200 mm. La metodología de cálculo debe ser similar a conductos presurizados, donde el diámetro depende de la línea de energía y del caudal máximo de aguas residuales.

Para calcular la pérdida de energía se debe utilizar la metodología de Hazen- Williams o similar.

1.7.9.2 Mecanismos de limpieza

Antes del sifón, en el sentido del flujo, se debe colocar un pozo de registro con dos rejillas o un triturador con mecanismo de reja para ser accionado en condiciones de emergencia y para evitar que los sólidos no obstruyan el sifón. En relación con las dos rejillas, se debe cumplir lo siguiente:

- Una separación libre entre rejas de 20 a 50 mm para retener sólidos gruesos, ambos inclusive y, de 20 mm para retener sólidos finos.
- Una orientación vertical con un ángulo de 60° respecto a la horizontal, colocadas de forma tal que sean atravesadas en su parte inferior por el flujo del agua residual cruda.
- Una guía fabricada en el mismo material de la rejilla de 10 mm (3/8 pulgadas) en acero según código UNS S30400 (AISI 304), que al mismo tiempo funcione como soporte de la rejilla y que quede empotrada en la pared de concreto; cada guía debe permanecer fija y no se permite el paso del agua por los laterales de la rejilla cuando ésta cumpla la función de removedor de sólidos gruesos.
- Las rejillas y las guías deben fabricarse en acero inoxidable igual o superior al acero según código UNS S30400 (AISI 304).

En cada extremo del sifón, se deben ubicar cámaras de registro para facilitar las actividades de mantenimiento. Por otro lado, se deben presentar todos los cálculos hidráulicos que respalden la geometría y dimensionamiento del pozo de inicio.

1.8 Pozos de registro

Deberán construirse pozos de registro en todo inicio o intersección de tuberías, así como en los cambios de dirección, diámetro, pendiente, material de la tubería y en los tramos rectos, de

tal forma que la distancia entre dos pozos de registro consecutivos no exceda 120 metros. Además, la profundidad máxima de los pozos de registro será de 5 m y el diámetro interno mínimo deberá ser de 1.20 metros.

Tabla 6

Dimensiones de pozos de concreto

Diámetro interno del pozo (m)	Profundidad del pozo (m)	Espesor de pared del pozo (m)	Resistencia del concreto (kg/cm ²)
1.2	hasta 5.0	0.12	210
1.6	más de 5.0 hasta 8.0	0.12	280
1.8	más de 8.0 hasta 10.0	0.20	280
2.0	más de 10.0 hasta 15.0	0.20	280

Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017 (www.aya.go.cr).

Tabla 7

Diámetro interno por tipo de pozo según tubería de salida

Tubería de salida (diámetro nominal mm)	Diámetro interno del pozo (m)			
	Pozo sin caídas	Pozo con una caída	Pozo con dos caídas	Pozo con tres caídas
150	1.20	1.40	1.60	1.80
200	1.20	1.40	1.60	1.80
250	1.40	1.60	1.80	2.00
300	1.40	1.60	1.80	2.00
350	1.40	1.60	1.80	2.00
400	1.60	1.80	2.00	2.20

Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017 (www.aya.go.cr).

Aunado a la información anterior, de acuerdo con AyA (2017), “para los pozos con una profundidad superior a los 5 m o con un diámetro interno superior a 2 m, se debe presentar el análisis geotécnico y estructural que determina las características y dimensiones del pozo” (p. 44).

1.9 Canal de fondo de los pozos de registro

Se diseñará el canal de fondo de los pozos de registro con las secciones necesarias para la adecuada conducción de las aguas. El canal de fondo tendrá una longitud mínima de 0.90 m en línea recta y en el sentido del flujo, y del mismo diámetro que del tubo de salida del pozo.

1.10 Criterios de diseño de alcantarillados sanitarios

Tabla 8

Sistemas de alcantarillado sanitario. Criterios de diseño

Ítem	Criterios de diseño
1. Aporte	<u>Aguas negras:</u> Domésticas. Industriales. Comerciales. Institucionales. Infiltraciones (ver punto 10). Lluvia (ver punto 11).
2. Factores de demanda	Utilizar las curvas de consumo de agua potable de la comunidad. A partir de estas curvas se calculan: Factor máximo diario de consumo. Factor máximo horario de consumo. Factor mínimo de consumo.
3. Dotación	Tomar en cuenta el caudal medio y el número de conexiones domiciliarias.
4. Coeficiente de rugosidad	Depende del material de la tubería, de la especificación del fabricante y si la red es existente o nueva.
5. Cálculo de la red	Basado en el concepto de la fuerza tractiva mínima $T \geq 1 \text{ Pascal} \sim 0.1 \text{ Kg/cm}^2$.
6. Pendiente mínima	Adoptar: $S = 0.0055 \times Q_i^{(-0.47)}$ Donde Q_i = Caudal inicial mínimo (L/s) [ver ítem 9].
7. Pendiente máxima	Es el resultado de la velocidad máxima. La velocidad máxima está en función de la recomendación del fabricante.
8. Diámetro mínimo	150 mm

Ítem	Criterios de diseño
9. Caudal mínimo en el tramo	$Q_{\min} = 1.5 \text{ L/s}$. En el momento en que el caudal promedio acumulado supere al caudal mínimo asumido igual a 1.5 L/s, para el diseño de los tramos subsiguientes, se debe utilizar el caudal promedio acumulado.
10. Infiltración	Red existente: 1.0 L/s / Km. Red nueva: PVC: 0.25 L/s / Km. Concreto: 0.50 L/s / Km.
11. Agua de lluvia	Para las redes nuevas no tomar en cuenta. Para las redes existentes estudiar un valor.
12. Profundidad de la red	Mínima: 1.2 m. Máxima: 5.0 m.
13. Coeficiente de retorno	$C = 0.80$.
14. Distancia entre pozos de registro	Hasta 120 m.
15. Ubicación	Según Normas de Diseño y Construcción para Urbanizaciones y Fraccionamientos AyA-90 Capítulo 3 Sección 3.2 Inciso 3.2.1.

Fuente: AyA. Dirección de estudios y proyectos, 2000 (www.aya.go.cr).

1.11 Normas de construcción

1.11.1 Tuberías

Las tuberías de alcantarillado sanitario se ubicarán en la línea de centro de las calles y avenidas. Asimismo, de acuerdo con el Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales (1997), “se colocarán por debajo de la tubería de agua potable a una distancia mínima libre de 0,20 metros en elevación y de 1,0 metro mínimo en planta” (p. 29).

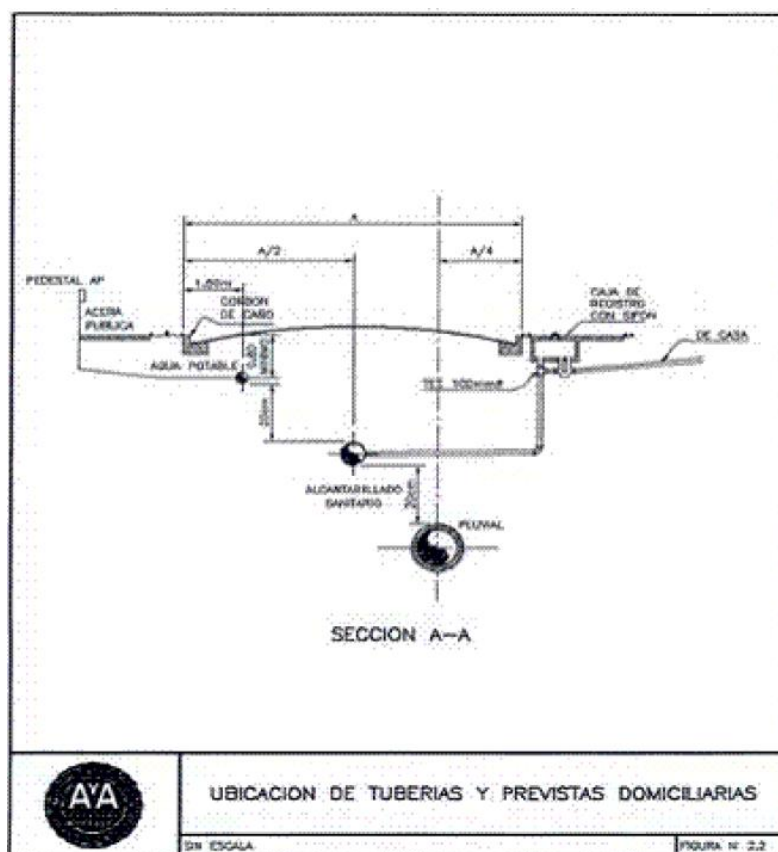


Figura 5. Ubicación de tuberías y previstas domiciliarias. Fuente: Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales, 1997.

En aquellas vías en las cuales se invierta el bombeo, se ubicará el alcantarillado por los costados sur y este de las avenidas y calles, respectivamente, en la línea centro entre las líneas de alcantarillado pluvial y cordón de caño. Por su parte, en los fraccionamientos con parques perimetrales, se permitirá colocar la tubería a ambos lados de la calle, según se indica en los esquemas del Anexo N° 4, figuras 3, 4 y 5 del Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales, 1997.

1.11.2 Canal de fondo de pozos de registro

El canal de fondo tendrá una longitud mínima de 0.90 m en línea recta y en el sentido del flujo. Únicamente en pozos iguales o inferiores de 2.0 m de profundidad se colocarán contratapas. Las dimensiones del canal y la contratapa se muestran en las figuras 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30 del Anexo N° 4 del Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales, 1997.

1.11.3 Previstas

Tendrán una pendiente mínima de 2% formando un ángulo de 90° en planta con respecto a la tubería principal, y se conectarán al tubo colector con Silleta Tee, según las figuras 35 y 36 del Anexo N° 4 del Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales, 1997. Cabe señalar, además, que no se permitirá la conexión de las previstas sanitarias a los pozos de registro.

1.11.4 Caja sifón

La prevista de alcantarillado sanitario se interconectará a la caja sifón que se ubicará en la acera pública y se construirá de acuerdo con las figuras 37, 38, 39, 40 y 41 del Anexo N° 4 del Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales, 1997.

1.11.5 Uniones de tuberías

“Únicamente se aceptarán tuberías con unión de empaque de hule, o termofusionadas” (Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales, 1997, p.30).

Capítulo 2. Marco metodológico

2.1 Paradigma

El saneamiento ambiental en Latinoamérica es un tema que inicia desde lo mínimo, que se traduce en el acceso o no de una población a un inodoro, hasta lo máximo, que es tratar las aguas por medio de un sistema de alcantarillado sanitario público y, seguidamente, el tratamiento de estas aguas para ser vertidas en afluentes, con el objetivo de que no generen mayor contaminación o, en el mejor de los casos, ser reutilizadas.

En esta dinámica entra el viejo paradigma de que las personas, dueños de establecimientos y demás traten sus propias aguas residuales por medio de tanques sépticos, drenajes, entre otros. Sin embargo, estos procedimientos no están regulados y, por lo general, no se supervisan profesionalmente, de modo que la contaminación sigue siendo común a pesar de estos métodos. Por esta razón, el BID intenta cambiar los viejos paradigmas por nuevos, los cuales fueron presentados en el Latinosan 2019, de acuerdo con el artículo: BID promueve nuevo paradigma para universalizar acceso al agua y saneamiento básico, de la *Revista Summa*, 2019:

Durante Latinosan, el BID presentó la plataforma de saneamiento óptimo, que busca precisamente, incentivar un cambio de paradigma en dicho sector en América Latina. Se trata de un llamado a la acción a los diferentes actores involucrados en el sector de saneamiento, el cual contempla cuatro ejes principales:

- Gente: Servicios de saneamiento con enfoque social e inclusivo.
- Seguridad hídrica: Esto supone trabajar bajo el enfoque de cuencas saneadas para generar un ambiente de mejores condiciones de salud y desarrollo social.
- Innovación y tecnologías: Esto contempla adoptar soluciones flexibles, aunque no sean convencionales, pero que sean adecuadas a cada situación y escalables.
- Instituciones: Desarrollo de políticas inclusivas y gestión eficiente de los recursos, lo cual supone contar con mecanismos de gobernanza. (párr. 5)

Asimismo, José Agustín Aguerre, durante el Latinosan 2019, expresó:

Si seguimos invirtiendo lo mismo, y de la misma manera no vamos a poder brindar un servicio de saneamiento universal y de calidad. Además de la infraestructura necesaria como sistemas de alcantarillado o plantas de tratamiento, debemos trabajar en tecnologías e ideas que nos permitan garantizar que en América Latina y el Caribe todos tengamos acceso a instalaciones sanitarias seguras.

Invertir en saneamiento no es solamente tener una casa más limpia o playas más agradables. Se trata de gestionar de manera responsable los recursos hídricos para la salud y bienestar de las generaciones futuras y nuestro planeta (párr. 7).

2.2 Definición del enfoque metodológico y método de investigación

El proyecto recurre a un enfoque cuantitativo, pues el objetivo es el diseño técnico de un alcantarillado sanitario para el proyecto APP Distrito Gubernamental Garabito, el cual se elabora mediante cálculos establecidos y normados en un proceso repetitivo. Asimismo, se realizan cálculos u operaciones para la obtención del total de materiales requeridos para su construcción y, en general, para determinar el costo total del proyecto.

El método de investigación que procede para este proyecto es un no experimental, ya que consiste en un diseño técnico, basado en cálculos delimitados, el cual permitirá analizar los datos obtenidos, manipularlos y tomar decisiones convenientes para el diseño, el conteo de materiales y costos directos e indirectos para llegar al resultado de un precio final, todo ello mediante los softwares y programas utilizados a lo largo de este proyecto. Por consiguiente, a fin de cumplir con los objetivos específicos y realizar el diseño del alcantarillado sanitario, se contemplarán los siguientes elementos.

2.2.1 Población y muestra, técnicas de muestreo

En cuanto a la población y muestra, se debe recalcar que este proyecto con lo que contará es con edificios gubernamentales, lugares de recreación y unidades habitacionales, de modo que para “el cálculo de la población correspondiente a las unidades que no son habitacionales, se debe aplicar el cálculo de “Unidad de consumo equivalente (UCE) o Servicios equivalentes (SE)” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.27), según lo indicado en la sección 2.1 del presente documento.

De ese modo, al tener las unidades habitacionales calculadas por el método de servicios equivalentes se suman a las unidades habitacionales reales, presentes en el proyecto. Esta suma se multiplica por un factor de hacinamiento obtenido por el INEC y así se determina la población total. Por lo tanto, la muestra sería el total de esta población, pues es un diseño que atenderá a los habitantes de este proyecto en específico. En este sentido, técnicamente, es una muestra probabilística, ya que se precisará el tamaño de la muestra y, además, los elementos muestrales son obtenidos por procedimientos, como el cálculo de la población.

2.2.2 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Los datos necesarios para este trabajo se recolectarán siguiendo lo solicitado por la *Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial* (2017) del AyA y se pueden apreciar las variables importantes resumidas en la Tabla 9 de este apartado; asimismo, también se apoyará en otras bibliografías que serán mencionadas posteriormente.

Tabla 9

Variables para el diseño técnico

Variable	Descripción
Alcantarillado sanitario	
Tipo de aguas captadas	Residuales, industriales y domésticas.
Tipo de sistema de alcantarillado	Convencional de tipo separado - alcantarillado sanitario.
Población de diseño	Se aplicará la Tabla 1 en la sección 1.2 de este documento.
Periodos de diseño	
Red de tubería terciaria o red general	Para las líneas de tubería que conectan la red pública a la red privada: 25 años.
Red de tubería secundaria y red primaria	50 años.

Variable	Descripción
Periodos de diseño	
Estaciones de bombeo	Para estaciones de bombeo que se ubican en zonas por desarrollar: 25 años.
Caudal de diseño	Sumatoria de agua residual doméstica, industrial, comercial e institucional, de infiltración y de conexiones ilícitas.
Tuberías	
Velocidad en tuberías a gravedad o canal abierto	Máx. 5.0 m/s Mín. se establece con base en el análisis de fuerza tractiva.
Tirante hidráulico	Es el 75 % del diámetro interno de la tubería seleccionada en redes de distribución para el caudal de diseño. Un 50 % en el caso de colectores y subcolectores.
Diámetro nominal mínimo de redes terciarias	150 mm
Colectores	
Diámetro nominal mínimo de colectores y subcolectores	> al de la red terciaria tributaria con mayor diámetro
Previstas domiciliar	
Diámetro nominal mín.	150 mm
Pendiente mín.	0.02

Variable	Descripción
Previstas de condominios verticales	
Diámetro nominal mín.	150 mm
Pendiente mín.	-
Previstas individuales en parques industriales	
Diámetro nominal mín.	150 mm
Sifones	
Velocidad mínima	1.0 m/s
Diámetro nominal mín.	200 mm

Fuente: Propia.

En relación con el levantamiento topográfico, proporcionado por la desarrolladora y la municipalidad, este será utilizado para generar la superficie de terreno y realizar los cortes de terreno necesarios para la modelación preliminar, y también final, del diseño del alcantarillado sanitario. Todo ello en el software AutoCAD Civil 3D. Además, al igual que el levantamiento topográfico, se suministrará el estudio de suelos con la información pertinente, como tipos de ensayos realizados y sus resultados, con el fin de indagar acerca del área en la que trabajará Quebrada Bonita Desarrolladores en conjunto con la Municipalidad de Garabito para la construcción de este proyecto.

Asimismo, se facilitará el plano catastrado, a fin de señalar la ubicación de lotes y sus tamaños, así como la disposición de calles que indicarán las posibles rutas del alcantarillado; también, se determinan los tipos de edificaciones existentes en cada tramo para obtener las unidades habitacionales por áreas tributarias correspondientes y, de esta manera, reunir la información pertinente para calcular la población de diseño.

2.2.3 Técnicas e instrumentación para el procesamiento y análisis de los datos

El uso programa Google Earth en este proyecto, es una base práctica y no esencial, del cual se extraen imágenes importantes del proyecto para una visualización más gráfica de la ubicación de este, una delimitación más precisa de la zona y una figura aproximada del relieve del terreno que ayuda a conocer más el área del proyecto y a visualizar el porqué de ciertas situaciones que afectan a las comunidades de los alrededores y que, posiblemente, puedan perjudicar esta nueva zona en desarrollo.

El proyecto y su correcta elaboración dependen completamente de las curvas de nivel de la zona en cuestión, las cuales fueron proporcionadas efectivamente por la empresa Quebrada

Bonita Desarrolladores en conjunto con la Municipalidad de Garabito. Con base en esto, se utiliza el programa AutoCAD Civil 3D, con el cual se procede a realizar la superficie donde será colocado el alcantarillado sanitario para el proyecto APP Distrito Gubernamental Garabito.

Una vez realizado lo anterior, se procede con la numeración de calles y colocación de pozos, seguido de la ubicación y numeración de colectores. Al respecto, este orden de información proporciona una guía para asignar los alineamientos en el programa AutoCAD Civil 3D y determinar, con base en el recorrido del agua, dónde iniciarlos y terminarlos, según donde empiecen y culminen las calles. Teniendo estos alineamientos, es posible generar en el programa mencionado los perfiles de terreno de cada calle y, así, ir colocando los pozos y tuberías a manera de diseño preliminar, tomando en cuenta las pendientes de terreno que puedan influir en el recorrido del agua sanitaria. Cabe apuntar que todo ello se realiza de la mano de la norma técnica, puesto que más adelante, en el proceso de diseño, los parámetros de diseño son corroborados para determinar que, efectivamente, cumplen con dicha norma.

Toda la información anterior es esencial para realizar el diseño técnico del alcantarillado sanitario. Para este proceso de cálculo se hará uso del programa Excel, perteneciente a Microsoft Office, en la hoja de cálculo creada por MSc. Ing. Calixto Pacheco Bolaños, mediante el cual se insertan todos los valores e información de los procesos anteriores, incluyendo el diseño preliminar que se elaboró en los perfiles de terreno, a una hoja de cálculo. Todo ello de la mano de la *Norma Técnica para el Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Saneamiento y Pluvial*, de la que se extraen valores mínimos y máximos de la velocidad, fuerza tractiva, número de Manning, entre otros, que son fundamentales para el diseño bajo estándares legislados.

Así pues, al definir el diseño correcto que cumpla con los parámetros de la norma, se dará uso al programa SewerGEMS de la compañía Bentley Systems Incorporated, dedicado al diseño y/o análisis de modelos de alcantarillado sanitario específicamente. En este se incorporarán todos los datos iniciales, programando el software con lo que él llama “constantes”, o bien, los parámetros de diseño que especifica la norma, tales como la velocidad mínima y máxima, la fuerza tractiva, el coeficiente de Manning, el material de tubería, los diámetros establecidos y la altura mínima de rasante a corona de tubo.

Asimismo, en Sewergems se insertará la vista en planta de tuberías. A este respecto, el programa responde al trazarlas como tuberías verdaderas; además, coloca los pozos que las unen y la numeración de dichos pozos y tuberías. También, señala la dirección del agua y los caudales de diseño por tramo. Posteriormente, con toda esta información, se reafirma el diseño en los programas Excel y AutoCAD Civil 3D.

Una vez completo todo este proceso, cerciorándose de que cada detalle haya sido tomado en cuenta para la realización y cumplimiento del diseño como tal, se lleva a cabo el último paso: la elaboración del presupuesto. Para ello, se utilizará el programa Excel, de modo que en una hoja de cálculo se desglosarán; por ejemplo, datos relacionados con excavaciones, cantidad de tuberías por diámetros, cantidad de pozos por diámetros y alturas, mano de obra directa, mano de obra indirecta, cargas sociales, administración, entre otros. Todo ello se reflejará en cantidades y precios para así obtener el costo total de la obra.

2.3 Categorías de análisis de la investigación

Para este apartado se desglosa una tabla con los objetivos delimitados para este proyecto y sus categorías de análisis, tales como variables dependientes y variables independientes. Asimismo, se indican las herramientas a utilizar para el cumplimiento de estos.

Tabla 10

Categorías de análisis de la investigación

Objetivo	Variable dependiente	Variable independiente	Herramientas o instrumentos a utilizar
Estimar, mediante muestreos, la población de diseño para el cálculo de caudales de diseño para la red de alcantarillado sanitario.	Población	Tipo de actividad de cada desarrollo (tipo de edificio)	Información brindada por la desarrolladora, y <i>Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial de Acueductos y Alcantarillados</i> , Excel.

Objetivo	Variable dependiente	Variable independiente	Herramientas o instrumentos a utilizar
Diseñar la red de alcantarillado sanitario con base en la norma técnica.	Población, periodos de diseño, caudales, capacidad del sistema, dimensiones de tuberías, sistema a presión constante, sistema a presión negativa constante, etc.	<i>Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial de Acueductos y Alcantarillados.</i>	<i>Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial de Acueductos y Alcantarillados, Softwares: Excel, AutoCAD Civil.</i>
Generar el presupuesto del costo total de la construcción del proyecto por medio del programa Excel.	Cantidad de tuberías de 150mm, cant. de tubería de 200mm, cant. de conexiones domiciliarias, etc.	Costo de tuberías, costo de mano de obra, costo de pozos, garantías de los trabajadores, etc.	Uso del programa Excel para realizar cálculos del presupuesto y darle formato a toda la información.

Fuente: Propia.

Capítulo 3. Análisis de resultados

3.1 Procedimiento para el diseño

1. Se obtiene la topografía del lugar por parte del cliente en archivo compatible con AutoCAD Civil 3D y se coloca la planta donde se muestran calles, locales, edificios gubernamentales, entre otros, esenciales para el trazado de la tubería de alcantarillado.
2. Haciendo uso del programa AutoCAD Civil 3D, se trazan las rutas del alcantarillado por el centro de las calles, como lo solicita el reglamento. Esto proporcionará, a su vez, la ruta de las tuberías, las distancias de los tramos y la ubicación de colectores para así definir las áreas tributarias correspondientes a cada tramo.
3. A partir de las ubicaciones de los tramos se obtiene la densidad poblacional, haciendo uso de la tabla de servicios equivalentes de la *Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial* de Acueductos y Alcantarillados (AyA), para así obtener la población del sector estudiado en general y por tramo, recordando que también se debe sumar la población resultante de las unidades habitacionales.
4. Con la información anterior, se generan los perfiles de cada calle con su respectiva rasante, para así colocar los pozos y tuberías y delimitar las pendientes y alturas de pozos y diámetros de tubos.
5. Una vez trazado lo anterior en AutoCAD Civil 3D, se procede a trasladar el modelo con las elevaciones correspondientes, urbanismo de la zona y el trazado del alcantarillado en planta al programa SewerGEMS, para así identificar las tuberías y los pozos con sus respectivos números; de modo que posteriormente se realicen los cálculos con todas las partes identificadas.
6. Teniendo el modelo ingresado en SewerGEMS, con la información extraída de los perfiles en AutoCAD Civil 3D, se procede a realizar los cálculos de caudales señalados en la norma técnica de AyA (2017), obedeciendo a los valores máximos y mínimos del caudal de diseño, velocidad, pendientes, entre otros que se resumen en la Tabla 15 más adelante. Asimismo, se hace uso de la hoja de cálculo MSc. Ing. Calixto Pacheco Bolaños, donde se coloca la información por tramos y se obtienen los resultados de caudales por tramo, caudales acumulados, resultados de los cálculos hidráulicos, entre otros, que permiten

saber si cumple o no con la fuerza tractiva y otros parámetros que dependen de las alturas de los pozos y pendientes asignadas a cada tubería.

7. La información óptima calculada por medio de la hoja de Excel del ingeniero Calixto (caudales mínimos, velocidades, diámetros mínimos, etc.) se introduce en el modelo a través del programa SewerGEMS para reafirmar los resultados obtenidos en el programa Excel.
8. Una vez se tiene el diseño debidamente comprobado, se realiza el presupuesto, según la cantidad de pozos necesarios, la tubería que se utilizará y todo lo indispensable para la construcción del alcantarillado sanitario. Lo anterior se representa en el capítulo de propuesta.

3.2 Distribución de áreas tributarias por tramos

Cada tramo de tubería, entre pozos, abarca un área tributaria en m^2 , la cual corresponde a un número de servicios equivalentes y unidades habitacionales; por lo tanto, una cantidad de habitantes. Esto es desglosado en la Tabla 11.

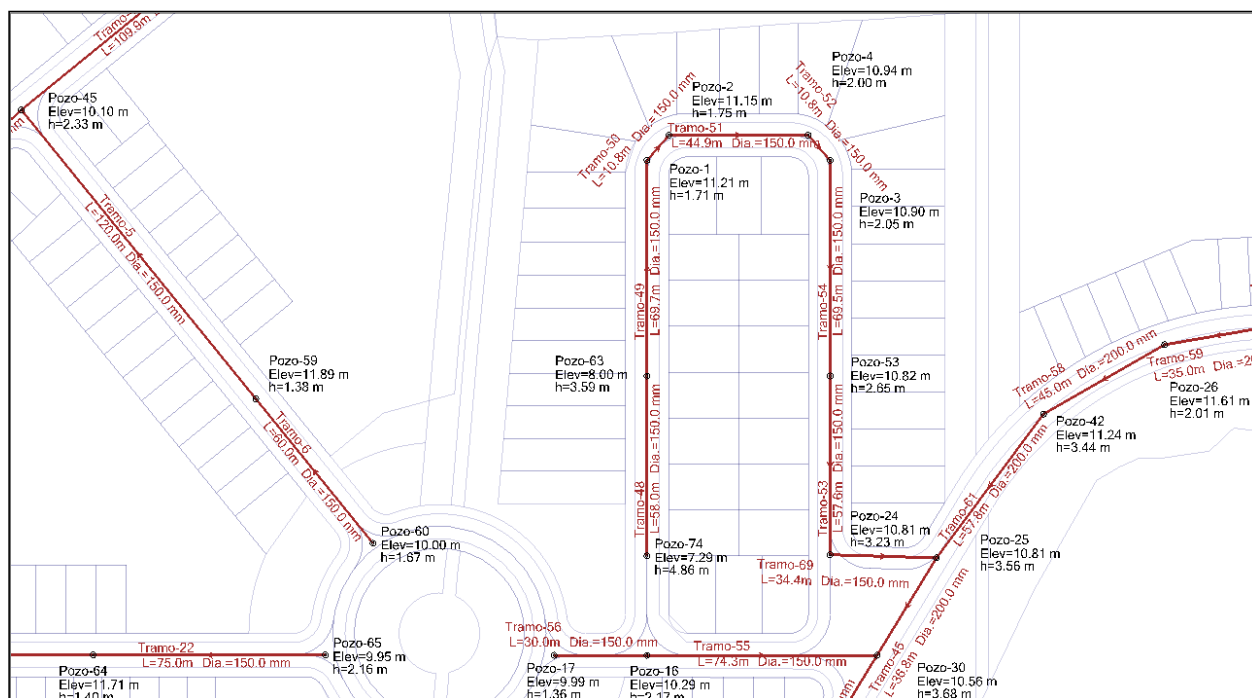


Figura 6. Pozos, tramos y área de lotes de una sección de APP Distrito Gubernamental Garabito.

Fuente: Propia.

Un ejemplo de lo explicado anteriormente se resume en que al tramo 5, que va desde el pozo 45 al pozo 59 (lado superior izquierdo de la Figura 6), le corresponde una cantidad de 17 unidades habitacionales y que multiplicado por el factor de hacinamiento de 3.21 da una población por tramo de 55 habitantes. Esto se puede apreciar en un resumen en la Tabla 11, donde se desglosan los tramos, de qué pozo a qué pozo van, sus áreas tributarias y/o unidades habitacionales y el total de población por tramo.

3.3 Distribución de colectores

Los colectores fueron asignados en las calles principales, específicamente en cada intersección de una calle secundaria con la calle principal, esto es representado en la Figura 7. A su vez, en la Tabla 11, se muestra un desglose de los colectores, los tramos que contienen, sus respectivas áreas tributarias y la población de diseño por tramo.



Figura 7. Distribución de colectores y ruta de aguas sanitarias. Fuente: Propia.

Tabla 11

Área tributaria y población de diseño por tramos de APP Distrito Gubernamental Garabito

Tramo	De Pozo	A Pozo	Servicios equivalentes (SE)	Unidades habitacionales (Unidad)	Población de diseño en el tramo (hab.)
Colector 1					
3	Pozo 56	Pozo 55	0	3	10
2	Pozo 55	Pozo 58	0	7	22
70	Pozo 58	Pozo 48	0	3	10
1	Pozo 49	Pozo 48	54	2	180
Colector 2					
6	Pozo 60	Pozo 59	68	4	231
5	Pozo 59	Pozo 45	0	17	55
4	Pozo 48	Pozo 45	51	10	196
Colector 3					
11	Pozo 47	Pozo 35	19	0	61
10	Pozo 35	Pozo 34	0	5	16
9	Pozo 34	Pozo 37	0	20	64
7	Pozo 45	Pozo 41	47	6	170
8	Pozo 41	Pozo 37	0	6	19
Colector 4					
13	Pozo 43	Pozo 28	19	0	61
12	Pozo 28	Pozo 29	0	0	0
16	Pozo 66	Pozo 29	38	0	122
Colector 5					
22	Pozo 65	Pozo 64	52	5	183
21	Pozo 64	Pozo 22	0	19	61
17	Pozo 37	Pozo 36	0	4	13
18	Pozo 36	Pozo 23	38	8	148
19	Pozo 23	Pozo 22	0	5	16
15	Pozo 29	Pozo 46	0	20	64
20	Pozo 46	Pozo 22	0	5	16

Tramo	De Pozo	A Pozo	Servicios equivalentes (SE)	Unidades habitacionales (Unidad)	Población de diseño en el tramo (hab.)
Colector 6					
27	Pozo 52	Pozo 51	0	11	35
26	Pozo 51	Pozo 33	0	18	58
23	Pozo 22	Pozo 44	0	10	32
24	Pozo 44	Pozo 32	78	2	257
25	Pozo 32	Pozo 33	15	2	55
Colector 7					
32	Pozo 50	Pozo 20	35	8	138
30	Pozo 20	Pozo 19	0	0	0
29	Pozo 33	Pozo 54	10	8	58
31	Pozo 54	Pozo 19	0	5	16
Colector 8					
46	Pozo 71	Pozo 39	0	16	51
47	Pozo 40	Pozo 39	150	0	482
Colector 11					
55	Pozo 16	Pozo 30	0	9	29
56	Pozo 17	Pozo 16	0	0	0
45	Pozo 25	Pozo 30	0	0	0
Colector 9					
48	Pozo 57	Pozo 63	0	8	26
49	Pozo 63	Pozo 1	0	9	29
50	Pozo 1	Pozo 2	0	2	6
51	Pozo 2	Pozo 4	0	8	26
52	Pozo 4	Pozo 3	0	2	6
54	Pozo 3	Pozo 53	0	9	29
53	Pozo 53	Pozo 24	0	8	26
Colector 10					
57	Pozo 39	Pozo 31	20	7	87
60	Pozo 31	Pozo 27	47	0	151
59	Pozo 27	Pozo 26	0	4	13
58	Pozo 26	Pozo 42	0	5	16
61	Pozo 42	Pozo 25	0	0	0
69	Pozo 24	Pozo 25	0	0	0

Tramo	De Pozo	A Pozo	Servicios equivalentes (SE)	Unidades habitacionales (Unidad)	Población de diseño en el tramo (hab.)
Colector 12					
28	Pozo 67	Pozo 14	0	12	39
62	Pozo 30	Pozo 21	30	0	96
64	Pozo 21	Pozo 15	0	0	0
63	Pozo 15	Pozo 14	0	0	0
Colector 13					
44	Pozo 70	Pozo 18	25	15	128
42	Pozo 18	Pozo 12	0	0	0
65	Pozo 14	Pozo 9	0	5	16
68	Pozo 9	Pozo 6	0	2	6
67	Pozo 6	Pozo 5	0	3	10
66	Pozo 5	Pozo 12	0	1	3
Colector 14					
43	Pozo 12	Pozo 61	0	6	19
40	Pozo 62	Pozo 61	74	0	238
Colector 15					
33	Pozo 19	Pozo 13	0	7	22
35	Pozo 13	Pozo 11	0	3	10
34	Pozo 11	Pozo 10	0	2	6
39	Pozo 61	Pozo 68	0	6	19
71	Pozo 68	Pozo 69	24	4	90
14	Pozo 69	Pozo 72	0	0	0
38	Pozo 72	Pozo 38	0	5	16
37	Pozo 8	Pozo 7	0	2	6
36	Pozo 7	Pozo 10	18	0	58
Salida					
41	Pozo 10	O-1	0	0	0
Totales			910	368	4103

Fuente: Propia.

3.4 Memoria de cálculo

3.4.1 Población de diseño

El Distrito Gubernamental es un proyecto nuevo y sin proyecciones de extenderse en un futuro; por lo tanto, la población de diseño se considerará fija. Esta se basa en la cantidad de servicios equivalentes y unidades habitacionales, según información de las tablas 1 y 12. Así pues,

utilizando un factor de hacinamiento de 3.21 personas/casa, según la base de datos del INEC (2011), se obtiene como resultado un total de 4103 habitantes, lo cual se desglosa o detalla en las tablas 12, 13 y 14.

Tabla 12

Servicios equivalentes del proyecto APP Distrito Gubernamental Garabito

Cantidad de servicios*	Tipo de actividad	Cantidad total de UC	Unidad de cálculo UC	Servicios equivalentes
1	Escuelas, colegios o centros de educación y capacitación.	500	Estudiantes	20
20	Locales comerciales y oficinas administrativas.	133242	m ²	666
2	Centros de recreación.	44788	m ²	224
Total de servicios equivalentes				910

*La cantidad de servicios es proporcionada por la Municipalidad de Garabito. Fuente: Propia.

Tabla 13

Cálculo de habitantes por unidad habitacional

Cant. unidades habitacionales	Factor de hacinamiento	hab.
368	3,21	1181

Fuente: Propia.

Tabla 14

Población de diseño del proyecto APP Distrito Gubernamental Garabito

Factor de hacinamiento según el INEC	3,21
Servicios equivalentes	910
Unidades habitacionales	368
Total global de población	4103

3.4.2 Dotación

La dotación utilizada para este proyecto es de 200 l/p/d, correspondiente a poblaciones rurales.

3.4.3 Caudales

El cálculo de los caudales, para este diseño de alcantarillado sanitario, se realizará a partir de las fórmulas dadas por AyA (2017), por lo que se desglosa el siguiente procedimiento:

3.4.3.1 Aguas residuales ordinarias (Q_{paro})

Fórmula correspondiente:

$$Q_{paro} = Q_{pap} \cdot FR \quad (1)$$

Donde:

Q_{paro} = Caudal promedio de aguas residuales ordinarias

Q_{pap} = Caudal promedio diario neto de agua potable

FR = Factor de retorno = 0.80

Dada la fórmula anterior, se procede, en primera instancia, a la solución de Q_{pap} . Para ello, se retoma la información indicada antes; es decir, la población al final del periodo de diseño (hab), en donde se obtuvo como resultado 4103 habitantes, con una dotación de 200 l/p/d. De este modo, se establece:

Fórmula correspondiente:

$$Q_{pap} = (Pf \cdot Dr)/1000 \quad (5)$$

Donde:

Q_{pap} = Caudal promedio diario neto de agua potable ($m^3/día$)

Pf = Población al final del periodo de diseño (hab)

Dr = Dotación (l/p/día)

Entonces:

$$Q_{pap} = (4103 \text{ hab} \cdot 200 \text{ l/p/día})/1000$$

$$Q_{pap} = 820,57 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{pap} = 34,19 \text{ m}^3/h$$

$$Q_{pap} = 9,50 \text{ l/s}$$

Por lo tanto, el caudal promedio diario neto de agua potable es $Q_{pap} = 9,50 \text{ l/s}$. Así pues, con el resultado anterior, ya es posible resolver el caudal promedio de aguas residuales de la siguiente manera:

$$Q_{paro} = 820,57 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 0.801$$

$$Q_{paro} = 656,3546 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{paro} = 27,35 \text{ m}^3/h$$

$$Q_{paro} = 7,60 \text{ l/s}$$

El caudal promedio de aguas residuales ordinarias es $Q_{paro} = 7,60 \text{ l/s}$

3.4.3.2 Aguas residuales especiales tratadas o caudal promedio de agua residual especial tratada (Q_{pare})

En este proyecto no existen aguas residuales de este tipo, por lo que no serán calculadas.

3.3.3.3 Contribuciones externas (Q_{ext})

La APP Distrito Gubernamental Garabito es un proyecto nuevo, de modo tal que en el terreno a construir no ha existido ningún tipo de edificación anteriormente; por lo tanto, en este caso no hay contribuciones externas.

3.4.3.4 Aguas de infiltración

Según la reglamentación para diseño se debe considerar, para tuberías de PVC (utilizadas en este proyecto), una infiltración de $0,25 \text{ l/s/Km}$, la cual se debe multiplicar por la longitud total de las tuberías de la siguiente manera:

Fórmula correspondiente:

$$Q_{inf} = 0,25 \text{ l/s/Km} \cdot \text{long. de tubería} \tag{6}$$

$$Q_{inf} = 0,25 \text{ l/s/Km} \cdot 3,96 \text{ Km}$$

$$Q_{inf} = 0,99 \text{ l/s}$$

El caudal de infiltración da como resultado: $Q_{inf} = 0,99 \text{ l/s}$

3.4.3.5 Caudal promedio de aguas residuales (Q_{par})

Este se obtiene sumando todas las contribuciones anteriormente presentadas.

Fórmula correspondiente:

$$Q_{par} = Q_{paro} + Q_{pare} + Q_{ext} \quad (2)$$

$$Q_{par} = 7,60 \text{ l/s}$$

Por lo tanto, el caudal promedio de aguas residuales se resume a: $Q_{par} = 7,60 \text{ l/s}$

3.4.3.6 Caudal mínimo de diseño (Q_{min})

Fórmula correspondiente:

$$Q_{min} = FMD \cdot Q_{par} + Q_{inf} \quad (3)$$

Donde:

FMD = Factor Máximo Diario = 1,2

$$Q_{min} = 1,2 \cdot 7,60 \text{ l/s} + 0,99 \text{ l/s}$$

$$Q_{min} = 10,11 \text{ l/s}$$

De acuerdo con la reglamentación, el caudal mínimo de diseño no puede ser inferior a 1,5 l/s, por lo que 10,11 l/s cumple con lo requerido por la norma.

3.4.3.6 Caudal máximo de diseño ($Q_{máx}$)

Fórmula correspondiente:

$$Q_{máx} = FMH \cdot Q_{par} + Q_{inf} \quad (4)$$

Donde:

FMH = Factor Máximo Horario = 1,8

$$Q_{max} = 1,8 \cdot 7,60 \text{ l/s} + 0,99 \text{ l/s}$$

$$Q_{max} = 14,67 \text{ l/s}$$

Por lo tanto, el caudal máximo de diseño es de 14,67 l/s.

3.5 Resumen de parámetros para diseño

Tabla 15

Resumen de parámetros para el diseño del alcantarillado sanitario

Parámetros	Valor obtenido
Población de diseño	4103 hab
Habitantes por unidad habitacional	3,21
Dotación de agua potable para zonas rurales	200 l/p/d
Factor de Retorno (FR)	0,80
Factor máximo horario	1,80
Factor máximo diario	1,20
Criterio de diseño de tubería	Escurrencimiento libre por gravedad (Manning)
Coefficiente de Manning para Cloruro de Polivinilo (PVC)	0,01
Velocidad mínima de flujo	1,00 m/s
Velocidad máxima a tubo lleno	5,00 m/s
Fuerza tractiva mínima	0,10 Kg/m ²
Fuerza tractiva preferible	0,15 Kg/m ²
Fuerza tractiva ideal	0,20 Kg/m ²
Tirante hidráulico máximo en tuberías	75% del diámetro interno de la tubería
Caudal mínimo de diseño	10,11 l/s
Caudal de infiltración	0,25 l/s/Km
Profundidad mínima de tubería	1,20 m
Distancia máxima entre pozos	120,00 m
Profundidad máxima de pozos	15,00m
Diámetro interno mínimo de pozos	1,20 m
Tipo de tubería sanitaria	PVC SDR 41
Diámetro mínimo de tubería de la red sanitaria	200 mm

Parámetros	Valor obtenido
Diámetro mínimo de prevista domiciliar	100 mm
Ubicación de las tuberías de la red sanitaria	Centro de las avenidas y calles, por debajo de la tubería de agua potable a una distancia mínima libre de 0,20 m y de 1.00 m mínimo en planta.

Fuente: Propia.

3.6 Diseño de alcantarillado

Una vez reunida la información expuesta en los puntos de este capítulo, junto con la planta de tramos y pozos (ver Figura 8), y ya insertados los perfiles de terreno con su rasante respectiva, se dibujaron los pozos y las tuberías tomando en cuenta todos los parámetros anteriores y la norma técnica. A este respecto, cabe destacar que para la identificación de los perfiles por calle, al no proporcionarse el nombre oficial de cada calle y avenida (para introducirlos en los *alignments*), en el programa AutoCAD Civil 3D se colocó una numeración (calle 1, calle 2, calle n...) única y exclusivamente para su identificación y orden en este proyecto (ver Figura 9).

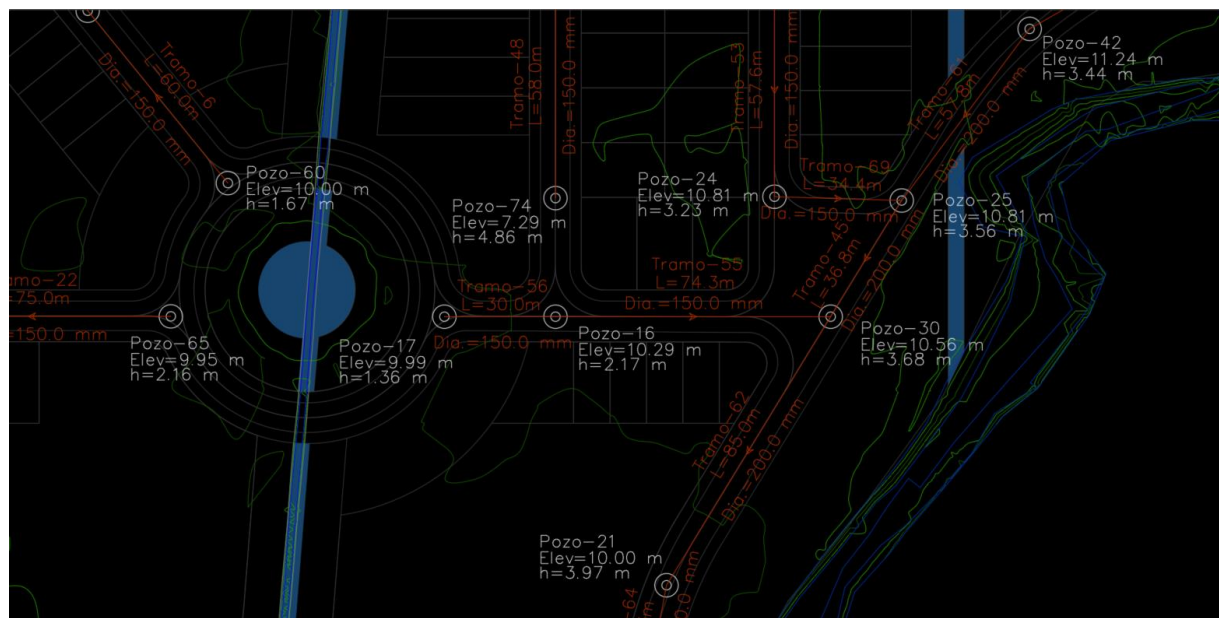


Figura 8. Pozos y tramos de una sección de APP Distrito Gubernamental Garabito. Fuente: Propia.



Figura 9. Identificación de calles para referencia en perfiles. Fuente: Propia.

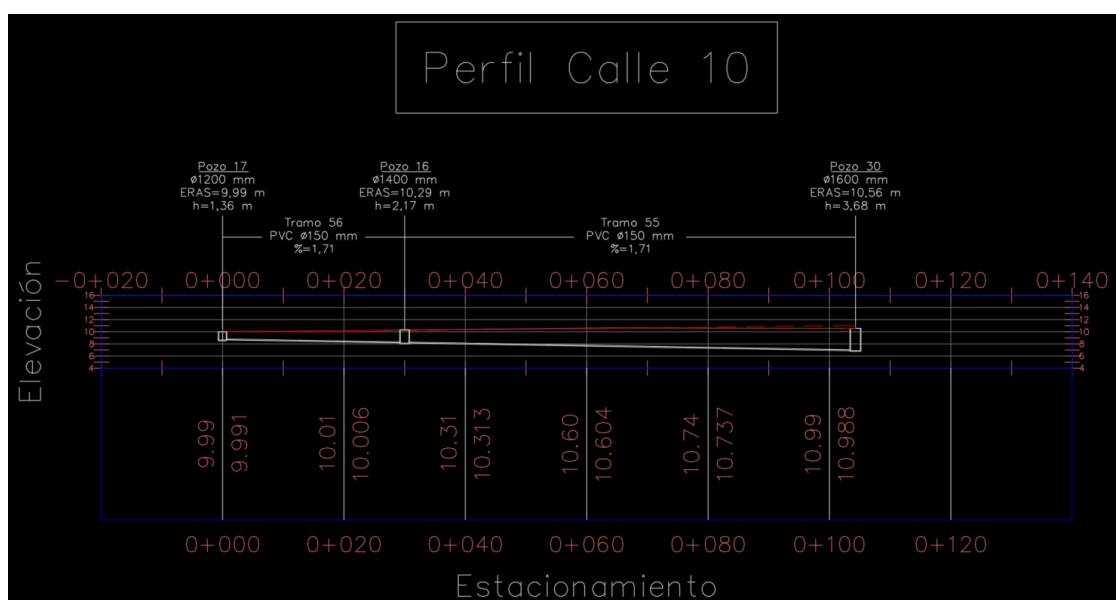


Figura 10. Ejemplo de perfil con diseño de pozos y tuberías. Fuente: Propia.

3.7 Cálculos hidráulicos

Para el diseño hidráulico se hace uso de herramientas que permiten simplificar el proceso, en este caso, la hoja de cálculo en el programa Excel del MSc. Ing. Calixto Pacheco Bolaños, y, a su vez, mantener un orden acumulado necesario para el diseño. Asimismo, se demuestra si alguna restricción normativa, como la velocidad, fuerza tractiva, entre otras, no se cumple; en esos casos, automáticamente se señala en rojo y, de esta manera, puede ser corregida. Además, es oportuno destacar que los cambios que se apliquen pueden realizarse sin tener que volver a empezar el diseño, lo cual implica un ahorro de tiempo; a su vez, este queda demostrado y comprobado.

La hoja de cálculo del MSc. Ing. Calixto Pacheco Bolaños realiza los cálculos hidráulicos por ramal, el programa SewerGEMS de la empresa Bentley Systems Incorporated, el cual se utiliza para ingresar el modelo y reafirmar los resultados, esto se muestra en el apartado 3.12 de este capítulo más a profundidad, y finalmente, el programa AutoCAD Civil 3D, es utilizado para ingresar las curvas de nivel proporcionadas y el modelo en planta para generar los perfiles de nivel, a fin de trazar los pozos y tuberías con sus respectivas alturas y pendientes.

[illegible]

	Perfil Básico							Proyecto	
Línea (Colector o Ramal)	Tramo	Tramo						Unidades Habitacionales en el Tramo	Población de diseño en el Tramo
		De Pozo		A Pozo		L	SR	Nº	P
		Nombre	Rasante	Nombre	Rasante	m	%	UH	hab
7	32	Pozo 50	8,01	Pozo 20	8,03	55,00	-0,04%	43	138
	30	Pozo 20	8,03	Pozo 19	8,22	31,02	-0,61%	0	0
	29	Pozo 33	9,33	Pozo 54	8,69	100,00	0,64%	18	58
	31	Pozo 54	8,69	Pozo 19	8,26	57,65	0,75%	5	16
8	46	Pozo 71	13,06	Pozo 39	12,87	104,00	0,18%	16	51
	47	Pozo 40	13,13	Pozo 39	12,87	40,00	0,65%	150	482
9	48	Pozo 57	12,15	Pozo 63	11,71	60,00	0,73%	8	26
	49	Pozo 63	11,71	Pozo 1	11,21	69,49	0,72%	9	29
	50	Pozo 1	11,21	Pozo 2	11,15	10,78	0,56%	2	6
	51	Pozo 2	11,15	Pozo 4	10,94	44,93	0,47%	8	26
	52	Pozo 4	10,94	Pozo 3	10,90	10,78	0,37%	2	6
	54	Pozo 3	10,90	Pozo 53	10,82	69,49	0,12%	9	29
53	Pozo 53	10,82	Pozo 24	10,81	57,60	0,02%	8	26	

	Perfil Básico							Proyecto	
Línea (Colector o Ramal)	Tramo	Tramo						Unidades Habitacionales en el Tramo	Población de diseño en el Tramo
		De Pozo		A Pozo		L	SR	Nº	P
		Nombre	Rasante	Nombre	Rasante	m	%	UH	hab
10	57	Pozo 39	12,87	Pozo 31	12,21	90,00	0,73%	27	87
	60	Pozo 31	12,21	Pozo 27	11,90	38,05	0,81%	47	151
	59	Pozo 27	11,90	Pozo 26	11,61	35,00	0,83%	4	13
	58	Pozo 26	11,61	Pozo 42	11,24	45,00	0,82%	5	16
	61	Pozo 42	11,24	Pozo 25	10,81	57,81	0,74%	0	0
	69	Pozo 24	10,81	Pozo 25	10,81	34,37	0,00%	0	0
11	56	Pozo 17	9,99	Pozo 16	10,29	30,00	-1,00%	0	0
	55	Pozo 16	10,29	Pozo 30	10,56	74,29	-0,36%	9	29
	45	Pozo 25	10,81	Pozo 30	10,56	36,78	0,68%	0	0
12	28	Pozo 67	9,00	Pozo 14	9,60	83,00	-0,72%	12	39
	62	Pozo 30	10,56	Pozo 21	10,00	85,00	0,66%	30	96
	64	Pozo 21	10,00	Pozo 15	9,80	31,30	0,64%	0	0
	63	Pozo 15	9,80	Pozo 14	9,60	30,00	0,67%	0	0

Línea (Colector o Ramal)	Tramo	Perfil Básico						Proyecto	
		Tramo						Unidades Habitacionales en el Tramo	Población de diseño en el Tramo
		De Pozo		A Pozo		L	SR	N°	P
		Nombre	Rasante	Nombre	Rasante	m	%	UH	hab
13	44	Pozo 70	8,02	Pozo 18	8,85	92,00	-0,90%	40	128
	42	Pozo 18	8,64	Pozo 12	8,85	30,35	-0,69%	0	0
	65	Pozo 14	9,60	Pozo 9	9,28	50,00	0,64%	5	16
	68	Pozo 9	9,28	Pozo 6	9,14	21,77	0,64%	2	6
	67	Pozo 6	9,14	Pozo 5	9,01	20,00	0,65%	3	10
	66	Pozo 5	9,01	Pozo 12	8,85	25,00	0,64%	1	3
14	43	Pozo 12	8,85	Pozo 61	8,39	70,44	0,65%	6	19
	40	Pozo 62	8,00	Pozo 61	8,39	60,00	-0,65%	74	238
15	33	Pozo 19	8,26	Pozo 13	7,70	70,00	0,80%	7	22
	35	Pozo 13	7,70	Pozo 11	7,48	27,83	0,79%	3	10
	34	Pozo 11	7,48	Pozo 10	7,28	24,99	0,80%	2	6
	39	Pozo 61	8,39	Pozo 68	7,80	75,09	0,79%	6	19
	71	Pozo 68	7,80	Pozo 69	7,42	64,91	0,59%	28	90
	14	Pozo 69	7,42	Pozo 72	7,29	40,00	0,33%	0	0
	38	Pozo 72	7,29	Pozo 8	7,23	26,18	0,23%	5	16
	37	Pozo 8	7,23	Pozo 7	7,22	20,06	0,05%	2	6
	36	Pozo 7	7,22	Pozo 10	7,28	50,00	-0,12%	18	58
Salida	41	Pozo 10	7,16	O-1	6,96	40,00	0,50%	0	0

Fuente: Propia.

Tabla 17

Sistema de saneamiento: caudal de diseño (contenido mínimo de información)

Línea (Colector o Ramal)	Perfil Básico			Proyecto		Caudales en los tramos								Caudales acumulados		Caudales de diseño		
	Tramo	Tramo		Unidades Habitacionales en el Tramo	Población de diseño en el Tramo	Caudal promedio diario neto de agua potable	Caudal promedio de agua residual ordinaria	Aguas residuales especiales o caudal promedio de agua residual especial	Contribuciones externas	Aguas de Infiltración de lluvia	Caudal promedio de aguas residuales	Caudal mínimo en el Tramo	Caudal máximo en el Tramo	Caudal mínimo acumulado en la Línea (Colector o Ramal)	Caudal máximo acumulado en la Línea (Colector o Ramal)	Punto considerado	Caudal mínimo Diseño	Caudal máximo Diseño
		De Pozo	A Pozo			Nº	P	Qpap	Qparo	Qpare	Qext	Qinf	Qpar	Qmin Tramo	Qmax Tramo		Qmin Acumulado	Qmax Acumulado
Nombre	Nombre	UH	hab	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	≥ 1,50 lps		≥ 1,50 lps	
1	3	Pozo 56	Pozo 55	3	10	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05		0,05		Pozo 55	1,50	
												0,05		0,05		Pozo 55		1,50
	2	Pozo 55	Pozo 58	7	22	0,05	0,04	0,00	0,00	0,02	0,04	0,09		0,09		Pozo 58	1,50	
												0,10		0,10		Pozo 58		1,50
	70	Pozo 58	Pozo 48	3	10	0,02	0,02	0,00	0,00	0,02	0,02	0,05		0,19		Pozo 48	1,50	
												0,05		0,20		Pozo 48		1,50
	1	Pozo 49	Pozo 48	56	180	0,42	0,33	0,00	0,00	0,01	0,33	0,61		0,80		Pozo 48	1,50	
												0,73		0,93		Pozo 48		1,50
2	6	Pozo 60	Pozo 59	72	231	0,54	0,43	0,00	0,00	0,02	0,43	0,79		0,79		Pozo 59	1,50	
												0,94		0,94		Pozo 59		1,50
	5	Pozo 59	Pozo 45	17	55	0,13	0,10	0,00	0,00	0,03	0,10	0,21		1,00		Pozo 45	1,50	
												0,25		1,19		Pozo 45		1,50
	4	Pozo 48	Pozo 45	61	196	0,45	0,36	0,00	0,00	0,03	0,36	0,68		2,48		Pozo 45	2,48	
												0,81		2,93		Pozo 45		2,93
3	11	Pozo 47	Pozo 35	19	61	0,14	0,11	0,00	0,00	0,01	0,11	0,22		0,22		Pozo 35	1,50	
												0,26		0,26		Pozo 35		1,50
	10	Pozo 35	Pozo 34	5	16	0,04	0,03	0,00	0,00	0,01	0,03	0,06		0,06		Pozo 34	1,50	
												0,07		0,07		Pozo 34		1,50
	9	Pozo 34	Pozo 37	20	64	0,15	0,12	0,00	0,00	0,03	0,12	0,24		0,24		Pozo 37	1,50	
												0,29		0,29		Pozo 37		1,50
	7	Pozo 45	Pozo 41	53	170	0,39	0,32	0,00	0,00	0,01	0,32	0,58		1,10		Pozo 41	1,50	
											0,69		1,31		Pozo 41		1,50	
	8	Pozo 41	Pozo 37	6	19	0,04	0,04	0,00	0,00	0,01	0,04	0,08		3,66		Pozo 37	3,66	
												0,09		4,33		Pozo 37		4,33

Línea (Colector o Ramal)	Perfil Básico			Proyecto		Caudales en los tramos								Caudales acumulados		Caudales de diseño		
	Tramo	Tramo		Unidades Habitacionales en el Tramo	Población de diseño en el Tramo	Caudal promedio diario neto de agua potable	Caudal promedio de agua residual ordinaria	Aguas residuales especiales o caudal promedio de agua residual especial	Contribuciones externas	Aguas de Infiltración de lluvia	Caudal promedio de aguas residuales	Caudal mínimo en el Tramo	Caudal máximo en el Tramo	Caudal mínimo acumulado en la Línea (Colector o Ramal)	Caudal máximo acumulado en la Línea (Colector o Ramal)	Punto considerado	Caudal mínimo Diseño	Caudal máximo Diseño
		De Pozo	A Pozo															
		Nombre	Nombre	Nº	P	Qpap	Qparo	Qpare	Qext	Qinf	Qpar	Qmin Tramo	Qmax Tramo	Qmin Acumulado	Qmax Acumulado		Qmin	Qmax
				UH	hab	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s		l.p.s	l.p.s
																	≥ 1,50 lps	≥ 1,50 lps
4	13	Pozo 43	Pozo 28	19	61	0,14	0,11	0,00	0,00	0,01	0,11	0,22		0,22		Pozo 28	1,50	
													0,26		0,26	Pozo 28		1,50
	12	Pozo 28	Pozo 29	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01		0,23		Pozo 29	1,50	
													0,01		0,27	Pozo 29		1,50
	16	Pozo 66	Pozo 29	38	122	0,28	0,23	0,00	0,00	0,02	0,23	0,43		0,66		Pozo 29	1,50	
													0,51		0,78	Pozo 29		1,50
5	22	Pozo 65	Pozo 64	57	183	0,42	0,34	0,00	0,00	0,02	0,34	0,63		0,63		Pozo 64	1,50	
													0,75		0,75	Pozo 64		1,50
	21	Pozo 64	Pozo 22	19	61	0,14	0,11	0,00	0,00	0,03	0,11	0,23		0,23		Pozo 22	1,50	
													0,27		0,27	Pozo 22		1,50
	17	Pozo 37	Pozo 36	4	13	0,03	0,02	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05		0,05		Pozo 36	1,50	
													0,06		0,06	Pozo 36		1,50
	18	Pozo 36	Pozo 23	46	148	0,34	0,27	0,00	0,00	0,01	0,27	0,50		0,50		Pozo 23	1,50	
													0,60		0,60	Pozo 23		1,50
	19	Pozo 23	Pozo 22	5	16	0,04	0,03	0,00	0,00	0,01	0,03	0,06		0,06		Pozo 22	1,50	
													0,07		0,07	Pozo 22		1,50
6	15	Pozo 29	Pozo 46	20	64	0,15	0,12	0,00	0,00	0,03	0,12	0,24		1,71		Pozo 46	1,71	
													0,28		2,03	Pozo 46		2,03
	20	Pozo 46	Pozo 22	5	16	0,04	0,03	0,00	0,00	0,01	0,03	0,07		6,10		Pozo 22	6,10	
													0,08		7,22	Pozo 22		7,22
	27	Pozo 52	Pozo 51	11	35	0,08	0,07	0,00	0,00	0,01	0,07	0,13		0,13		Pozo 51	1,50	
													0,16		0,16	Pozo 51		1,50
	26	Pozo 51	Pozo 33	18	58	0,13	0,11	0,00	0,00	0,03	0,11	0,22		0,22		Pozo 33	1,50	
													0,26		0,26	Pozo 33		1,50
6	23	Pozo 22	Pozo 44	10	32	0,07	0,06	0,00	0,00	0,01	0,06	0,12		0,12		Pozo 44	1,50	
													0,14		0,14	Pozo 44		1,50
	24	Pozo 44	Pozo 32	80	257	0,59	0,48	0,00	0,00	0,01	0,48	0,87		1,34		Pozo 32	1,50	
													1,04		1,60	Pozo 32		1,60
	25	Pozo 32	Pozo 33	17	55	0,13	0,10	0,00	0,00	0,01	0,10	0,19		7,63		Pozo 33	7,63	
													0,23		9,05	Pozo 33		9,05

Línea (Colector o Ramal)	Perfil Básico			Proyecto		Caudales en los tramos								Caudales acumulados		Caudales de diseño		
	Tramo	Tramo		Unidades Habitacionales en el Tramo	Población de diseño en el Tramo	Caudal promedio diario neto de agua potable	Caudal promedio de agua residual ordinaria	Aguas residuales especiales o caudal promedio de agua residual especial	Contribuciones externas	Aguas de Infiltración de lluvia	Caudal promedio de aguas residuales	Caudal mínimo en el Tramo	Caudal máximo en el Tramo	Caudal mínimo acumulado en la Línea (Colector o Ramal)	Caudal máximo acumulado en la Línea (Colector o Ramal)	Punto considerado	Caudal mínimo Diseño	Caudal máximo Diseño
		De Pozo	A Pozo															
		Nombre	Nombre	UH	hab	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s		Qmin	Qmax
																	l.p.s	l.p.s
																	≥ 1,50 lps	≥ 1,50 lps
7	32	Pozo 50	Pozo 20	43	138	0,32	0,26	0,00	0,00	0,01	0,26	0,47		0,47		Pozo 20	1,50	
													0,57		0,57	Pozo 20		1,50
	30	Pozo 20	Pozo 19	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01		0,01		Pozo 19	1,50	
													0,01		0,01	Pozo 19		1,50
	29	Pozo 33	Pozo 54	18	58	0,13	0,11	0,00	0,00	0,03	0,11	0,22		0,70		Pozo 54	1,50	
													0,26		0,84	Pozo 54		1,50
8	31	Pozo 54	Pozo 19	5	16	0,04	0,03	0,00	0,00	0,01	0,03	0,07		8,40		Pozo 19	8,40	
													0,08		9,97	Pozo 19		9,97
	46	Pozo 71	Pozo 39	16	51	0,12	0,10	0,00	0,00	0,03	0,10	0,20		0,20		Pozo 39	1,50	
													0,23		0,23	Pozo 39		1,50
9	47	Pozo 40	Pozo 39	150	482	1,11	0,89	0,00	0,00	0,01	0,89	1,62		1,82		Pozo 39	1,82	
													1,94		2,17	Pozo 39		2,17
	48	Pozo 57	Pozo 63	8	26	0,06	0,05	0,00	0,00	0,02	0,05	0,10		0,10		Pozo 63	1,50	
													0,12		0,12	Pozo 63		1,50
	49	Pozo 63	Pozo 1	9	29	0,07	0,05	0,00	0,00	0,02	0,05	0,11		0,11		Pozo 1	1,50	
													0,13		0,13	Pozo 1		1,50
	50	Pozo 1	Pozo 2	2	6	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02		0,02		Pozo 2	1,50	
													0,03		0,03	Pozo 2		1,50
	51	Pozo 2	Pozo 4	8	26	0,06	0,05	0,00	0,00	0,01	0,05	0,10		0,10		Pozo 4	1,50	
													0,11		0,11	Pozo 4		1,50
9	52	Pozo 4	Pozo 3	2	6	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02		0,02		Pozo 3	1,50	
													0,03		0,03	Pozo 3		1,50
	54	Pozo 3	Pozo 53	9	29	0,07	0,05	0,00	0,00	0,02	0,05	0,11		0,46		Pozo 53	1,50	
													0,13		0,55	Pozo 53		1,50
	53	Pozo 53	Pozo 24	8	26	0,06	0,05	0,00	0,00	0,01	0,05	0,10		0,57		Pozo 24	1,50	
													0,12		0,68	Pozo 24		1,50

Línea (Colector o Ramal)	Perfil Básico			Proyecto		Caudales en los tramos								Caudales acumulados		Caudales de diseño		
	Tramo	Tramo		Unidades Habitacionales en el Tramo	Población de diseño en el Tramo	Caudal promedio diario neto de agua potable	Caudal promedio de agua residual ordinaria	Aguas residuales especiales o caudal promedio de agua residual especial	Contribuciones externas	Aguas de Infiltración de lluvia	Caudal promedio de aguas residuales	Caudal mínimo en el Tramo	Caudal máximo en el Tramo	Caudal mínimo acumulado en la Línea (Colector o Ramal)	Caudal máximo acumulado en la Línea (Colector o Ramal)	Punto considerado	Caudal mínimo Diseño	Caudal máximo Diseño
		De Pozo	A Pozo											Qmin Acumulado	Qmax Acumulado		Qmin	Qmax
		Nombre	Nombre	UH	hab	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s		l.p.s	l.p.s
																	≥ 1,50 lps	≥ 1,50 lps
10	57	Pozo 39	Pozo 31	27	87	0,20	0,16	0,00	0,00	0,02	0,16	0,31		0,31		Pozo 31	1,50	
													0,37		0,37	Pozo 31		1,50
	60	Pozo 31	Pozo 27	47	151	0,35	0,28	0,00	0,00	0,01	0,28	0,51		0,51		Pozo 27	1,50	
													0,61		0,61	Pozo 27		1,50
	59	Pozo 27	Pozo 26	4	13	0,03	0,02	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05		0,05		Pozo 26	1,50	
													0,06		0,06	Pozo 26		1,50
	58	Pozo 26	Pozo 42	5	16	0,04	0,03	0,00	0,00	0,01	0,03	0,06		0,06		Pozo 42	1,50	
11	61	Pozo 42	Pozo 25	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01		0,08	0,08	Pozo 42		1,50
													0,01	0,94		Pozo 25	1,50	
	69	Pozo 24	Pozo 25	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01		0,01	1,13	Pozo 25		1,50
													0,01	3,34		Pozo 25	3,34	
													0,01	3,99		Pozo 25		3,99
12	56	Pozo 17	Pozo 16	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01		0,01		Pozo 16	1,50	
													0,01		0,01	Pozo 16		1,50
	55	Pozo 16	Pozo 30	9	29	0,07	0,05	0,00	0,00	0,02	0,05	0,11		0,12		Pozo 30	1,50	
													0,13		0,14	Pozo 30		1,50
	45	Pozo 25	Pozo 30	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01		3,47		Pozo 30	3,47	
12													0,01	4,14		Pozo 30		4,14
	28	Pozo 67	Pozo 14	12	39	0,09	0,07	0,00	0,00	0,02	0,07	0,15		0,15		Pozo 14	1,50	
													0,17		0,17	Pozo 14		1,50
	62	Pozo 30	Pozo 21	30	96	0,22	0,18	0,00	0,00	0,02	0,18	0,34		0,34		Pozo 21	1,50	
													0,41		0,41	Pozo 21		1,50
	64	Pozo 21	Pozo 15	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01		0,50		Pozo 15	1,50	
12													0,01	0,59		Pozo 15		1,50
	63	Pozo 15	Pozo 14	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01		3,98		Pozo 14	3,98	
													0,01	4,74		Pozo 14		4,74

Línea (Colector o Ramal)	Perfil Básico			Proyecto		Caudales en los tramos								Caudales acumulados		Caudales de diseño		
	Tramo	Tramo		Unidades Habitacionales en el Tramo	Población de diseño en el Tramo	Caudal promedio diario neto de agua potable	Caudal promedio de agua residual ordinaria	Aguas residuales especiales o caudal promedio de agua residual especial	Contribuciones externas	Aguas de Infiltración de lluvia	Caudal promedio de aguas residuales	Caudal mínimo en el Tramo	Caudal máximo en el Tramo	Caudal mínimo acumulado en la Línea (Colector o Ramal)	Caudal máximo acumulado en la Línea (Colector o Ramal)	Punto considerado	Caudal mínimo Diseño	Caudal máximo Diseño
		De Pozo	A Pozo															
Nombre	Nombre	UH	hab	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	≥ 1,50 lps		≥ 1,50 lps	
13	44	Pozo 70	Pozo 18	40	128	0,30	0,24	0,00	0,00	0,02	0,24	0,45		0,45		Pozo 18	1,50	
													0,54		0,54	Pozo 18		1,50
	42	Pozo 18	Pozo 12	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01		0,01		Pozo 12	1,50	
													0,01		0,01	Pozo 12		1,50
	65	Pozo 14	Pozo 9	5	16	0,04	0,03	0,00	0,00	0,01	0,03	0,07		0,07		Pozo 9	1,50	
													0,08		0,08	Pozo 9		1,50
	68	Pozo 9	Pozo 6	2	6	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03		0,03		Pozo 6	1,50	
													0,03		0,03	Pozo 6		1,50
	67	Pozo 6	Pozo 5	3	10	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04		0,04	0,60	Pozo 5	1,50	
												0,04		0,70	Pozo 5		1,50	
66	Pozo 5	Pozo 12	1	3	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02		4,60		Pozo 12	4,60		
												0,02		5,46	Pozo 12		5,46	
14	43	Pozo 12	Pozo 61	6	19	0,04	0,04	0,00	0,00	0,02	0,04	0,08		0,08		Pozo 61	1,50	
													0,09		0,09	Pozo 61		1,50
	40	Pozo 62	Pozo 61	74	238	0,55	0,44	0,00	0,00	0,02	0,44	0,81		5,49		Pozo 61	5,49	
													0,97		6,52	Pozo 61		6,52

Línea (Colector o Ramal)	Perfil Básico			Proyecto		Caudales en los tramos								Caudales acumulados		Caudales de diseño		
	Tramo	Tramo		Unidades Habitacionales en el Tramo	Población de diseño en el Tramo	Caudal promedio diario neto de agua potable	Caudal promedio de agua residual ordinaria	Aguas residuales especiales o caudal promedio de agua residual especial	Contribuciones externas	Aguas de Infiltración de lluvia	Caudal promedio de aguas residuales	Caudal mínimo en el Tramo	Caudal máximo en el Tramo	Caudal mínimo acumulado en la Línea (Colector o Ramal)	Caudal máximo acumulado en la Línea (Colector o Ramal)	Punto considerado	Caudal mínimo Diseño	Caudal máximo Diseño
		De Pozo	A Pozo															
		Nombre	Nombre	UH	hab	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s		Qmin	Qmax
																	l.p.s	l.p.s
																	≥ 1,50 lps	≥ 1,50 lps
15	33	Pozo 19	Pozo 13	7	22	0,05	0,04	0,00	0,00	0,02	0,04	0,09		0,09		Pozo 13	1,50	
													0,11		10,08	Pozo 13		10,08
	35	Pozo 13	Pozo 11	3	10	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04		0,04		Pozo 11	1,50	
													0,05		0,05	Pozo 11		1,50
	34	Pozo 11	Pozo 10	2	6	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03		0,03		Pozo 10	1,50	
													0,03		0,03	Pozo 10		1,50
	39	Pozo 61	Pozo 68	6	19	0,04	0,04	0,00	0,00	0,02	0,04	0,08		0,08		Pozo 68	1,50	
													0,10		0,10	Pozo 68		1,50
	71	Pozo 68	Pozo 69	28	90	0,21	0,17	0,00	0,00	0,02	0,17	0,32		0,32		Pozo 69	1,50	
													0,38		10,64	Pozo 69		10,64
	14	Pozo 69	Pozo 72	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01		0,01		Pozo 72	1,50	
													0,01		20,91	Pozo 72		20,91
	38	Pozo 72	Pozo 8	5	16	0,04	0,03	0,00	0,00	0,01	0,03	0,06		0,06		Pozo 8	1,50	
													0,07		31,80	Pozo 8		31,80
	37	Pozo 8	Pozo 7	2	6	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03		0,03		Pozo 7	1,50	
													0,03		73,64	Pozo 7		73,64
	36	Pozo 7	Pozo 10	18	58	0,13	0,11	0,00	0,00	0,01	0,11	0,21		0,21		Pozo 10	14,76	
													0,24		17,51	Pozo 10		17,51
Salida	41	Pozo 10	O-1	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01		14,77		O-1	14,77	
													0,01		17,52	O-1		17,52

Fuente: Propia.

3.8 Análisis de caudal y pendientes por ramal

En el apartado anterior se muestran los cálculos iniciales para los tramos, mediante los cuales se indican los límites de estos; es decir, de qué pozo a qué pozo se ubican. Seguidamente, se establece la elevación de rasante de cada pozo; de modo que se obtiene un resultado de la diferencia en elevación que hay en el terreno entre ellos con una pendiente y la distancia lineal del tramo (entre pozos), agregando el número de unidades habitacionales y haciendo el cálculo del número de habitantes que esto representa. Toda esta información se localiza en la Tabla 16.

Además, en la Tabla 17 se encuentran los cálculos de los caudales por tramo y, a su vez, acumulados por colectores, tomando en cuenta si cumplen con el caudal mínimo definido en la norma técnica. Esta información es el resultado de la cantidad de habitantes por tramo, en conjunto con la dotación de agua potable por el factor de retorno.

Por otro lado, es oportuno señalar que el proyecto no cuenta con aguas residuales especiales ni redes externas, lo cual no supone una afectación directa a la red. Esto se representa en cero en la Tabla 17. Ahora bien, aunque no tengan un efecto en el diseño, los caudales que no cumplan con el mínimo de 1,5 l/s automáticamente pasan a hacer uso del 1,5 l/s. Por último, con respecto al diseño, el cálculo de los caudales utilizando las especificaciones legales cumple con la norma establecida por el por AyA.

Tabla 18

Sistema de saneamiento: cálculos hidráulicos (contenido mínimo de información)

Línea (Colector o Ramal)	Tramo	Perfil Básico		Cálculos Hidráulicos																		
		Tramo		Pendiente	Diámetro calculado	Diámetro Nominal Seleccionado		Velocidad a tubo lleno	Caudal a tubo lleno	Fuerza tractiva a tubo lleno	Relaciones hidráulicas					velocidad real	Altura de la lámina de agua		fuerza tractiva real	Profundidad Hidráulica	Número de Froude	Flujo Crítico (Inestable)
		De Pozo	A Pozo	S	Dc	D		V	Q	T	q/Q	v/V	d/D	t/T	H/D	v	d	d	t	H	F	Régimen
Nombre	Nombre	% n Manning:	pulg	pulg	mm	m/s	l/s	kg/m2	adimensionales					m/s	pulg	mm	kg/m2	m				
							0,010	< 5				< 0,75							> 0,10			
1	3	Pozo 56	Pozo 55	1,18	2,18	6	150	1,23	22,43	0,44	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,60	1,21	31	0,21	0,02	1,32	Supercrítico
				1,18	2,18	6	150	1,23	22,43	0,44	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,60	1,21	31	0,21	0,02	1,32	Supercrítico
	2	Pozo 55	Pozo 58	1,18	2,18	6	150	1,23	22,43	0,44	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,60	1,21	31	0,21	0,02	1,32	Supercrítico
				1,18	2,18	6	150	1,23	22,43	0,44	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,60	1,21	31	0,21	0,02	1,32	Supercrítico
	70	Pozo 58	Pozo 48	1,18	2,18	6	150	1,23	22,43	0,44	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,60	1,21	31	0,21	0,02	1,32	Supercrítico
				1,18	2,18	6	150	1,23	22,43	0,44	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,60	1,21	31	0,21	0,02	1,32	Supercrítico
	1	Pozo 49	Pozo 48	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
			1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico	
2	6	Pozo 60	Pozo 59	0,50	2,56	6	150	0,80	14,60	0,19	0,10	0,539	0,241	0,568	0,170	0,43	1,45	37	0,11	0,03	0,86	Subcrítico
				0,50	2,56	6	150	0,80	14,60	0,19	0,10	0,539	0,241	0,568	0,170	0,43	1,45	37	0,11	0,03	0,86	Subcrítico
	5	Pozo 59	Pozo 45	0,50	2,56	6	150	0,80	14,60	0,19	0,10	0,539	0,241	0,568	0,170	0,43	1,45	37	0,11	0,03	0,86	Subcrítico
				0,50	2,56	6	150	0,80	14,60	0,19	0,10	0,539	0,241	0,568	0,170	0,43	1,45	37	0,11	0,03	0,86	Subcrítico
	4	Pozo 48	Pozo 45	1,00	2,71	8	200	1,37	44,48	0,50	0,06	0,468	0,186	0,452	0,128	0,64	1,49	38	0,23	0,03	1,28	Supercrítico
				1,00	2,71	8	200	1,37	44,48	0,50	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,67	1,61	41	0,24	0,03	1,28	Supercrítico
3	11	Pozo 47	Pozo 35	1,33	2,13	6	150	1,31	23,83	0,50	0,06	0,468	0,186	0,452	0,128	0,61	1,12	28	0,23	0,02	1,41	Supercrítico
				1,33	2,13	6	150	1,31	23,83	0,50	0,06	0,468	0,186	0,452	0,128	0,61	1,12	28	0,23	0,02	1,41	Supercrítico
	10	Pozo 35	Pozo 34	1,33	2,13	6	150	1,31	23,83	0,50	0,06	0,468	0,186	0,452	0,128	0,61	1,12	28	0,23	0,02	1,41	Supercrítico
				1,33	2,13	6	150	1,31	23,83	0,50	0,06	0,468	0,186	0,452	0,128	0,61	1,12	28	0,23	0,02	1,41	Supercrítico
	9	Pozo 34	Pozo 37	1,33	2,13	6	150	1,31	23,83	0,50	0,06	0,468	0,186	0,452	0,128	0,61	1,12	28	0,23	0,02	1,41	Supercrítico
				1,33	2,13	6	150	1,31	23,83	0,50	0,06	0,468	0,186	0,452	0,128	0,61	1,12	28	0,23	0,02	1,41	Supercrítico
	7	Pozo 45	Pozo 41	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
	8	Pozo 41	Pozo 37	1,00	3,14	8	200	1,37	44,48	0,50	0,08	0,506	0,215	0,515	0,151	0,69	1,72	44	0,26	0,03	1,28	Supercrítico
			1,00	3,14	8	200	1,37	44,48	0,50	0,10	0,539	0,241	0,568	0,170	0,74	1,93	49	0,28	0,03	1,28	Supercrítico	

Línea (Colector o Ramal)	Perfil Básico			Cálculos Hidráulicos																		
	Tramo	Tramo		Pendiente	Diámetro calculado	Diámetro Nominal Seleccionado		Velocidad a tubo lleno	Caudal a tubo lleno	Fuerza tractiva a tubo lleno	Relaciones hidráulicas				velocidad real	Altura de la lámina de agua		fuerza tractiva real	Profundidad Hidráulica	Número de Froude	Flujo Crítico (Inestable)	
		De Pozo	A Pozo			S	Dc		D	V	Q	T	q/Q	v/V	d/D	t/T	H/D	v	d	d	t	H
Nombre	Nombre	% n Manning:	pulg	pulg	mm	m/s	l/s	kg/m2	adimensionales				m/s	pulg	mm	kg/m2 > 0,10	m					
4	13	Pozo 43	Pozo 28	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
				1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
	12	Pozo 28	Pozo 29	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
				1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
	16	Pozo 66	Pozo 29	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
				1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
5	22	Pozo 65	Pozo 64	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
				1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
	21	Pozo 64	Pozo 22	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
				1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
	17	Pozo 37	Pozo 36	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
	18	Pozo 36	Pozo 23	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
	19	Pozo 23	Pozo 22	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
	15	Pozo 29	Pozo 46	1,00	2,36	6	150	1,13	20,65	0,38	0,08	0,506	0,215	0,515	0,151	0,57	1,29	33	0,19	0,02	1,22	Supercrítico
				1,00	2,36	6	150	1,13	20,65	0,38	0,10	0,539	0,241	0,568	0,170	0,61	1,45	37	0,21	0,03	1,22	Supercrítico
20	Pozo 46	Pozo 22	1,00	3,80	6	150	1,13	20,65	0,38	0,30	0,739	0,426	0,897	0,321	0,84	2,56	65	0,34	0,05	1,22	Supercrítico	
			1,00	3,80	6	150	1,13	20,65	0,38	0,35	0,775	0,462	0,949	0,354	0,88	2,77	70	0,36	0,05	1,22	Supercrítico	
6	27	Pozo 52	Pozo 51	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
				1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
	26	Pozo 51	Pozo 33	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
				1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
	23	Pozo 22	Pozo 44	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
	24	Pozo 44	Pozo 32	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,04	0,419	0,152	0,375	0,102	0,57	1,22	31	0,19	0,02	1,28	Supercrítico
	25	Pozo 32	Pozo 33	1,00	4,13	8	200	1,37	44,48	0,50	0,17	0,625	0,317	0,715	0,229	0,86	2,54	64	0,36	0,05	1,28	Supercrítico
			1,00	4,13	8	200	1,37	44,48	0,50	0,20	0,656	0,344	0,764	0,251	0,90	2,75	70	0,38	0,05	1,28	Supercrítico	

Línea (Colector o Ramal)	Perfil Básico			Cálculos Hidráulicos																		
	Tramo	Tramo		Pendiente	Diámetro calculado	Diámetro Nominal Seleccionado		Velocidad a tubo lleno	Caudal a tubo lleno	Fuerza tractiva a tubo lleno	Relaciones hidráulicas					velocidad real	Altura de la lámina de agua		fuerza tractiva real	Profundidad Hidráulica	Número de Froude	Flujo Crítico (Inestable)
		De Pozo	A Pozo			S	Dc		D	V	Q	T	q/Q	v/V	d/D		t/T	H/D	v	d		
Nombre	Nombre	% n Manning:	pulg	pulg	mm	m/s	l/s	kg/m2	adimensionales					m/s	pulg	mm	kg/m2 > 0,10	m				
				0,010		< 5					< 0,75											
7	32	Pozo 50	Pozo 20	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
				1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
	30	Pozo 20	Pozo 19	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
				1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
	29	Pozo 33	Pozo 54	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
	31	Pozo 54	Pozo 19	1,00	4,28	8	200	1,37	44,48	0,50	0,19	0,646	0,335	0,748	0,244	0,89	2,68	68	0,37	0,05	1,28	Supercrítico
			1,00	4,28	8	200	1,37	44,48	0,50	0,22	0,674	0,362	0,794	0,266	0,92	2,90	74	0,40	0,05	1,28	Supercrítico	
8	46	Pozo 71	Pozo 39	0,50	2,56	6	150	0,80	14,60	0,19	0,10	0,539	0,241	0,568	0,170	0,43	1,45	37	0,11	0,03	0,86	Subcrítico
				0,50	2,56	6	150	0,80	14,60	0,19	0,10	0,539	0,241	0,568	0,170	0,43	1,45	37	0,11	0,03	0,86	Subcrítico
	47	Pozo 40	Pozo 39	1,00	2,41	8	200	1,37	44,48	0,50	0,04	0,419	0,152	0,375	0,102	0,57	1,22	31	0,19	0,02	1,28	Supercrítico
				1,00	2,41	8	200	1,37	44,48	0,50	0,05	0,445	0,169	0,415	0,116	0,61	1,35	34	0,21	0,02	1,28	Supercrítico
9	48	Pozo 57	Pozo 63	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
				1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
	49	Pozo 63	Pozo 1	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
				1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
	50	Pozo 1	Pozo 2	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
				1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
	51	Pozo 2	Pozo 4	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
				1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
	52	Pozo 4	Pozo 3	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
				1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
	54	Pozo 3	Pozo 53	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
				1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
	53	Pozo 53	Pozo 24	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
			1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico	

Línea (Colector o Ramal)	Perfil Básico			Cálculos Hidráulicos																		
	Tramo	Tramo		Pendiente	Diámetro calculado	Diámetro Nominal Seleccionado		Velocidad a tubo lleno	Caudal a tubo lleno	Fuerza tractiva a tubo lleno	Relaciones hidráulicas					velocidad real	Altura de la lámina de agua		fuerza tractiva real	Profundidad Hidráulica	Número de Froude	Flujo Crítico (Inestable)
		De Pozo	A Pozo			S	Dc	D	V	Q	T	q/Q	v/V	d/D	t/T	H/D	v	d	d	t	H	
Nombre	Nombre	% n Manning:	pulg	pulg	mm	m/s	l/s	kg/m2	adimensionales					m/s	pulg	mm	kg/m2 > 0,10	m				
					0,010		< 5															
10	57	Pozo 39	Pozo 31	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
	60	Pozo 31	Pozo 27	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
	59	Pozo 27	Pozo 26	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
	58	Pozo 26	Pozo 42	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
	61	Pozo 42	Pozo 25	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
69	Pozo 24	Pozo 25	0,90	3,09	6	150	1,07	19,59	0,34	0,17	0,625	0,317	0,715	0,229	0,67	1,90	48	0,24	0,03	1,16	Supercrítico	
			0,90	3,09	6	150	1,07	19,59	0,34	0,20	0,656	0,344	0,764	0,251	0,70	2,06	52	0,26	0,04	1,16	Supercrítico	
11	56	Pozo 17	Pozo 16	1,71	2,03	6	150	1,48	27,02	0,64	0,06	0,468	0,186	0,452	0,128	0,69	1,12	28	0,29	0,02	1,60	Supercrítico
				1,71	2,03	6	150	1,48	27,02	0,64	0,06	0,468	0,186	0,452	0,128	0,69	1,12	28	0,29	0,02	1,60	Supercrítico
	55	Pozo 16	Pozo 30	1,71	2,03	6	150	1,48	27,02	0,64	0,06	0,468	0,186	0,452	0,128	0,69	1,12	28	0,29	0,02	1,60	Supercrítico
				1,71	2,03	6	150	1,48	27,02	0,64	0,06	0,468	0,186	0,452	0,128	0,69	1,12	28	0,29	0,02	1,60	Supercrítico
	45	Pozo 25	Pozo 30	1,00	3,07	8	200	1,37	44,48	0,50	0,08	0,506	0,215	0,515	0,151	0,69	1,72	44	0,26	0,03	1,28	Supercrítico
				1,00	3,07	8	200	1,37	44,48	0,50	0,09	0,523	0,228	0,542	0,161	0,72	1,82	46	0,27	0,03	1,28	Supercrítico
12	28	Pozo 67	Pozo 14	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
				1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
	62	Pozo 30	Pozo 21	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
	64	Pozo 21	Pozo 15	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
	63	Pozo 15	Pozo 14	1,00	3,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,09	0,523	0,228	0,542	0,161	0,72	1,82	46	0,27	0,03	1,28	Supercrítico
				1,00	3,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,11	0,553	0,253	0,592	0,179	0,76	2,02	51	0,30	0,04	1,28	Supercrítico

Línea (Colector o Ramal)	Perfil Básico			Cálculos Hidráulicos																		
	Tramo	Tramo		Pendiente	Diámetro calculado	Diámetro Nominal Seleccionado		Velocidad a tubo lleno	Caudal a tubo lleno	Fuerza tractiva a tubo lleno	Relaciones hidráulicas					velocidad real	Altura de la lámina de agua		fuerza tractiva real	Profundidad Hidráulica	Número de Froude	Flujo Crítico (Inestable)
		De Pozo	A Pozo			S	Dc				D	V	Q	T	q/Q		v/V	d/D				
Nombre	Nombre	% n Manning:	pulg	pulg	mm	m/s	l/s	kg/m2	adimensionales					m/s	pulg	mm	kg/m2 > 0,10	m				
13	44	Pozo 70	Pozo 18	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
				1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
	42	Pozo 18	Pozo 12	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
				1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico
	65	Pozo 14	Pozo 9	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
	68	Pozo 9	Pozo 6	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
	67	Pozo 6	Pozo 5	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
			1,00	3,42	8	200	1,37	44,48	0,50	0,10	0,539	0,241	0,568	0,170	0,74	1,93	49	0,28	0,03	1,28	Supercrítico	
			1,00	3,42	8	200	1,37	44,48	0,50	0,12	0,567	0,265	0,615	0,188	0,78	2,12	54	0,31	0,04	1,28	Supercrítico	
14	43	Pozo 12	Pozo 61	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
	40	Pozo 62	Pozo 61	1,50	3,38	6	150	1,39	25,30	0,56	0,22	0,674	0,362	0,794	0,266	0,93	2,17	55	0,45	0,04	1,49	Supercrítico
				1,50	3,38	6	150	1,39	25,30	0,56	0,26	0,708	0,395	0,849	0,294	0,98	2,37	60	0,48	0,04	1,49	Supercrítico

Perfil Básico		Cálculos Hidráulicos																				
Línea (Colector o Ramal)	Tramo	Tramo		Pendiente	Diámetro calculado	Diámetro Nominal Seleccionado		Velocidad a tubo lleno	Caudal a tubo lleno	Fuerza tractiva a tubo lleno	Relaciones hidráulicas					velocidad real	Altura de la lámina de agua		fuerza tractiva real	Profundidad Hidráulica	Número de Froude	Flujo Crítico (Inestable)
		De Pozo	A Pozo	S	Dc	D	V	Q	T	q/Q	v/V	d/D	t/T	H/D	v	d	d	t	H	F	Régimen	
		Nombre	Nombre	% n Manning:	pulg	pulg	mm	m/s	l/s	kg/m2	adimensionales					m/s	pulg	mm	kg/m2 > 0,10			m
15	33	Pozo 19	Pozo 13	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,23	0,683	0,370	0,809	0,273	0,94	2,96	75	0,40	0,05	1,28	Supercrítico
	35	Pozo 13	Pozo 11	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
	34	Pozo 11	Pozo 10	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
	39	Pozo 61	Pozo 68	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
	71	Pozo 68	Pozo 69	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,24	0,692	0,379	0,822	0,280	0,95	3,03	77	0,41	0,06	1,28	Supercrítico
	14	Pozo 69	Pozo 72	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,47	0,847	0,543	1,052	0,436	1,16	4,34	110	0,53	0,09	1,26	Supercrítico
	38	Pozo 72	Pozo 8	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,386	0,131	0,328	0,086	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico
				1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,71	0,951	0,699	1,184	0,633	1,30	5,59	142	0,59	0,13	1,17	Supercrítico
	37	Pozo 8	Pozo 7	4,00	1,73	8	200	2,74	88,96	2,00	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	0,94	0,86	22	0,55	0,01	2,60	Supercrítico
			4,00	1,73	8	200	2,74	88,96	2,00	0,83	0,994	0,778	1,214	0,783	2,73	6,22	158	2,43	0,16	2,20	Supercrítico	
36	Pozo 7	Pozo 10	1,00	5,29	8	200	1,37	44,48	0,50	0,33	0,761	0,448	0,929	0,341	1,04	3,58	91	0,46	0,07	1,28	Supercrítico	
			1,00	5,29	8	200	1,37	44,48	0,50	0,39	0,801	0,490	0,987	0,381	1,10	3,92	100	0,49	0,08	1,27	Supercrítico	
Salida	41	Pozo 10	O-1	1,00	5,29	8	200	1,37	44,48	0,50	0,33	0,761	0,448	0,929	0,341	1,04	3,58	91	0,46	0,07	1,28	Supercrítico
				1,00	5,29	8	200	1,37	44,48	0,50	0,39	0,801	0,490	0,987	0,381	1,10	3,92	100	0,49	0,08	1,27	Supercrítico

Fuente: Propia.

3.9 Análisis de parámetros hidráulicos por ramal

Una vez obtenidos los caudales por tramo en la sección anterior, se insertaron las pendientes de los tramos que se definieron en los perfiles de terreno. Seguidamente, concretadas las pendientes, se procedió a la inserción de los diámetros de los tubos; por ello, antes de esto se tomó en cuenta cuáles son las calles principales y cuáles las secundarias, ya que las primeras tienen como diámetro mínimo reglamentado 200 mm; en cambio, la segundas deben ser de 150 mm como mínimo. Esto se tomó en consideración para el máximo aprovechamiento en el presupuesto; pero siempre cumpliendo con los parámetros reglamentados.

Por último, se revisaron los factores críticos de diseño para cerciorarse de que el diámetro y la pendiente diseñados cumplen con lo requerido. En primera instancia, la velocidad a tubo lleno no debe exceder los 5,0 m/s, aspecto que en este diseño se cumple a cabalidad. En segundo lugar, la relación del tirante hidráulico no debe sobrepasar el 75% del diámetro nominal definido, el cual se ve representado en la profundidad hidráulica, en la hoja de cálculo, y se aprecia que en su mayoría el resultado se mantiene en 200 mm y como valor máximo atiende a 150 mm, pero cumple con estar por debajo de los 200 mm. Por último, la fuerza tractiva cumple al estar en todos los tramos por encima del mínimo establecido de 0,10 Kg/cm².

Revisados los parámetros anteriores, las últimas dos columnas de la Tabla 18 corresponden al número de Froude y al flujo crítico de los tramos, teniendo como resultados régimen subcrítico y supercrítico. Lo anterior indica que el sistema depende más de la pendiente que del diámetro nominal de la tubería, por lo que se confirma un flujo estable en toda la red sanitaria. A continuación, se presentan los parámetros establecidos para cada régimen, datos que confirman lo anteriormente dicho.

- Número de Froude menor que 0,9 = Régimen subcrítico.
- Número de Froude mayor que 1,1 = Régimen supercrítico.
- Número de Froude entre estos dos parámetros = Régimen crítico (inestable).

Tabla 19

Sistema de saneamiento: topografía (contenido mínimo de información)

Perfil Básico																	
Línea (Colector o Ramal)	Tramo	Tramo						Recubrimiento mínimo de la corona del tubo a la rasante		Diámetro interno de los pozos (mínimo 1,20 m)		Longitud de la proyección horizontal del tubo (de eje a eje)	Longitud de la proyección horizontal del tubo (real)	Elevación del fondo del tubo		Altura de los pozos	
		Pozo Inicial			Pozo Final			Pozo Inicial	Pozo Final	Pozo Inicial	Pozo Final	LPH	LPH	Pozo Inicial	Pozo Final	Pozo Inicial	Pozo Final
		Nombre	ERAS	Estacionamiento	Nombre	ERAS	Estacionamiento	m	m	m	m	m	m	EFST	EFST	H (m)	H (m)
1	3	Pozo 56	14,00	0+000,00	Pozo 55	12,90	0+053,78	1,92	1,50	1,20	1,40	58,00	56,70	11,93	11,25	2,08	1,68
	2	Pozo 55	12,90	0+053,78	Pozo 58	11,89	0+118,00	1,51	1,19	1,40	1,40	60,00	58,60	11,24	10,55	1,68	1,38
	70	Pozo 58	11,89	0+118,00	Pozo 48	11,17	0+178,00=0+055,00	1,21	1,18	1,40	1,60	60,00	58,50	10,53	9,84	1,38	1,83
	1	Pozo 49	11,30	0+000,00	Pozo 48	11,17	0+178,00=0+055,00	1,20	1,60	1,20	1,60	55,00	53,60	9,95	9,42	1,40	1,83
2	6	Pozo 60	10,00	0+000,00	Pozo 59	10,00	0+060,00	1,22	1,52	1,20	1,40	60,00	58,70	8,63	8,33	1,37	1,67
	5	Pozo 59	10,00	0+060,00	Pozo 45	10,10	0+164,93=0+180,00	1,52	2,16	1,40	1,60	120,00	118,50	8,28	7,74	1,67	2,33
	4	Pozo 48	11,17	0+178,00=0+055,00	Pozo 45	10,10	0+164,93=0+180,00	1,61	1,63	1,60	1,60	109,93	108,33	9,36	8,27	1,83	2,33
3	11	Pozo 47	12,78	0+000,00	Pozo 35	12,44	0+054,33	1,31	1,67	1,20	1,40	54,33	53,03	11,32	10,62	1,48	1,85
	10	Pozo 35	12,44	0+054,33	Pozo 34	12,12	0+093,68	1,69	1,87	1,40	1,40	39,35	37,95	10,60	10,10	1,85	2,04
	9	Pozo 34	12,12	0+093,68	Pozo 37	9,94	0+213,68=0+259,17	1,89	1,29	1,40	1,60	120,00	118,50	10,08	8,50	2,04	3,13
	7	Pozo 45	10,10	0+164,93=0+180,00	Pozo 41	9,96	0+214,93	2,13	2,48	1,60	1,40	50,00	48,50	7,77	7,28	2,33	2,72
	8	Pozo 41	9,96	0+214,93	Pozo 37	9,94	0+213,68=0+259,17	2,49	2,90	1,40	1,60	44,24	42,74	7,27	6,84	2,72	3,13
4	13	Pozo 43	12,60	0+000,00	Pozo 28	12,52	0+048,15	1,60	1,98	1,20	1,40	48,15	46,85	10,85	10,39	1,75	2,15
	12	Pozo 28	12,52	0+048,15	Pozo 29	11,48	0+083,67=0+000,00	2,00	1,30	1,40	1,60	35,52	34,02	10,37	10,03	2,15	3,97
	16	Pozo 66	10,00	0+163,67	Pozo 29	11,48	0+083,67=0+000,00	1,50	3,76	1,20	1,60	80,00	78,60	8,35	7,57	1,69	3,97
5	22	Pozo 65	10,00	0+347,72	Pozo 64	9,95	0+272,72	1,30	1,99	1,20	1,40	75,00	73,70	8,55	7,81	1,46	2,16
	21	Pozo 64	9,95	0+272,72	Pozo 22	9,86	0+152,72=0+371,71	2,00	3,10	1,40	1,80	120,00	118,40	7,80	6,61	2,16	4,17
	17	Pozo 37	9,94	0+213,68=0+259,17	Pozo 36	9,91	0+299,17	2,91	3,27	1,40	1,40	40,00	38,60	6,83	6,44	3,13	3,5
	18	Pozo 36	9,91	0+299,17	Pozo 23	9,88	0+339,17	3,28	3,65	1,40	1,40	40,00	38,60	6,43	6,03	3,5	3,87
	19	Pozo 23	9,88	0+339,17	Pozo 22	9,86	0+152,72=0+371,71	3,66	3,95	1,40	1,80	32,54	30,94	6,02	5,71	3,87	4,17
	15	Pozo 29	11,48	0+083,67=0+000,00	Pozo 46	9,96	0+100,00	3,82	3,29	1,60	1,40	100,00	98,50	7,51	6,52	3,97	3,46
	20	Pozo 46	9,96	0+100,00	Pozo 22	9,86	0+152,72=0+371,71	3,30	3,72	1,40	1,80	52,72	51,12	6,51	5,99	3,46	4,17

Perfil Básico																	
Línea (Colector o Ramal)	Tramo	Tramo						Recubrimiento mínimo de la corona del tubo a la rasante		Diámetro interno de los pozos (mínimo 1,20 m)		Longitud de la proyección horizontal del tubo (de eje a eje)	Longitud de la proyección horizontal del tubo (real)	Elevación del fondo del tubo		Altura de los pozos	
		Pozo Inicial			Pozo Final			Pozo Inicial	Pozo Final	Pozo Inicial	Pozo Final	LPH	LPH	Pozo Inicial	Pozo Final	Pozo Inicial	Pozo Final
		Nombre	ERAS	Estacionamiento	Nombre	ERAS	Estacionamiento	m	m	m	m	m	m	EFST	EFST	H (m)	H (m)
6	27	Pozo 52	8,56	0+000,00	Pozo 51	8,87	0+057,00	1,30	2,17	1,20	1,40	57,00	55,70	7,11	6,55	1,46	2,36
	26	Pozo 51	8,87	0+057,00	Pozo 33	9,33	0+177,00=0+509,94	2,18	3,83	1,40	1,60	120,00	118,50	6,54	5,35	2,36	5,04
	23	Pozo 22	9,86	0+152,72=0+371,71	Pozo 44	9,74	0+421,71	3,96	4,33	1,80	1,40	50,00	48,40	5,70	5,21	4,17	4,55
	24	Pozo 44	9,74	0+421,71	Pozo 32	9,56	0+474,71	4,34	4,64	1,40	1,40	50,00	48,60	5,20	4,72	4,55	4,86
	25	Pozo 32	9,56	0+474,71	Pozo 33	9,33	0+177,00=0+509,94	4,65	4,79	1,40	1,60	38,23	36,73	4,71	4,34	4,86	5,04
7	32	Pozo 50	8,01	0+000,00	Pozo 20	8,03	0+055,00	1,31	1,87	1,20	1,40	55,00	53,70	6,55	6,01	1,46	2,04
	30	Pozo 20	8,03	0+055,00	Pozo 19	8,22	0+086,02=0+667,59	1,88	2,37	1,40	1,60	31,02	29,52	6,00	5,70	2,04	5,48
	29	Pozo 33	9,33	0+177,00=0+509,94	Pozo 54	8,69	0+609,94	4,81	5,15	1,60	1,60	100,00	98,40	4,32	3,34	5,04	5,31
	31	Pozo 54	8,69	0+609,94	Pozo 19	8,26	0+086,02=0+667,59	5,17	5,30	1,60	1,60	57,65	56,05	3,32	2,76	5,31	5,48
8	46	Pozo 71	13,06	0+000,00	Pozo 39	12,87	0+104,00=0+040,00	1,19	1,51	1,20	1,60	104,00	102,60	11,72	11,21	1,36	1,66
	47	Pozo 40	13,13	0+000,00	Pozo 39	12,87	0+104,00=0+040,00	1,30	1,43	1,20	1,60	40,00	38,60	11,63	11,24	1,51	1,66
9	48	Pozo 57	12,15	0+000,00	Pozo 63	11,71	0+060,00	1,20	1,34	1,20	1,40	60,00	58,70	10,80	10,22	1,36	1,40
	49	Pozo 63	11,71	0+060,00	Pozo 1	11,21	0+129,49	1,36	1,54	1,40	1,40	69,49	68,09	10,20	9,52	1,40	1,71
	50	Pozo 1	11,21	0+129,49	Pozo 2	11,15	0+140,28	1,55	1,59	1,40	1,40	10,78	9,38	9,51	9,41	1,71	1,75
	51	Pozo 2	11,15	0+140,28	Pozo 4	10,94	0+185,20	1,60	1,82	1,40	1,40	44,93	43,53	9,40	8,97	1,75	2,00
	52	Pozo 4	10,94	0+185,20	Pozo 3	10,90	0+195,98	1,84	1,89	1,40	1,40	10,78	9,38	8,95	8,86	2,00	2,05
	54	Pozo 3	10,90	0+195,98	Pozo 53	10,82	0+265,48	1,90	2,49	1,40	1,40	69,49	68,09	8,85	8,18	2,05	2,65
10	53	Pozo 53	10,82	0+265,48	Pozo 24	10,81	0+323,07	2,50	3,06	1,40	1,40	57,60	56,20	8,17	7,60	2,65	3,23
	57	Pozo 39	12,87	0+104,00=0+040,00	Pozo 31	12,21	0+130,00	1,44	1,67	1,60	1,40	90,00	88,50	11,23	10,34	1,66	1,88
	60	Pozo 31	12,21	0+130,00	Pozo 27	11,90	0+168,05	1,68	1,73	1,40	1,40	38,05	36,65	10,33	9,97	1,88	1,95
	59	Pozo 27	11,90	0+168,05	Pozo 26	11,61	0+203,05	1,74	1,79	1,40	1,40	35,00	33,60	9,96	9,62	1,95	2,01
	58	Pozo 26	11,61	0+203,05	Pozo 42	11,24	0+248,05	1,80	1,88	1,40	1,40	45,00	43,60	9,61	9,16	2,01	3,44
	61	Pozo 42	11,24	0+248,05	Pozo 25	10,81	0+357,44=0+305,94	3,21	3,34	1,40	1,60	57,81	56,31	7,83	7,27	3,44	3,56
	69	Pozo 24	10,81	0+323,07	Pozo 25	10,81	0+357,44=0+305,94	3,07	3,41	1,40	1,60	34,37	32,87	7,59	7,25	3,23	3,56

Perfil Básico																		
Línea (Colector o Ramal)	Tramo	Tramo						Recubrimiento mínimo de la corona del tubo a la rasante	Diámetro interno de los pozos (mínimo 1,20 m)	Longitud de la proyección horizontal del tubo (de eje a eje)	Longitud de la proyección horizontal del tubo (real)	Elevación del fondo del tubo		Altura de los pozos				
		Pozo Inicial			Pozo Final							Pozo Inicial	Pozo Final	Pozo Inicial	Pozo Final	Pozo Inicial	Pozo Final	
		Nombre	ERAS	Estacionamiento	Nombre	ERAS	Estacionamiento					m	m	m	m	LPH	LPH	EFST
11	56	Pozo 17	9,99	0+000,00	Pozo 16	10,29	0+030,00	1,39	2,00	1,20	1,40	30,00	28,70	8,45	8,14	1,36	2,17	
	55	Pozo 16	10,29	0+030,00	Pozo 30	10,56	0+104,29=0+342,63	2,02	3,53	1,40	1,60	74,29	72,79	8,12	6,88	2,17	3,68	
	45	Pozo 25	10,81	0+357,44=0+305,94	Pozo 30	10,56	0+104,29=0+342,63	3,36	3,46	1,60	1,60	36,78	35,18	7,25	6,90	3,56	3,68	
12	28	Pozo 67	9,00	0+000,00	Pozo 14	9,60	0+083,00=0+488,93	2,63	4,06	1,20	1,60	83,00	81,60	6,22	5,39	2,79	4,2	
	62	Pozo 30	10,56	0+104,29=0+342,63	Pozo 21	10,00	0+427,63	3,47	3,76	1,60	1,40	85,00	83,50	6,89	6,04	3,68	3,97	
	64	Pozo 21	10,00	0+427,63	Pozo 15	9,80	0+458,93	3,77	3,87	1,40	1,40	31,30	29,90	6,03	5,73	3,97	4,09	
	63	Pozo 15	9,80	0+458,93	Pozo 14	9,60	0+083,00=0+488,93	3,88	3,98	1,40	1,60	30,00	28,50	5,72	5,42	4,09	4,2	
13	44	Pozo 70	8,02	0+000,00	Pozo 18	8,85	0+092,00	2,43	3,95	1,20	1,40	92,00	90,70	5,44	4,75	2,58	4,11	
	42	Pozo 18	8,64	0+092,00	Pozo 12	8,85	0+122,35=0+605,97	3,96	4,46	1,40	1,60	30,35	28,85	4,53	4,24	4,11	4,62	
	65	Pozo 14	9,60	0+083,00=0+488,93	Pozo 9	9,28	0+538,93	3,98	4,15	1,60	1,40	50,00	48,50	5,42	4,93	4,2	4,37	
	68	Pozo 9	9,28	0+538,93	Pozo 6	9,14	0+560,97	4,16	4,23	1,40	1,40	21,77	20,37	4,97	4,76	4,37	4,45	
	67	Pozo 6	9,14	0+560,97	Pozo 5	9,01	0+580,97	4,24	4,30	1,40	1,40	20,00	18,60	4,70	4,51	4,45	4,52	
	66	Pozo 5	9,01	0+580,97	Pozo 12	8,85	0+122,35=0+605,97	4,31	4,39	1,40	1,60	25,00	23,50	4,50	4,26	4,52	4,62	
14	43	Pozo 12	8,85	0+122,35=0+605,97	Pozo 61	8,39	0+676,41=0+000,00	4,40	4,63	1,60	1,60	70,44	68,84	4,25	3,56	4,62	4,86	
	40	Pozo 62	8,00	0+736,41	Pozo 61	8,39	0+676,41=0+000,00	4,71	3,44	1,20	1,60	60,00	58,60	3,14	4,80	3,59	4,86	
15	33	Pozo 19	8,26	0+086,02=0+667,59	Pozo 13	7,70	0+737,59	5,31	5,44	1,60	1,60	70,00	68,40	2,80	2,11	5,48	5,67	
	35	Pozo 13	7,70	0+737,59	Pozo 11	7,48	0+765,42	5,46	5,50	1,60	1,60	27,83	26,23	2,04	1,78	5,67	5,62	
	34	Pozo 11	7,48	0+765,42	Pozo 10	7,28	0+790,41=0+276,24	5,51	5,55	1,60	1,60	24,99	23,39	1,77	1,53	5,62	6,27	
	39	Pozo 61	8,39	0+676,41=0+000,00	Pozo 68	7,80	0+075,09	3,96	4,10	1,60	1,40	75,09	73,59	4,23	3,50	4,86	4,33	
	71	Pozo 68	7,80	0+075,09	Pozo 69	7,42	0+140,00	4,17	4,38	1,40	1,40	64,91	63,51	3,43	2,84	4,33	4,6	
	14	Pozo 69	7,42	0+140,00	Pozo 72	7,29	0+180,00	4,39	4,64	1,40	1,40	40,00	38,60	2,83	2,45	4,6	4,86	
	38	Pozo 72	7,29	0+180,00	Pozo 8	7,23	0+206,17	4,66	4,85	1,40	1,40	26,18	24,78	2,43	2,18	4,86	5,08	
	37	Pozo 8	7,23	0+206,17	Pozo 7	7,22	0+226,24	4,88	5,62	1,40	1,40	20,06	18,66	2,15	1,40	5,08	5,85	
	36	Pozo 7	7,22	0+226,24	Pozo 10	7,28	0+790,41=0+276,24	5,65	6,07	1,40	1,60	50,00	48,50	1,37	1,01	5,85	6,27	
Salida	41	Pozo 10	7,16	0+790,41=0+276,24	O-1	6,96	0+830,41	6,19	6,26	1,60	1,60	40,00	38,40	0,77	0,50	6,27	6,47	

Fuente: Propia.

3.10 Análisis de información para perfiles sanitarios

Parte importante del diseño es la información física de todo el sistema para su correcta construcción, lo que depende de los planos constructivos. A este respecto, aunque en este proyecto no se generen dichos planos, igualmente será proporcionada la información oportuna, como se mostró en la Tabla 19.

Dicho lo anterior se procedió primeramente a plasmar la elevación de la rasante, el estacionamiento de cada pozo y las longitudes de cada tramo. A continuación, lo siguiente que es representado en la Tabla 19 de topografía es el recubrimiento que tiene cada tramo en su principio y final; de este modo se puede corroborar que se cumple con el 1,20 m mínimo establecido por la norma costarricense.

A medida que se avanza por la Tabla 19, se indican los diámetros internos de los pozos, los cuales cumplen con los parámetros expuestos en las tablas 6 y 7 del presente documento, datos que fueron extraídos de la norma técnica del AyA. Estos se establecen según número de caídas, altura del pozo y diámetro de la tubería de salida del pozo.

Una vez definidos los tamaños anteriores, se calcula la longitud real vista en planta de cada tramo, tomando en cuenta los diámetros establecidos de los pozos y la longitud real de los tramos de eje a eje, vista en planta, de cada tramo. Por último, la profundidad de cada pozo, definida por los recubrimientos mínimos de los tramos y la topografía del proyecto, y la elevación de rasante de cada pozo posibilitan la determinación de la elevación de fondo de los pozos, aspecto importante para la construcción de los pozos.

3.11 Detalle para pozos con una profundidad mayor a los 5.00 m

En el proyecto se presentaron nueve pozos con profundidades mayores a 5.00 m; por ello, a continuación, se expone el siguiente detalle constructivo correspondiente a su diseño. Cabe señalar que todos son menores de 7,99 m y se debe usar un concreto de 280 Kg/cm² con un espesor de pared de 0,12 m, según la Tabla 6.

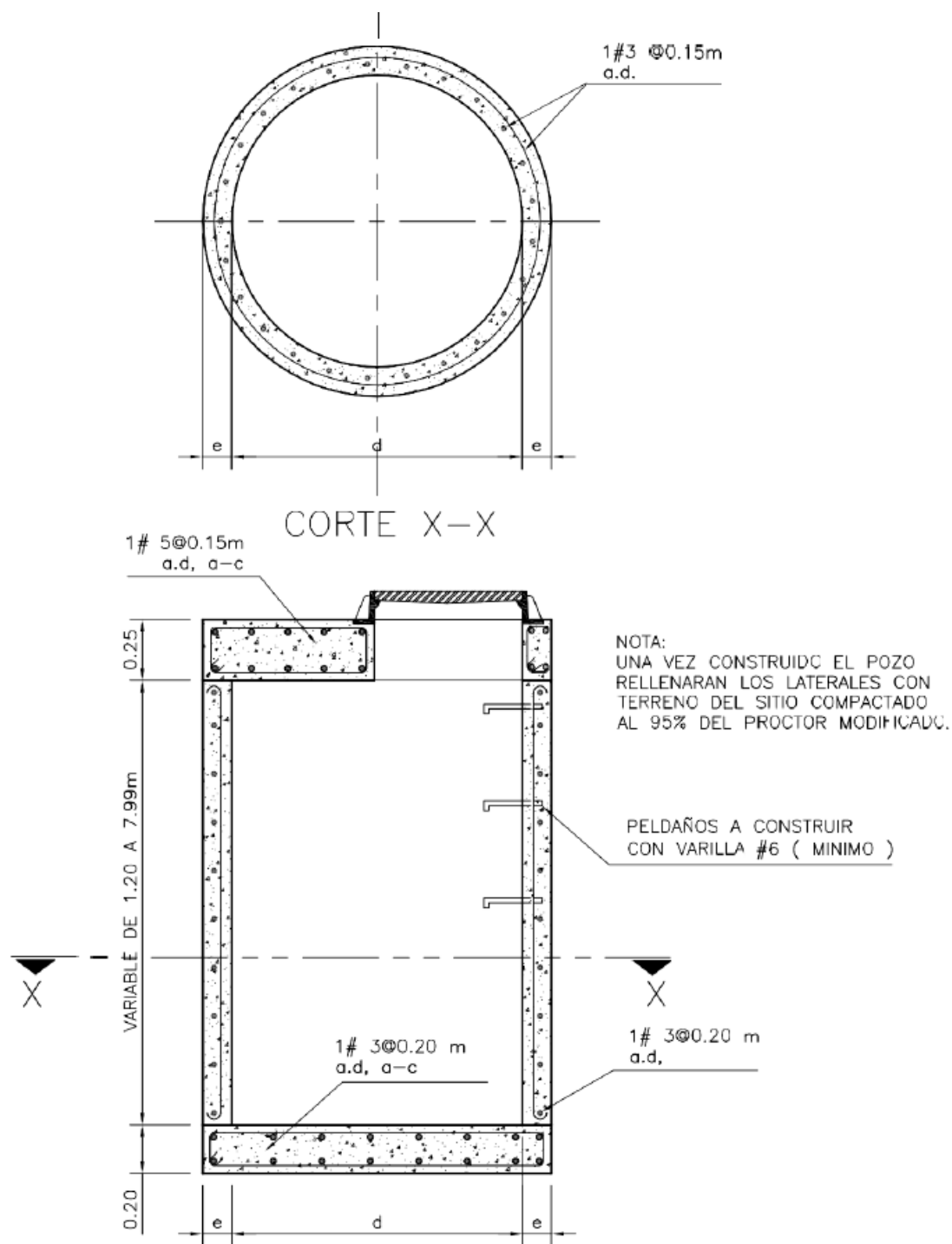


Figura 11. Detalle típico del acero de refuerzo para pozo de registro sanitario. Fuente: AyA, 2017.

3.12 Modelo en el software SewerGEMS

Para la reafirmación del modelo se decidió utilizar el software SewerGEMS, el cual está diseñado específicamente para el modelamiento de sistemas de alcantarillado sanitario. El programa cumple con dos grandes funcionalidades: diseñar y analizar un modelo; en este caso, se configuró para analizar, puesto que se le insertarán los datos de elevación de pozos, altura de pozos, vista en planta de la red y las constantes de diseño que se representan a continuación. Además, se utilizó la numeración y orden que genera este programa para nombrar los tramos y pozos; de modo tal que coincidiera con el modelo en AutoCAD Civil 2019.

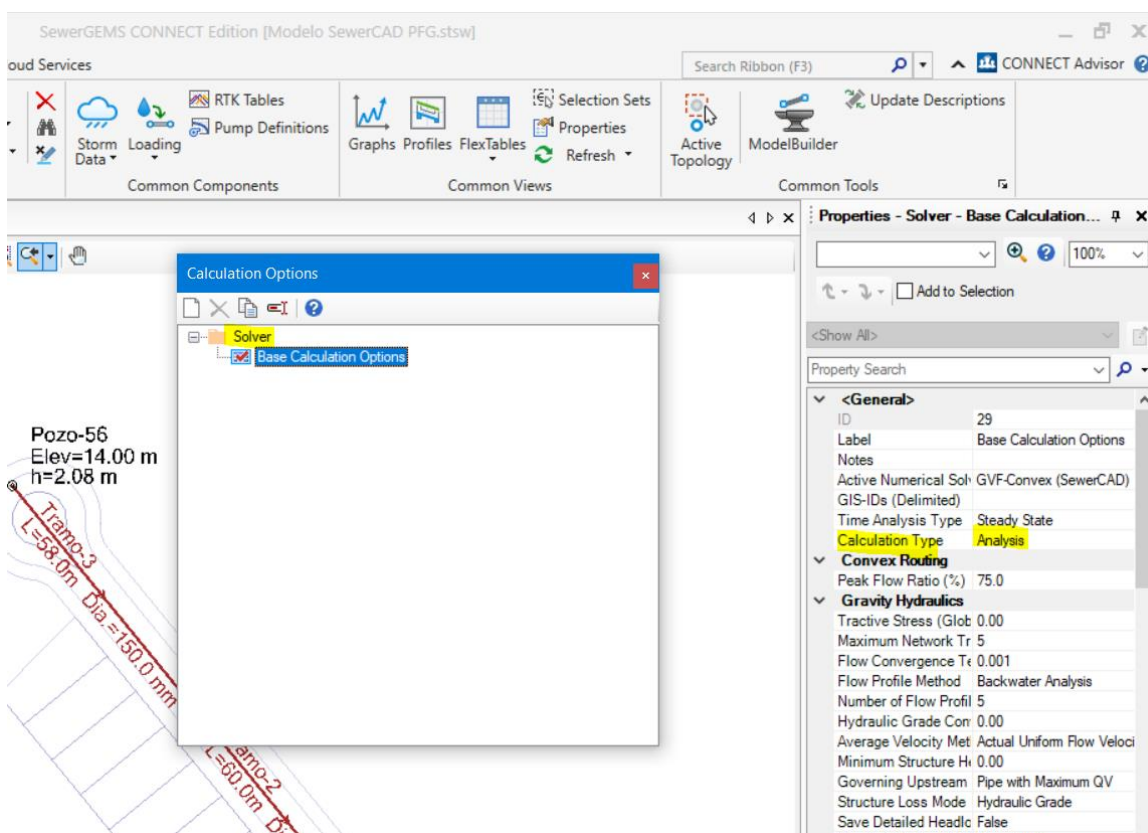


Figura 12. Función de análisis en el modelo de red de alcantarillado sanitario. Fuente: Propia.

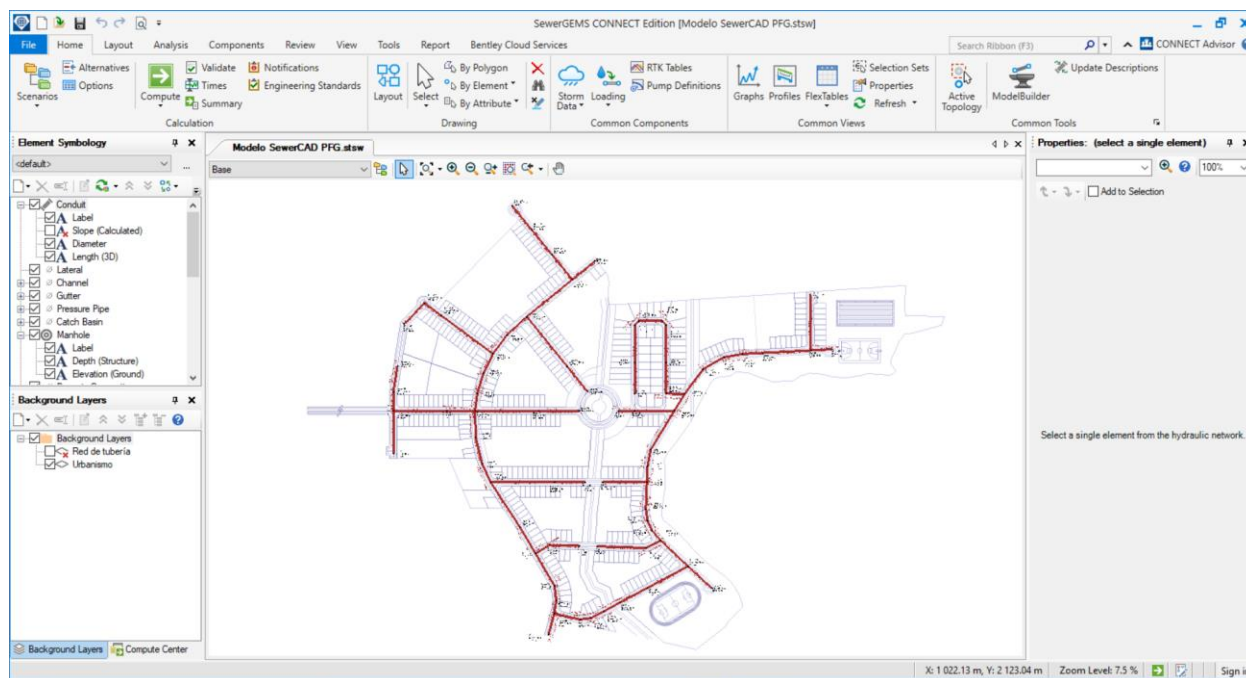


Figura 13. Modelo generado en SewerGEMS. Fuente: Propia.

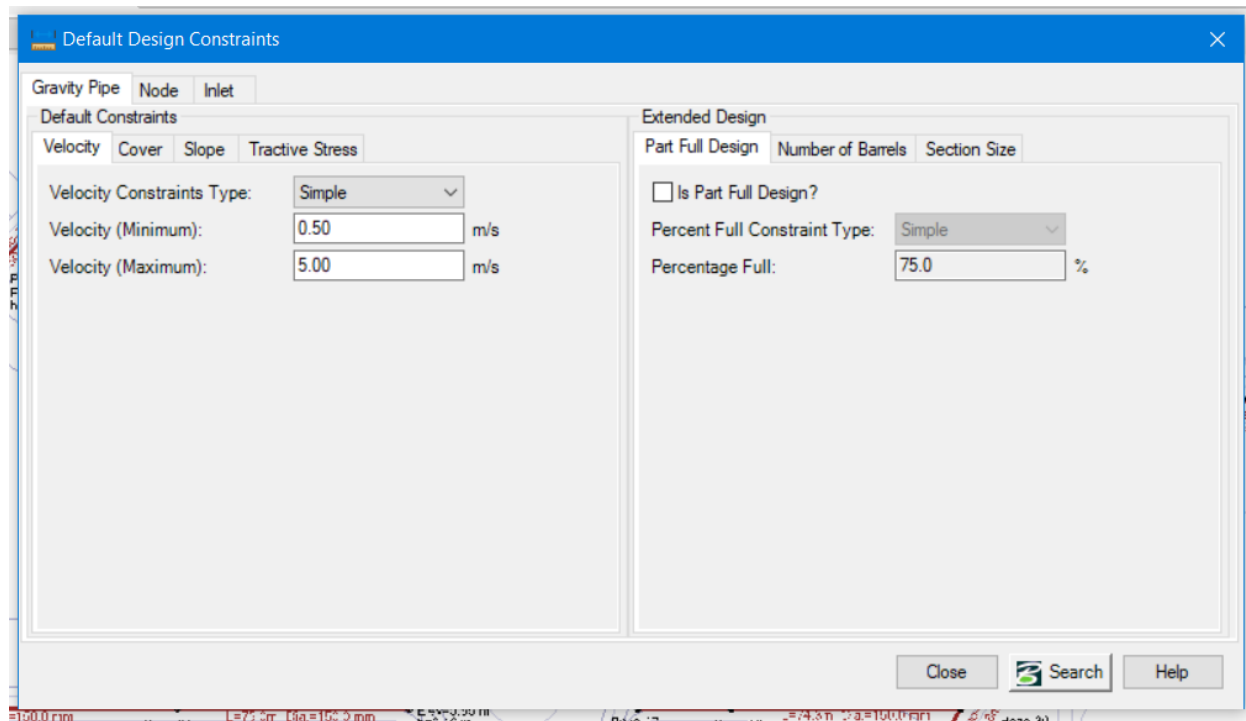


Figura 14. Asignación de constantes al modelo en SewerGEMS. Fuente: Propia.

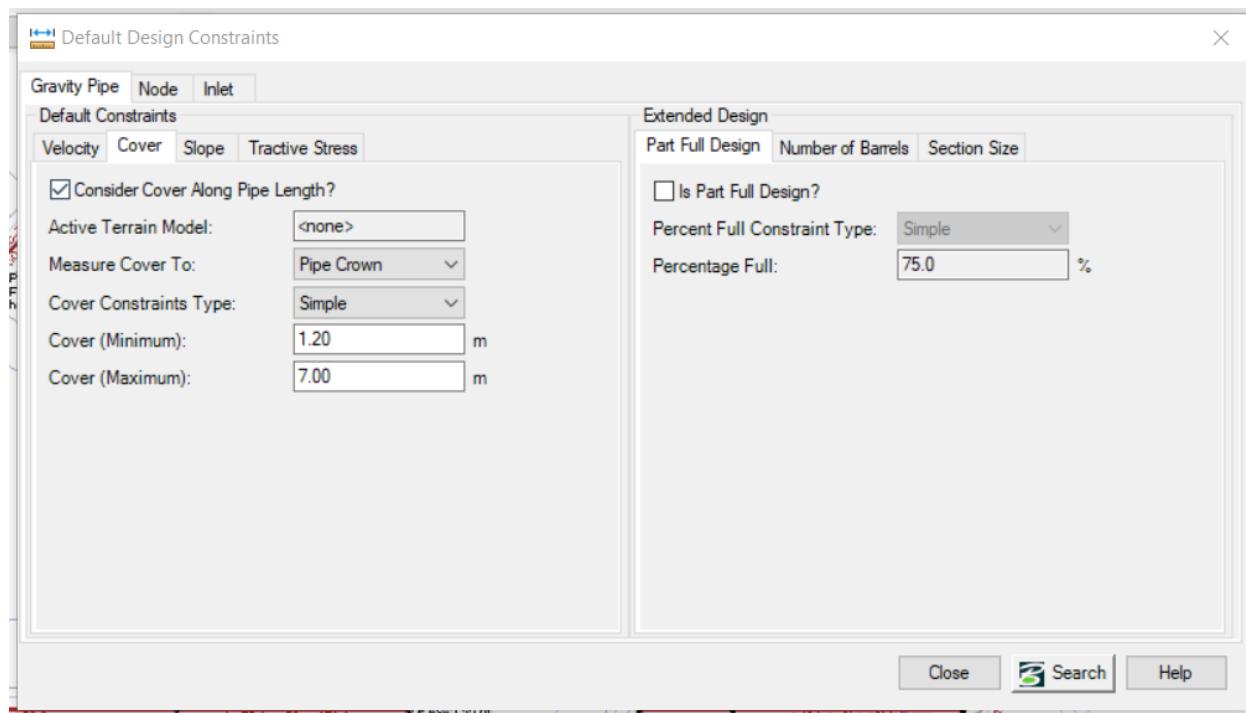


Figura 15. Asignación de constantes al modelo en SewerGEMS. Fuente: Propia.

	ID	Label	Elevación de terreno (m)	Diameter (mm)	Altura de pozo (m)	Elevación de tapa de pozo (m)	Elevación de fondo de pozo (m)	Design Structure Elevation?
41: Pozo-1	41	Pozo-1	11.21	1 400.0	1.71	11.21	9.50	✓
42: Pozo-2	42	Pozo-2	11.15	1 400.0	1.75	11.15	9.40	✓
44: Pozo-3	44	Pozo-3	10.90	1 400.0	2.05	10.90	8.85	✓
45: Pozo-4	45	Pozo-4	10.94	1 400.0	2.00	10.94	8.94	✓
47: Pozo-5	47	Pozo-5	9.01	1 400.0	4.52	9.01	4.49	✓
48: Pozo-6	48	Pozo-6	9.14	1 400.0	4.45	9.14	4.69	✓
50: Pozo-7	50	Pozo-7	7.22	1 400.0	5.85	7.22	1.37	✓
51: Pozo-8	51	Pozo-8	7.23	1 400.0	5.08	7.23	2.15	✓
53: Pozo-9	53	Pozo-9	9.28	1 400.0	4.37	9.28	4.91	✓
55: Pozo-10	55	Pozo-10	7.16	1 600.0	6.27	7.16	0.89	✓
56: Pozo-11	56	Pozo-11	7.48	1 600.0	5.62	7.48	1.86	✓
58: Pozo-12	58	Pozo-12	8.85	1 600.0	4.62	8.85	4.23	✓
60: Pozo-13	60	Pozo-13	7.70	1 600.0	5.67	7.70	2.03	✓
62: Pozo-14	62	Pozo-14	9.60	1 600.0	4.20	9.60	5.40	✓
63: Pozo-15	63	Pozo-15	9.80	1 400.0	4.09	9.80	5.71	✓
65: Pozo-16	65	Pozo-16	10.29	1 400.0	2.17	10.29	8.12	✓
66: Pozo-17	66	Pozo-17	9.99	1 200.0	1.36	9.99	8.63	✓

Figura 16. Asignación de constantes a los pozos en SewerGEMS. Fuente: Propia.

FlexTable: Conduit Table (Current Time: 0.000 hours) (Modelo SewerCAD PFG.stsw)

	ID	Label	Size	Start Node	Stop Node	Elev. de fondo (final) (m)	Length (Scaled) (m)	Section Type	Diametro de tubería (mm)	Manning's n	Catalog Class
123: Tramo-1	123	Tramo-1	200 mm	Pozo-48	Pozo-49	9.90	55.0	Cirde	200.0	0.010	Cirde - PVC
141: Tramo-2	141	Tramo-2	150 mm	Pozo-58	Pozo-55	11.45	60.0	Cirde	150.0	0.010	Cirde - PVC
136: Tramo-3	136	Tramo-3	150 mm	Pozo-55	Pozo-56	12.65	58.0	Cirde	150.0	0.010	Cirde - PVC
175: Tramo-4	175	Tramo-4	200 mm	Pozo-48	Pozo-45	8.69	109.9	Cirde	200.0	0.010	Cirde - PVC
180: Tramo-5	180	Tramo-5	150 mm	Pozo-45	Pozo-59	7.53	120.0	Cirde	150.0	0.010	Cirde - PVC
143: Tramo-6	143	Tramo-6	150 mm	Pozo-59	Pozo-60	8.65	60.0	Cirde	150.0	0.010	Cirde - PVC
117: Tramo-7	117	Tramo-7	200 mm	Pozo-45	Pozo-41	5.37	50.0	Cirde	200.0	0.010	Cirde - PVC
105: Tramo-8	105	Tramo-8	200 mm	Pozo-37	Pozo-41	5.27	44.2	Cirde	200.0	0.010	Cirde - PVC
177: Tramo-9	177	Tramo-9	150 mm	Pozo-37	Pozo-34	9.73	120.0	Cirde	150.0	0.010	Cirde - PVC
93: Tramo-10	93	Tramo-10	150 mm	Pozo-34	Pozo-35	10.41	39.3	Cirde	150.0	0.010	Cirde - PVC
121: Tramo-11	121	Tramo-11	150 mm	Pozo-35	Pozo-47	11.43	54.3	Cirde	150.0	0.010	Cirde - PVC
83: Tramo-12	83	Tramo-12	150 mm	Pozo-28	Pozo-29	9.74	35.5	Cirde	150.0	0.010	Cirde - PVC
110: Tramo-13	110	Tramo-13	150 mm	Pozo-43	Pozo-28	10.43	48.1	Cirde	150.0	0.010	Cirde - PVC
188: Tramo-14	188	Tramo-14	200 mm	Pozo-72	Pozo-69	-0.09	34.7	Cirde	200.0	0.010	Cirde - PVC
172: Tramo-15	172	Tramo-15	150 mm	Pozo-29	Pozo-46	7.18	100.0	Cirde	150.0	0.010	Cirde - PVC
158: Tramo-16	158	Tramo-16	150 mm	Pozo-29	Pozo-66	8.65	80.0	Cirde	150.0	0.010	Cirde - PVC
96: Tramo-17	96	Tramo-17	200 mm	Pozo-36	Pozo-37	4.95	40.0	Cirde	200.0	0.010	Cirde - PVC
104: Tramo-18	104	Tramo-18	200 mm	Pozo-23	Pozo-36	4.65	40.0	Cirde	200.0	0.010	Cirde - PVC
74: Tramo-19	74	Tramo-19	200 mm	Pozo-22	Pozo-23	4.35	32.5	Cirde	200.0	0.010	Cirde - PVC
119: Tramo-20	119	Tramo-20	150 mm	Pozo-46	Pozo-22	6.74	52.7	Cirde	150.0	0.010	Cirde - PVC
178: Tramo-21	178	Tramo-21	150 mm	Pozo-22	Pozo-64	7.30	120.0	Cirde	150.0	0.010	Cirde - PVC

Figura 17. Asignación de constantes a los tramos en SewerGEMS. Fuente: Propia.

Capítulo 4. Propuesta

Finalizando este informe, se expondrá una propuesta basada en el diseño planteado y analizado en el capítulo anterior, el cual toma en cuenta y cumple las normas avaladas por la ley, señaladas en el capítulo 2 del presente proyecto.

4.1 Resultados del diseño

De acuerdo con la norma técnica del AyA (2017), se debe cumplir con diferentes diámetros mínimos según la localización de la tubería, con el fin de respetar los parámetros mínimos de diseño. Dicho lo anterior, el modelamiento partió de la premisa que el diámetro mínimo de las tuberías de las previstas a los lotes o edificaciones debe ser de 100 mm y, efectivamente, así se contempló.

Justamente, en el capítulo de análisis de resultados se muestra la Figura 9, en la cual se divide el urbanismo con calles principales y secundarias, ya que estas deben cumplir con un diámetro mínimo. Al respecto, las calles principales se diseñaron y comprobaron, en un inicio, en diámetros de 200 mm; por su parte, las secundarias, en diámetros de 150 mm. Por consiguiente, se tuvo que realizar ajustes en las pendientes de las tuberías, aunque fueran mínimas, pues esto daba resultados favorables en el modelo sin tener que diseñar la tubería con diámetros innecesariamente grandes que afectaran el presupuesto.

4.2 Red de dirección de aguas residuales

A continuación, se presenta un resumen de los materiales del diseño, para lo cual se toman en cuenta pozos, tuberías y los accesorios principales. En relación con este punto, la red de alcantarillado se compondrá de tubería de cloruro de polivinilo (PVC) de sección circular con cédula SDR-41 y pozos de concreto. Seguidamente, se desglosan, en la Tabla 20, los diámetros de tubería con su respectivo largo, así como los pozos con su respectiva altura y diámetro interno. Al respecto, se contempla que los pozos menores a 5,0 m deben cumplir con un concreto con resistencia 210 kg/m²; por su parte, los mayores a esta altura, con un concreto de 280 kg/m².

Tabla 20*Tuberías por diámetro y largo total en metros lineales*

Sector	Diámetros		
	100 mm ml	150 mm ml	200 mm ml
Red de alcantarillado	-	2177,2	1782,8
Conexión domiciliaria	2932,5	-	-
Total	2932,5	2177,2	1782,8

Fuente: Propia.

Tabla 21*Pozos clasificados por diámetros y alturas*

Altura (m)	Diámetro (m)			
	1,2	1,4	1,6	1,8
1	4	1	-	-
2	9	17	6	-
3	2	5	2	-
4	1	9	8	3
5	-	7	7	-
6	-	1	6	-

Fuente: Propia.

4.3 Presupuesto

Como última sección de este informe, se procede con la exposición del presupuesto de construcción de este proyecto, para el cual se contempla desde la excavación de la zona de trabajo donde corresponden los pozos sanitarios y las tuberías, hasta la colocación de la tubería; es decir, la mano de obra. Todos estos datos pueden ser revisados en las siguientes tablas:

Tabla 22

Encabezado del total de la obra y desglose de costos directos e indirectos del proyecto

PROPIETARIO:						
PROYECTO:		APP Distrito Gubernamental Garabito Alcantarillado Sanitario				
UBICACION:		Jacó - Garabito - Puntarenas				
CANT. TOTAL:		6 892,50	UNIDAD: __M2__			
COSTO CR:		¢670 134 142,69	COLONES.			
COSTO / UND:		¢97 226,57	COLONES / UND.			
COSTO USD:		\$1 077 386,08	DOLARES USD.			
COSTO / UND:		\$156,31	DOLARES USD / UND.			
DURACION:		120,00	DIAS NATURALES.			
FECHA:		25-abr-21				
REALIZADO POR:		Fabiola Cordero Rodríguez				
TOTAL MATERIALES (mat.)		¢344 571 370,00	USD			
TOTAL MANO OBRA DIRECTA (m.o.)		¢73 251 825,75				
TOTAL MANO OBRA SUBCONTRATOS (mdo sub.)		¢0,00				
TOTAL SUBCONTRATOS (sub.)		¢102 698 406,65				
TOTAL COSTOS DIRECTOS SIN CARGAS SOCIALES (C.D.)		¢520 521 602,40	\$836 851,45			
Items de cierre del proyecto		necesito	cantidad	unidad	monto / unidad	monto total
Materiales (mat.)		1,00	1,00	Costo Directo	¢344 571 370,00	¢344 571 370,00
Total Materiales (mat.)					¢344 571 370,00	\$553 973,26
Mano de Obra Directa (m.o.)		1,00	1,00	Costo Directo	¢73 251 825,75	¢73 251 825,75
Maestro de Obras, m.o. indirecta		1,00	17,14	semanas	¢250 000,00	¢4 285 714,29
Segundo maestro de obras, m.o. Indirecta		1,00	17,14	semanas	¢120 000,00	¢2 057 142,86
Bodeguero, m.o. Indirecta		1,00	17,14	semanas	¢75 000,00	¢1 285 714,29
Reajuste Mano de Obra directa e indirecta		1,00	5,00%	sobre m.o. acum.	¢80 880 397,18	¢4 044 019,86
Total Mano de Obra (directa + indirecta)					¢84 924 417,04	\$136 534,43
C.S. (mano obra directa + indirecta)		1,00	55,00%	sobre m.o. total	¢84 924 417,04	¢46 708 429,37
Cargas Sociales (CCSS + INS)					¢46 708 429,37	\$75 093,94
Subcontratos (sub.)		1,00	1,00	Costo Directo	¢102 698 406,65	¢102 698 406,65
Total Subcontratos (sub.)					¢102 698 406,65	\$165 109,98
Topografía en Proyecto		1,00	10,00	visitas	¢250 000,00	¢2 500 000,00
Topografía general básica					¢2 500 000,00	\$4 019,29

TOTAL MATERIALES (mat.)					¢344 571 370,00	USD
TOTAL MANO OBRA DIRECTA (m.o.)					¢73 251 825,75	
TOTAL MANO OBRA SUBCONTRATOS (mdo sub.)					¢0,00	
TOTAL SUBCONTRATOS (sub.)					¢102 698 406,65	
TOTAL COSTOS DIRECTOS SIN CARGAS SOCIALES (C.D.)					¢520 521 602,40	\$836 851,45
Items de cierre del proyecto	necesito	cantidad	unidad	monto / unidad	monto total	
Equipo de Botiquín Primeros Auxilios	1,00	1,00%	sobre m.o. directa	¢73 251 825,75	¢732 518,26	
Equipo Back Hoe 4x4	1,00	3,00	mes	¢3 334 100,00	¢10 002 300,00	
Equipo Batidora	1,00	3,00	mes	¢90 000,00	¢270 000,00	
Equipo Vibradores 110 v	2,00	2,00	mes	¢80 000,00	¢320 000,00	
Equipo Compactadores: Sapos y Planchas	1,00	3,00	mes	¢150 000,00	¢450 000,00	
Equipo Compresor Diesel Demoledor	1,00	1,00	mes	¢1 454 880,00	¢1 454 880,00	
Herramientas, Equipo Menor: concreto, madera, metal	1,00	1,50%	sobre mat.	¢344 571 370,00	¢5 168 570,55	
Equipo Cabañas Sanitarias tipo ESCO	3,00	4,00	mes	¢60 000,00	¢720 000,00	
Equipo Salud Ocupacional (casco+chaleco+capa+etc)	1,00	30,00	und / empleado	¢15 000,00	¢450 000,00	
Total Equipo, Herramienta, Laboratorio					¢19 568 268,81	\$31 460,24
Ingeniero Residente C/ C.S. (en planilla)	1,00	4,00	mes	¢976 500,00	¢3 906 000,00	
Total Oficina Administrativos Proyecto					¢3 906 000,00	\$6 279,74
Polizá RT INS	1,00	3,54%	del total MO	¢73 251 825,75	¢2 593 114,63	
Presupuesto y Copias Planos (% relativo)	1,00	0,09%	del total	¢520 521 602,40	¢468 469,44	
Carga Financiera y otros	1,00	4,00	mes	¢1 244 000,00	¢4 976 000,00	
Total Varios Oficina					¢8 037 584,07	\$12 922,16

TOTAL MATERIALES (mat.)					¢344 571 370,00	USD
TOTAL MANO OBRA DIRECTA (m.o.)					¢73 251 825,75	
TOTAL MANO OBRA SUBCONTRATOS (mdo sub.)					¢0,00	
TOTAL SUBCONTRATOS (sub.)					¢102 698 406,65	
TOTAL COSTOS DIRECTOS SIN CARGAS SOCIALES (C.D.)					¢520 521 602,40	\$836 851,45
Items de cierre del proyecto	necesito	cantidad	unidad	monto / unidad	monto total	
Transportes / Acarreos Internos Intangibles	1,00	2,00%	sobre mat.	¢344 571 370,00	¢6 891 427,40	
Total Transportes					¢6 891 427,40	\$11 079,47
Imprevistos e impuesto patentes	1,00	2,00%	acum. ant.	¢619 805 903,34	¢12 396 118,07	
Imprevistos					¢12 396 118,07	\$19 929,45
TOTAL COSTOS ANTES DE UTIL. & ADM.					¢632 202 021,41	\$1 016 401,96
ADMINISTRACION & UTILIDAD SOBRE COSTOS INDIRECTOS (CI)			6,00%	¢53 299 398,35	¢3 197 963,90	\$5 141,42
ADMINISTRACION & UTILIDAD SOBRE MATERIALES DEL CD			6,00%	¢344 571 370,00	¢20 674 282,20	\$33 238,40
ADMINISTRACION & UTILIDAD SOBRE MANO DE OBRA TOTAL + C.S.			6,00%	¢131 632 846,41	¢7 897 970,78	\$12 697,70
ADMINISTRACION & UTILIDAD SOBRE MANO DE OBRA SUBCONTRATOS DEL CD			6,00%	¢0,00	¢0,00	\$0,00
ADMINISTRACION & UTILIDAD SOBRE SUBCONTRATOS DEL CD			6,00%	¢102 698 406,65	¢6 161 904,40	\$9 906,60
TOTAL PROYECTO EN COLONES COSTA RICA					¢670 134 142,69	
FACTOR SOBRECOSTO EN @ LINEA DE TDP DEBIDO AL CI GENERAL, no incluye utilidades & adm.					9,21%	
PRECIO FINAL EN COLONES (C.R.)					¢670 134 142,69	
PRECIO FINAL EN DOLARES (USD)				(DOLAR USD)	\$1 077 386,08	\$1 077 386,08
COSTO / UND				\$ / UND	\$156,31	M2
PRECIO DEL DOLAR USD				25-abr-21 MPRA-VENTA PROMEI	¢622,00	
PLAZO EN DIAS NATURALES					120	

Fuente: Propia.

Tabla 23

Costos directos del proyecto

				ml	6 892,50
				\$ / m2:	156,31
TABLA DE PAGOS: COSTOS UNITARIOS Y TOTALES POR ACTIVIDADES.				FECHA:	25-abr-21
No.	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	UND	CANT	COSTO / UND DOLARES	COSTO TOTAL DOLARES
1,00	OFICINA	M2	6 892,50	\$156,31	\$1 077 386,08
1,00	TRABAJOS PRELIMINARES				\$6 534,31
1,01	TRAZADO	ML	6 892,50	\$0,95	\$6 534,31
2,00	MOVIMIENTO DE TIERRA				\$351 386,46
2,01	EXCA VACION TUBERIA	M3	15 296,21	\$18,60	\$284 461,06
2,02	EXCA VACION POZOS	M3	1 263,50	\$18,60	\$23 497,10
2,03	RELLENO DE LASTRE ESTRUCTURAL TUBERIA	M3	1 375,22	\$10,24	\$14 076,70
2,04	RELLENO DE LASTRE ESTRUCTURAL POZOS	M3	105,07	\$10,24	\$1 075,49
2,05	ARENA	M3	1 085,24	\$26,06	\$28 276,11
3,00	SISTEMA MECANICO				\$ 434 744,88
3,01	TUBERIA DE 100MM	ML	2 932,50	\$28,84	\$84 568,59
3,02	TUBERIA DE 150MM	ML	2 177,20	\$57,31	\$124 781,80
3,03	TUBERIA DE 200MM	ML	1 782,00	\$94,35	\$168 129,08
3,04	SILLETA	UND	391,00	\$146,46	\$57 265,42
4,00	OBRAS DE URBANISMO				\$ 284 720,43
4,01	CAJAS SIFONICAS	UND	391,00	\$185,83	\$72 658,87
4,02	POZOS PREFABRICADOS 1,22 m Dia x 1,00 m h	UND	6,00	\$493,76	\$2 962,56
4,03	POZOS PREFABRICADOS 1,22 m Dia x 2,00 m h	UND	13,00	\$1 033,20	\$13 431,59
4,04	POZOS PREFABRICADOS 1,52 m Dia x 1,00 m h	UND	22,00	\$697,50	\$15 344,93
4,05	POZOS PREFABRICADOS 1,52 m Dia x 2,00 m h	UND	113,00	\$1 535,59	\$173 522,22
4,06	POZOS PREFABRICADOS 1,83 m Dia x 1,00 m h	UND	12,00	\$566,69	\$6 800,26
4,07	POZOS PREFABRICADOS 1	UND	0,00	#DIV/0!	\$0,00
ULTIMA LINEA DE PRESUPUESTO					
TOTAL DOLARES USD IVA INCLUIDO					\$1 077 386,08

Fuente: Propia.

Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

1. Al ser un proyecto nuevo; es decir, una localidad que inicia desde cero, se obtuvo la población mediante el método de servicios equivalentes por el factor de hacinamiento sumado al número de unidades habitacionales reales por el mismo factor, con un resultado de 4103 habitantes distribuidos en un total de 71 tramos, de acuerdo con la Tabla 1. Una vez obtenidos estos resultados fue posible el cálculo de los caudales máximos y mínimos, los cuales corresponden a 14,67 l/s y 10,11 l/s, respectivamente.

2. Se diseñó la red de alcantarillado sanitario con base en la *Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial* (2017) de Acueductos y Alcantarillados, publicada en los Alcances N°227 A, B, C, D, E, F, G de *La Gaceta* N° 180, del viernes 22 de setiembre del 2017. Además, para tal fin, se utilizó la herramienta en Excel del Ing. Calixto Pacheco Bolaños, la cual contiene todos los cálculos del diseño del alcantarillado, dando como resultado tuberías de 200 mm para las calles principales y de 150 mm para las calles secundarias, estas son de tipo PVC SDR-41 (ver anexo B para especificaciones). Todo ello contempla los valores máximos y mínimos de velocidad, fuerza tractiva y flujo crítico.

3. Como último objetivo completado, se realizó el presupuesto satisfactoriamente. Para este se tomó en cuenta el material para las previstas, tuberías del alcantarillado sanitario, pozos y obras preliminares como las excavaciones; también, se incluyen costos indirectos, como mano de obra, acarreos, garantías sociales, entre otros. Ahora bien, en este proyecto no se contempló ningún rubro para pavimentos ni similares porque el proyecto es un terreno limpio donde aún no se procede con la construcción de las calles ni tiene una estructura existente. El resultado final suma un costo de ₡670 134 142,69, lo que es igual a \$1 077 386,08, para un total de ₡344 571 370,00 solo en materiales.

5.2 Recomendaciones

Como primera recomendación para este proyecto se señala la construcción de este alcantarillado sanitario como tal, ya que asegura la no contaminación del suelo con aguas residuales, pues en esta región, al igual que en muchas otras del país, se hace uso de tanques

sépticos, los cuales no son regulados por las autoridades como deberían. Así pues, se utiliza este sistema junto a un drenaje que la mayor parte del tiempo está mal construido o, en principio, mal calculado. Esta situación es preocupante y urge abordarla con la debida atención sin culpabilizar a ninguna entidad, ya que la mayoría de población, probablemente, no tiene conocimiento de esta situación o no le preocupa; por su parte, el gobierno no tiene los medios necesarios para darle seguimiento a cada caso.

Por tanto, al ser este un proyecto innovador, ubicado en un terreno libre de esta problemática, donde no existe construcción alguna, es un excelente comienzo para que en la zona se reconozcan los resultados positivos que tiene este sistema y se impulse su aplicación en comunidades existentes, pues aunado al beneficio seguro de no contaminar suelos ni cuerpos de agua, se cumple con la ley sobre tratamiento de aguas residuales establecida actualmente.

La segunda recomendación es realizar un mantenimiento constante al sistema de alcantarillado. El éxito de toda obra pública y/o privada es el mantenimiento, y esta no es la excepción. Al respecto, una obra con un mantenimiento regular, adecuado, eficaz y preventivo genera muchísimos beneficios, en este caso a la comunidad. Además, se evitaría realizar un mantenimiento correctivo, costoso y con pérdidas ambientales, ya que podría generarse contaminación por alguna avería seria o por filtración de aguas negras.

Asimismo, un mantenimiento adecuado también evita atrasos en algunas zonas por el posible cierre prolongado de sectores, pérdidas en estructuras que tal vez no estén dañadas, pero deban ser removidas para dar paso a la reparación, y un sinnúmero de posibles consecuencias a raíz de la falta de mantenimiento del proyecto. Todo ello, al final, resulta costoso para la población y la naturaleza de la zona. En suma, además de cumplir con la ley establecida, se busca progresar en el saneamiento ambiental del país.

Finalmente, al no tener claro y definido cuándo dará inicio la obra, se recomienda revisar el costo de materiales o mano de obra, ya que estos tienden a subir cada cierto tiempo. Además, cabe señalar que los materiales que componen una red sanitaria no son económicos; aunado a ello, debido a que estos deben cumplir con normas y estándares, al tratarse de líquidos peligrosos para la salud humana y natural, el costo total de la obra podría variar y, en consecuencia, generar problemas en su inicio o culminación.

Referencias bibliográficas

- ACUATECNICA S.A.S. (2016). Tipos de plantas de tratamiento de aguas residuales. <https://acuatecnica.com/tipos-plantas-tratamiento-aguas-residuales/>
- AGUASRESIDUALES.INFO. (2017). Tanque Imhoff: historia y principio de funcionamiento. <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/tanque-imhoff-historia-y-principio-de-funcionamiento>
- Álvarez Hernández, J. D. (2017). *Diseño de la red de alcantarillado sanitario proyecto Nisperos N°3, en la comunidad de La Milpa de Heredia para la Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A.* (Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil no publicada). Universidad Latina de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Civil.
- Angulo Zamora, F. (2013). *Manejo, disposición y desecho de las aguas residuales.*
- AQUAE FUNDACIÓN. (2017). Cloaca Máxima: gestión de aguas residuales en Roma. <https://www.fundacionaquae.org/se-trataban-las-aguas-residuales-la-antigua-roma/>
- AQUAE FUNDACIÓN. (s.f.). La civilización del Indo y el saneamiento en la antigüedad. <https://www.fundacionaquae.org/la-civilizacion-del-indo-y-el-saneamiento-en-la-antiguedad/>
- Banco Interamericano de Desarrollo BID. (2019). Expertos discuten nuevo paradigma en saneamiento durante Latinosan. <https://www.iadb.org/es/noticias/expertos-discuten-nuevo-paradigma-en-saneamiento-durante-latinosan#>
- Campos, S. (29 de marzo de 2019). Saneamiento óptimo: un nuevo paradigma, servicio más que infraestructura. <https://blogs.iadb.org/agua/es/saneamiento-optimo/>
- Denyer, P., Montero, W. y Alvarado, G. (2006). *Mapa de Amenazas y Peligros Naturales del Cantón de Garabito* [Imagen PDF]. Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias Costa Rica. https://www.cne.go.cr/reduccion_riesgo/mapas_amenazas/mapas_de_amaneza/puntarenas/Garabito.pdf

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación*. (5 ed.). McGRAW-HILL.
- Hidalgo Guevara, P. (2020). *Estudio técnico hidráulico para el diseño del sistema de agua potable para el proyecto: Distrito Gubernamental Garabito*. (Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil). Universidad Latina de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Civil.
- Historia National Geographic. (18 de febrero de 2014). La cultura del Valle del Indo. https://historia.nationalgeographic.com.es/a/cultura-valle-indo_8008/1
- INEC. (2011). Cuadro 37. Costa Rica: Indicador de tenencia, estado y hacinamiento de la vivienda, según provincia, cantón y distrito. www.inec.cr
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2017). *Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial*. Costa Rica. www.aya.go.cr
- Jiménez, R. (2010). Biografía del doctor Solón Núñez. *Acta Médica Costarricense*, 52(2), 73-75. <https://doi.org/10.51481/amc.v52i2.638>
- López Cualla, R. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. (2 ed.). Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Marengo, J. (2019). ¿Cómo está América Latina en términos de saneamiento? Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://www.iadb.org/es/mejorandovidias/como-esta-america-latina-en-terminos-de-saneamiento>
- Mayo Clinic. (2019). *Mayo Clinic Family Health Book*. (5 ed.). <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/giardia-infection/symptoms-causes/syc-20372786>
- Meléndez, C. (2001). *Añoranzas de Heredia*. (2 ed.). Editorial Universidad Nacional. <http://www.sinabi.go.cr/Biblioteca%20Digital/LIBROS%20COMPLETOS/Melendez%20Carlos/Anoranzas%20de%20Heredia%20Completo.pdf>
- Méndez Castro, R. (2005). *Diseño preliminar del alcantarillado sanitario para la ciudad de San Ramón*. (Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil). Universidad de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Civil.

Ministerio de Ambiente y Energía, Ministerio de Salud y AyA. (2016). *Política nacional de saneamiento en aguas residuales*.
<file:///D:/Descargas/Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de%20Saneamiento%20en%20Aguas%20Residuales%202016-2045.pdf>

Mora, D. Portuguese, F. Mata, A. (abril, 2013). Programa Bandera Azul Ecológica, Informe de Galardones 2012. <http://repositorio.conare.ac.cr>

Raffino, M. (2020). Concepto de tratamiento de aguas residuales. <https://concepto.de/tratamiento-de-aguas-residuales/>

Reglamentación Técnica para Diseño y Construcción de Urbanizaciones, Condominios y Fraccionamientos. Ley N° 2006-730. (2006). Costa Rica. Sistema Costarricense de Información Jurídica.

Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales. Ley N° 26042-S-MINAE. (19 de junio de 1997). Costa Rica. Universidad de Costa Rica.

Reglamento de Aprobación y Operación de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. Ley N°31545-S-MINAE. (2016). Costa Rica. www.pgrweb.go.cr

Revista Summa. (2019). BID promueve nuevo paradigma para universalizar acceso al agua y saneamiento básico. <https://revistasumma.com/bid-promueve-nuevo-paradigma-para-universalizar-acceso-al-agua-y-saneamiento-basico/>

Rojas Bogantes, A. (2018). *Diseño de la red de alcantarillado sanitario en el distrito primero del cantón de Santa Bárbara de Heredia*. (Trabajo final de graduación de licenciatura en Ingeniería Civil no publicada). Universidad Latina de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Civil.

Rosales Escalante, E. (2005). Tanques sépticos. Conceptos teóricos base y aplicaciones. *Tecnología en marcha*, 18(2), 26-33.
https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/205/203

Saborío Morales, R. y Granados Rojas, R. (2013). *Diagnóstico cultural y físicoespacial de las comunidades del cantón de Garabito*.

https://www.mivah.go.cr/Documentos/investigaciones_diagnosticos/diagnosticos_planes_intervencion/2013/GARABITO/DIAGNOSTICO_GARABITO_ZMT.pdf

Sánchez Montero, M. E. (2020). *Diseño de alcantarillado sanitario en el barrio Villa Ligia, Pérez Zeledón*. (Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil). Universidad Latina de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Civil.

Valverde Marín, V. (2012). *Análisis y Propuesta de Ampliación del Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Liberia – Guanacaste*. (Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil no publicada). Universidad de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Civil.

Vargas Sanabria, A. (2001). El manejo histórico de los recursos hídricos en Costa Rica con énfasis en el período indígena y en los siglos XVI, XVII, XVIII y XIX. *Anuario de Estudios Centroamericanos*, 27(1), 59-81.
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/anuario/article/view/1877>

Tabla A.2

Sistema de saneamiento: cálculos hidráulicos (contenido mínimo de información)

FECHA:		PROYECTO:				n Manning:		PROFESIONAL RESPONSABLE:																																			
Línea (colector o ramal)		Perfil Básico				Tramo		Caudal mínimo acumulado en la Línea (colector principal) - mínimo 1,5 L/s		Caudal máximo acumulado en la línea (colector o ramal) - mínimo 1,5 L/s		Pendiente		Diámetro calculado		Diámetro nominal seleccionado		Velocidad máxima		Caudal a velocidad máxima		Fuerza tractiva para el caudal máximo horario del año cero		Relaciones hidráulicas					velocidad real		Altura de la lámina de agua		Esfuerzo tractivo real		Profundidad hidráulica								
		De Pozo		A Pozo		L		QminA		QmaxA		S		Dc		D		V		Q		T		q/Q		v/V		d/D		t/T		H/D		v		d		t		H			
		Nombre		Rasante		m		L/s		L/s		%		mm		mm		m/s		L/s		kg/m ²		adimensionales		adimensionales		adimensionales		adimensionales		m/s		mm		kg/m ²		m					

SIMBOLOGIA	
L	Longitud del Tramo del centro de pozo a centro de pozo. Distancia entre el centro del Pozo de Inicio y el centro del pozo de llegada.
q	Caudal real

FIRMA PROFESIONAL RESPONSABLE:

CARNÉ PROFESIONAL RESPONSABLE:

Fuente: AyA, 2017

Anexo B. Especificaciones de tubería SDR-41

Durman®

FT Tubería Tipo SDR

Descripción

Tubería de PVC para conducción de agua potable.

Presentación

Tubería PVC

Diámetros de ½ a 18 pulgadas

Empaque Rieber incorporado o campana cementada

La presión de trabajo varía de acuerdo al SDR

Norma de referencia ASTM D 2241

Aplicaciones y consideraciones básicas

- Este producto es utilizado solamente para sistemas de distribución agua.
- No es apto para la distribución de gases o aire comprimido.

Normas de producto

- Norma ASTM D 2241
- NSF STD 14-61 (si el cliente lo requiere)

Características generales

- Fácil instalación
- Químicamente inerte
- No produce olores ni sabores
- Libres de plomo
- Apariencia uniforme

Especificaciones tubería PVC ASTM D 2241

Diam. Nom.	Diámetro Promedio Externo	Espesor mínimo de pared (mm) (Tolerancia positiva equivalente al 6% del espesor mínimo)					
(mm)		SDR 41	SDR 32,5	SDR 26	SDR 21	SDR17	SDR 13,5
12	21,34±0,10	---	---	---	---	---	1,57±0,09
18	26,67±0,10	---	---	---	1,52±0,09	1,57±0,09	1,98±0,12
25	33,40±0,13	---	---	1,52±0,09	1,60±0,10	1,96±0,12	2,46±0,15
31	42,16±0,13	1,18±0,07	1,52±0,09	1,63±0,10	2,01±0,12	2,49±0,15	3,12±0,19
38	48,26±0,15	1,18±0,07	1,52±0,09	1,85±0,11	2,29±0,14	2,84±0,17	3,58±0,21
50	60,32±0,15	1,47±0,09	1,85±0,11	2,31±0,14	2,87±0,17	3,56±0,21	4,47±0,27
62	73,02±0,18	1,78±0,11	2,24±0,13	2,79±0,17	3,48±0,21	4,29±0,26	5,41±0,32
75	88,90±0,20	2,16±0,13	2,74±0,16	3,43±0,21	4,24±0,25	5,23±0,31	6,58±0,39
100	114,30±0,23	2,79±0,17	3,51±0,21	4,39±0,26	5,44±0,33	6,73±0,40	8,46±0,51
150	168,28±0,28	4,11±0,25	5,18±0,31	6,48±0,39	8,03±0,48	9,91±0,59	12,47±0,75
200	219,08±0,38	5,33±0,32	6,73±0,40	8,43±0,51	10,41±0,62	12,90±0,77	---
250	273,05±0,38	6,65±0,40	8,41±0,50	10,49±0,63	12,98±0,78	16,05±0,96	---
300	323,85±0,38	7,90±0,47	9,96±0,60	12,45±0,75	15,39±0,92	19,05±1,14	---
375	388,62±0,41	9,47±0,57	11,96±0,72	14,94±0,90	18,49±1,11	---	---
450	457,20±0,48	11,15±0,67	14,07±0,84	17,58±1,05	21,77±1,31	26,90±1,61	---

Presión nominal de trabajo a 23 °C

	SDR 41	SDR 32,5	SDR 26	SDR 21	SDR 17	SDR 13,5
psi	100	125	160	200	250	315
Kg/cm ²	7,03	8,93	11,25	14,06	17,58	22,15
kPa	690	862	1103	1379	1724	2172



Figura 18. Especificaciones de tubería PVC SDR-41. Fuente:

<https://www.durman.com/descargas/TuberiaSDR/fichas/FTtubosSDR.pdf>

Glosario

Aguas residuales

Se agrupan todas las aguas que, debido a la acción del ser humano, han sido contaminadas y son potencialmente peligrosas en el caso de que sean vertidas en el medio ambiente sin un tratamiento previo.

Alcarraza

Arcilla cocida.

Aligment

Herramienta de AutoCAD Civil 3D 2019 utilizada para crear los estacionamientos de las calles en conjunto con las curvas de nivel que le permitirán al programa generar los perfiles de terreno de una manera más precisa y automática, para así realizar las rasantes e incorporar más información, como en este caso, tuberías y pozos.

Caudal

Se define como el volumen de agua que atraviesa una superficie en un tiempo determinado.

Efluente

“Es lo relativo a los sistemas de tratamiento, es el caudal que sale de la última unidad de tratamiento” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p. 4)

Giardia lamblia

Es un parásito que causa una infección intestinal marcada por cólicos, hinchazón, náuseas y episodios de diarrea acuosa. Es causada por un parásito microscópico que se encuentra en todo el mundo, en especial, en las zonas con higiene deficiente y con agua contaminada. (Mayo Clinic, 2019, párr. 1).

Materia orgánica

Es materia que se forma a partir de residuos de procedencia animal o vegetal. Es sustancia que suele distribuirse por el suelo y que ayuda a su fertilidad.

Periodo de diseño

“Tiempo para el cual se diseña un sistema o los componentes de éste, durante el cual se tendrá la capacidad requerida para atender la demanda proyectada al final de dicho período” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p. 4).

Rugosidad de Manning

Es un índice que determina la resistencia de un flujo en un canal; es por esto y por la posibilidad de calcular este coeficiente que se pretende determinar la influencia de la pendiente de un canal en el coeficiente de rugosidad de Manning.

Saneamiento

Se refiere al conjunto de técnicas y sistemas destinados a mejorar las condiciones higiénicas de un edificio, una comunidad o una ciudad. También, se incluyen los sistemas de evacuación y tratamiento de los residuos urbanos e industriales de una ciudad.

Sifón sanitario

“Conducto subterráneo de tres bocas por donde fluyen las aguas residuales hacia la red terciaria en funcionamiento, el flujo se origina dentro del inmueble al que se le prestará el servicio” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p. 6).

Sistema a presión negativa

“Sistema mecanizado para recolectar y trasegar aguas residuales ordinarias operando a una presión menor que la atmosférica (presión negativa) generando un efecto de succión de las aguas residuales” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p. 6).

Tanque tipo Imhoff

Es un tanque en el que los lodos se separan del efluente, lo que permite una sedimentación y una digestión más completa. Cuando trabajan correctamente, estos sistemas son capaces de eliminar entre el 30 y 60 por ciento de la materia en suspensión, y entre el 25 y 40 por ciento de la DBO. Consiste en una sección superior (cámara de sedimentación) y una sección inferior (cámara de digestión). Después de los procesos de pretratamiento, el agua entra en la cámara, los sólidos se asientan en la cámara de sedimentación superior y descienden lentamente por un tabique inclinado que finaliza en una pequeña sección

abierta, a través de la cual pasa las materias decantadas a la cámara de digestión. Allí se acumulan y se digieren lentamente (AGUASRESIDUALES.INFO, 2017).

Tirante hidráulico

Es la distancia vertical a la plantilla, medida desde la superficie libre del agua al punto más bajo de la sección transversal.

