

**UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA  
CAMPUS HEREDIA**

**Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información**

**Escuela de Ingeniería Civil**

**Licenciatura en Ingeniería Civil**

**Proyecto Final de Graduación**

**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN  
EL SECTOR DE EL ROBLE, EL LAUREL Y EL CARAO, EN  
GUARARÍ DEL CANTÓN DE HEREDIA.**

**Autor:** Jeffry Artavia Mejía

**Tutor:** Ing. Alberto González

**Fecha:** Heredia Mayo, 2021



TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: “***Diseño de la red de alcantarillado sanitario en el sector de El Roble, El Laurel y el Cacao, en Guararí del Cantón de Heredia***”, por el (la) estudiante: Jeffry Artavia Mejía, 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

---

José María Ulate Zarate

Representante



COMITÉ ASESOR

---

Ing. Alberto González Solera

Tutor

---

Ing. Leonardo Moya González

Lector

---

Ing. José María Ulate Zarate

Representante

Heredia, 8 de mayo del 2021

Señores  
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación  
Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información  
Escuela de Ingeniería Civil  
Universidad Latina de Costa Rica  
Presente

Estimados Señores:

Por este medio certifico que he leído y corregí el Proyecto de Graduación, denominado:  
"Diseño de la red de alcantarillado sanitario en el sector de *El Roble*, y *El Carao*, en Guararí del cantón de Heredia." elaborado por Jeffrey Artavia Mejía, para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Las correcciones realizadas están referidas a construcción de párrafos, "vicios del lenguaje", los cuales se trasladan a lo escrito, ortografía, puntuación, uso preposicional y otros aspectos en relación con el campo filológico.

Por lo tanto, dicho documento cumple con los requisitos establecidos para ser presentado como Trabajo Final de Graduación.

Se suscribe, cordialmente,

  
Magda Eugenia Chaverri Brenes  
Filóloga  
Cód. 257  
ACFIL  
Cédula: 4 0186 0512  
Cel.: 62 12 54 41  
Correo: magda4018@gmail.com



**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR TUTOR DEL  
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD PROYECTO 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 de la red de alcantarillado sanitario en el sector de El Roble, El Laurel y El Carao, en Guararí del Cantón de Heredia. elaborado por el (los) estudiante (s): Jeffry Artavia Mejía, como requisito para que el (los) citado (s) estudiante (s) puedan 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: 2021.05.05  
12:41:32 -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 PROFESOR LECTOR DEL TRABAJO FINAL DE  
GRADUACIÓN MODALIDAD TESIS DE GRADO**

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 de la red de alcantarillado sanitario en el sector de El Roble, El Laurel y El Carao, en Guararí del Cantón de Heredia. elaborado por el estudiante: Jeffry Artavia Mejía, 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)**



Firmado digitalmente por LEONARDO MOYA GONZALEZ (FIRMA)  
CIVIL SERIAL NUMERO=CCFF-01-0406-0491,  
SIN MOYA GONZALEZ, GN LEONARDO,  
CARRERA=INGENIERIA FISICA,  
CUI=CIDADANO, CN=LEONARDO MOYA GONZALEZ (FIRMA)  
Reason: Soy el autor de este documento  
Ubicación: la ubicación de su firma aquí  
Fecha: 2021.05.04 18:46:50-0500'  
Foxit Reader Versión: 10.1.3

Ing. Leonardo Moya González

104060491

## **“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 " ; "

Artavia Mejía, Jeffry.

De la Carrera / Programa:

autor(es) del trabajo final de graduación titulado:

Licenciatura en Ingeniería Civil

Diseño de la red de alcantarillado sanitario en el sector de El Roble, El Laurel y El Carao, en Guararí del cantón de Heredia.

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) **Miércoles, 5** del mes **mayo** de año **2021** a las **2:30 p.m**. 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:

## Resumen

El presente proyecto aborda, la problemática que se propone analizar en la comunidad de Guararí, del cantón de Heredia de Costa Rica, con la ayuda de un estudio emitido por el Profesional Hernán Camacho en el 2018, el cual indica que, el barrio o comunidad de Guararí mantiene una población de 15918 residentes, que representa casi una cuarta parte del distrito de San Francisco, del cantón de Heredia, lo cual, en términos de un porcentaje, rondaría alrededor de un 33.3 %, resaltando principalmente que, en los últimos 10 años se ha ido presentando una problemática, debido a las condiciones socioeconómicas, el estilo de vida es de muy bajo nivel, lo cual genera un aumento en la necesidad de conexiones de la red de alcantarillado sanitario en la ESPH S.A. por la necesidad de evacuar de alguna manera sus aguas residuales, ya sea de manera lícita o ilícita, provocando daños visibles en las estructuras que rodean la red, desde las casa de habitación y dentro de la tubería, provocando una necesidad de mantenimiento constante a estas averías por parte de la entidad para satisfacer el continuo servicio a la zona de la sobrepoblación y el daño en esta. En este orden de ideas, se presenta un diseño preliminar de una red para el sistema de alcantarillado sanitario en esta comunidad, utilizando diversos programas como el *Excel* para las fórmulas de los cálculos para las tuberías con ejemplos explicativos facilitando su entendimiento, *Civil 3D* para la modulación del sistema, *QGIS* y *ArcGIS* para el mapeo y datos necesarios para el proyecto, además, los parámetros indicados por las normas de la entidad que corresponda para el diseño del alcantarillado sanitario, aprovechando al máximo la recolección y transporte de aguas residuales. A su vez, se estimarán los costos constructivos del anteproyecto desde los pozos nuevos, de ser requeridos, hasta toda la tubería, aproximados con base en los datos que proporcionó la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH S.A.).



### **Summary**

The following project explains the analyzed problematic given in the Guararí community, in Heredia, Costa Rica, based and supported in a study provided by professional Hernan Camacho in 2018, in which it is stated that Guararí community holds 15918 habitants, representing almost one fourth of San Francisco district, also in Heredia, in percentage terms, around 33.3%. This highlights that in the past 10 years, socioeconomic conditions had led to important problematics such as very low lifestyle, increasing the need of sanitary sewer network connections by the corresponding company, causing visible damage on the net's structure, all the way from the house and into the pipe, needing the company's constant maintenance and service fulfillments to the overpopulated and affected zone. A preliminary net design is presented, for the community's sanitary sewer system, using several programs such as Excel, for the calculation formulas for pipes, with wide explanatory examples, facilitating its understanding, Civil 3D for system modulation, QGIS and ArcGIS for mapping necessary data for the project, and also, indicated parameters by entity norms that correspond to the sanitary sewer, using transport and recollection of sewage water.

Construction costs for the preliminary project, will be estimated from new wells, if required, to the entire pipeline, based on approximated data provided by ESPH (Public Services company of Heredia).

## **Agradecimiento**

Como primer punto de agradecimiento, es al Dios todo poderoso, por otorgarme la oportunidad de lograr una meta, que desde niño junto a mis abuelos fue la que siempre soñé y es ser Ingeniero Civil, y él nunca me ha abandonado a pesar de las adversidades enfrentadas durante toda la vida y el camino de la universidad.

Seguidamente, agradecer a la familia en general, por poner en mí cada uno, su fe y su esperanza, su apoyo y su amor en el trabajo y esfuerzo que se dio todos los días desde que se tomó este camino, y agradecer en especial a mi mamá, que fue la autora de todas las noches de esfuerzo, de los trabajos completos y bien hechos, ya que sin su apoyo, fuerzas e insistencias, me motivó para realizar cada trabajo de la manera más exigente y perfecta posible, a mi papá, que fue el motor de crear sueños e ilusiones y otorgar mucha motivación y amor en cada detalle y cada momento de trabajo, que me otorgó el conocimiento sobre construcciones antes de yo tomar este camino, y a mis abuelos los pilares de mi vida, que antes de partir al cielo, me instruyeron valores y fuerzas para que yo pudiera tomar esta carrera, y lograr los deseos y metas fijados.

Agradezco a mi tutor, el Ing. Alberto González al otorgar su tiempo y su conocimiento para guiarme, a través de este proyecto, y ser tan atento ante las dudas y problemas que surgían o poseía sobre el proyecto, incluso con tanto trabajo y problemas de la pandemia COVID-19.

Agradezco a mi lector, el Ing. Leonardo Moya al otorgar su conocimiento sobre su tiempo como ingeniero hidráulico, que permitió el entendimiento de muchos problemas y otorgar su tiempo tan activamente para la atención de las dudas.

Agradezco a la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, en especial al Ing. José Muñoz que fue el encargado de otorgar motivación de superación como profesional en el ámbito de la ingeniería y otorgar la información necesaria para llevar a cabo este proyecto.

Para finalizar, agradecer a mis compañeros y amigos, en especial a Aron, Leo, Dilana, que fueron las chispas activas de mantener el deseo y la competencia sana dentro de la carrera para lograr ser unos ingenieros con excelencia y exigentes, además, agradecer a todos los profesores de la Universidad Latina, que me otorgaron su conocimiento sobre los temas vistos y otorgarme la motivación para seguir teniendo en alto la meta de convertirme en un Ingeniero Civil, además de instruirme valores de cómo se forja un profesional.

## **Dedicatoria**

El presente proyecto es dedicado a mi madre, mi padre y mi hermano , que fueron los pilares presentes durante toda mi vida, que me motivaron a tomar este camino desde el inicio y durante el proceso me otorgaron muestras y momentos de apoyo además de demostrar que siempre confiaron en mí para lograr seguir adelante en esta grandiosa carrera de la Ingeniería Civil y en la vida, al igual que mis tíos, primos y abuelos, que siempre me otorgaron también sus muestras de fe, confianza incondicional y visión de un futuro próspero.

## Índice

<b>Resumen</b> .....	II
<b>Summary</b> .....	III
<b>Dedicatoria</b> .....	V
<b>Índice</b> .....	VI
<b>Índice de Tablas</b> .....	IX
<b>Índice de Ilustraciones</b> .....	XI
<b>Introducción</b> .....	2
<b>Antecedentes Nacionales</b> .....	2
<b>Antecedentes Internacionales</b> .....	3
<b>Planteamiento del problema</b> .....	3
<b>Objetivo General</b> .....	5
<b>Objetivos Específicos</b> .....	5
<b>Justificación</b> .....	6
<b>Alcances</b> .....	7
<b>Limitaciones</b> .....	7
<b>Impacto</b> .....	8
<b>Sanitario</b> .....	8
<b>Salud</b> .....	8
<b>Social</b> .....	8
<b>Hipótesis</b> .....	8
<b>Marco Teórico</b> .....	9
<b>1. Historia</b> .....	9
<b>1.1. Primer alcantarillado sanitario Nacional</b> .....	9

<b>2. ESPH S.A.</b> .....	12
<b>3. Resolución</b> .....	16
<b>4. El agua potable</b> .....	16
<b>5. Aguas Residuales</b> .....	18
<b>6. Estatus Poblacional sobre medidas de saneamiento</b> .....	22
<b>7. Tipos de tratamiento aguas residuales</b> .....	23
7.1. Tanque séptico.....	24
7.2. Letrina .....	25
7.3. Alcantarillado .....	25
7.4. Tipos de redes de alcantarillado .....	26
7.4.1. Red de alcantarillado pluvial .....	26
7.4.2. Red de alcantarillado Sanitario .....	27
7.4.2.5. Capacidad a Diseñar.....	32
7.4.2.6. Parámetros para las tuberías.....	32
7.4.2.7. Diámetro mínimo .....	41
7.4.2.8. Plan de Contingencia y programa de mantenimiento.....	41
7.4.2.10. Requisitos y tuberías. ....	47
7.4.3. Ubicación de tuberías.....	49
<b>Marco Metodológico</b> .....	56
<b>Paradigma</b> .....	56
<b>Enfoque metodológico</b> .....	56
<b>Método de Investigación</b> .....	56
<b>Categorías de análisis de investigación</b> .....	57
<b>Población y Muestra</b> .....	58
<b>Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.</b> .....	58

<b>Técnicas e instrumentos para el procesamiento y análisis de datos.</b> .....	59
<b>Cálculo para la definición del diámetro interno necesario para satisfacer las necesidades en la comunidad de Guararí General.</b> .....	63
<i>Tramo Calle Nisperos</i> .....	66
<i>Tramo Calle El Laurel</i> .....	70
<i>Tramo Avenida EL Carao</i> .....	73
<i>Tramo Avenida El Sol</i> .....	77
<b>Resumen de diámetros obtenidos y propuesta de diámetros de PVC Novafort.</b> .....	81
<b>Pozos</b> .....	82
<b>Presupuesto de Materiales</b> .....	84
<b>Análisis de Resultados</b> .....	90
<b>Conclusiones</b> .....	95
<b>Recomendaciones</b> .....	97
<b>Bibliografía</b> .....	98
Libros .....	98
Tesis o Proyectos.....	98
Leyes o Normas.....	98
Dirección <i>Web</i> .....	99
<b>Anexos</b> .....	102
<b>Anexo 1</b> .....	102
<b>Glosario</b> .....	113

### Índice de Tablas

Tabla 1. Proyectos planificados 2020-2022.....	11
Tabla 2. Proyecto Reducción de agua no contabilizada ( <i>RANC</i> ).....	11
Tabla 3. Proyectos zona Indígena .....	12
Tabla 4. Tabla de inversión y porcentajes utilizados para la ejecución de proyectos. ....	13
Tabla 5. Frecuencia mínima de muestreo y número de muestras a recolectar en las fuentes de abastecimiento y red de distribución para el Control Operativo (CO) .....	17
Tabla 6. Tendencia de servicio sanitario.....	22
Tabla 7. Tabla 7. Cálculo de Servicios Equivalentes según tipo de actividad a desarrollar...30	
Tabla 8. Pendientes y capacidades mínimas de alcantarillas circulares para primera tubería. 36	
Tabla 9. Pendientes y capacidades mínimas de alcantarillas circulares para segunda tubería.38	
Tabla 10. Tabla de Normas a cumplir en paso al descubierto o puentes. ....	49
Tabla 11. Diámetros de la Tubería <i>Novafort</i> .....	49
Tabla 12. Profundidad de colocación de la tubería para casos especiales. ....	51
Tabla 13. Dimensiones de pozos de concreto. ....	54
Tabla 14. Diámetro Interno por tipo de pozo según tubería de salidas.....	55
Tabla 15. Tabla de Variables. ....	57
Tabla 16. Registro de Población y proyección para el año 2021.....	58
Tabla 17. Cálculo de Servicios Equivalentes según tipo de actividad a desarrollar.....	63
Tabla 18. Cálculo de Densidad Urbana en Las comunidades de <i>El Roble, El Laurel y El Carao</i> . .....	65
Tabla 19. Cálculo aproximado de densidad urbana de la Comunidad de <i>La Esperanza</i> .....	65
Tabla 20. Pendientes y capacidades mínimas de alcantarillas circulares para el cálculo del Tramo <i>Calle Nisperos</i> .....	67
Tabla 21. Pendientes y capacidades mínimas de alcantarillas circulares para el cálculo del tramo <i>Calle El Laurel</i> .....	71
Tabla 22. Pendientes y capacidades mínimas de alcantarillas circulares para el cálculo del tramo <i>Avenida El Carao</i> . ....	75
Tabla 23. Pendientes y capacidades mínimas de alcantarillas circulares para el cálculo del tramo <i>Avenida El Sol</i> . ....	78
Tabla 24. Dimensiones básicas de tubería <i>Novafort</i> de AMANCO. ....	81

Tabla 25. Tabla resumen de los diferentes tramos y sus diámetros nominales finales.....	82
Tabla 26. Tabla de datos nuevos para pozos de registro de calles intervenidas. ....	82
Tabla 27. Tabla resumen de reubicación de pozos .....	84
Tabla 28. Costos Movimiento de Tierra Total.....	84
Tabla 29. costos de tuberías <i>PVC Novafort</i> .....	85
Tabla 30. Costos de material Subbase, Base, Carpeta de Asfalto.....	85
Tabla 31. Costos de materiales de los Pozos .....	86
Tabla 32. Montos de personal requerido para el proyecto.....	89
Tabla 33. Costos Totales aproximados del Proyecto .....	89
Tabla 34. Tabla Comparativa de los diámetros existentes y los diseñados en el proyecto.....	91



### Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Derrame de aguas residuales en Alcantarillado Sanitario Metropolitano.....	10
Ilustración 2. Mapa general del Centro de Heredia del Programa GIS.....	15
Ilustración 3. Planta de tratamiento de aguas residuales.....	18
Ilustración 4. Porcentaje de alcantarillado por cantón.....	23
Ilustración 5. Total de viviendas por tendencia de servicio sanitario, según zona y región al 2015 .....	24
Ilustración 6. Servicio sanitario típico de zonas rurales.....	25
Ilustración 7. Zonas poblacionales, educativa, salud y deportiva.....	28
Ilustración 8. Mapa del Barrio Guararí, Heredia. Escala de diseño 1:12000.....	29
Ilustración 9. Coeficiente mínimo para la “n” de Manning.....	34
Ilustración 10. Ecuaciones para tubería a canal abierto.....	34
Ilustración 11. Gráfico de Elementos Hidráulicos básicos de albañales circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente primera tubería. ....	37
Ilustración 12. Gráfico de Elementos Hidráulicos básicos de albañales circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente para el cálculo de $q/Q$ .....	39
Ilustración 13. Gráfico de Elementos Hidráulicos básicos de albañales circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente para el cálculo de $v/V$ y $rH/RH$ .....	40
Ilustración 14. Clasificación de Bombas. ....	44
Ilustración 15. Perfil unión de pozos. ....	53
Ilustración 16. Proceso de instalación de tubería.....	53
Ilustración 17. Mapa de la Propuesta 1 para la comunidad de Guararí. ....	60
Ilustración 18. Mapa de propuesta 2 para la comunidad de Guararí.....	60
Ilustración 19. Mapa de la propuesta 3 para la comunidad de Guararí.....	61
Ilustración 20. Distribución propuesta 4.....	63
Ilustración 21. Gráfico de Elementos Hidráulicos básicos de albañales circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente para el cálculo de $d/D$ en el tramo <i>Calle Nisperos</i> .....	68
Ilustración 22. Gráfico de Elementos Hidráulicos básicos de albañales circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente para el cálculo de $v/V$ y $rH/RH$ en el tramo <i>Calle Nisperos</i> .....	68
Ilustración 23. Gráfico de Elementos Hidráulicos básicos de albañales circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente para el cálculo de $d/D$ en el tramo <i>Calle El Laurel</i> .....	72

Ilustración 24. Gráfico de Elementos Hidráulicos básicos de albañales circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente para el cálculo de $v/V$ y $rH/RH$ en el tramo Calle <i>El Laurel</i> .	72
Ilustración 25. Gráfico de Elementos Hidráulicos básicos de albañales circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente para el cálculo de $d/D$ en el tramo Avenida <i>El Carao</i> .	75
Ilustración 26. Gráfico de Elementos Hidráulicos básicos de albañales circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente para el cálculo de $v/V$ y $rH/RH$ en el tramo Avenida <i>El Carao</i> .	76
Ilustración 27 Gráfico de Elementos Hidráulicos básicos de albañales circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente para el cálculo de $d/D$ en el tramo Avenida <i>El Sol</i> .	79
Ilustración 28. Gráfico de Elementos Hidráulicos básicos de albañales circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente para el cálculo de $v/V$ y $rH/RH$ en el tramo Avenida <i>El Sol</i> .	80
Ilustración 29. Diseño de la nueva Red de Alcantarillado Sanitario con el programa <i>Civil3D</i> para la Avenida <i>El Sol</i> y la comunidad de <i>El Roble</i> .	90
Ilustración 30. Diseño de la red de alcantarillado Sanitario con el programa <i>Civil3D</i> para la calle <i>Nisperos</i> .	90
Ilustración 31. Detalle calle <i>Nisperos</i> .	91
Ilustración 32. Visualización de la calle <i>El Laurel</i> desde el programa <i>Civil3D</i> .	92
Ilustración 33. Tramo de Conexión de la calle <i>El Laurel</i> y calle <i>Nisperos</i> con la avenida <i>El Carao</i> .	93
Ilustración 34. Visualización del alcantarillado sanitario en la avenida <i>El Sol</i> .	94
Ilustración 35. Prevista Domiciliaria con <i>silleta tee de PVC</i> .	102
Ilustración 36. Detalle de prevista en la acera	103
Ilustración 37. Detalle de tapa para pozo de registro	104
Ilustración 38. Detalle de pozo de registro tipo A	105
Ilustración 39. Detalle de pozo de registro tipo B	106
Ilustración 40. Detalle de pozo de registro tipo C	107
Ilustración 41. Detalle de pozo de registro tipo D	108
Ilustración 42. Detalle de pozo de registro tipo E	109
Ilustración 43. Detalle de pozo de registro tipo F	110
Ilustración 44. Detalle de pozo de registro tipo G	111
Ilustración 45. Detalle Típico del acero de refuerzo para pozos de registro (A - G)	112

### Índice de Ecuaciones

(Ecuación 1.) $Q_{paro} = FR * Q_{pap}$ .....	31
(Ecuación 2.) $Q_{par} = Q_{paro} + Q_{pare} + Q_{ext}$ .....	32
(Ecuación 3.) $Q_{min} = FMD * Q_{par} + Q_{inf}$ .....	32
(Ecuación 4.) $Q_{max} = Q_{par} * FMH + Q_{inf}$ .....	32
(Ecuación 5.) $Rh = APM$ .....	33
(Ecuación 6.) $V = 1n * R23 * S12$ .....	33
(Ecuación 7.) $v = vV_{valor del gráfico} * V_{(valor de la tabla)}$ .....	40
(Ecuación 8.) $rH = rhRH_{valor del gráfico} * rH_{(D4 de fórmula)}$ .....	40
(Ecuación 9.) $F.T = \rho_{agua} * n * v2rH13$ .....	41

## Introducción

### Antecedentes Nacionales

La primera red de alcantarillado sanitario establecida en Costa Rica fue en el año 1930 en la ciudad de San José donde paulatinamente, se fue ampliando, integrando, así también una planta de tratamiento de aguas residuales.

Los primeros indicios acerca de un proyecto para el mejoramiento ambiental surgieron por la Ley N.º 2726, creando el Servicio Nacional de Acueductos y Alcantarillados (*SNAA*), actualmente llamado Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (*AyA*).

Un documento de Gestión de aguas residuales del *AyA*, el cual fue elaborado por el consultor Ruiz Fallas (2012) en la tabla 1., indica que, en Costa Rica solo el 25,56 % de la población cuenta con un servicio de alcantarillado sanitario activo, pero el mayor problema es que un porcentaje muy bajo de todas esas aguas son tratadas de manera adecuada.

A este respecto, existen varios métodos para tratar las aguas, en el capítulo 4. del mismo Documento del *AyA* menciona los siguientes:

- Sistemas de tratamiento aeróbicos
- Sistemas de tratamiento anaeróbicos
- Sistemas de tratamiento
- Sistema de reacondicionamiento con emisario submarino

Para poder concretar la construcción de una red de alcantarillado sanitario, resulta necesario poseer muchos estudios tanto geotécnicos, como hidráulicos, socioeconómicos y poblacionales. En la Ciudad de Heredia, la cual cuenta con 10 cantones, según el Código de Cimentaciones de Costa Rica (CCCR-2010) menciona que, la tierra en esta provincia es principalmente un suelo tipo S3, donde predomina en los primeros 10 centímetros una capa de arcilla. Generalmente, el tipo de suelo para estos trabajos suele ser pasado por alto, pero debido, a que existen estratos que se expanden y reducen con el nivel freático como las arcillas expansivas o limos, dañando las estructuras subterráneas generando fisuras, dando así paso al llamado fenómeno de la licuefacción, para poder evitar todo esto, se debe tener en claro, qué tipo de suelo se va a tratar y si se va a requerir una sustitución de suelo si es necesaria.

### **Antecedentes Internacionales**

El primer alcantarillado creado por la humanidad data de la fecha de 3750 a.C. en el antiguo Mesopotamia en la ciudad de Nippurn, lo que actualmente, se conoce como la India. Posteriormente, para el año 3000 a.C. en la ciudad Mohenjo-Daro, en el Valle del Indo, “hoy día Pakistán”, aparecieron las primeras edificaciones que se encontraban conectadas a las redes de alcantarillas de la ciudad, cada baño o letrina, como se le conocía en ese momento, tiraba sus líquidos a toda la red del lugar. Luego fueron apareciendo en todo el mundo, hechos especialmente de cerámica como lo fue en Creta en 1700 a.C.

Luego, los romanos implementaron sus nuevas redes de alcantarillado de aguas residuales o negras, no obstante, hasta los 100 a.C. fue que ellos decretaron como obligación desfogar sus aguas en estos sitios, además de que fue también donde reutilizaron por primera vez las aguas grises al ser separadas y utilizadas para otra función en vez de ser desfogadas junto a las negras. Pronto se olvidarían de todo esto, en la Edad media donde solo París sería el único en mantener activo sus redes de alcantarillado, y proveniente de esta decisión tan arriesgada, ocurrieron las epidemias, debido a los roedores que vivían en los desechos humanos.

### **Planteamiento del problema**

En el cantón de Heredia, distrito San Francisco, en la comunidad de Guararí, que se ubica en sur del centro de la ciudad de Heredia, delimitado por el río Pirro al este, al oeste y sur por la Quebrada Guararí y Quebrada Granada, donde existe unas poblaciones formales e informales; en este caso las formales se analizarán como lo son: la urbanización *El Roble*, urbanización *El Laurel* y la urbanización *El Carao*, donde en los últimos años se presenta un rango bajo tanto en el nivel social como en el nivel económico, donde a causa de los niveles anteriormente mencionados se ha generado la necesidad de crear algún tipo de ingreso económico, aparte de los trabajos convencionales, donde la supuesta solución que ellos encontraron en esa zona fue crear localidades, apartamentos o cuartos de tamaños mínimos y condiciones malas, y con el paso del tiempo, poco a poco aumentó la población en la comunidad, ya que las familias y los inmigrantes llegan y se multiplican, generando una demanda de conexiones a las tuberías sanitarias, provocando así sobrepoblación y al avanzar esto tan rápido su extensión tomó lugar sobre la tubería vieja donde no se logra llegar con facilidad, debido a que fue construida en los antejardines de las casa de habitación, generando un problema con la ubicación de esta, a pesar de que fue creada

hace años para un tipo de población sin tener la visión de que el cantón central de Heredia fuera a poseer algún tipo de crecimiento, esta nueva comunidad se ha conectado una a uno y ha aumentado exponencialmente la producción de residuos sanitarios, dando así lugar al deterioro, rebalse y acumulación total en la vieja red de alcantarillado sanitario, tanto así que el agua residual se devuelve entrando en las casas de habitación de estas personas o en las áreas de dormir donde viven y genera pérdidas materiales, contaminación, provocando una cantidad de averías anuales por obstrucción en la zona sea elevada.

Anualmente, debido a la constante problemática que se presenta en el lugar, es necesario por parte de la entidad realizar un mantenimiento preventivo, mediante el curado y lavado de las tuberías que existen actualmente, eliminando los excesos de residuos y plantas que se generan con equipo destaqueador de previstas y colector principal, sin embargo, esta medida es paliativa, tanto así que, aunque se realiza constantemente este trabajo no es suficiente para suplir la necesidad que año con año aumenta en las redes existentes.

### **Objetivo General**

Diseñar la red de alcantarillado sanitario en el sector de *El Roble, El Laurel y El Carao*, en Guararí del cantón de Heredia.

### **Objetivos Específicos**

- Evaluar la problemática hidráulica sobre el mal desempeño generado por los daños presentados en la red sanitaria existente.
- Explicar el proceso del desarrollo para el cálculo de tuberías.
- Elaborar una comparativa hidráulica entre los diferentes tamaños de tuberías en el mejoramiento de la red de alcantarillado sanitario.
- Calcular el presupuesto de materiales de la nueva red residual en la comunidad de Guararí del cantón de Heredia.
- Verificar, si el presupuesto a realizar cumple con los parámetros indicados por la empresa

### **Justificación**

La nueva propuesta a diseñar presentada en este documento, se realizará con el fin o propósito de mejorar la calidad del servicio de aguas residuales sanitarias en la comunidad antes mencionada, la comunidad de Guararí, analizando los respectivos estudios, hidráulicos, y poblacionales, recopilando la información necesaria, de esta manera, se logrará una propuesta de una red de alcantarillado sanitario, con sus nuevos tamaños de tuberías, variaciones en los pozos y además de ser requerido la adición de nuevas estructuras, donde como objetivo debido a las complicaciones que el lugar presenta se ve requerido mover las tuberías viejas que se encuentran alrededor del perímetro de la calle, a el centro de esta, como lo es usualmente en estas redes y las que se localizan en cada una de las alamedas o entradas del terreno, son más de 500 metros en tubería vieja de un diámetro inferior al requerido y utilizado por la entidad a cargo del distrito. Por lo tanto, será necesario después del análisis y cálculo hidráulico, aumentar su tamaño pasándolo o aumentándolo 1m a 2m como mínimo, y conectarlo con el sistema de la estación de bombeo que el lugar presenta para llevarlo a la toma donde se recolectará para la futura planta de tratamiento de aguas residuales, que será la encargada de recibir los desechos de todo el cantón central de Heredia y además, un prediseño de un tanque de emergencia, si fuera necesario en un futuro próximo construirlo de no ejecutarse a tiempo con éxito el primer plan de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia.

A su vez, los beneficios que se lograrán una vez llevando a cabo el proyecto presente, es en primer lugar una mejora completa en la red de alcantarillado sanitario por medio de un diseño hidráulico nuevo con los programas necesarios, con un estimado de la población, y el presupuesto detallado de la cantidad de materiales a necesitar en la construcción de esta nueva obra, en segundo lugar se logrará otorgar paz para la población afectada y una solución eficaz, en tercer lugar una descongestión en la problemática y la necesidad de recursos en mantenimiento que esta ha venido presentando varios años atrás. No obstante, cabe destacar que las poblaciones mencionadas en la comunidad de Guararí, específicamente las comunidades de la urbanización *El Laurel*, *El Roble* y *El Carao*, el prediseño se verá aumentado en casi un 200 % el tamaño, proporcionando así una capacidad mayor de caudal en las zonas antes mencionadas, para la futura población a crecer y la pronta recolección con la planta de tratamiento destinada para los próximos 5 años, y una solución para las futuras casas de habitación o comercios o industrias que se generen en el futuro proporcionándoles una tranquilidad en la en la adquisición de este servicio.



### **Alcances**

1. Todo el proyecto se verá regido por la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial (2017), del *AyA*.
2. Se conoce la cantidad de previstas de agua potable generando la posibilidad de generar un cálculo para determinar la población aproximada en la zona.
3. Se ejecutará un diseño con el programa *ArcGIS* para poder visualizar toda la red a crear.
4. Se conoce el diámetro mínimo otorgado por la entidad.
5. Se conoce la mayoría de la cantidad, los diámetros y profundidades de los pozos existentes.

### **Limitaciones**

1. El presupuesto que la empresa propone dificulta la realización del proyecto.
2. No poseen estudios sobre la permeabilidad del suelo.
3. No poseen estudios hidrogeológicos.
4. Se desconoce la cantidad poblacional exacta en la zona.
5. No se posee el levantamiento topográfico.

## **Impacto**

### **Sanitario**

Se pretende englobar todas las limitaciones de la investigación, así mismo del proyecto, logrando una efectiva distribución de aguas residuales, sin importar el tamaño de la población haciendo una prevista al futuro en caso de un aumento exponencial en la comunidad, como está en proceso. Al reestructurar todo el sistema descongestionará los pozos inferiores y las tuberías ubicadas en las alamedas de todo el sector.

También se creará la prevista para la nueva planta de tratamiento, la cual próximamente funcionará en la provincia de Heredia.

### **Salud**

Debido, al poco control que se posee en el lugar, ya que existen muchos ranchos informales y el mal estado de las tuberías, al instalarse las nuevas estructuras de cualquier tipo de material, sea tubería de concreto o *PVC Novafort*, se evitarán los derrames y las contaminaciones que se generaban debido a la filtración y las obstrucciones permitiendo el flujo del agua sin generar pérdidas o daños dentro de las casas de habitación y ranchos de las personas, ayudando alternamente a controlar o mitigar las enfermedades que estas emiten.

### **Social**

Se espera una pronta mejoría en la calidad de vida de las personas, al inicio son los trabajos en general de la obra afectando a las comunidades de los alrededores, en particular debido los ruidos y las emisiones de polvo, tráfico lento, sobre todo durante la construcción de redes y tuberías, los cortes en los suministros de agua y suministro de energía eléctrica, al final obteniendo una tranquilidad en las personas que habitan en sus hogares de habitación sin tener que pensar en los problemas que estos le generan.

## **Hipótesis**

Dentro de la institución se planteó el problema con detalles, estudiando ya cada problemática existente, con posible solución sin necesidad de análisis o búsqueda de solución, solo es cargo de ejecución.

## Marco Teórico

### 1. Historia

#### *1.1. Primer alcantarillado sanitario Nacional*

Los primeros indicios sobre una solución a los problemas de aguas residuales en el país datan del año 1905 cuando la Municipalidad de San José, visualizó la necesidad de solventar los excesos de residuos generados por el ser humano creando la primera red hidráulica sanitaria a nivel nacional, y también desfogando sus aguas en las primeras plantas de tratamiento, que “hoy día” no se encuentran en funcionamiento. Ante la mala organización de las empresas y municipalidades rectoras o directoras del proyecto, y su mal mantenimiento durante el tiempo generó un colapso total 45 años después, como consecuencia positiva se creó la institución hoy día llamada Acueductos y Alcantarillados, propiciando una óptima solución a los problemas, organización a las redes del área central y finalmente a nivel nacional.

Aunque con el paso de los años, y después de muchas inversiones sin éxito de mejoría, poco a poco la institución fue desertando en el crecimiento para el desarrollo de nuevas estructuras o proyectos de gran magnitud para la Gran Área Metropolitana, volviendo a generar otra crisis que más tarde, 20 años después se solventaría con el informe de Fiscalización sobre el tratamiento de los desechos líquidos domésticos de la Contraloría General de la República, indica que:

*AyA* asigna anualmente a la construcción de infraestructura sanitaria. A manera de ejemplo, durante el periodo 1995-1999 *AyA* destinó en promedio 377 millones de colones para obras de alcantarillado. Dicho monto equivale a un 13,22 % del rubro de “Construcciones, Adiciones y Mejoras” (que incluye la construcción de acueductos y totaliza 2.900 millones de colones, promedio anual) y representa a su vez, un 2,4 % de los egresos totales que realizó la Institución durante el citado periodo (15.900 millones de colones, promedio anual). (2000, p. 19).

Desde el año 1905 solo se ha generado poco mantenimiento para una red que el máximo a diseñar de periodo de retorno es 25 años, las ampliaciones del año 1975 se encontraban en un estado regular, la mayoría de las viejas estaciones de bombeo no funcionan o no poseen sus partes para completar su ciclo, los tubos se derrumban, ya sean por dentro del terreno o los puentes elevadizos para el paso de estos, los colectores con derrames prolongados.

**Ilustración 1.** Derrame de aguas residuales en Alcantarillado Sanitario Metropolitano

*Fuente:* Contraloría General de la República (2000).

Actualmente, y gracias a la recuperación económica con ayuda del gobierno de la Republica de Costa Rica, el AyA invertirá alrededor de ₡100000 millones en varios proyectos alrededor del país, durante un periodo no más del 2020-2022, aportando al lado social un incremento en generaciones de empleos en la parte constructiva de los proyectos a ejecutar.

En concordancia con los planes de recuperación económica impulsados por el Gobierno de la República, el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) invertirá ₡955.935 millones correspondientes a 38 proyectos de alto impacto en el periodo 2020-2022. Se estima que estas obras generarán al menos 3.000 empleos directos en su fase constructiva.

La presidenta ejecutiva del AyA, Yamileth Astorga se refirió a la fuerte inversión que ejecuta la institución para garantizar el acceso al agua potable y saneamiento a todos los habitantes del país:

“Nuestra cartera de inversión en obra supera los 118 proyectos a lo largo y ancho del territorio nacional, pero tenemos 38 proyectos identificados como los de mayor impacto para ejecutar en estos años, que generarán empleo y contribuirán a la recuperación de la economía”, indicó.

La distribución sobre la cual, el AyA invertirá para la ayuda del país consta de la siguiente manera:

**Tabla 1.** Proyectos planificados 2020-2022

<b>Región</b>	<b>Tipo</b>	<b>Cantón, Distrito o Comunidad</b>	<b>Cantidad de Proyectos</b>	<b>Monto</b>
Área Metropolitana	Agua potable y Saneamiento	San José, Turubares	8	€660.919 millones
Región Brunca	Agua potable y Saneamiento	Ciudad Neily, Ciudad Cortés, Golfito	8	€43.281 millones
Región Huetar Caribe	Agua potable y Saneamiento	Limón, Puerto Viejo	4	€73.966 millones
Región Chorotega	Agua potable	Cañas, Bagaces, Nicoya	6	€29.551 millones
Región Huetar Norte	Agua Potable		4	€13.853 millones
Región Pacífico Central	Agua Potable	Quepos, Manuel Antonio, Cóbano	6	€27.655 millones

**Tabla 2.** Proyecto Reducción de agua no contabilizada (*RANC*)

<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>	<b>Cantón, Distrito o Comunidad</b>	<b>Cantidad de proyectos</b>	<b>Monto</b>
Reducción de agua no contabilizada ( <i>RANC</i> )	Agua potable	Gran Área Metropolitana, El Pasito, Guácimo, San Ramón, Puntarenas, San Isidro de Pérez Zeledón, Liberia, Limón, Nicoya.	1	€105.610 millones

**Tabla 3.** Proyectos zona Indígena

Nombre	Cantidad de Proyectos	Cantón, Distrito o Comunidad	Monto
Zonas Indígenas	1	Bribri y Telire de Limón, Salitre y Punta Burica de Puntarenas y Zapatón de San José	¢1.100 millones

En los últimos 6 años, el avance que ha proporcionado una evolución grande al poder invertir en un 115 % más que las cantidades de los últimos 14 años anteriores, lo cual refleja el compromiso por avanzar y otorgar los derechos de saneamiento y agua potable al país.

## 2. *ESPH S.A.*

Todo inició en el año 1915 por parte de un grupo de heredianos que inauguraron la planta hidroeléctrica de La Joya, pero debido a su alta demanda este grupo de heredianos se juntaron y fundaron una Junta Administradora del Servicio Eléctrico Municipal de Heredia (*Jasemh*) un 25 de octubre de 1949, con base en el decreto de ley #767. Luego con tantos problemas en 1946 la Municipalidad de Heredia retoma el control de la administración hidroeléctrica y crean en 1951 la planta hidroeléctrica Carrillos que fue construida por ingenieros de casta costarricense.

Con el pasar de los años, en 1974, debido a colapsos económicos y de gestión el *SNAA* (hoy día el *AyA*) toma el control las obras del cantón de Heredia. Pero, los problemas fueron surgiendo entre estas instituciones y debido a una pugna que pasó de los papeles a las armas creó una tensión tan grande que tuvo que mediarla el Poder Ejecutivo, resultando así el traspaso nuevamente a la *Jasemh*.

La Empresa de Servicios Públicos de Heredia (*ESPH*), un 8 de marzo de 1976 se fundó poco a poco en su ley constitutiva está la esencia de una sociedad que quiso ser mejor, sin fines de lucro, cuyo logro más grande es dar a población los mejores servicios al precio más bajo.

En 1996 se alió el cantón de San Rafael y dos años después, San Isidro. Los cambios sociales, el avance tecnológico y la pujanza de un mercado más agresivo obligaron a la *ESPH* a transformarse en una Sociedad Anónima, mediante la ley #7789 del 28 de abril de 1998.

Esta ley creó un híbrido jurídico: una empresa municipal herediana que maneja recursos públicos y cuyo patrimonio está constituido por todos los acueductos de los municipios asociados. Esta estudiada estructura jurídica, se derivó de un análisis de especialistas y los objetivos de la *ESPH*: hacerla tan ágil que pudiera hacer compras y obras públicas a la velocidad de la empresa privada, pero cumpliendo la normativa y legislación de la empresa bajo la tutela del Estado. Así la Empresa se liberó de un régimen restrictivo y se orienta a trabajar con responsabilidad social y ambiental en la búsqueda del desarrollo local. Hoy, más y luego de 36 años de su fundación, la *ESPH* brinda los servicios de alumbrado público, telecomunicaciones, alcantarillado sanitario, agua potable y energía eléctrica.

En un informe realizado por la empresa en el periodo del año 2017, destaca los aportes en los próximos proyectos a invertir para las redes de alcantarillado sanitario en Heredia, el compromiso que ellos afrontan con el ambiente de devolverle la vida completa a los ríos avanza de manera positiva con las instalaciones de nuevas tuberías, mejoras en las plantas, detección de ilícitos, para asegurar áreas de calidad, continuidad y cobertura de servicio, donde analizan por etapas los proyectos, iniciando como primera etapa la reposición o reestructuración de toda la tubería del sector central del cantón de Heredia distrito de Heredia, posterior a esta la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales(*PTAR*) en la zona de la Aurora, por consiguiente la atención primordial a las solicitudes de arreglos de tuberías o la implementación nueva a estas redes que la empresa maneja, así como la consolidación del sistema con el programa de computación llamado *GIS-SAF* utilizado para la detección de ilícitos, para mantener y controlar los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 4.** Tabla de inversión y porcentajes utilizados para la ejecución de proyectos.

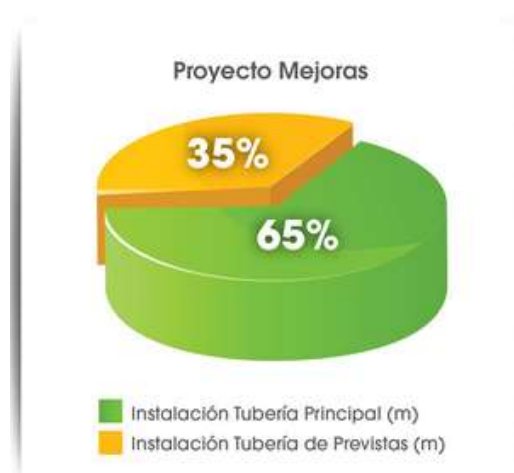
<b>Presupuesto</b>	<b>Ejecutado</b>	<b>Subejecutado</b>	<b>Porcentaje Ejecutado</b>	<b>Porcentaje subejecutado</b>
<b>¢576.642.956,89</b>	¢350.219.180,20	¢226.423.776,69	60.73%	39.27%

*Fuente:* Informe ESPH, 2017.

## 2.1. Proyecto Casco Central

Por parte de la gestión operativa en el proyecto de la reposición o cambio de la red colectora en el Centro de Heredia se alcanzó un cambio de 2.186 metros de tuberías principales, cubriendo un total de 1.197 metros en tuberías para previstas de casas de habitación o comercios, 177 previstas y también una gran cantidad de asfaltado invirtiendo un total en todo de ₡220.822.250,92 (doscientos veinte millones, ochocientos veintidós mil, doscientos cincuenta colones, con 92 céntimos).

**Gráfico 1.** Instalación de tubería principal y previstas



*Fuente: ESPH 2017.*

## 2.1. Planta de tratamiento de agua residual La Aurora

Para la estructura se realizó un estudio de inversión, ya que, debido a varias denuncias presentadas contra la *ESPH* porque no cumplía con la Norma de vertido y reúso de aguas residuales de Costa Rica, se evidenció que era necesario una mejoría dentro del sistema en la zona de la planta y el monto necesario para intervenir esta área era de ₡ 1.689.739,00 Interviniendo en orden las etapas I, II, III, VI.



Después de ejecutada la obra, se concluyó luego de 12 meses donde instalaron 53 tuberías de 100 milímetros y 15 tuberías de 150 milímetros cumpliendo al 100 % con las solicitudes generadas por las denuncias del Ministerio de Salud y Contraloría del Ambiente del *MINAE*.

## 2.2. Atención de Averías

En el informe de la *Empresa* de Servicios Públicos de Heredia indican que, a un *call center* fueron ingresadas una cantidad de 789 reportes de problemas o averías calculando un promedio mensual de 66 reportes a este sitio donde 618 eran correspondientes a alcantarillado de aguas residuales de la empresa correspondiente y el resto era en sitios donde no existía red o la avería no era correspondiente al ente. También se destaca la limpieza o mantenimiento preventivo que se les otorga a todas las redes correspondientes a estos, mediante la manguera a presión eliminando posibles obstrucciones en cualquier estructura que conforma el alcantarillado sanitario invirtiendo una cantidad de  $\$3.899.952,96$  para realizar esta operación.

## 2.3. Proyecto GIS-SAF

Este se encarga de trazar y presentar mediante mapas la localización y control de las tuberías en toda el área de Heredia y ser monitoreadas de manera real las 24 horas.

*Ilustración 2. Mapa general del Centro de Heredia del Programa GIS*



*Fuente: ESPH, 2017.*

### **3. Resolución**

La Organización de Naciones Unidas mediante la resolución 64/292 del 28 de julio del 2010, declaró que: “El agua potable y el saneamiento es un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida. Esta resolución de Naciones Unidas reconoce por primera vez el derecho al agua y al saneamiento y declara que el agua potable limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos. La resolución exhorta a los estados y a las organizaciones internacionales a proporcionar recursos financieros, a apoyar la capacitación y la transferencia de tecnología para ayudar a los países, en particular a los países en vías de desarrollo, y a suministrar unos servicios seguros de agua potable limpia y saneamiento accesibles y asequibles para todos”

De conformidad con lo anterior, es factible afirmar que, todo ser humano tiene el derecho a un servicio de agua potable para sobrevivir y un servicio de alcantarillado sanitario donde depositar sus desechos de su día a día, más adelante se explicarán los tipos de residuos que un humano deposita en una red de alcantarillado sanitario. Además, con esta resolución se obliga a los entes a responsabilizarse por sus áreas poblacionales o a sus naciones y capitales por sus estados, provincias y países.

### **4. El agua potable**

Es un líquido de los principales para el vivir diaria de las personas, ya que este recurso es involucrado de maneral general en toda la vida del humano, ya sea para alimentarse, bañarse, recrearse, lavar objetos, para servicios sanitarios, pero este necesita cumplir con los requerimientos o parámetros de control del agua potable en el Control Operativo (CO) como mínimo que se encuentran en el Decreto Ejecutivo 38924-S Reglamento para la Calidad del Agua Potable que son:

- Turbiedad
- Olor
- Color
- Sabor
- pH

Con esto se logra determinar cuál es el componente que daña al agua y además con que es necesario su tratamiento por medio de las plantas potabilizadoras; estas aguas son analizadas cada cierto tiempo, que está predeterminado en el documento anteriormente mencionado para crear el informe anual, sobre si las tomas de aguas ya sean nacientes, subterráneas o pozos no contengan ningún agente que afecte significativamente la salud del ser humano.

**Tabla 5.** Frecuencia mínima de muestreo y número de muestras a recolectar en las fuentes de abastecimiento y red de distribución para el Control Operativo (CO)

<b>Población abastecida (habitantes)</b>	<b>FUENTES DE ABASTECIMIENTO</b>	<b>RED DISTRIBUCIÓN</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>N° muestras</b>
< 2000	Mensual	1 en cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución.	Mensual	1
2001 a 20.000	Quincenal	1 en cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución.	Quincenal	1
20.001 a 200.000	Semanal	1 en cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución.	Semanal	1
>200.000	Diario	1 en cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución.	Diario	1

*Fuente:* Decreto Ejecutivo 38924-S de Costa Rica.

## 5. Aguas Residuales

Se define como agua residual al agua que ha recibido posterior unión con otros agentes, ya sean contaminantes o ha sido utilizada por el consumo humano diario, esta es generada normalmente en zonas urbanas o industriales donde se combinan con los desperdicios o es expulsada después de su uso.

**Figura 2.** Planta de tratamiento de aguas residuales

*Ilustración 3* Planta de tratamiento de aguas residuales



*Fuente: elmundo.cr, San José (2017).*

### 5.1. Caracterización de las aguas residuales

#### 1. Físicas:

- Temperatura: Es el parámetro o magnitud física que indica el nivel de calor en un lugar u objeto.
- Conductividad: Parámetro o capacidad que tienen los cuerpos de transmitir energía.
- Gama de sólidos (totales o suspendidos, disueltos, sedimentables)
  - Sólidos totales o suspendidos: partículas que debido a su ligero peso se encuentran mayoritariamente en la superficie de un líquido.

- Sólidos Disueltos: Son partículas que, debido, a su poca densidad no se perciben ya que son micro sedimentos entre el líquido.
- Sólidos Sedimentables: Partículas que debido a su gran peso o volumen se transportan o caen a los más profundo de un líquido por la gravedad.
- Turbiedad: Cualidad de un líquido que no se encuentra en reposo y sus partículas evitan la claridad del mismo.
- Color: Propiedad o cualidad de la luz, cuando esta se refleja en un objeto.
- Olor: Propiedad o cualidad de un objeto de emanar un aroma particular.

## 2. Químicas:

- Potencial de Hidrógeno (*pH*): Grado de acidez o alcalinidad de un líquido que ha sido mezclado con algún otro material.
- Demanda Química de Oxígeno (*DQO*): Este representa un valor límite de oxidación total en una sustancia que sea tanto orgánica como inorgánica que sea susceptible de ser oxidada.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (*DBO*): Representa la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente las bacterias, hongos, consumen durante la degradación de la materia orgánica, nitrógeno oxidable (derivado de nitratos, amoníaco y compuesto nitrogenados que es alimentación para las bacterias), compuestos químicos reductores.
- Oxígeno Disuelto (*OD*): propiedad del agua que indica el grado de ranciedad o frescura del líquido, donde representa la cantidad de oxígeno presente en el agua, debe ser regulado debido a que podría representar un nivel peligroso para la vida acuática.
- Grasas y Aceites: son hidrocarburos minerales compuestos de origen vegetal o animal y otras especies orgánicas.
- *SAAM*: Es un mecanismo o prueba con sustancias activas al azul de metileno, que se encuentran naturalmente en el ambiente cuando se mezclan un par iónico entre el anión *SAAM* y el catión azul de metileno, para garantizar que el producto no acarree detergentes usados en la limpieza del agua.
- Nutrientes (N/P/K, otros)

## 3. Biológicas:

- Coliformes Fecales: Se define como el grupo de coliformes formado por bacterias donde en su mayoría estos desechos vienen del cuerpo humano también se puede localizar en el tracto digestivo de animales de sangre caliente o se pueden encontrar en la naturaleza.

- Coliformes totales: Se define como el grupo de bacterias, que se pueden encontrar principalmente en el medio ambiente, pero esto no menciona que el líquido o el medio donde este se encuentre, esté con coliformes fecales.
- *Escherichia coli*: Se define como una bacteria que se encuentra en la flora intestinal de cualquier organismo y que se expulsa en grandes cantidades, no obstante, este parámetro funciona para determinar si alimentos o líquidos estuvieron en contacto con materia fecal.
- Bacterias: Microorganismos unicelulares que se divide en varias familias, unas de ellas se encargan de descomponer materiales orgánicos y en otras se encargan de provocan enfermedades.
- Virus: se define como un agente infeccioso acelular, incapaz de reproducirse solo, infectando células vivas para reproducirse y posteriormente las elimina.
- Protozoarios: Se define como el organismo de una sola célula y son diferentes de las bacterias, ya que los *protozoos* son del reino animal
- *Vorticella*: Se define como un tipo de protozoo en específico de forma ciliada con una copa que se encarga de la descomposición de materia orgánica, se encuentran generalmente en cuerpos de agua.

#### 5.2. Tipos de Aguas Residuales a nivel mundial:

1. Agua residual industrial: Se define como agua residual industrial al tipo de líquido que provienen de los comercios o industrias, las cuales vierten sus líquidos contaminantes con otras aguas, como por ejemplo la agricultura y ganadería donde las aguas se desfogon con contaminantes para las plantas, debido a los insectos o aguas con microorganismos y heces por los animales del lugar.
2. Agua residual domestica: Se define como agua residual doméstica como el líquido proveniente de las casas de habitación o viviendas donde habitan las personas, como por ejemplo el baño o ducha, que se desfoga principalmente (agua, jabón, orines y heces), la cocina que desfoga aguas con jabón, aceites, residuos y grasas.

#### 5.3. Tipos de aguas residuales a nivel nacional de Costa Rica:

Para efectos del reglamento vigente en Costa Rica se reconocen dos tipos en específico de aguas residuales:

1. Aguas residuales de tipo ordinario

Son los líquidos generados por el ser humano en sus actividades diarias, desde el uso del baño, lavado de platos, ropa, entre otros.

2. Aguas residuales de tipo especial (Diferente al Ordinario)

Son los líquidos residuales poco ordinarios generados por actividades o empresas, como minería, cervecerías, textilerías, hospitales, fábricas entre otros.

Se destaca la obligatoriedad del previo análisis sobre cada una de las ramificaciones de las aguas residuales, para controlar los niveles de cada uno de los siguientes puntos, según el Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales, 2007:

Parámetros a analizar de los líquidos residuales Ordinarios:

- Caudal.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (*DBO*).
- Demanda Química de Oxígeno (*DQO*).
- Potencial de hidrógeno (*pH*).
- Grasas y aceites (*GyA*)
- Sólidos sedimentables (*SSed*).
- Sólidos suspendidos totales (*SST*).
- Sustancias activas al azul de metileno (*SAAM*).
- Temperatura (*T*).

Parámetros a analizar de los líquidos residuales Especiales

La tabla sobre los parámetros se encuentra en el anexo 1.

Todos estos líquidos generados, por el ser humano, se encuentran constantemente en la actualidad, y nunca se dejarán de generar, por lo tanto, se requirió crear un sistema de recolección

de aguas residuales eficaz, para poder llevarlas a un sitio donde no dañen la estructura biológica de los terrenos, ni sea un agente contaminante para las personas, “hoy en día”, se le conoce como red de alcantarillado sanitario.

## 6. Estatus Poblacional sobre medidas de saneamiento.

Se analiza la cantidad de personas que posee algún sistema por medio de la encuesta del 2019, el cuadro número 5 del documento realizado por el *INEC* explica, no detalladamente, si no por zonas o regiones, la cantidad de personas que tienen habilitado o facilidad de acceder a un alcantarillado sanitario o un tanque séptico u otros.

**Tabla 6.** Tendencia de servicio sanitario

Zona y región de planificación	Total		Conectado a tanque séptico <sup>1/</sup>		Conectado a alcantarilla o cloaca		Otro <sup>2/</sup>		No tiene	
	Viviendas	Ocupantes	Viviendas	Ocupantes	Viviendas	Ocupantes	Viviendas	Ocupantes	Viviendas	Ocupantes
Total	1 578 161	5 059 730	1 205 061	3 874 832	352 326	1 109 504	15 458	58 308	5 316	17 086
<b>Zona</b>										
Urbana	1 142 766	3 670 174	802 846	2 591 131	330 629	1 043 878	6 273	24 821	3 018	10 344
Rural	435 395	1 389 556	402 215	1 283 701	21 697	65 626	9 185	33 487	2 298	6 742
<b>Región de planificación</b>										
Central	972 619	3 134 421	655 370	2 127 960	309 828	976 426	5 196	21 843	2 225	8 192
Chorotega	117 630	388 662	107 233	355 420	7 881	24 727	2 061	6 966	455	1 549
Pacífico Central	95 918	298 107	79 562	244 129	13 864	46 235	1 539	5 437	953	2 306
Brunca	123 900	368 296	115 352	342 989	6 919	19 663	1 407	5 200	222	444
Huetar Caribe	141 182	455 144	127 798	414 907	9 766	28 388	2 744	8 565	874	3 284
Huetar Norte	126 912	415 100	119 746	389 427	4 068	14 065	2 511	10 297	587	1 311

<sup>1/</sup> Se refiere a tanque séptico común o tanque séptico con tratamiento (fosa biológica).

<sup>2/</sup> Se refiere a "excusado de hueco" u otro sistema semejante, en el que se desagua en alguna corriente natural de agua.

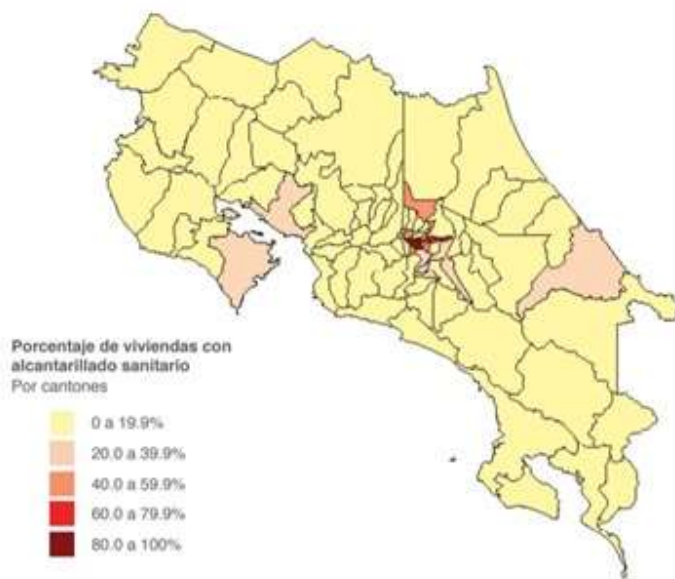
*Fuente:* INEC-Costa Rica. Encuesta Nacional de Hogares, 2019.

Según, la tabla del INEC, solo un total de 309838 viviendas en el país están conectadas a una red de alcantarillado sanitario para ser tratadas, y 655370 viviendas con un promedio de 3 ocupantes por cada una, poseen tanques sépticos.

Una política Nacional desarrollada en marzo del 2017, explica que, para la población total del país, en 2015 según el INEC, era de 4832227 habitantes, donde la institución *AyA* estimó una tasa de generación de residuos diaria de 0.2 m<sup>3</sup>/día, llevando al resultado de 966.455 m<sup>3</sup>/día de aguas residuales ordinarias donde solo un 14,43 % se tratan según este documento.



#### Ilustración 4. Porcentaje de alcantarillado por cantón



*Fuente: INEC (2016).*

El crecimiento que presenta la comunidad de Guararí en los últimos años es debido a la mala planificación sectorial en la zona debido, a que toda la población migrante o extranjera o personas de bajo rango socioeconómico no encuentran las capacidades óptimas para vivir en otros lugares del cantón de Heredia en Costa Rica

#### 7. Tipos de tratamiento aguas residuales

En Costa Rica, la mayor problemática que se presenta en la actualidad, con respecto de las aguas residuales y su debida recolección y posterior tratamiento es debido, a que, no se les ha obligado a tener un orden o un respeto por la limpieza al costarricense promedio generando así malos hábitos donde depositar sus desechos. A continuación, se mostrará una tabla del *INEC* y otras entidades donde mediante una recopilación de datos en el año 2015 lograron determinar las posibles soluciones y cantidades de personas que utilizan uno a uno de estos métodos para desechar sus residuos diarios de la vida cotidiana. No obstante, los avances en las tecnologías gracias al compromiso tardío de las entidades correspondientes han generado varias soluciones para los próximos 20 años con proyectos renovados de plantas de tratamiento en zonas específicas maximizando su recolección a nivel nacional.

**Ilustración 5.** Total de viviendas por tendencia de servicio sanitario, según zona y región al 2015

Zona y región	Total de viviendas	Conectado a tanque séptico	Conectado a alcantarillado o cloaca	Otro	No tiene
Total	1.436.120	1.097.531	307.718	23.059	7.812
<b>Por Zona</b>					
Urbana	1.039.232	742.037	285.375	6.804	5.016
Rural	396.888	355.494	22.343	16.255	2.796
<b>Por región de planificación</b>					
Central	883.686	614.481	261.145	5.132	2.928
Chorotega	109.899	98.772	6.967	3.709	851
Pacífico Central	86.117	73.733	10.513	1.339	532
Brunca	110.790	98.863	8.009	3.486	432
Huetar Caribe	130.528	107.325	17.182	4.268	1.753
Huetar Norte	115.100	104.357	4.302	5.125	1.318

*Fuente: (INEC) 2016.*

### 7.1. Tanque séptico

El tanque séptico es una de las soluciones más factibles por las cuales, el costarricense ha optado con facilidad de eliminar los líquidos residuales, esto sin que ellos comprendan que su funcionamiento en ocasiones se ve afectado por factores como el suelo, clima, tipo y cantidades de agua. La mayoría del país cuenta con un tipo de suelo con alta tasa de permeabilidad y tasas de infiltración altas de lo deseado, generando contaminación para las aguas subterráneas o acuíferos que se encuentran en el lugar, y para incrementar la problemática, no se tiene un control de las empresas a las que se descargan las aguas a los receptores correspondientes.

Según, el decimosexto informe Estado de la Nación en desarrollo humano sostenible, indica que:

El 96 % de las aguas residuales urbanas recolectadas por los alcantarillados sanitarios desemboca en los ríos, sin ningún tratamiento. Dos de las principales cuencas del país, las del Tárcoles y Reventazón, donde se asienta casi el 70% de la población, reciben las aguas residuales sin tratar de las ciudades de San José, Heredia, Alajuela y Cartago.

Sin embargo, en un comunicado de la página de la Presidencia CR, indica que con la reciente inversión de la planta de tratamiento Los Tajos, con un monto de 361 millones de dólares para poner en funcionamiento una de las plantas de tratamiento más grandes de la región centroamericana, que es capaz de tratar las aguas residuales de 1.070.000 habitantes, considerando

la saturación del área mencionada anteriormente , evitando este porcentaje tan elevado de contaminación generado por la Gran Área Metropolitana.

### 7.2. Letrina

Es un método antiquísimo, pero muy utilizado en zonas de bajos recursos socioeconómicos donde el ser humano cava un agujero en el suelo y mediante el uso de tablas o el vertido de concreto, realiza una silla con un orificio en el medio para poder depositar los desechos y luego enterrarlos bajo tierra posterior a su uso.

**Ilustración 6.** Servicio sanitario típico de zonas rurales



*Fuente: elmundo.cr (2019).*

### 7.3. Alcantarillado

En Costa Rica a principios de la década del siglo XX, desde su primera invención y confección, en nuestro país, gracias al compromiso que poco a poco se ha venido desarrollando en varios sectores y entes alrededor del Costa Rica, se han propuesto e implementado más proyectos para la debida recolección y su debido tratamiento, este sistema llamado red de alcantarillado ha sido un motor en el mejoramiento de la calidad humana.

Se define como alcantarillado, al sistema o redes de tuberías de mediano o alto calibre, que cumple como función el transporte de algún líquido o material en específico de un punto o varios, hasta su vertido o debido tratado.

#### 7.4. Tipos de redes de alcantarillado

Necesariamente cada una de las redes a diseñar o ya diseñadas poseen elementos fundamentales para el desarrollo integral de sí misma, funcionando como un complemento adicional que recibe mantenimiento por parte de la empresa correspondiente, no obstante, algunos diseños pueden no poseer algunos componentes por casos especiales, como lo es una red de alcantarillado pluvial que no posee previstas si no tragantes, o su opuesto, el alcantarillado sanitario que no posee tragantes, en cambio sí posee previstas.

##### 7.4.1. Red de alcantarillado pluvial

Sistema de redes encargado de recolectar los líquidos provenientes del medio ambiente, ya sea aguas precipitadas directamente en las carreteras o cunetas, por escorrentía del terreno o incluso provenientes de otros cuerpos de aguas.

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, establece en la Norma Técnica para el Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Saneamiento y Pluvial (2017) que; “Se debe considerar como mínimo la información relacionada con: topografía, hidrología y tipos de suelo de la zona del proyecto.” (p. 60).

La dirección de desfogue de las aguas tomadas por la red, deben de poseer la misma dirección del afluente del receptor, y con un ángulo no mayor a 90°.

Para poder diseñar una red, resulta pertinente como primer paso calcular el caudal de escorrentía por medio de la fórmula racional de la Norma anteriormente mencionada del AyA:

$$Q = (C * I * A) / 360$$

Donde:

Q: Caudal de escorrentía

C: Coeficiente de Escorrentía

I: Intensidad de lluvia

A: Área a drenar

#### 7.4.2. Red de alcantarillado Sanitario

Se define como un conjunto de sistema o de redes conformado por estructuras y conductos encargado de recolectar los líquidos provenientes del ser humano, ya sea aguas vertidas recolectadas directamente sus respectivas previstas, o por las grandes industrias que combinan sus aguas. Se diseña con el fin de recolectar todo tipo de agua residual sin fermentación, por lo tanto, al ser un agua neutra la corrosión queda casi nulo ante el daño que pueda generar en las tuberías. Las tuberías antiguas poseen una problemática muy grande, ya que al poseer tanto tiempo sin tratamiento y estando siempre activa genera un desnivel o un asentamiento en la zona de la tubería provocando la acumulación de líquido y materia orgánica, combinándolo con la temperatura y los gases que este genera, crean en conjunto un gas llamado ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ) y posee una particularidad detallada de este gas, su olor a huevo descompuesto. Al existir concentraciones grandes de este gas, genera corrosión en las tuberías, por lo tanto, siempre que sea posible diseñar con una pendiente considerable para que no existan problemáticas de este calibre.

##### 7.4.2.1. Ubicación del proyecto

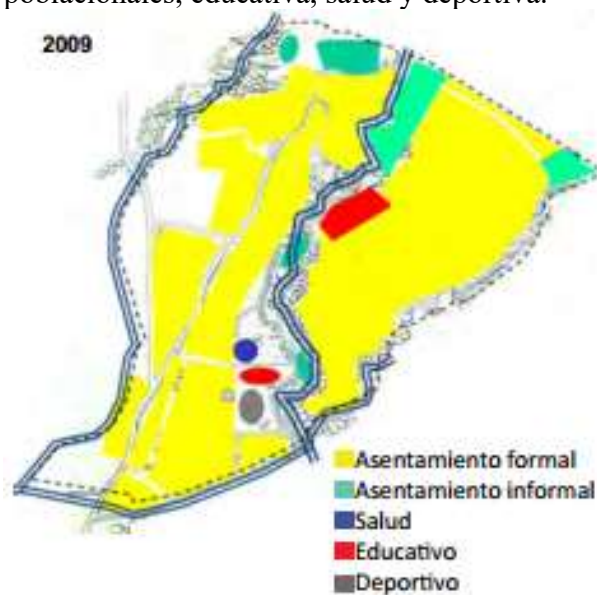
El proyecto a diseñar se ubica en la provincia de Heredia, (una de las mejores ciudades y más ordenadas del país, teniendo una de las mejores municipalidades del país, más organizadas en cuanto a temas de estructuración vial y sistemas de alcantarillado), en el distrito de San Francisco, únicamente la comunidad de Guararí donde en el documento , PROPUESTA DE PLAN DE INTERVENCIÓN PARA LA COMUNIDAD DE GUARARÍ (2011), se indica que la proyección para el año 2010 en la comunidad central de Guararí es de 24950 personas como referencia de un promedio de 5 personas por vivienda; además indica en este mismo documento que según Otey, C. (2007):

Actualmente está conformado por las siguientes localidades: Nisperos I y II, Carao, Lillian Sánchez, Laurel, Napoli, Plan Piloto I y II, Navar, Paulino Mora, Roble, Bajo los Lagos, Villa Paola, Calle Tropical, Radial Sauces, Los Sauces, Pamela, La Lucía, Pájaro Tropical, Proyecto Ilusión, y Alpes. Nisperos II conocido como La Milpa, (Milpa centro, La Radial, cuenca este, cuenca oeste, cuenca sur y cuenca norte).

##### 7.4.2.2. Análisis de sensibilidad para el proyecto

Esta es la red pública creada para la recolección de todo líquido o agua residual desde su punto inicial, hasta un punto de tratamiento o vertido. Por parte del proyecto de rehabilitación urbana y del equipamiento social, en la comunidad de Guararí, Heredia, realizado por Rolando González Giménez, 2014, recalca que, en 1989, 1990, 1991, se creó un proyecto de desarrollo para *EL Carao* (265 soluciones), *El Laurel* (175 soluciones), *El Roble* (136 soluciones) respectivamente.

**Ilustración 7.** Zonas poblacionales, educativa, salud y deportiva.



*Fuente:* Elaborado por Rolando González, con imagen del Plan Maestro, Intervención y consolidación institucional ambiental y residencial en la cuenca central de Guararí, UCR, 2008.

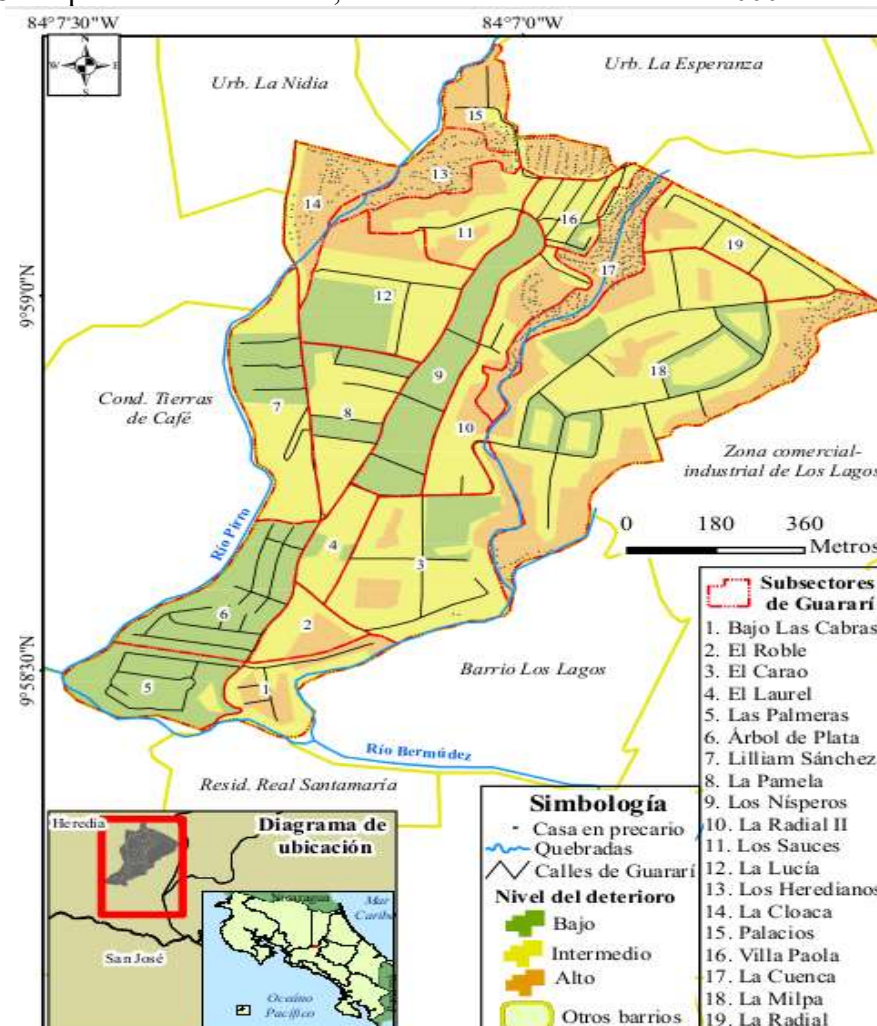
En una investigación efectuada por Hernán Camacho en el 2018, indica que el barrio o comunidad de Guararí mantiene una población aproximada de 4548 viviendas, y calculándolo con un factor publicado por el *INEC* (2016), se requiere multiplicar por 3.5 la cantidad de casas, para calcular un promedio de ocupación estimándolo en 15918 residentes, esto resaltando que esta comunidad presenta casi una cuarta parte del distrito de San Francisco.

Además, en las urbanizaciones a analizar *El Roble*, *El laurel*, *El Carao*, existen problemáticas grandes de estructuras como las aceras, la cañería pluvial deteriorada y cabe destacar que los diseños irregulares de cuadrantes, creó distancias mayores a 50 metros entre las alamedas y las calles de recolección de aguas residuales, además de espacios públicos y pasivos,



que comúnmente fueron invadidos para extender construcciones informales o viviendas en esos territorios.

**Ilustración 8.** Mapa del Barrio Guararí, Heredia. Escala de diseño 1:12000



*Fuente:* Diseño Cartográfico Hernán Camacho, (2018).

#### 7.4.2.3. Población de diseño

Para poder determinar la población en Costa Rica es necesario lograr calcular a partir de las casas habitacionales que se encuentran en el proyecto o lugar y esto debido a que es primordial saber cuánto es el consumo que los habitantes o comercios toman al día, luego esto se multiplica por un factor de hacinamiento para llegar a conocer el caudal total, pero este factor o población

determinada se conoce o se obtiene del censo creado por el *INEC* en el distrito. También es necesario calcular las personas que están en casas no habitacionales y se toma de la siguiente tabla:

**Tabla 7.** 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,	Metro cuadrado de área de parcela o predio	Un servicio Equivalente por cada 200 Unidad de Cálculo
oficinas administrativas y bancarias (industrial, general) o	(incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	
Parcelamiento agrícola con frente a calle pública	Metro cuadrado del área de parcela	Un servicio Equivalente por cada 500 Unidades de Cálculo
Parcelamiento agrícola con frente a servidumbre	Metro cuadrado del área de parcela	Un servicio Equivalente por cada 5000 Unidades 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

*Fuente:* Norma Técnica para el Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Saneamiento y Pluvial (2017).



#### 7.4.2.4. Caudales de diseño

Para poder calcular el caudal necesario para un tramo de tubería, se toma en cuenta el acumulado hasta el último pozo del tramo considerando las diferentes aguas residuales mencionadas anteriormente:

7.4.2.4.1. Aguas residuales Ordinarias ( $Q_{\text{paro}}$ ): Caudal promedio de aguas residuales ordinarias

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

$Q_{\text{paro}}$  = Caudal promedio de aguas residuales ordinarias

FR = Factor de Retorno (0.8)

$Q_{\text{pap}}$  = Caudal promedio diario de agua potable; la dotación debe ser dada por los datos de los patrones de consumos y demandas del lugar, de no ser el caso, se utilizan los siguientes valores mínimos establecidos por la Norma Técnica para el Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Saneamiento y Pluvial (2017):

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

7.4.2.4.2. Aguas residuales especiales tratadas ( $Q_{\text{pare}}$ ): Es el caudal promedio de las aguas residuales especiales tratadas, y se debe calcular para cada caso en particular.

7.4.2.4.3. Contribuciones externas ( $Q_{\text{ext}}$ ): Se considera las redes de alcantarillado sanitario que se conectan a esta o adyacentes al proyecto, sean nuevas o viejas, y tienen que ir indicadas por el ente operador correspondiente de la zona.

7.4.2.4.4. Aguas de Infiltración ( $Q_{\text{inf}}$ ): Se define en 0.25 l/s/km contando el material de la tubería a utilizar, comprendido desde, concreto, *PVC* o *PEAD*, de no ser los mencionados anteriormente, se debe consultar para su aprobación al *AyA* su caudal correspondiente.

Sumando los caudales anteriormente mencionados se obtiene un Caudal promedio de aguas residuales ( $Q_{par}$ ):

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

Necesariamente, se calcula el caudal mínimo y máximo del proyecto, donde el mínimo no debe ser inferior a 1.5 l/s para el sistema, obteniéndolos mediante las siguientes fórmulas:

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

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

FMD: Factor Máximo Horario = 1.2

FMH: Factor Máximo Diario = 1.8

(Valores tomados de la Norma Técnica para el Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Saneamiento y Pluvial (2017, p. 18).

Si existe un condominio de tipo comercial, el cálculo del caudal de aguas residuales se debe aplicar bajo el criterio del Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones del *CFIA*, debe ser mayorado por los factores *FMH* y *FMD* e incluir el caudal por infiltración.

#### 7.4.2.5. Capacidad a Diseñar

Este tipo de alcantarillado debe diseñarse para aguas de tipo ordinario, y se debe considerar factores como el de infiltración y aguas especiales, todo esto cumpliendo con las normas y reglamentos vigentes del *AyA*, además este sistema debe ir excluido de su similar el alcantarillado pluvial, ya que el destino final de cada uno es diferente y su composición es diferente. Este sistema debe permitir que las aguas converjan en un único colector existente o diseñar uno nuevo, similar a este se puede coleccionar todos los líquidos en un subcolector.

#### 7.4.2.6. Parámetros para las tuberías

La velocidad necesaria para una tubería a canal abierto o de tipo gravedad no debe ser mayor a 5 m/s y la velocidad mínima se establece con base en un análisis de fuerza tractiva, además la pendiente mínima se rige con la fuerza tractiva mínima  $0.10 \text{ kg/m}^2$  (1Pa) generado por el caudal mínimo que corresponde a la condición más crítica. Así mismo, el tirante hidráulico debe ser máximo el 75 % del diámetro interno de la tubería seleccionar en las redes de distribución y un 50

% para los colectores y subcolectores. Por ejemplo, para una tubería de 100 milímetros (mm) de diámetro, debe cumplir con un máximo de 75 milímetros de diámetro interno de tirante hidráulico, y de ser el caso de un colector o subcolector, son necesarios 50 milímetros (mm) de tirante hidráulico.

Para la dimensión característica de los canales abiertos en una red de alcantarillado sanitario o de otra índole se necesita conocer el llamado radio hidráulico, que es la relación del área transversal de una corriente entre el perímetro mojado de esta misma.

$$\text{(Ecuación 5.) } Rh = \frac{A}{PM}$$

Donde:

A: Área transversal

PM: Perímetro mojado de la sección del canal.

Cabe destacar que, el resultado de esa expresión estará dado en metros en el *SI* o pies en el Sistema Inglés.

Para el cálculo hidráulico de la velocidad en tuberías se requiere:

$$\text{(Ecuación 6.) } V = \left(\frac{1}{n}\right) * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

V: Velocidad en metros por segundo (m/s)

R: Radio Hidráulico de la sección (m)

S: Pendiente (m/m)

n: Coeficiente de Manning

Donde el número de Manning viene mostrado en la siguiente figura, que en las tuberías de Costa Rica se utiliza un coeficiente de Manning de 0.013 debido a que, la mayoría de sus redes son de concreto reforzado tipo C-74, no obstante, las instituciones actualmente están implementando el uso de tubería tipo *PVC Novafort* donde se utilizaría un coeficiente de Manning de 0.0012.

### Ilustración 9. Coeficiente mínimo para la “n” de Manning

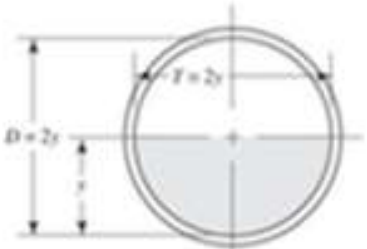
Descripción del canal	n
Vidrio, cobre, plástico u otras superficies lisas	0.010
Acero liso sin pintar, madera plana	0.012
Acero pintado o hierro fundido revestido	0.013
Asfalto liso, arcilla común de revestimiento de drenajes, concreto con acabado, ladrillo vitrificado	0.013
Hierro fundido sin recubrimiento, tubería de hierro negro forjado, arcilla vitrificada para revestir drenajes	0.014
Ladrillo en concreto cementado, concreto flotado con acabado, tubo de concreto	0.015
Concreto colado, sin acabado, tubo de acero en espiral	0.017
Suelo suave	0.018
Suelo limpio excavado	0.022
Dren para avenidas*, de metal corrugado	0.024
Canal natural con piedras y maleza	0.030
Canal natural con vegetación rala	0.050
Canal natural con arbustos grandes y juncos	0.060
Canal natural con vegetación espesa	0.100

Fuente: *Mecánica de Fluidos* (6A. ED), (2006).

Secciones de eficiencia en canales abiertos (tubería).

En la siguiente imagen, se detallan los datos necesarios y de donde provienen vistos desde una perspectiva de la sección de una tubería a canal abierto, y se muestran las respectivas fórmulas para cada instancia necesaria.

### Ilustración 10. Ecuaciones para tubería a canal abierto

Sección	Área(A)	Perímetro Mojado (PM)	Radio Hidráulico (RM)
	$\frac{1}{2} \pi * y^2$	$\pi * y$	$\frac{y}{2}$

Fuente: *Mecánica de Fluidos* (6A. ED), (2006).

### Fuerza tractiva

Una vez obtenidos los datos de Caudal (Q), y obtenido el  $Q_{paro}$ , se busca en la tabla siguiente una tubería, que cumpla con el caudal calculado y de ahí se toman los datos de velocidad y diámetro, luego se realiza una división entre los dos caudales tanto el de la tubería como el calculado y de esa relación se verifica, si cumple o no cumple. En los siguientes ejemplos se explica el procedimiento del cálculo tuberías para distintos caudales.

Ejemplo.1 Para un  $Q_{pap}$  de 105 Litros por segundo(l/s)

Cálculo de  $Q_{paro}$  por medio de la fórmula:

$$Q_{paro} = 0.80 * 105 \quad (1)$$

$$Q_{paro} = 84 \text{ l/s} \quad (1)$$

Cálculo de  $Q_{par}$  por medio de la fórmula:

$$Q_{par} = 84 \text{ l/s} + 0 + 0 \quad (2)$$

Cálculo de  $Q_{min}$  y  $Q_{max}$ :

$$Q_{min} = 1.2 * 104 + 0.25 \quad (3)$$

$$Q_{min} = 125.05 \text{ l/s} \quad (3)$$

$$Q_{max} = 105 * 1.8 + 0.25 \quad (4)$$

$$Q_{max} = 187.45 \text{ l/s} \quad (4)$$

FMD: Factor Máximo Horario = 1.2

FMH: Factor Máximo Diario = 1.8

$Q_{inf} = 0.25 \text{ l/s/km}$  para tubería con material de Concreto, PVC, PEAD.

Como se muestra en la ecuación anterior, al no existir un caudal externo ni de aguas tratadas, la fórmula se convierte en  $Q_{paro} = Q_{par}$ .

**Tabla 8.** Pendientes y capacidades mínimas de alcantarillas circulares para primera tubería.

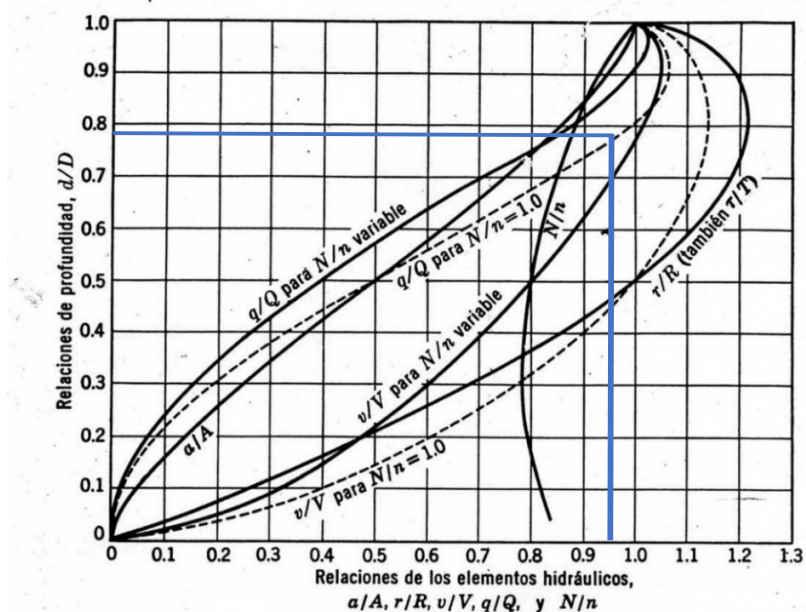
Diámetro (pulg.) (mm)	6 152	8 203	10 254	12 305	15 380	18 456	21 532	24 610
<b>V = 2.0 pps (0.61 mps)</b>								
S (‰)	4.89	3.33	2.48	1.94	1.44	1.13	0.923	0.775
Q (pcs)	0.393	0.698	1.09	1.57	2.45	3.53	4.81	6.28
Q (lps)	11.1	19.7	30.8	44.5	69	100	139	177
<b>V = 2.5 pps (0.75 mps)</b>								
S (‰)	7.64	5.20	3.88	3.06	2.25	1.74	1.44	1.21
Q (pcs)	0.491	0.873	1.36	1.96	3.07	4.42	6.01	7.85
Q (lps)	13.8	24.6	38.5	55.3	86.5	125	173	223
<b>V = 3.0 pps (0.91 mps)</b>								
S (‰)	11.0	7.50	5.58	4.37	3.24	2.54	2.08	1.74
Q (pcs)	0.589	1.05	1.64	2.36	3.68	5.30	7.22	9.42
Q (lps)	16.65	29.6	46.5	67.0	104	150	204	266
<b>V = 5.0 pps (1.52 mps)</b>								
S (‰)	30.5	20.8	16.1	12.2	9.00	6.96	5.76	4.84
Q (pcs)	0.982	1.75	2.73	3.93	6.14	8.84	12.0	15.7
Q (lps)	27.8	49.5	77.2	111	174	250	340	445

Fuente: *Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales* (I Edición), (2001).

Obteniendo como resultado para un caudal de 86.5 que es mayor al Qpar, es necesario un diámetro de 380 milímetros, y una velocidad de 0.75 metros por segundo. Se verifica si, el caudal preseleccionado para la tubería cumple con el mínimo requerido por la Norma vigente en la gráfica correspondiente.

$$\frac{q}{Q} = \frac{84}{86.5} = 0.97$$

**Ilustración 11.** Gráfico de Elementos Hidráulicos básicos de albañales circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente primera tubería.



Fuente: *Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales* (I Edición), (2001).

Se traza una línea en el gráfico de la *curva del banano* desde abajo con el dato anteriormente calculado y se toma el dato  $d/D$  para un  $N/n=1.0$ , dando como resultado 0.79

$$\frac{d}{D} = 0.79 > 0.75 \therefore \text{No Cumple}$$

Se debe volver a preseleccionar un nuevo diámetro para la tubería que cumpla con todo lo indicado.

**Tabla 9.** Pendientes y capacidades mínimas de alcantarillas circulares para segunda tubería.

Diámetro (pulg.) (mm)	6 152	8 203	10 254	12 305	15 380	18 456	21 532	24 610
<b>V = 2.0 pps (0.61 mps)</b>								
S (‰)	4.89	3.33	2.48	1.94	1.44	1.13	0.923	0.775
Q (pcs)	0.393	0.698	1.09	1.57	2.45	3.53	4.81	6.28
Q (lps)	11.1	19.7	30.8	44.5	69	100	139	177
<b>V = 2.5 pps (0.75 mps)</b>								
S (‰)	7.64	5.20	3.88	3.06	2.25	1.74	1.44	1.21
Q (pcs)	0.491	0.873	1.36	1.96	3.07	4.42	6.01	7.85
Q (lps)	13.8	24.6	38.5	55.3	86.5	125	173	223
<b>V = 3.0 pps (0.91 mps)</b>								
S (‰)	11.0	7.50	5.58	4.37	3.24	2.54	2.08	1.74
Q (pcs)	0.589	1.05	1.64	2.36	3.68	5.30	7.22	9.42
Q (lps)	16.65	29.6	46.5	67.0	104	150	204	266
<b>V = 5.0 pps (1.52 mps)</b>								
S (‰)	30.5	20.8	16.1	12.2	9.00	6.96	5.76	4.84
Q (pcs)	0.982	1.75	2.73	3.93	6.14	8.84	12.0	15.7
Q (lps)	27.8	49.5	77.2	111	174	250	340	445

Fuente: *Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales* (I Edición), (2001).

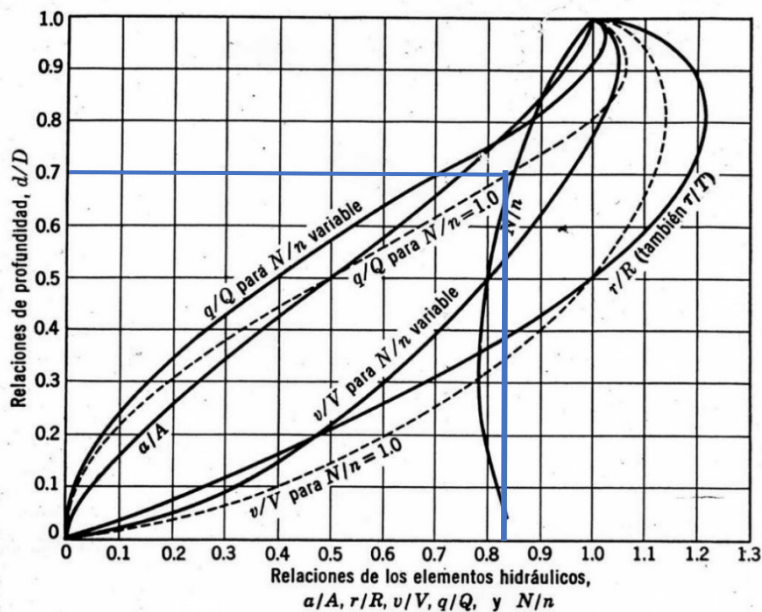
Obteniendo como resultado para un caudal de 100 que es mayor al Q<sub>par</sub>, es necesario un diámetro de 456 milímetros, mayor al paso anterior, y una velocidad menor al paso anterior de 0.61 metros por segundo.

Se verifica, si el caudal preseleccionado para la tubería cumple con el mínimo requerido por la Norma vigente en la gráfica correspondiente.

$$\frac{q}{Q} = \frac{84}{100} = 0.84$$



**Ilustración 12.** Gráfico de Elementos Hidráulicos básicos de albañales circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente para el cálculo de  $q/Q$ .

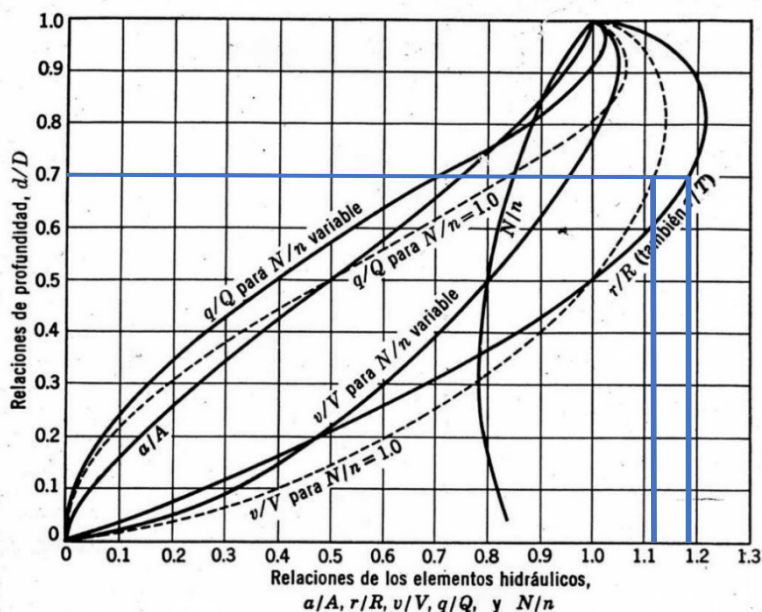


Fuente: *Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales* (I Edición), (2001).

Se traza una línea en el gráfico de la *curva del banano* desde abajo con el dato anteriormente calculado y se toma el dato  $d/D$  para un  $N/n=1.0$ , dando como resultado 0.7.

$$\frac{d}{D} = 0.7 < 0.75 \therefore \text{Cumple}$$

**Ilustración 13.** Gráfico de Elementos Hidráulicos básicos de albañales circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente para el cálculo de  $v/V$  y  $rH/RH$ .



Fuente: *Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales* (I Edición), (2001).

Se toman los datos donde la línea interseca en la curva de  $v/V$  para un  $N/n = 1.0$ , de valor 1.12 y en la curva de  $r/R$  que infiere al radio hidráulico de valor de 1.19.

Se calcula la velocidad, mediante la siguiente fórmula, además de la fórmula de radio hidráulico.

$$\begin{aligned} \text{(Ecuación 7.) } v &= \frac{v}{V} (\text{valor del gráfico}) * V (\text{valor de la tabla}) \\ v &= 1.12 * (0.61) = 0.6832 \text{ m/s} \quad (7) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(Ecuación 8.) } rH &= \frac{rh}{RH} (\text{valor del gráfico}) * rH \left(\frac{D}{4} \text{ de fórmula}\right) \\ rH &= 1.19 * \left(\frac{0.456}{4}\right) = 0.13566 \text{ m} \quad (8) \end{aligned}$$

Después de determinar los valores de radio hidráulico y la velocidad, conociendo que el coeficiente de Manning es de  $n = 0.013$ , se calcula la fuerza atractiva

A este respecto, resulta necesario calcular la fuerza atractiva para comprobar si cumple con el mínimo establecido por la Norma vigente en Costa Rica, que estipula, que la fuerza tractiva de un canal abierto de una red de alcantarillado sanitario debe ser mayor a 0,1 kilogramos entre metro cuadrado ( $\text{kg/m}^2$ ).

$$(Ecuación 9.) F.T = \frac{\rho(\text{agua}) * (n * v)^2}{rH^{\frac{1}{3}}}$$

$$F.T = \frac{1000 * (0.013 * 0.6832)^2}{0.13566^{\frac{1}{3}}} \quad (9)$$

$$F.T = 0.1535 < 0.1 \therefore \text{Cumple}$$

Al verificar que la tubería seleccionada con la velocidad calculada, cumple para su disposición en la red a la cual vaya a ser ubicada.

#### 7.4.2.7. Diámetro mínimo

Para las redes de tipo terciarias, el diámetro nominal mínimo debe ser 150 mm, en cambio, en los colectores y subcolectores debe ser mayor al del diámetro terciario, en cada caso, la pendiente debe ser obtenida por la velocidad mínima que es generado por la fuerza tractiva mínima.

Para la prevista que debe ser colocada para cada casa de habitación debe tener como diámetro nominal mínimo de 100 mm y una pendiente mínima de 2 %.

En casos especiales se utilizan sifones para salvar obstáculos como un cruce, líneas férreas, entre otros.

#### 7.4.2.8. Plan de Contingencia y programa de mantenimiento

La problemática que presentan las aguas residuales no solo por el daño ambiental que generan, sino también por las enfermedades que provocan, debido a esto y muchos otros puntos, las entidades y organizaciones de muchos países y en este caso, Costa Rica nombra esta situación en el inciso 5.6.1 de la Norma Técnica de Diseño y Construcción de Sistemas Potables, de Saneamiento y Pluvial, donde explican que no está permitido el rebalse de las aguas sanitarias. Por lo tanto, es necesario poseer un plan de contingencia, un programa de mantenimiento preventivo y correctivo, para evitar estas problemáticas que afecten al desarrollo del proyecto, a la población que lo rodea y su previo mantenimiento, y se menciona en particular los siguientes casos:

- Fallo de energía eléctrica.
- Obstrucción en algún dispositivo de la red.
- Cambio de componentes o partes del sistema sea en el caso de una red de alcantarillado sanitario domiciliario o de una red general en un condominio.

#### 7.4.2.9. Estaciones de Bombeo de aguas residuales

Se define como estación de bombeo a las estructuras o sistema que impulsa los líquidos de los que está a cargo de manejar de un punto más bajo a un punto más alto en una red de alcantarillado o red de agua potable. Esta es posible utilizarla cuando las condiciones topográficas del terreno no permitan que, las aguas residuales se movilen por gravedad hasta su salida, siendo demostrado mediante los estudios realizados a cada zona o tramo del sistema de alcantarillado correspondiente.

El sistema de emergencia debe poseer ciertos componentes mínimos o básicos para su funcionamiento en caso de una avería para que no detenga su función en el sistema de alcantarillado, para que esto se cumpla debe poseer, un gabinete, un tanque de combustible, generador, motor, sistema de escape, sistema de enfriamiento, tablero de transferencia, sistema de control de arranque o carga. A su vez, sistema de soporte para el sistema de generación eléctrica.

Esta estructura debe contener los siguientes elementos: Canal de entrada, canasta (destinado a evitar el paso de materiales sólidos), pozo de bombeo o tanque cisterna, equipo de bombeo, tubería de impulsión especial para la bomba, la válvula con toda su estructura (pedestal y protección), la caseta de control (CCM), parqueo, iluminación, perímetro debidamente cerrado con portón de fácil acceso.

Por otra parte, si la bomba se encuentra en plena vía pública es necesario los siguientes únicos componentes: canasta, canal de entrada, tanque cisterna, equipo de bombeo, tubería de impulsión, válvula con todos sus componentes y sistema de control en gabinete.

#### 7.4.2.10.1. Métodos de Instalación

Dependiendo de las condiciones del proyecto como se ha mencionado anteriormente, las estaciones de bombeo pueden ser instaladas de manera superficial o subterránea siempre y cuando garanticen un funcionamiento constante y seguro.

#### 7.4.2.10.2. Estación Superficial

Las estaciones superficiales son las estructuras, las cuales se deben instalar en un terreno o superficie adecuado para su funcionamiento sobre un nivel base  $\pm 0.000$ , siempre tomando en cuenta las limitaciones de cada construcción como, por ejemplo, cumplir con el retiro mínimo de

los linderos, según lo establece el Reglamento de Aprobación de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. Este tipo de estructura debe poseer:

#### 7.4.2.10.2.1. Canal de entrada

Es el que se encarga de que a la entrada del líquido a la zona llamada cárcamo de bombeo, calculando con cuidado que no dañen la estructura, colocando una pieza que evite la turbulencia. De ser el caso de las aguas residuales, este canal de entrada debe estar cerrado y evitar que estos líquidos tomen velocidades altas, que generen espumas en el fondo del tanque ya que puede dañarlos y acortar su tiempo de vida útil.

#### 7.4.2.10.2.2. Canasta

Este componente es una caja de acero inoxidable, debe lograr contener sólidos de 25 mm de diámetro; además debe diseñarse a partir del caudal de entrada a la estación de bombeo. Para su mantenimiento la cisterna debe tener un acceso especializado para la limpieza de la malla.

#### 7.4.2.10.2.3. Tanque Cisterna

El tanque es una estructura principalmente de concreto reforzado que puede construirse de manera circular, cuadrado, rectangular, dependiendo de las condiciones del proyecto y de los caudales o disposición del ingeniero. A su vez, debe cumplir con el objetivo de recibir y retener las aguas por un determinado tiempo, además de almacenar agua en caso especial. El volumen de este se debe realizar en función del caudal y la cantidad de bombas a instalarse.

#### 7.4.2.10.2.4. Equipo de bombeo

Las bombas son las encargadas de transformar la energía, en específico la mecánica en energía hidráulica, debido, a que con esta energía permite mover el agua de cualquier tipo de un nivel bajo a otro alto, todas poseen un orificio o tubo de succión y otro de salida o impulsión; su combustible puede ser de cualquier fuente; gasolina, gas, energía solar, entre otros.

**Ilustración 14.** Clasificación de Bombas.



*Fuente: De Máquinas y Herramientas.*

#### 7.4.2.10.2.5. Tubería de impulsión

Esta estructura se clasifica como la tubería encargada de conducir el agua desde un punto de menor altura a uno de mayor altura; además estas líneas deben tomar en cuenta una serie de parámetros y criterios básicos para el diseño:

- el caudal
- longitud
- desnivel entre el punto de abastecimiento y de descarga.

#### 7.4.2.10.2.6. Válvulas

Son elementos o accesorios que habilitan la salida de líquido, agua residual, para que el valor límite, no sea sobrepasado por la presión máxima en el interior de la misma, estas se pueden instalar en redes hidráulicas, estaciones de bombeo y en dimensiones más pequeñas en los hogares. Cuando los componentes mencionados se unen por medio de juntas hacia la tubería complementándolo con pernos o tornillos con tuercas, tuercas arandelas planas, arandelas de presión y empaques para evitar un fallo y genere fugas de agua. Además, todas ellas deben cumplir con norma técnica de fabricación. Asimismo, es importante incluir las normas técnicas de las

válvulas, en específico cómo debe ir la instalación y desmontaje y especificar para qué tipo de sistema se utilizará en los planos constructivos. Algunos aspectos técnicos a revisar:

- Presión nominal.
- Normas de fabricación de las válvulas y sus componentes de instalación.
- Sistemas de apertura y cierre.
- Método del acoplamiento con la tubería.

Los fabricantes de válvulas como los fabricantes de bombas, en los catálogos suministran curvas de rendimiento, lo cual permite elegir la válvula, que se ajuste mejor al diseño permitiendo un mejor desempeño como accesorio.

#### 7.4.2.10.2.7. Caseta de control (CCM)

Esta estructura se debe adaptar a un sistema de control y protección dentro de una caseta o centro de control de motores (CCM), mientras un tablero que dentro de una misma caseta sustenta y protege los sistemas de circuitos que están conformados principalmente por motores y sus respectivos arrancadores, sin embargo, no se deben omitir los mantenimientos respectivos para mantener los costos bajos.

La instalación se debe realizar en un terreno, el cual tenga como fin instalar una estación de bombeo; en caso de que esta se instale en vía pública, el sistema de control de motores debe colocarse en un poste de alumbrado público o en un gabinete sobre la zona verde contigua a la acera.

#### 7.4.2.10.3. Estación Subterránea

Principalmente, la subterránea, la cual se implementa para las vías públicas o zonas donde no se posee espacio para su construcción a nivel 0+000 del terreno. Si la estación de bombeo no cuenta con un sistema de alcantarillado óptimo de recolección por gravedad, debido a las condiciones topográficas de la zona esta se debe instalar en algún terreno de carácter público o se ubica en calle pública por debajo del nivel  $\pm 0.000$  ubicando los sistemas de control dentro de una caseta en la zona verde interna a la acera.

#### 7.4.2.10.3.1. Canal de entrada

Al ser una estación de una sola cámara, el canal de entrada se conecta directamente al tanque y dicha tubería de conexión debe colocarse frente a los rieles guía de acero inoxidable por donde se bajan las bombas en paralelo a estas, se debe impedir que el agua no afecte el flujo.

#### 7.4.2.10.3.2. Canasta

Para este componente se debe adaptar para la recolección de sólidos, debe indicarse en los planos el sistema que se llegue a utilizar.

#### 7.4.2.10.3.3. Pozo de bombeo

Este se puede considerar para su construcción de estilo circular, cuadrado, rectangular, dependiendo de las condiciones del proyecto y las condiciones superficiales a las se encuentra, además, de las condiciones que el ingeniero tome en el momento. Debe estar especificado en los planos constructivos.

#### 7.4.2.10.3.4. Equipo de bombeo

Normalmente, en las estaciones subterráneas, se utilizan bombas sumergibles que lo sugerido es un diseño en orientación vertical, tienen las características principales o primordiales que son moledoras y antiatasco debido, a que, en la parte inferior cuentan con una especie de aspas, las cuales muelen todo que obstruyan el sistema. Al igual que, en las estaciones superficiales, se debe colocar una bomba extra como “factor de seguridad”.

#### 7.4.2.10.3.5. Tubería de impulsión

Esta estructura funciona y se aplica como lo del inciso 7.4.2.10.2.5 del presente documento.

#### 7.4.2.10.3.6. Válvula

Esta estructura funciona y se aplica como lo indica, el inciso 7.4.2.10.2.6 del presente documento.

#### 7.4.2.10.3.7. Sistema de control en gabinete

La CCM se debe colocar en la zona verde contiguo a la acera o en un poste de alumbrado público.



#### 7.4.2.10. Requisitos y tuberías.

##### 7.4.2.10.1. Componentes Generales del Sistema de Alcantarillado Sanitario

- Colector primario o tramo inicial

Se ubica en la vía pública de forma subterránea, esta es la que recibe las aguas provenientes de las previstas de las viviendas o comercios, y es por cual llegan las aguas a los colectores secundarios.

- Colector secundario o tramo secundario

Se ubica en la vía pública de forma subterránea, el cual toma las aguas provenientes de las alcantarillas iniciales y las va acumulando y conduciendo hasta su disposición en una red principal.

- Colector Principal

Recibe caudales de todos los colectores o tramos anteriores y conduce estos líquidos de los tramos secundarios hasta el sitio de donde se desfogue, en ocasiones recibe el nombre de emisario final.

- Colector interceptor

Es el que recoge todas las aguas residuales de todos los colectores, para evitar de que se vierta al medio receptor (río, lago, canal).

- Emisario Final

Es un colector encargado de transportar todas las aguas anteriormente, provenientes de las afueras de la ciudad.

- Previstas (Conexión casa alcantarillado)

Tubería, la cual se instala a la salida de la casa de habitación, que tiene el propósito de descargar las aguas residuales a la red de alcantarillado sanitario.

- Pozo de Registro

Se define como estructura de concreto fabricada en sitio o prefabricada de tamaño y ancho determinados por normas específicas, que se utilizan para coleccionar los líquidos entre redes o tramos, cumple la función de nivelar las diferencias de alturas entre estas redes, también, permite

el cambio de diámetro de tubería o material de tubería, en la unión de dos o más entradas de agua y en el máximo de un tramo de 120 m.

- Tubería

Se define como una estructura utilizada para transportar diferentes materiales, a través de él, desde un punto inicial en un pozo a otro final, el vertido de ser el caso de un tramo final de una red de alcantarillado.

#### 7.4.2.10.2. Conductores circulares

Obligatoriamente, los tubos que vayan a formar parte del sistema sanitario, deben poseer una sección circular, y para sus uniones deben ser indicadas por las normas del fabricante del tubo en el caso de que los tubos sean plásticos se permite juntar con un empaque de hule, si el tubo es de material polietileno debe indicarse el código de compuesto plástico (PE) que determina la resina y propiedades del plástico y cumplir con la norma INTE 16-05-10 que indica que la (PE) está continuada de 4 dígitos que indican (densidad, resistencia al agrietamiento, esfuerzo hidrostático de diseño a 23 °C en MPa indicado y establecido por la norma ASTM D 2837). En pasos donde se encuentran en contacto con el medio ambiente, debido, a desniveles topográficos en la zona o puentes, es necesario cumplir diferentes normas para esta situación:

- Es necesaria la implementación de un tubo con material de hierro dúctil, debe cumplir con la norma *ISO 10803* o *ISO 7186*, que es el recubrimiento externo a base de zinc.
- pintura bituminosa con la norma *ISO 8179*.
- Recubrimiento interno.
- tubos de acero con la norma *ISO*.

**Tabla 10.** Tabla de Normas a cumplir en paso al descubierto o puentes.

Descripción	Norma
<b>Tubos de hierro dúctil con recubrimiento externo de zinc</b>	ISO 10803 o ISO 7186
<b>Pintura bituminosa</b>	ISO 8179
<b>Recubrimiento a base de cemento aluminoso</b>	ISO 4179
<b>Tubos de acero</b>	AWWA-C-200
<b>Tubería de concreto</b>	INTE 16-11-04 e INTE 16-11-01
<b>Tubo de polietileno de alta densidad de pared sólida</b>	INTE 16-05-06
<b>Tubo de polietileno de alta densidad de pared estructurada</b>	INTE 16-05-07

La Empresa de Servicios Públicos de Heredia utiliza un tipo especial de tubería en el caso de esta formar parte del alcantarillado sanitario, anteriormente se utilizaban las famosas tuberías de concreto de diámetros relevantes entre 100 a 300 milímetros nominales. Actualmente, se utiliza el material *PVC Novafort* reforzado.

**Tabla 11.** Diámetros de la Tubería *Novafort*

Diámetro nominal (Dn)		Diámetro interior Mínimo (Di)		Diámetro exterior Promedio (De)	
mm	Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Pulgadas
100	4	100.45	3.950	109.2	4.300
150	6	150.10	5.909	163.1	6.420
200	8	200.70	7.881	218.4	8.600
250	10	250.75	9.846	273.9	10.786
300	12	298.00	11.715	325.0	12.795
375	15	364.20	14.338	397.7	15.658
450	18	447.20	17.552	486.5	19.152
600	24	587.50	23.469	649.7	25.580

Fuente: AMANCO, 2013.

#### 7.4.3. Ubicación de tuberías

Normalmente, en todas las naciones, las redes de alcantarillado sanitario deben ir ubicadas al centro de las avenidas y calles, es necesario con una profundidad mínima de 1,2 metros sobre la parte alta del tubo y desde la parte más alta de la calle (rasante), de contemplar un colector y subcolector en la vía, se debe utilizar el mismo requisito de ubicación que las terciaras anteriormente mencionadas en el inciso 7.4.2.10.1, además, según la Normativa correspondiente

del *AyA* en el anexo 5., Sección A-A, ubicación de tuberías y previstas muestra que el alcantarillado sanitario se debe ubicar a la distancia  $A/2$  de la carretera y a una profundidad de 1.2 m mínimo.

Obligatoriamente, se debe construir un pozo inicial a cada entrada o inicio de un tramo de cualquier red, sea terciaria, colector o subcolector, de alcantarillado sanitario, el cual debe poseer no menos de 1,2 metros con su nivel de fondo.

La profundidad a la que se tenga que colocar debe estar en función con la distancia de separación con respecto de los otros sistemas que existen en la carretera a trabajar, y esta profundidad mínima está dada para que no interfiera con los otros sistemas. En la Norma publicada por *La Gaceta* en el 2017 indica que:

“En el diseño se debe indicar la deflexión máxima establecida para las tuberías (por tipo de material y diámetro), como un porcentaje del diámetro externo o interno según corresponda” (2017).

Lo anterior, para que no se sobrepasen los esfuerzos máximos recomendados para los distintos materiales; en caso de rellenos de 10 metros o más se debe realizar un cálculo adicional para las condiciones indicadas, para observar y determinar, si el diseño resiste o no, además, de ser el caso que se implemente para las nuevas tecnologías de “Pipe Jacking” o mini perforación horizontal dirigidas, entre otras, es necesario indicarlo además de añadir la memoria de cálculo demostrando que la tubería cumplirá con las cargas generadas por estos.

De ser un caso especial, de que, la red contemple colectores y subcolectores se debe diseñar y ubicar como una red terciaria como lo indica la norma, es necesaria la construcción de un pozo al inicio de cualquier tramo o intersección con una profundidad mínima de 1,3 metros, contado desde la parte más baja del pozo en la parte interior, de no ser posible que la topografía ayude a construir dicho pozo es necesario instalar la tubería a una profundidad menor de lo especificado anteriormente, para que el pozo pueda cumplir con el requisito mínimo, además de añadir una loza de concreto reforzado para la protección de la misma. También, la profundidad varía en función del espesor y material de la tubería y el relleno.

**Tabla 12.** Profundidad de colocación de la tubería para casos especiales.

Tipo de tubería	Profundidad mínima sobre corona del tubo*	Profundidad máxima sobre corona del tubo
	(m)	(m)
Poliétileno Alta Densidad, corrugada	0,8	12
Plástica perfilada con refuerzo	0,8	10
Plástica perfilada con alma de acero	0,8	12
Hierro Dúctil o de Acero	0,2	15
Concreto sin refuerzo (empaquete de hule)	0,4	15
Concreto con refuerzo (empaquete de hule)	0,2	15

(\*) Se acepta esta profundidad siempre que no se alteren las condiciones de operación de la infraestructura existente en el sitio de colocación de la tubería.

*Fuente:* Norma diseño y construcción sistemas agua, saneamiento y pluvial (2017).

#### 7.4.4. Ubicación de la conexión con las casas de habitación (Prevista)

Se debe instalar con respecto del tramo principal de la red sanitaria señalada, debidamente con pintura roja en el cordón de caño con una flecha en bajo relieve, necesariamente de *PVC* con una pendiente mínima de 2 % unido por medio de una silleta *TEE* y debe llevar sus rellenos correspondientes tanto del lastre, subbase, base y bien compactados. Las dos primeras bocas del sifón deben ubicarse dentro de la propiedad donde se está otorgando el servicio, por consiguiente, la tercera boca o pieza se coloca por la acera. Se permite, que este último componente, no se instale con caja de registro, pero no pueden faltar los adaptadores, niples, tapones y tapas de concreto que lo tapen, protegiéndola, ya que esta va a quedar interconectada con la red terciaria.

En el caso especial de que, el terreno del propietario o lote se ubique en la parte final de una calle sin salida, se permite la conexión al pozo de registro inicial con flujo de fondo y si no se cuenta con la autorización debe construir solo el canal de fondo del pozo.

En el anexo 2., se detalla debidamente cómo deben ir colocados los sifones y la prevista en sí.

#### 7.4.5. Instalación de tubería

Al momento de llevar a cabo la construcción de un proyecto hidráulico de una red de alcantarillado sanitario, es necesario tener un control en las futuras obras, mediante la planificación de una buena instalación de tubería, ya que esta es una pieza fundamental en el funcionamiento de la recolección de todas las aguas, y ser capaz de soportar las cargas permanentes que ejerce la tierra y las cargas temporales que ejercen los automóviles que transiten sobre ella, garantizando que cuando estas se coloquen, no presenten fallos ni problemas en sí.

Para el caso de la profundidad de los colectores, mínimo debe ser la que garantice el desagüe de las aguas domiciliarias, sin contar con sótanos, y la máxima se establece como 5 m.

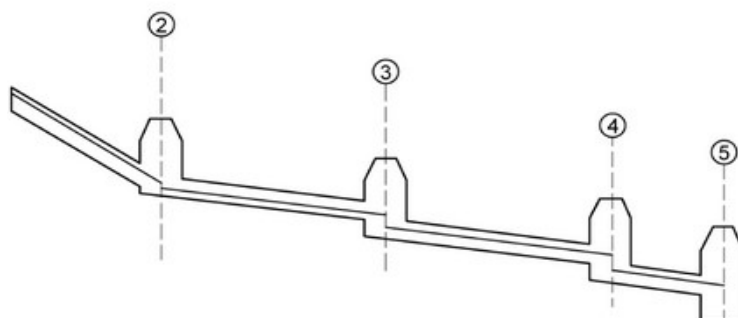
Debido, a que, las carreteras además de ser un paso especial para los automóviles, también transporta o es un sostén para los acueductos que lleva dentro de ella, ya que aquí se colocan todas las tuberías tanto de redes de aguas potables como pluviales como de saneamiento, debe existir una distancia mínima entre ellas para la hora de reparar no presenten una dificultad y su localización sea de mayor facilidad. La red de saneamiento debe estar a 1.5 metros en planta de la red de distribución de agua potable.

El material que debe conformar la estructura total donde se ubicarán las tuberías:

- Un encamado bien compactado a un 95 % de una combinación específica de Proctor modificado (PM).
- Un relleno lateral que debe llevar la misma combinación y cantidad del encamado y material tipo lastre.
- El relleno debe ser colocado cada 30 centímetros y compactado en un 95 % del PM. El ente operador de la obra se reserva el derecho de solicitar pruebas de compactación de relleno y de los materiales para el proyecto.

El ancho a excavar para poder colocar o modificar alguna tubería, no se permite, mayor al diámetro de la misma, que se instala más 0.5 metros, ni menor que, el mismo diámetro más 0.4 metros. Además, para la unión entre estas tuberías de diferentes direcciones se hará por medio de pozos de inspección o estructuras de unión.

**Ilustración 15.** Perfil unión de pozos.

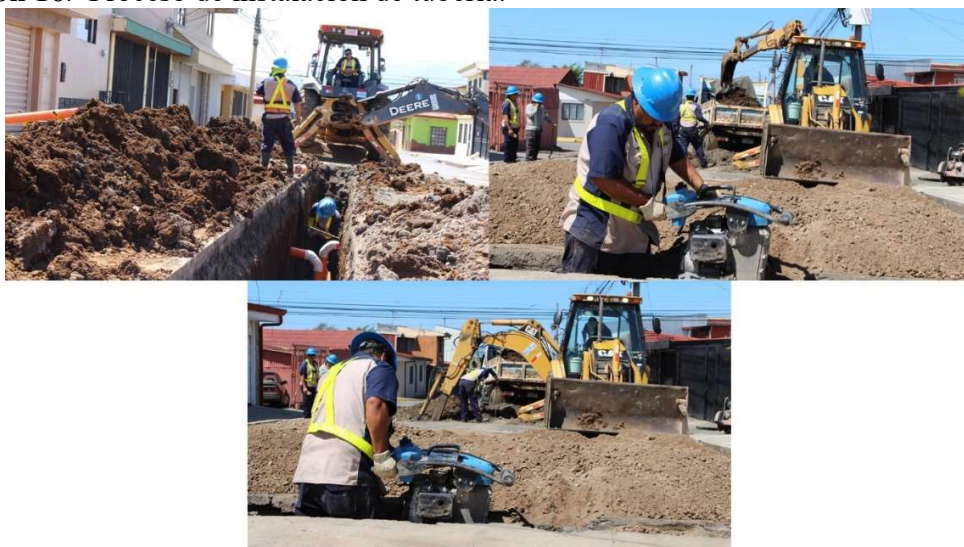


*Fuente:* Diseño y Construcción de alcantarillados de aguas residuales, pluvial y drenaje de carreteras, (2019).

Las tuberías a la hora de la instalación deben estar bien ubicadas sobre la cama y está bien compactada para que el tubo funcione a compresión y no a flexión, a causa de desniveles ocasionados por el mal desempeño del compactado, además, si el tubo es prefabricado se debe tener en referencia la norma técnica INTE 16-11-01, pero, si es realizado por el método de “pipe jacking” deben cumplir con las normas INTE 16-11-29 partes I y II.

Los tubos de policloruro de vinilo (PVC), deben estar creados de color anaranjado o con franjas con sus indicaciones por el fabricante con letras legibles.

**Ilustración 16.** Proceso de instalación de tubería.



*Fuente:* Empresa de Servicios Públicos de Heredia (2017).

Además, se debe tomar en cuenta, en el caso de que una tubería deba atravesar algún objeto u obstáculo, es necesario elevarla con una relación del nivel máximo del cuerpo de agua con un estudio para un periodo de retorno de 30 años, para evitar algún inconveniente. También, resulta conveniente, diseñar un pozo de registro antes y después del objeto o cuerpo obstructor de la tubería, además de un elemento que induzca una falla en caso de un evento natural que dañe el sistema.

#### 7.4.6. Pozos de Registro

Toda construcción de una red de alcantarillado debe contar o poseer un pozo de registro en sus puntos iniciales y conexiones a varios sentidos de otras redes, o cambios de dirección, en la misma, o entre tramos, no mayores de 120 metros del mismo sistema o red, sin embargo, estas no deben permitir la infiltración de las aguas ni exfiltración.

Para el caso de redes de colectores o subcolectores, la distancia máxima es de 120 metros igual a una red terciaria como se menciona en el inicio de este inciso, además todo debe estar supervisado y revisado por el ente del lugar o proyecto correspondiente. El tamaño del diámetro de cualquier pozo de registro está determinado en dependencia de la profundidad a la que se coloquen los tubos y el número de caídas según indica la siguiente tabla.

En el caso de un pozo de inspección debe tener su ventilación y generalmente es de un diámetro de 1.2 metros y, si es necesaria para un tramo con un ángulo mayor a 40 metros, se debe colocar uno y hasta dos pozos si son necesarios.

Dimensiones de pozos de concreto.

**Tabla 13.** 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 <sup>2</sup> )
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
2,00	más de 10,0 hasta 15,0	0,20	280

*Fuente:* Norma diseño y construcción sistemas agua, saneamiento y pluvial (2017).



**Tabla 14.** Diámetro Interno por tipo de pozo según tubería de salidas.

Tubería de salida (diámetro nominal mm)	Diámetro interno del pozo (m)			
	Pozo sin caída	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:* Norma diseño y construcción sistemas agua, saneamiento y pluvial (2017).

De conformidad con lo anterior, es posible comprender cómo calcular estos pozos o cómo se pueden analizar los parámetros necesarios para el alcantarillado sanitario, de ser el caso de que el pozo es mayor a 5 metros o con un diámetro interno superior a los 2 metros, se debe presentar por aparte unos cálculos geotécnicos, que respalden la decisión del ingeniero civil de que la estructura necesita las dimensiones determinadas y que será capaz de soportar las cargas definidas. Además, si el ingeniero presenta interés en la implementación de pozos de registro prefabricados o no sean de material de concreto, resulta pertinente el cálculo por aparte de que estos elementos cumplen con los estándares mínimos de análisis geotécnico o en el caso de los prefabricados la ficha técnica donde indique que cumplen. La parte superior del pozo (tapa) debe cumplir con una norma INTE 16-1201, y para la selección de los materiales necesarios es responsabilidad del ente correspondiente.

#### 7.4.7. Canal de Fondo

El canal de fondo es una estructura más, que forma parte de todo el alcantarillado, que es una tubería que debe ir centrada con respecto al pozo y su tamaño debe ser el mismo de entrada que de salida, su longitud mínima debe ser de 0.9 metros en la dirección de donde venga y hacia donde se dirija.

### **Marco Metodológico**

Estudiar la cantidad poblacional obteniendo un promedio para obtener a futuro los datos de insumo de agua potable y de generación de residuos.

Determinar las previstas de las casas existentes para reubicarlas en el diseño nuevo y buscando la posibilidad de generar más previstas

Se va a recurrir al uso de los programas para la documentación como *Word*, para el Cálculo de datos básicos en *Excel* y para la creación de la nueva red con *CIVIL3D*, utilizando los datos anteriormente obtenidos en *ArcGIS*.

Se va a realizar un presupuesto preliminar sobre la cantidad de materiales necesarios para el proyecto nuevo o para el mejoramiento del mismo.

### **Paradigma**

La situación de la sobrepoblación presentada en las urbanizaciones *El Roble, El Carao, El Laurel*, magnifican el problema del daño significativo a la tubería, donde por esto se filtran los líquidos produciendo futuros daños a los terrenos y que generarán un daño estructural a las estructuras unifamiliares en la zona de cada tubería en una gran área indeterminada.

### **Enfoque metodológico**

Para la toma de datos para la investigación y diseño del proyecto, se analizará documentación previamente realizada con énfasis en el área de la hidráulica de redes residuales y de acuerdo con, lo señalado por Chen (2006) citado por Sampieri(2014) “los define como la integración sistemática de los métodos cuantitativo y cualitativo en un solo estudio con el fin de obtener una “fotografía” más completa del fenómeno, y señala que éstos pueden ser conjuntados de tal manera que las aproximaciones cuantitativa y cualitativa conserven sus estructuras y procedimientos originales” (p. 534) ; por lo tanto, se utilizará este enfoque previamente explicado para la recolección y análisis de viejos diseños de redes.

### **Método de Investigación**

Sampieri (2004) explica que “Podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables” (p. 192); por lo tanto, apenas se produzca el fenómeno naturalmente sin modificar nada, se analiza para tomar las medidas correspondientes y si es

necesario recurrir a recursos de análisis de datos o programas, donde el diseño no contempla muestras de cualquier índole: concreto, estructuras, muestras de estadísticas, poblacionales.

La red de alcantarillado sanitario en la zona de Guararí será estudiada, sin modificar ningún objetivo o aspecto para que cuando esta muestre su actuar con su total capacidad, logrando así detallar punto por punto cada ámbito en el que ella no logra desarrollarse con su amplia efectividad, generando una base de datos de las deficiencias que ella presenta, para luego implementar las nuevas mejoras en varias proyecciones de diferentes diámetros para la nueva red de alcantarillado sanitario.

### Categorías de análisis de investigación

**Tabla 15.** Tabla de Variables.

Objetivos	Variable Independiente	Variable Dependiente	Herramientas
Evaluar la problemática hidráulica sobre el mal desempeño generado por los daños presentados en la red sanitaria existente.	Diseño Hidráulico	Normativa y diseño de construcción de redes hidráulicas del <i>AyA</i>	<i>Civil3D, ArcGIS</i>
Calcular el presupuesto de la nueva red residual en la comunidad de Guararí, del cantón de Heredia.	Cálculos de presupuesto	de Recorte monetario por parte de la administración de la entidad	<i>Excel</i>
Elaborar una comparativa hidráulica entre los diferentes tamaños de tuberías en el mejoramiento de la red de alcantarillado sanitario.	Diseño de un Tramo de tubería y Comparativa de las tuberías con diferentes diámetros	El caudal de diseño para un tramo de tubería es el correspondiente al acumulado hasta el pozo de registro aguas abajo del tramo	<i>Excel</i>

### **Población y Muestra**

No se posee población ni muestra, ya que, el diseño a realizar es sobre una red hidráulica de alcantarillado, donde no es posible realizar muestras, únicamente, si se fuera a analizar los líquidos que este transporta y los datos necesarios fueron otorgados por los ingenieros de la empresa *ESPH S.A.*

Además, la población existente en la zona, está aglomerada en condiciones desfavorables, y es muy poco posible realizar un estudio poblacional en cada urbanización de forma precisa.

Después de la investigación realizada para obtener el análisis poblacional general de la comunidad de Guararí se logra proyectar la cantidad de población a existir para el año 2021.

**Tabla 16.** Registro de Población y proyección para el año 2021.

<b>Año</b>	<b>Población San Francisco</b>	<b>Población Guararí</b>
<b>2018</b>	57089	15918
<b>2021</b>	59424	16570

### **Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.**

Para la creación de la nueva red con cálculos específicos se utilizará tanto el programa *CIVIL3D* como *ArcGIS*, que es un programa que se emplea para la modelación de sistemas de distribución de aguas, funciona para comprender el movimiento y el destino hacia donde se mueve este líquido, donde será utilizado para el rediseño de la nueva red, utilizando los datos anteriormente obtenidos en plantillas o documentos de años anteriores.

Para la toma de datos geográficos y topográficos, se utilizará el programa *Google Earth* que permite visualizar y tomar los datos geográficos de una manera útil, ya que no se poseen datos ni se utilizará equipo físico para la recolección de estos datos como lo es una estación total.

Para la toma de datos de enfoque hidráulico después de la proyección de población de la comunidad general de Guararí, se toma la cantidad de hidrómetros de las viviendas conectadas y, debidamente, unidas a la red de agua potable de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, donde según los datos solicitados muestran una cantidad de 788 hidrómetros dentro de las 3 comunidades a analizar y 875 hidrómetros dentro de las aguas que se encuentran conectadas en la parte norte a esta red.

### **Técnicas e instrumentos para el procesamiento y análisis de datos.**

Se va a recurrir al uso de los programas varios, para la documentación como en general de todo el proceso del proyecto, se utilizará un programa de *Microsoft* de pago llamado *Microsoft Word*, y para la obtención y cálculo de los otros datos básicos en el programa *Microsoft Excel*. Dentro de este último programa se va a utilizar fórmulas establecidas en la norma para el cálculo de agua potable consumida en la cantidad de viviendas indicadas anteriormente en la recolección de datos.

### **Diseño y selección de diámetro de tuberías y pozos.**

Debido, a la inexactitud sobre los datos de las personas, quienes, actualmente residen en las comunidades a estudiar, se solicitó un estudio del consumo de agua potable diario de la zona, para si eventualmente mediante las fórmulas de la Norma del *AyA* se realice la determinación del diámetro a cambiar, generando un mejoramiento de la red de alcantarillado sanitario, solventando la necesidad existente, además de cumplir bajo toda regla las indicaciones que se utiliza para el país. Después del planteamiento del problema y el análisis del mismo sobre la aplicación de diseño y estructuración designada, se determinan 3 posibles soluciones para la implementación de un nuevo alcantarillado sanitario para mitigar de manera efectiva o permanente toda problemática que esta genera a lo largo de los años, debido a la sobrepoblación.

#### Propuesta 1:

Se plantea utilizar el mismo diseño de red existente generando una pequeña variante sobre los diámetros del alcantarillado, y los pozos, este último siendo afectado directamente por el diseño y el cumplimiento de la Norma de Diseño y Construcción de Sistemas de Agua, de Saneamiento y Pluvial del *AyA*:

Diámetros anteriores: 0.2 y 0.3 metros externos.

Diámetros propuestos: 0.2 y 0.375 metros de diámetro interno.

Pozos anteriores: 1.1 metros de profundidad, con un diámetro de 1.1 metros.

Pozos nuevos: 1.2 metros de profundidad mínimos requeridos por la norma con un diámetro de 1.2 metros.

**Ilustración 17.** Mapa de la Propuesta 1 para la comunidad de Guararí.



**Propuesta 2:**

Esta selección para esta propuesta es presentada, debido a la dificultad que presenta la zona, en virtud de la gran altitud que presenta el terreno y el objetivo de esta es mitigar el exceso trabajo de movimiento de tierra que se generaría en la zona, aprovechando las tuberías que atraviesan la comunidad de *El Roble*, dando como resultado final su unión con las aguas de las calles *Las Cloacas* en el pozo final en la avenida *El Sol*.

**Ilustración 18.** Mapa de propuesta 2 para la comunidad de Guararí



### Propuesta 3:

Se plantea recolectar las aguas provenientes de avenida Guararí y calle Guararí, convergiendo en la calle *Las Cloacas* y generando una nueva red de colectores en esta, ya que la misma al ser una calle nueva, no posee alcantarillado designado, logrando así disminuir la demanda otorgada a la red interna de las comunidades a estudiar.

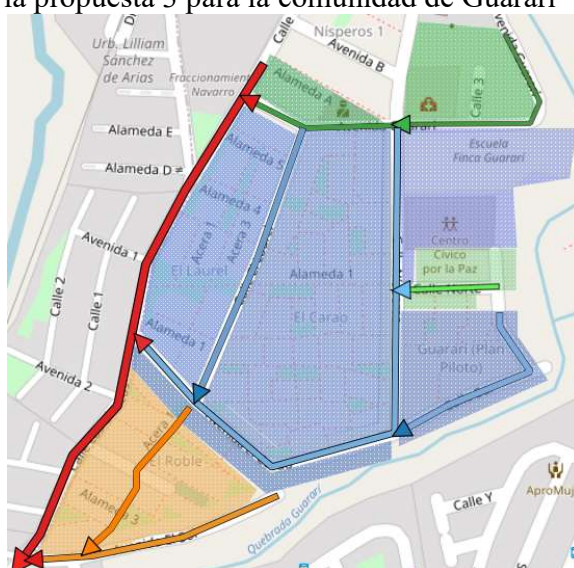
Diámetros anteriores: 0.2 y 0.3 metros tanto en redes terciarias como subcolectores.

Diámetros propuestos: 0.375 metros para las calles aledañas, tanto como calle *El laurel*, calle *Los Nisperos*, siendo este también seleccionado para la nueva red en la calle *Las Cloacas*, todas llegando al pozo final en la avenida *El Sol*.

Pozos anteriores: 1.1 metros de profundidad, con un diámetro de 1.1 metros.

Pozos nuevos: 1.2 metros mínimos requeridos por la norma con un diámetro de 1.2 metros y pozos seleccionados con más de 2 entradas con diámetro de 2 m y una profundidad mínima de 2 metros.

### Ilustración 19. Mapa de la propuesta 3 para la comunidad de Guararí



#### Propuesta 4:

Se analiza la dificultad de construcción de pozos de más de 6 metros de profundidad, ya que esta requiere una construcción lateral de laderas de 3 metros de longitud, y por las alturas variantes que las comunidades poseen dentro de ellas y la sobrepoblación en sí, a esto se le suma la variedad de tuberías que rondan los 0.1 metros a 0.375 metros entre materiales de concreto y *PVC Novafort* reforzado.

Para esta nueva propuesta se pretende aprovechar las condiciones del terreno y sus elevaciones modificando la salida de las aguas residuales por zonas de poco conflicto, generando un mejoramiento instantáneo de la red, al evacuar todas las aguas provenientes de las comunidades de *El Carao* y *El Laurel* por la carretera llamada *El Laurel*, y utilizar la carretera o calle llamada *Los Nisperos*, solo para evacuar las aguas provenientes de las comunidades ubicadas al norte de esta, y las aguas de la Avenida Guararí, Calle Norte, Calle Sur, Calle Este, y la comunidad de *El Roble* evacúa sus aguas directamente con la Avenida *El Sol*, donde se juntan todas en una red de tamaño necesario para luego ser evacuadas a la planta o bomba.

Diámetros anteriores: 0.1 a 0.375 metros tanto en redes terciarias como subcolectores.

Diámetros propuestos: 0.2 a 0.375 metros, esto debido a la alta demanda que se canaliza sobre las diferentes calles y avenidas.

Pozos anteriores: 1.1 metros de profundidad, con un diámetro de 1.1 metros.

Pozos nuevos: 1.2 metros de profundidad mínimos requeridos por la norma con un diámetro de 1.2 metros.



**Ilustración 20.** Distribución propuesta 4

### **Cálculo para la definición del diámetro interno necesario para satisfacer las necesidades en la comunidad de Guararí General.**

Se determina, inicialmente, un diámetro distinto para cada carretera o alameda por donde se desviarán las aguas hasta su punto final de recolección, con respecto al consumo total anual de toda la comunidad estudiada, mediante la tabla de Servicios equivalentes, según el tipo de actividad a desarrollar.

**Tabla 17.** Cálculo de Servicios Equivalentes según tipo de actividad a desarrollar

<b>Tipo de actividad del nuevo desarrollo</b>	<b>Unidades de cálculo (UC)</b>	<b>Unidad de consumo equivalente (UCE) o Servicios equivalentes (SE) *</b>
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,	Metro cuadrado de área de parcela o predio	Un servicio Equivalente por cada 200 Unidad de Cálculo

**Tabla 18.** 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) *
oficinas administrativas y bancarias (industrial, general) o	(incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	
Parcelamiento agrícola con frente a calle pública	Metro cuadrado del área de parcela	Un servicio Equivalente por cada 500 Unidades de Cálculo
Parcelamiento agrícola con frente a servidumbre	Metro cuadrado del área de parcela	Un servicio Equivalente por cada 5000 Unidades 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

*Fuente:* Norma Diseño y Construcción de Sistemas de Agua, de Saneamiento y pluvial 2017.

Donde estos se llegan a dividir en diferentes cantidades separadas de viviendas para poder determinar el trayecto hacia los diferentes tipos de tubería que se va a diseñar, ya sea para las calles de *El Laurel*, *Nísperos* o las avenidas de *El Carao*, o *El Sol*.

Se realiza una estimación de las áreas locales, ya sea con fines comerciales o con fines administrativos o clínicos, por medio del programa *Google Earth*, donde se logra determinar el área en m<sup>2</sup> de construcción de la Clínica de Guararí y la Comandancia de Guararí., 1200 y 700 metros cuadrados respectivamente; además de la cantidad de estudiantes permitidos en la escuela de Guararí que corresponde, según un estudio del Plan Intervención de Guararí 2009, de 1020 estudiantes.

**Tabla 19.** Cálculo de Densidad Urbana en Las comunidades de *El Roble, El Laurel y El Carao*.

Comunidad Guararí Total				
	hab/viv	Dotación l/hab/d	24 horas en segundos	
Área Metropolitana	3.5	375		86400
		Punto Guararí		
	Sector urbano	Equivalencias		Cálculo de Población
Viviendas	788	1		2758
Hotel	0	3		0
Escuela	1020	25		143
Colegio	0	25		0
Restaurantes	0	100		0
Local Comercial	1900	200		33
		Total población (hab)		2934
		Vpdu (l/d)		1100268.75
		Q pdu (l/s)		12.73
		Q pdu (m3/s)		0.0127

Además, se añadió dentro de los cálculos correspondientes los consumos de agua potable, según la densidad urbana en la zona de La Esperanza, tomando en cuenta los locales comerciales de El Rey y El Paseo de las Flores que cuentan con un área de construcción de 3000 y 90689 m<sup>2</sup> respectivamente.

**Tabla 20.** Cálculo aproximado de densidad urbana de la Comunidad de La Esperanza.

Comunidad Esperanza Total				
	hab/viv	Dotación l/hab/d	24 horas en segundos	
Área Metropolitana	3.5	375		86400
		Punto Esperanza		
	Sector urbano	Equivalencias		Cálculo de Población
Viviendas	875	1		3063
Hotel	0	3		0
Escuela	0	25		0
Colegio	650	25		91
Restaurantes	0	100		0
Local Comercial	93369	200		1634
		Total población (hab)		4787
		Vpdu (l/d)		1795296.563
		Q pdu (l/s)		20.78
		Q pdu (m3/s)		0.0208

Los tramos a diseñar, debido, a las complicaciones del terreno por la baja clase socioeconómica de la zona, se torna necesario y posible solo la intervención de las vías públicas como carreteras y aceras, contemplando una excepción por medio de un tramo que se localiza al costado norte del río en la zona, logrando así el desfogue de aguas residuales, para luego ser transportadas por la avenida *El Sol* dando lugar al punto de encuentro de todas las aguas provenientes de la población y demás estudiada.

### ***Tramo Calle Nísperos***

En el tramo de la calle *Nísperos* se calculó un caudal de agua potable de  $Q = 33.94$  l/s, donde ya cuenta con un índice de agua no contabilizada (IANC) de 50%, luego se procede a calcular el caudal promedio de aguas residuales ordinarias:

$$Q_{paro} = 0.80 * 33.94 \text{ l/s (1)}$$

$$Q_{paro} = 27.15 \text{ l/s}$$

De existir una fuente de aguas residuales especiales o externas, se realiza una suma con el dato anterior, generando como resultado el  $Q_{par}$ , además de los cálculos de caudal mínimo y máximo.

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

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

$$Q_{min} = 1.2 * 27.15 + 0.25 \text{ (3)}$$

$$Q_{min} = 32.83 \text{ l/s}$$

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

$$Q_{max} = 27.15 * 1.8 + 0.25 \text{ (4)}$$

$$Q_{max} = 49.12 \text{ l/s}$$

FMD: Factor Máximo Horario = 1.2

FMH: Factor Máximo Diario = 1.8

$Q_{inf} = 0.25$  l/s/km para tubería con material de Concreto, PVC, PEAD.

(Valores tomados de la Norma Técnica para el Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial (2017, pág. 18)

**Tabla 21.** Pendientes y capacidades mínimas de alcantarillas circulares para el cálculo del Tramo *Calle Nisperos*.

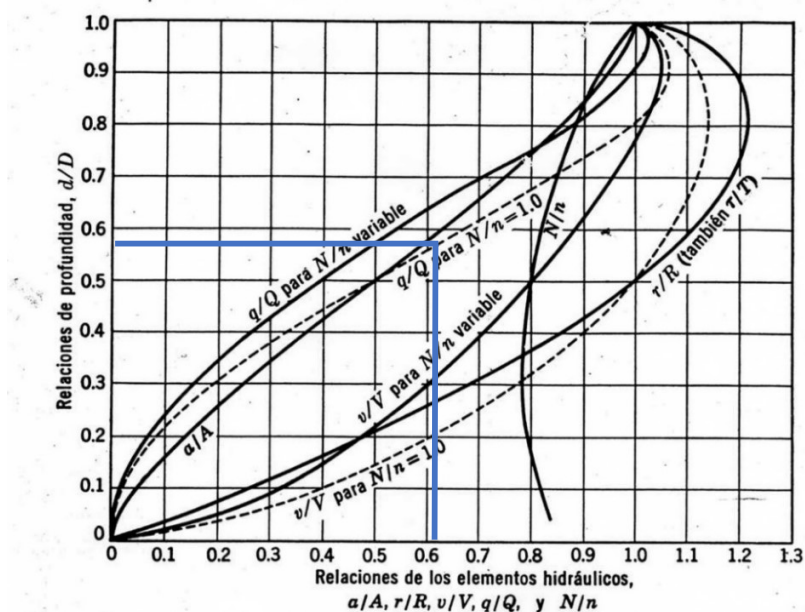
Diámetro (pulg.) (mm)	6 152	8 203	10 254	12 305	15 380	18 456	21 532	24 610
<b>V = 2.0 pps (0.61 mps)</b>								
S (‰)	4.89	3.33	2.48	1.94	1.44	1.13	0.923	0.775
Q (pcs)	0.393	0.698	1.09	1.57	2.45	3.53	4.81	6.28
Q (lps)	11.1	19.7	30.8	44.5	69	100	139	177
<b>V = 2.5 pps (0.75 mps)</b>								
S (‰)	7.64	5.20	3.88	3.06	2.25	1.74	1.44	1.21
Q (pcs)	0.491	0.873	1.36	1.96	3.07	4.42	6.01	7.85
Q (lps)	13.8	24.6	38.5	55.3	86.5	125	173	223
<b>V = 3.0 pps (0.91 mps)</b>								
S (‰)	11.0	7.50	5.58	4.37	3.24	2.54	2.08	1.74
Q (pcs)	0.589	1.05	1.64	2.36	3.68	5.30	7.22	9.42
Q (lps)	16.65	29.6	46.5	67.0	104	150	204	266
<b>V = 5.0 pps (1.52 mps)</b>								
S (‰)	30.5	20.8	16.1	12.2	9.00	6.96	5.76	4.84
Q (pcs)	0.982	1.75	2.73	3.93	6.14	8.84	12.0	15.7
Q (lps)	27.8	49.5	77.2	111	174	250	340	445

Fuente: Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales (I Edición), (2001).

Se preselecciona una tubería para el tramo de la calle *Nisperos* de 305 milímetros, que permite un caudal máximo de 44.5 l/s y una velocidad de 0.61 m/s.

$$\frac{q}{Q} = \frac{27.15}{44.5} = 0.61$$

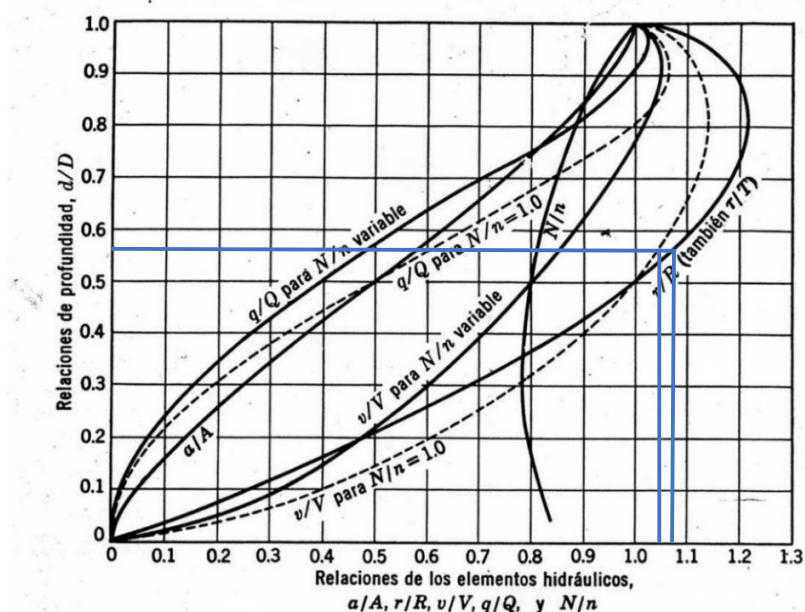
**Ilustración 21.** Gráfico de Elementos Hidráulicos básicos de albañales circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente para el cálculo de  $d/D$  en el tramo *Calle Nisperos*.



*Fuente:* Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales (I Edición), (2001).

$$\frac{d}{D} = 0.56 < 0.75 \therefore \text{Cumple}$$

**Ilustración 22.** Gráfico de Elementos Hidráulicos básicos de albañales circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente para el cálculo de  $v/V$  y  $rH/RH$  en el tramo *Calle Nisperos*.



*Fuente:* Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales (I Edición), (2001).

$$\frac{v}{V} = 1.05 \text{ y } \frac{rH}{RH} = 1.08$$

$$D = 0.305 \text{ m}$$

$$V_{\text{tabla}} = 0.61 \text{ m/s}$$

Cálculo de Velocidad:

$$v = \frac{v}{V} * (V_{\text{tabla}}) \quad (7)$$

$$v = 1.05 * (0.61) \quad (7)$$

$$v = 0.641 \text{ m/s}$$

Cálculo de Radio Hidráulico:

$$rH = \frac{rH}{RH} * (RH) \quad (8)$$

$$rH = 1.08 * \left(\frac{D}{4}\right) \quad (8)$$

$$rH = 1.08 * \left(\frac{0.305}{4}\right) \quad (8)$$

$$rH = 0.082 \text{ m}$$

Cálculo de Fuerza Tractiva:

$n = 0.012$  PVC Corrugado.

$$FT = \rho \text{ agua} * \left(\frac{(n*v)^2}{rH^{1/3}}\right) \quad (9)$$

$$FT = 1000 * \left(\frac{(0.012*0.641)^2}{0.082^{1/3}}\right) \quad (9)$$

$$FT = 0.137 > 0.10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \quad \therefore \text{Cumple}$$

### ***Tramo Calle El Laurel***

Este tramo, en específico, consume un caudal de agua previamente calculado de  $Q = 8.54$  l/s y es el de las viviendas de las comunidades de *El Laurel*, *El Carao*, *El Roble* y de la comandancia de Guararí, posee ya integrado el índice de agua no contabilizada (*IANC*), y no posee una fuente externa a la comunidad de estudio.

$$Q_{paro} = 0.80 * 8.540 \text{ l/s (1)}$$

$$Q_{paro} = 6.830 \text{ l/s}$$

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

$$Q_{par} = 6.830 + 0 + 0 \text{ (2)}$$

$$Q_{par} = 6.830 \text{ l/s}$$

Cálculo del  $Q_{min}$  y  $Q_{máx}$ :

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

$$Q_{min} = 1.2 * 6.830 + 0.25 \text{ (3)}$$

$$Q_{min} = 8.446 \text{ l/s}$$

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

$$Q_{max} = 6.830 * 1.8 + 0.25 \text{ (4)}$$

$$Q_{max} = 12.544 \text{ l/s}$$

FMD: Factor Máximo Horario = 1.2

FMH: Factor Máximo Diario = 1.8

$Q_{inf} = 0.25$  l/s/km para tubería con material de Concreto, *PVC*, *PEAD*.

(Valores tomados de la Norma técnica para el Diseño y Construcción de Sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y pluvial (2017, p. 18).



**Tabla 22.** Pendientes y capacidades mínimas de alcantarillas circulares para el cálculo del tramo Calle *El Laurel*.

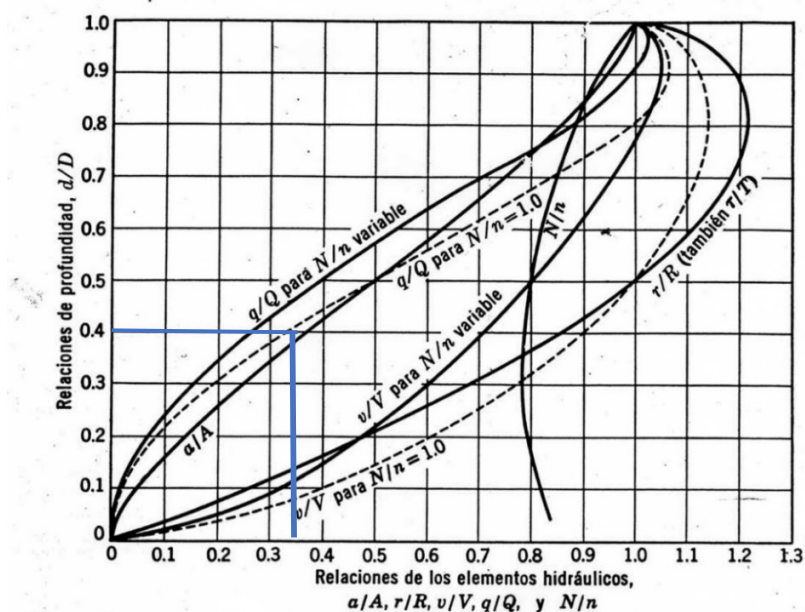
Diámetro (pulg.) (mm)	6 152	8 203	10 254	12 305	15 380	18 456	21 532	24 610
<b>V = 2.0 pps (0.61 mps)</b>								
S (‰)	4.89	3.33	2.48	1.94	1.44	1.13	0.923	0.775
Q (pcs)	0.393	0.698	1.09	1.57	2.45	3.53	4.81	6.28
Q (lps)	11.1	19.7	30.8	44.5	69	100	139	177
<b>V = 2.5 pps (0.75 mps)</b>								
S (‰)	7.64	5.20	3.88	3.06	2.25	1.74	1.44	1.21
Q (pcs)	0.491	0.873	1.36	1.96	3.07	4.42	6.01	7.85
Q (lps)	13.8	24.6	38.5	55.3	86.5	125	173	223
<b>V = 3.0 pps (0.91 mps)</b>								
S (‰)	11.0	7.50	5.58	4.37	3.24	2.54	2.08	1.74
Q (pcs)	0.589	1.05	1.64	2.36	3.68	5.30	7.22	9.42
Q (lps)	16.65	29.6	46.5	67.0	104	150	204	266
<b>V = 5.0 pps (1.52 mps)</b>								
S (‰)	30.5	20.8	16.1	12.2	9.00	6.96	5.76	4.84
Q (pcs)	0.982	1.75	2.73	3.93	6.14	8.84	12.0	15.7
Q (lps)	27.8	49.5	77.2	111	174	250	340	445

Fuente: Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales (I Edición), (2001).

Obteniendo como resultado para un caudal de 19.7 litros por segundo, que es mayor al Qparo, es necesario un diámetro de 203 milímetros, y una velocidad de 0.61m\*s.

$$\frac{q}{Q} = \frac{6.830}{19.7} = 0.35$$

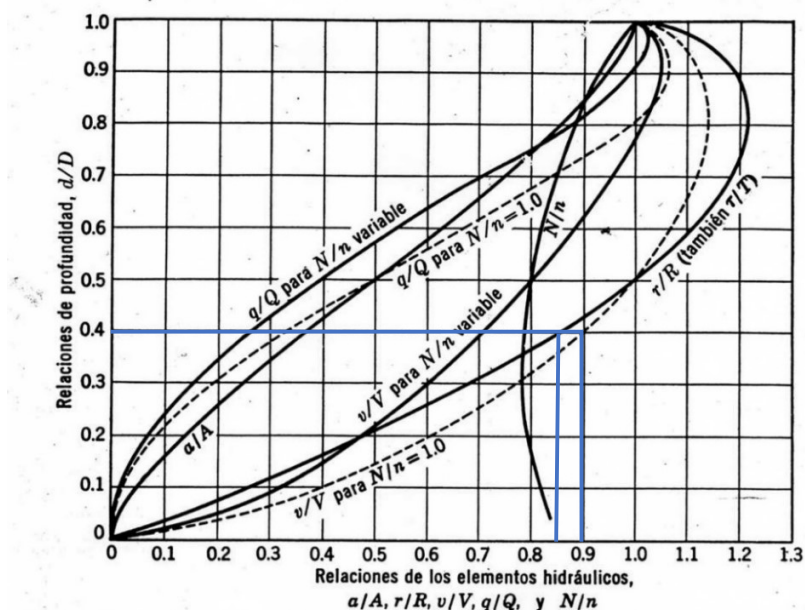
**Ilustración 23.** Gráfico de Elementos Hidráulicos básicos de albañales circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente para el cálculo de  $d/D$  en el tramo Calle *El Laurel*.



*Fuente:* Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales (I Edición), (2001).

$$\frac{d}{D} = 0.40 < 0.75 \therefore \text{Cumple}$$

**Ilustración 24.** Gráfico de Elementos Hidráulicos básicos de albañales circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente para el cálculo de  $v/V$  y  $rH/RH$  en el tramo Calle *El Laurel*.



*Fuente:* Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales (I Edición), (2001).

$$\frac{v}{V} = 0.9 \text{ y } \frac{rH}{RH} = 0.85$$

$$D = 0.203 \text{ m}$$

$$V_{\text{tabla}} = 0.61 \text{ m/s}$$

Cálculo de Velocidad:

$$v = \frac{v}{V} * (V_{\text{tabla}}) \quad (7)$$

$$v = 0.9 * (0.61) \quad (7)$$

$$v = 0.549 \text{ m/s}$$

Cálculo de Radio Hidráulico:

$$rH = \frac{rH}{RH} * (RH) \quad (8)$$

$$rH = 0.85 * \left(\frac{D}{4}\right) \quad (8)$$

$$rH = 0.85 * \left(\frac{0.203}{4}\right) \quad (8)$$

$$rH = 0.043 \text{ m}$$

Fuerza Tractiva del tramo Calle *El Laurel*, con  $n = 0.012$  PVC Corrugado.

$$FT = \rho \text{ agua} * \left(\frac{(n*v)^2}{rH^{1/3}}\right) \quad (9)$$

$$FT = 1000 * \left(\frac{(0.012*0.549)^2}{0.043^{1/3}}\right) \quad (9)$$

$$FT = 0.123 > 0.10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \therefore \text{Cumple}$$

### ***Tramo Avenida EL Carao***

Este tramo consume una cantidad de agua potable de  $Q = 35.05$  l/s, donde ya se toma en cuenta las fuentes externas provenientes de otras comunidades, por lo tanto, no requiere el cálculo especial del Qpar, ya que este es igual a Qparo, además de contar, al igual que todos los tramos a calcular, con el índice de agua no contabilizada (LANC) de un 50% más al caudal.

$$Q_{paro} = 0.80 * 35.05 \text{ l/s (1)}$$

$$Q_{paro} = 28.04 \text{ l/s (1)}$$

$$Q_{par} = Q_{paro} \text{ (2)}$$

Cálculo de  $Q_{mín}$  y  $Q_{máx}$ :

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

$$Q_{min} = 1.2 * 28.04 + 0.25 \text{ (3)}$$

$$Q_{min} = 33.90 \text{ l/s}$$

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

$$Q_{max} = 28.04 * 1.8 + 0.25 \text{ (4)}$$

$$Q_{max} = 50.72 \text{ l/s}$$

FMD: Factor Máximo Horario = 1.2

FMH: Factor Máximo Diario = 1.8

$Q_{inf} = 0.25 \text{ l/s/km}$  para tubería con material de Concreto, *PVC*, *PEAD*.

(Valores tomados de la Norma técnica para el Diseño y Construcción de Sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y pluvial (2017, p. 18).

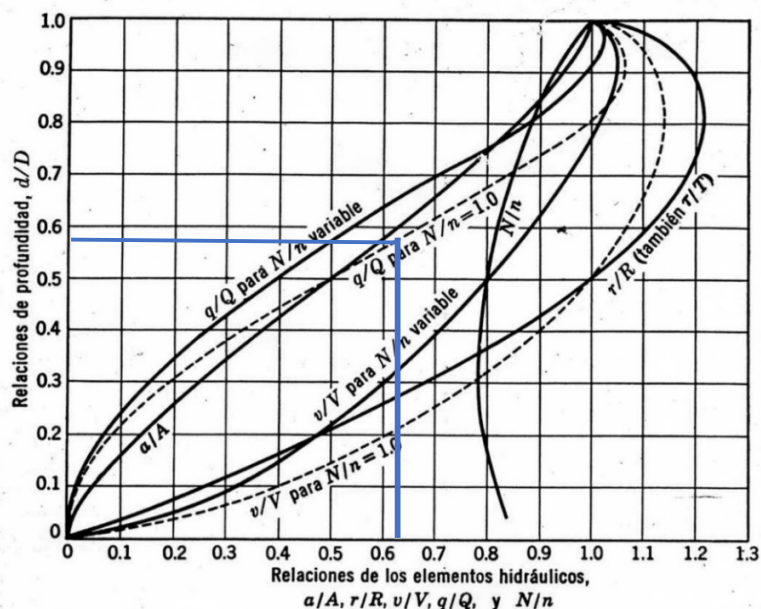
**Tabla 23.** Pendientes y capacidades mínimas de alcantarillas circulares para el cálculo del tramo Avenida *El Carao*.

Diámetro (pulg.) (mm)	6 152	8 203	10 254	12 305	15 380	18 456	21 532	24 610
<b>V = 2.0 pps (0.61 mps)</b>								
S (‰)	4.89	3.33	2.48	1.94	1.44	1.13	0.923	0.775
Q (pcs)	0.393	0.698	1.09	1.57	2.45	3.53	4.81	6.28
Q (lps)	11.1	19.7	30.8	44.5	69	100	139	177
<b>V = 2.5 pps (0.75 mps)</b>								
S (‰)	7.64	5.20	3.88	3.06	2.25	1.74	1.44	1.21
Q (pcs)	0.491	0.873	1.36	1.96	3.07	4.42	6.01	7.85
Q (lps)	13.8	24.6	38.5	55.3	86.5	125	173	223
<b>V = 3.0 pps (0.91 mps)</b>								
S (‰)	11.0	7.50	5.58	4.37	3.24	2.54	2.08	1.74
Q (pcs)	0.589	1.05	1.64	2.36	3.68	5.30	7.22	9.42
Q (lps)	16.65	29.6	46.5	67.0	104	150	204	266
<b>V = 5.0 pps (1.52 mps)</b>								
S (‰)	30.5	20.8	16.1	12.2	9.00	6.96	5.76	4.84
Q (pcs)	0.982	1.75	2.73	3.93	6.14	8.84	12.0	15.7
Q (lps)	27.8	49.5	77.2	111	174	250	340	445

Fuente: Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales (I Edición), (2001).

$$\frac{q}{Q} = \frac{28.04}{44.5} = 0.63$$

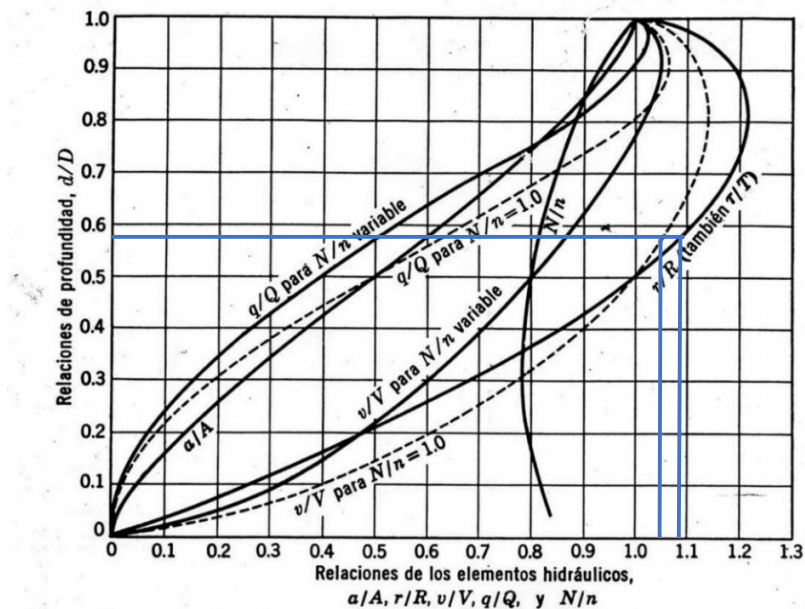
**Ilustración 25.** Gráfico de Elementos Hidráulicos básicos de albañales circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente para el cálculo de  $d/D$  en el tramo Avenida *El Carao*.



Fuente: Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales (I Edición), (2001).

$$\frac{d}{D} = 0.58 < 0.75 \therefore \text{Cumple}$$

**Ilustración 26.** Gráfico de Elementos Hidráulicos básicos de albañales circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente para el cálculo de  $v/V$  y  $rH/RH$  en el tramo Avenida *El Carao*.



Fuente: Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales (I Edición), (2001).

$$\frac{v}{V} = 1.05 \text{ y } \frac{rH}{RH} = 1.09$$

$$D = 0.305 \text{ m}$$

$$V_{\text{tabla}} = 0.61 \text{ m/s}$$

Cálculo de Velocidad:

$$v = \frac{v}{V} * (V_{\text{tabla}}) \quad (7)$$

$$v = 1.05 * (0.61) \quad (7)$$

$$v = 0.641 \text{ m/s}$$

Cálculo de Radio Hidráulico:

$$rH = \frac{rH}{RH} * (RH) \quad (8)$$

$$rH = 1.09 * \left(\frac{D}{4}\right) \quad (8)$$

$$rH = 1.09 * \left(\frac{0.305}{4}\right) \quad (8)$$

$$rH = 0.083 \text{ m}$$

Fuerza Tractiva para la avenida *El Carao*:

n = 0.012 PVC Corrugado.

$$FT = \rho \text{ agua} * \left(\frac{(n*v)^2}{rH^{1/3}}\right) \quad (9)$$

$$FT = 1000 * \left(\frac{(0.012*0.641)^2}{0.083^{1/3}}\right) \quad (9)$$

$$FT = 0.135 > 0.10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \therefore \text{Cumple}$$

Se logra corroborar, que se permite utilizar una tubería con un diámetro máximo de 380 milímetros, para el caudal de diseño solo utiliza el 40 % de la capacidad de la tubería, donde, según la Norma técnica para el Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial, se debe diseñar para un máximo del 75%, esto quiere significa, que la red posee una capacidad de recolectar los residuos de 6757 personas más para cumplir con el máximo establecido.

### ***Tramo Avenida El Sol***

El Tramo de tubería de la Avenida *El Sol* es el último en todo el sistema que recolecta todas las aguas provenientes de los otros diseños y de las comunidades al Norte de la estudiada, con destino hacia la planta o bomba al costado Sur de la Quebrada Guararí. Este posee un caudal de agua potable previamente calculado de Q=46.45 l/s donde ya se encuentra contemplado las fuentes externas y un 50% adicional que es el índice de agua, no contabilizada (IANC).

$$Q_{\text{paro}} = 0.80 * 46.45 \text{ l/s} \quad (1)$$

$$Q_{\text{paro}} = 37.16 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{par}} = Q_{\text{paro}} \quad (2)$$

$$Q_{\text{par}} = 37.16 \text{ l/s}$$

Cálculo del  $Q_{\min}$  y  $Q_{\max}$ :

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

$$Q_{\min} = 1.2 * 37.16 + 0.25 \quad (3)$$

$$Q_{\min} = 44.84 \text{ l/s}$$

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

$$Q_{\max} = 37.16 * 1.8 + 0.25 \quad (4)$$

$$Q_{\max} = 67.138 \text{ l/s}$$

FMD: Factor Máximo Horario = 1.2

FMH: Factor Máximo Diario = 1.8

$Q_{\text{inf}} = 0.25 \text{ l/s/km}$  para tubería con material de Concreto, PVC, PEAD.

(Valores tomados de la Norma técnica para el Diseño y Construcción de Sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y pluvial (2017, p. 18).

**Tabla 24.** Pendientes y capacidades mínimas de alcantarillas circulares para el cálculo del tramo Avenida *El Sol*.

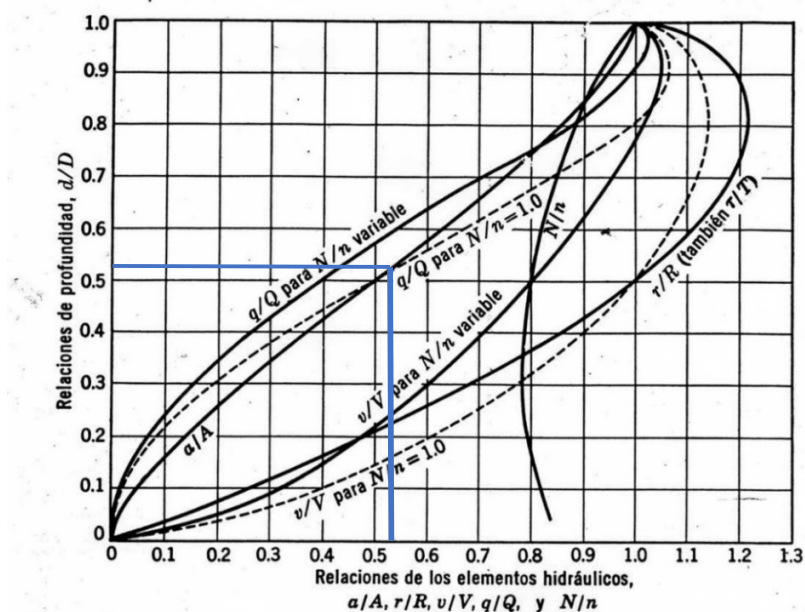
Diámetro (pulg.) (mm)	6 152	8 203	10 254	12 305	15 380	18 456	21 532	24 610
$V = 2.0 \text{ pps (0.61 mps)}$								
$S$ (‰)	4.89	3.33	2.48	1.94	1.44	1.13	0.923	0.775
$Q$ (pcs)	0.393	0.698	1.09	1.57	2.45	3.53	4.81	6.28
$Q$ (lps)	11.1	19.7	30.8	44.5	69	100	139	177
$V = 2.5 \text{ pps (0.75 mps)}$								
$S$ (‰)	7.64	5.20	3.88	3.06	2.25	1.74	1.44	1.21
$Q$ (pcs)	0.491	0.873	1.36	1.96	3.07	4.42	6.01	7.85
$Q$ (lps)	13.8	24.6	38.5	55.3	86.5	125	173	223
$V = 3.0 \text{ pps (0.91 mps)}$								
$S$ (‰)	11.0	7.50	5.58	4.37	3.24	2.54	2.08	1.74
$Q$ (pcs)	0.589	1.05	1.64	2.36	3.68	5.30	7.22	9.42
$Q$ (lps)	16.65	29.6	46.5	67.0	104	150	204	266
$V = 5.0 \text{ pps (1.52 mps)}$								
$S$ (‰)	30.5	20.8	16.1	12.2	9.00	6.96	5.76	4.84
$Q$ (pcs)	0.982	1.75	2.73	3.93	6.14	8.84	12.0	15.7
$Q$ (lps)	27.8	49.5	77.2	111	174	250	340	445

Fuente: Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales (I Edición), (2001).



$$\frac{q}{Q} = \frac{37.16}{69} = 0.538$$

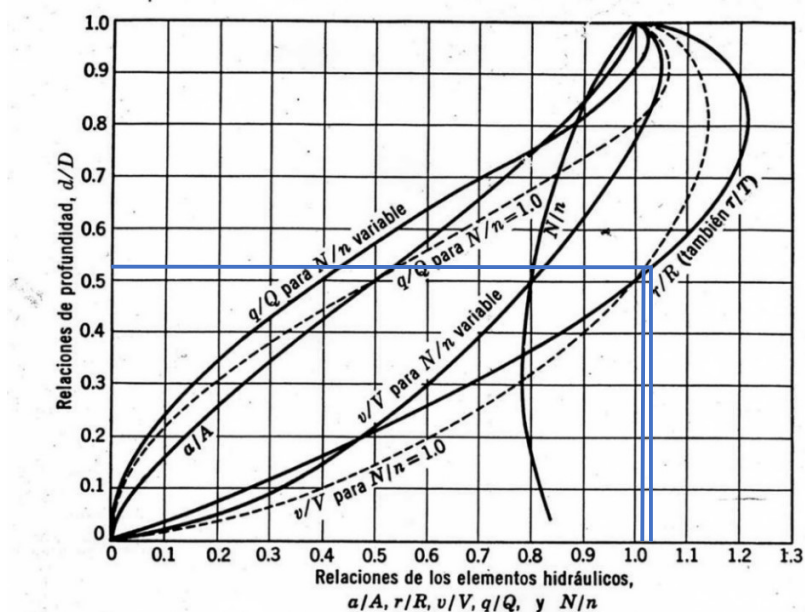
**Ilustración 27.** Gráfico de Elementos Hidráulicos básicos de albañales circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente para el cálculo de  $d/D$  en el tramo Avenida *El Sol*.



*Fuente:* Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales (I Edición), (2001).

$$\frac{d}{D} = 0.53 < 0.75 \therefore \text{Cumple}$$

**Ilustración 28.** Gráfico de Elementos Hidráulicos básicos de albañales circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente para el cálculo de  $v/V$  y  $rH/RH$  en el tramo Avenida *El Sol*.



*Fuente:* Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales (I Edición), (2001).

$$\frac{v}{V} = 1.02 \text{ y } \frac{rH}{RH} = 1.03$$

$$D = 0.380 \text{ m}$$

$$V_{\text{tabla}} = 0.61 \text{ m/s}$$

Cálculo de Velocidad:

$$v = \frac{v}{V} * (V_{\text{tabla}}) \quad (7)$$

$$v = 1.02 * (0.61) \quad (7)$$

$$v = 0.622 \text{ m/s}$$

Cálculo de Radio Hidráulico:

$$rH = \frac{rH}{RH} * (RH) \quad (8)$$

$$rH = 1.03 * \left(\frac{D}{4}\right) \quad (8)$$

$$rH = 1.03 * \left(\frac{0.380}{4}\right) \quad (8)$$

$$rH = 0.098 \text{ m}$$

Fuerza Tractiva del tramo final avenida *El Sol*:

$n = 0.012$  PVC Corrugado.

$$FT = \rho_{\text{agua}} * \left( \frac{(n*v)^2}{rH^{1/3}} \right) \quad (9)$$

$$FT = 1000 * \left( \frac{(0.012*0.622)^2}{0.098^{1/3}} \right) \quad (9)$$

$$FT = 0.121 > 0.10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \therefore \text{Cumple}$$

Completado los cálculos necesarios para las tuberías por donde transitan las aguas residuales de mayor caudal, se puede observar cómo al tomar en cuenta, la comunidad de La Esperanza que posee, 875 viviendas, dos locales comerciales que suman más de 93000 m<sup>2</sup> y un centro de estudio con capacidades de 650 estudiantes, generan un incremento del 62% del caudal original de la comunidad, creando así una modificación en los cálculos y toma de decisiones para la selección de una tubería de mayor diámetro. Al final de este proyecto, donde el tramo final recolecta las aguas de las tres comunidades, *El Roble*, *El Laurel* y *El Carao*, y la comunidad La Esperanza, ubicada al norte de las antes mencionadas, genera como resultado, la necesidad de utilizar e implementar una tubería de 375 milímetros de diámetro, en material *PVC Novafort* Reforzado.

### Resumen de diámetros obtenidos y propuesta de diámetros de *PVC Novafort*.

**Tabla 25.** Dimensiones básicas de tubería *Novafort* de *AMANCO*.

Diámetro nominal (Dn)		Diámetro interior Mínimo (Di)		Diámetro exterior Promedio (De)	
mm	Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Pulgadas
100	4	100.45	3.950	109.2	4.300
150	6	150.10	5.909	163.1	6.420
200	8	200.70	7.881	218.4	8.600
250	10	250.75	9.846	273.9	10.786
300	12	298.00	11.715	325.0	12.795
375	15	364.20	14.338	397.7	15.658
450	18	447.20	17.552	486.5	19.152
600	24	587.50	23.469	649.7	25.580

Fuente: *AMANCO*, 2013.

Todas las siguientes tuberías fueron preseleccionadas bajo los cálculos del diámetro interno máximo posible para los caudales obtenidos permitiendo utilizar opciones varias a partir del calculado, cumpliendo con el tirante hidráulico que debe ser el 0.75 del diámetro interno y también cumpliendo con la fuerza tractiva mínima de  $0.1 \text{ kg/m}^2$ .

**Tabla 26.** Tabla resumen de los diferentes tramos y sus diámetros nominales finales

	v (m/s)	rH (m)	FT (kg/m <sup>2</sup> )	D. Interno(mm)	D. Nominal seleccionado (mm)
Calle Nisperos	0.641	0.082	0.136	305	300
Calle El Laurel	0.519	0.046	0.108	203	200
Avenida El Carao	0.641	0.083	0.135	305	300
Avenida El Sol	0.622	0.098	0.121	380	375

### Pozos

Para el caso de los pozos de registro de cada carretera se presentan dos tablas donde cada una presenta un resumen de los análisis finales para su dimensionamiento, que se generó automáticamente en el programa *Civil3D* por medio de la construcción de las tuberías necesarias, sin embargo, se presenta una segunda tabla, en la cual, se muestran los pozos que se vieron obligados a su reubicación, esto debido a que algunas tuberías presentadas en este diseño se ubican en el centro de las calles o avenidas.

**Tabla 27.** Tabla de datos nuevos para pozos de registro de calles intervenidas.

Tramo	Dimensiones en (m) (Diámetro y altura)		Tipo de Pozos de registro	Ubicación*
<i>Calle Nisperos</i>				
Pozo C.N-1	1.6	5	Tipo E	0+000
Pozo C.N-2	1.6	1.8	Tipo B	0+080
Pozo C.N-3	2	3.8	Tipo F	0+160
Pozo C.N-4	1.6	4.2	Tipo B	0+217
<i>Avenida El Carao</i>				
Pozo A.C-1	1.8	1.8	Tipo E	0+000
Pozo A.C-2	1.6	2.4	Tipo B	0+040
Pozo A.C-3	1.6	4.5	Tipo D	0+109
Pozo A.C-4	1.8	2.8	Tipo E	0+134
Pozo A.C-5	1.8	1.8	Tipo F	0+227
Pozo A.C-6	1.6	2	Tipo A	0+299

**Tabla 28.** Tabla de datos nuevos para pozos de registro de calles intervenidas.

Tramo	Dimensiones en (m) (Diámetro y altura)		Tipo de Pozos de registro	Ubicación*
Calle El Laurel				
Pozo C.L-1	1.6	3	Tipo E	0+000
Pozo C.L-2	1.6	2.7	Tipo F	0+025
Pozo C.L-3	1.6	2.2	Tipo F	0+126
Pozo C.L-4	1.6	2.2	Tipo F	0+133
Pozo C.L-5	1.6	1.8	Tipo F	0+163
Pozo C.L-6	1.6	1.8	Tipo F	0+170
Pozo C.L-7	1.6	1.8	Tipo F	0+223
Pozo C.L-8	1.6	1.8	Tipo F	0+252
Pozo C.L-9	1.6	1.8	Tipo F	0+261
Pozo C.L-10	1.8	1.7	Tipo G	0+287
Servidumbre Quebrada Guararí				
Pozo Q.G-1	1.6	2.8	Tipo B	0+016
Pozo Q.G-2	1.6	2.9	Tipo D	0+039
Avenida El Sol				
Pozo A.S-1	1.8	2.4	Tipo B	0+000
Pozo A.S-2	2	3.8	Tipo F	0+040
Pozo A.S-3	1.8	3.5	Tipo B	0+075
Pozo A.S-4	1.8	2	Tipo D	0+179

\*Nota: Las distancias o estaciones presentadas en los recuadros representan las distancias utilizadas en cada tramo específico donde se ubican sus pozos respectivos en centro de carretera.

La tabla anterior recolecta toda la información de los nuevos diseños de alcantarillado sanitario que fueron intervenidos, mediante el cálculo de las nuevas tuberías para esta red, sin embargo, existen casos especiales que se vieron influenciados por el nuevo diseño a crear una mejora en los pozos de otras carreteras fuera del diseño, donde mediante la recolocación y análisis, se lograron ubicar pozos de registro en su debida zona como se encuentra establecido en la Norma, y además otros que fueron necesarios, ya que en ciertos tramos de la red antigua no se encontraban pozos en cambios de dirección de la tubería, de esta manera, se generó la siguiente tabla.

**Tabla 29.** Tabla resumen de reubicación de pozos

Tramo	Dimensiones en (m) (Diámetro y altura)		Tipo de Pozos de registro	Ubicación*
	Avenida Guararí			
Pozo A.G-6	1.4	1.4	Tipo C	0+352
	Calle Norte			
Pozo C.No-1	1.4	1.5	Tipo C	0+007
Pozo C.No-2	1.4	4.4	Tipo B	0+097
	Calle Sur			
Pozo C.S-1	1.4	2	Tipo B	0+012
Pozo C.S-2	1.4	1.7	Tipo B	0+066
Pozo C.S-3	1.4	1.5	Tipo C	0+147
	Calle Este			
Pozo C.E-1	1.4	1.8	Tipo D	0+053
Pozo C.E-2	1.4	1.65	Tipo B	0+065

\*Nota: Las distancias o estaciones presentadas en los recuadros representan las distancias utilizadas en cada tramo específico donde se ubican sus pozos respectivos.

### Presupuesto de Materiales

Durante la selección de los nuevos pozos y sus diferentes profundidades y la selección de las tuberías *PVC Novafort*, se realizó un presupuesto para la construcción e implementación del nuevo sistema con el diseño utilizado del programa de *Civil3D*. Toda obra inicia con el movimiento de tierras, ya sea de manera a crear el espacio para la instalación de la tubería y para remover el material sobrante excavado.

**Tabla 30.** Costos Movimiento de Tierra Total

					Cambio	\$	615	
PRESUPUESTO DETALLADO								
N°	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT.	PRECIO	PRECIO	RESUMEN DE COSTOS		
				UNIT €	UNIT \$	TOTAL	CONTRATO	
					€	\$	€	\$
<b>MOVIMIENTOS DE TIERRA TOTAL</b>								
<b>SUMA DE MATERIALES</b>								
1	Material por Cortar	m <sup>3</sup>	3,207.0	€9,500.00	\$15.45	€30,466,358	\$49,538.79	
2	Material por Botar	m <sup>3</sup>	1,356.6	€9,500.00	\$15.45	€12,887,577	\$20,955.41	
<b>SUMA DE MANO DE OBRA*</b>						€12,887,577	\$20,955.41	

\*Nota: Son montos demostrativos, con el único fin de conocer el valor de la actividad.

**Tabla 31.** Costos de tuberías *PVC Novafort*

N°	Descripción	Unid	Cant.	Precio Unit ¢	Precio Unit \$	Resumen de costos			
						Total		Contrato	
						¢	\$	¢	\$
<b>TUBERIAS TOTAL</b>									
1	tubo PVC Novafort (200 mm)	und	50	¢189,000	\$307.32	¢9,450,000	\$15,365.85	¢0	\$0
2	tubo PVC Novafort (300 mm)	und	136	¢346,000	\$562.60	¢47,056,000	\$76,513.82	¢0	\$0
3	tubo PVC Novafort (375 mm)	und	7	¢456,500	\$742.28	¢3,195,500	\$5,195.93	¢0	\$0
<b>SUMA DE MATERIALES</b>						<b>¢59,701,500</b>	<b>\$97,076</b>	<b>¢0</b>	<b>\$0</b>

**Tabla 32.** Costos de material Subbase, Base, Carpeta de Asfalto.

N°	Descripción	Unid	Cant.	Precio Unit ¢	Precio Unit \$	Resumen de costos			
						Total		Contrato	
						¢	\$	¢	\$
<b>SUB BASE, BASE Y CARPETEO TOTAL</b>									
1	Carpeta	ton	151.93	¢97,048	\$157.80	¢14,744,184	\$23,974.28	¢0	\$0
2	Cama*	m <sup>3</sup>	172.64	¢41,000	\$66.67	¢7,078,404	\$11,509.60	¢0	\$0
3	Sobre Relleno*	m <sup>3</sup>	345.29	¢41,000	\$66.67	¢14,156,808	\$23,019.20	¢0	\$0
4	Sub Base*	m <sup>3</sup>	230.19	¢41,000	\$66.67	¢9,437,872	\$15,346.13	¢0	\$0
5	Base*	m <sup>3</sup>	230.19	¢41,000	\$66.67	¢9,437,872	\$15,346.13		
<b>SUMA DE MATERIALES</b>						<b>¢54,855,140</b>	<b>\$89,195.35</b>	<b>¢0</b>	<b>\$0</b>

\*Nota: Los datos de los materiales están inflados debido a la variabilidad de los montos de los agregados entre varias empresas.

Para las siguientes tablas se subdividieron con respecto de la profundidad de los pozos, además a cada suma de materiales de pozos al final se multiplican por la cantidad requerida para el proyecto.

**Tabla 33.** Costos de materiales de los Pozos

N°	Descripción	Unid	Cant.	Precio Unit ¢	Precio Unit \$	resumen de costos			
						total		contrato	
						¢	\$	¢	\$
<b>POZOS 1.7m</b>									
1	Concreto 225 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	2.01	¢74,000	\$120.33	¢149,106	\$242.45	¢0	\$0
2	Varillas #3	und	32.00	¢2,240	\$3.64	¢71,680	\$116.55	¢0	\$0
3	Varillas #5	und	9.00	¢6,190	\$10.07	¢55,710	\$90.59	¢0	\$0
4	Alambre negro	kg	10.00	¢860	\$1.40	¢8,600	\$13.98	¢0	\$0
<b>SUMA DE MATERIALES (UN POZO)</b>						¢285,096	\$463.57	¢0	\$0
<b>POZOS 1.8m</b>									
1	Concreto 225kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	2.1	¢74,000	\$120.33	¢154,462	\$251.16	¢0	\$0
2	Varillas #3	und	35.0	¢2,240	\$3.64	¢78,400	\$127.48	¢0	\$0
3	Varillas #5	und	9.0	¢6,190	\$10.07	¢55,710	\$90.59	¢0	\$0
4	Alambre negro	kg	10.00	¢860	\$1.40	¢8,600	\$13.98	¢0	\$0
<b>SUMA DE MATERIALES (UN POZO)</b>						¢297,172	\$483.21	¢0	\$0
<b>POZOS 2m</b>									
1	Concreto 225kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	2.3	¢74,000	\$120.33	¢172,949	\$281.22	¢0	\$0
2	Varillas #3	und	33.0	¢2,240	\$3.64	¢73,920	\$120.20	¢0	\$0
3	Varillas #5	und	8.0	¢6,190	\$10.07	¢49,520	\$80.52	¢0	\$0
4	Alambre negro	kg	10.00	¢860	\$1.40	¢8,600	\$13.98	¢0	\$0
<b>SUMA DE MATERIALES (UN POZO)</b>						¢304,989	\$495.92	¢0	\$0
<b>POZOS 2.2m</b>									
1	Concreto 225kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	2.1	¢74,000	\$120.33	¢152,788	\$248.44	¢0	\$0
2	Varillas #3	und	36.0	¢2,240	\$3.64	¢80,640	\$131.12	¢0	\$0
3	Varillas #5	und	8.0	¢6,190	\$10.07	¢49,520	\$80.52	¢0	\$0
4	Alambre negro	kg	10.00	¢860	\$1.40	¢8,600	\$13.98	¢0	\$0
<b>SUMA DE MATERIALES (UN POZO)</b>						¢291,548	\$474.06	¢0	\$0
<b>POZOS 2.4m</b>									
1	Concreto 225kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	2.5	¢74,000	\$120.33	¢186,600	\$303.41	¢0	\$0
2	Varillas #3	und	43.0	¢2,240	\$3.64	¢96,320	\$156.62	¢0	\$0
3	Varillas #5	und	9.0	¢6,190	\$10.07	¢55,710	\$90.59	¢0	\$0
4	Alambre negro	kg	15.00	¢860	\$1.40	¢12,900	\$20.98	¢0	\$0
<b>SUMA DE MATERIALES (UN POZO)</b>						¢351,530	\$571.59	¢0	\$0



**Tabla 34.** Costos de materiales de los Pozos

<b>POZOS 2.8m</b>									
1	Concreto 225kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	2.8	¢74,000	\$120.33	¢208,025	\$338.25	¢0	\$0
2	Varillas #3	und	48.0	¢2,240	\$3.64	¢107,520	\$174.83	¢0	\$0
3	Varillas #5	und	9.0	¢6,190	\$10.07	¢55,710	\$90.59	¢0	\$0
4	Alambre negro	kg	15.00	¢860	\$1.40	¢12,900	\$20.98	¢0	\$0
<b>SUMA DE MATERIALES (UN POZO)</b>						¢384,155	\$624.64	¢0	\$0
<b>POZOS 2.9m</b>									
1	Concreto 225kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	2.5	¢74,000	\$120.33	¢186,377	\$303.05	¢0	\$0
2	Varillas #3	und	44.0	¢2,240	\$3.64	¢98,560	\$160.26	¢0	\$0
3	Varillas #5	und	8.0	¢6,190	\$10.07	¢49,520	\$80.52	¢0	\$0
4	Alambre negro	kg	15.00	¢860	\$1.40	¢12,900	\$20.98	¢0	\$0
<b>SUMA DE MATERIALES (UN POZO)</b>						¢347,357	\$564.81	¢0	\$0
<b>POZOS 3m</b>									
1	Concreto 225kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	2.58	¢74,000	\$120.33	¢191,175	\$310.85	¢0	\$0
2	Varillas #3	und	44	¢2,240	\$3.64	¢98,560	\$160.26	¢0	\$0
3	Varillas #5	und	8	¢6,191	\$10.07	¢49,528	\$80.53	¢0	\$0
4	Alambre negro	und	15	¢860	\$1.40	¢12,900	\$20.98	¢0	\$0
<b>SUMA DE MATERIALES (UN POZO)</b>						¢352,163	\$572.62	¢0	\$0
<b>POZOS 3.5m</b>									
1	Concreto 225kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	2.9	¢74,000	\$120.33	¢215,167	\$349.86	¢0	\$0
2	Varillas #3	und	51.0	¢2,240	\$3.64	¢114,240	\$185.76	¢0	\$0
3	Varillas #5	und	8.0	¢6,190	\$10.07	¢49,520	\$80.52	¢0	\$0
4	Alambre negro	kg	15.00	¢860	\$1.40	¢12,900	\$20.98	¢0	\$0
<b>SUMA DE MATERIALES (UN POZO)</b>						¢391,827	\$637.12	¢0	\$0
<b>POZOS 3.6m</b>									
1	Concreto 225kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	3.0	¢74,000	\$120.33	¢219,965	\$357.67	¢0	\$0
2	Varillas #3	und	53.0	¢2,240	\$3.64	¢118,720	\$193.04	¢0	\$0
3	Varillas #5	und	8.0	¢6,190	\$10.07	¢49,520	\$80.52	¢0	\$0
4	Alambre negro	kg	15.00	¢860	\$1.40	¢12,900	\$20.98	¢0	\$0
<b>SUMA DE MATERIALES</b>						¢401,105	\$652.20	¢0	\$0

**Tabla 35.** Costos de materiales de los Pozos

<b>POZOS 3.8m</b>									
1	Concreto 225kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	4	¢74,000	\$120.33	¢294,730	\$479.24	¢0	\$0
2	Varillas #3	und	68	¢2,240	\$3.64	¢152,320	\$247.67	¢0	\$0
3	Varillas #5	und	9	¢6,190	\$10.07	¢55,710	\$90.59	¢0	\$0
4	Alambre negro	kg	25	¢860	\$1.40	¢21,500	\$34.96	¢0	\$0
<b>SUMA DE MATERIALES</b>						¢524,260	\$852.46	¢0	\$0
<b>POZOS 4m</b>									
1	Concreto 225kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	4.1	¢74,000	\$120.33	¢306,558	\$498.47	¢0	\$0
2	Varillas #3	und	7	¢2,240	\$3.64	¢156,800	\$254.96	¢0	\$0
3	Varillas #5	und	9	¢6,190	\$10.07	¢55,710	\$90.59	¢0	\$0
4	Alambre negro	kg	25	¢860	\$1.40	¢21,500	\$34.96	¢0	\$0
<b>SUMA DE MATERIALES</b>						¢540,568	\$878.97	¢0	\$0
<b>POZOS 4.2m</b>									
1	Concreto 225kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	3.4	¢74,000	\$120.33	¢248,755	\$404.48	¢0	\$0
2	Varillas #3	und	60.0	¢2,240	\$3.64	¢134,400	\$218.54	¢0	\$0
3	Varillas #5	und	8.0	¢6,190	\$10.07	¢49,520	\$80.52	¢0	\$0
4	Alambre negro	kg	20	¢860	\$1.40	¢17,200	\$27.97	¢0	\$0
<b>SUMA DE MATERIALES</b>						¢449,875	\$731.50	¢0	\$0
<b>POZOS 4.5m</b>									
1	Concreto 225kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	3.6	¢74,000	\$120.33	¢263,150	\$427.89	¢0	\$0
2	Varillas #3	und	64.0	¢2,240	\$3.64	¢143,360	\$233.11	¢0	\$0
3	Varillas #5	und	8.0	¢6,190	\$10.07	¢49,520	\$80.52	¢0	\$0
4	Alambre negro	kg	25.0	¢860	\$1.40	¢21,500	\$34.96	¢0	\$0
<b>SUMA DE MATERIALES</b>						¢477,530	\$776.47	¢0	\$0
<b>POZOS 5m</b>									
1	Concreto 225 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	3.9	¢74,000	\$120.33	¢287,142	\$466.90	¢0	\$0
2	Varillas #3	und	69.0	¢2,240	\$3.64	¢154,560	\$251.32	¢0	\$0
3	Varillas #5	und	8.0	¢6,190	\$10.07	¢49,520	\$80.52	¢0	\$0
4	Alambre negro	kg	25.00	¢860	\$1.40	¢21,500	\$34.96	¢0	\$0
<b>SUMA DE MATERIALES</b>						¢512,722	\$833.69	¢0	\$00

En la parte final de esta suma de materiales, el monto final total de los pozos, multiplicado respectivamente por su cantidad necesaria, además se añadió una tabla adicional con la cantidad de personal que será contratado para la construcción del proyecto.

**Tabla 36.** Montos de personal requerido para el proyecto

N°	Descripción	Unid	Cant.	Precio Unit ¢	Precio Unit \$	resumen de costos			
						total		contrato	
						¢	\$	¢	\$
<b>PERSONAL</b>									
1	Peón	día	70*	¢15,000	\$24.39	¢1,050,000	\$1,707.32	¢0	\$0
2	Peón	día	70*	¢15,000	\$24.39	¢1,050,000	\$1,707.32	¢0	\$0
3	Peón	día	70*	¢15,000	\$24.39	¢1,050,000	\$1,707.32	¢0	\$0
4	Peón	día	70*	¢15,000	\$24.39	¢1,050,000	\$1,707.32	¢0	\$0
5	Peón	día	70*	¢15,000	\$24.39	¢1,050,000	\$1,707.32	¢0	\$0
6	Peón	día	70*	¢15,000	\$24.39	¢1,050,000	\$1,707.32	¢0	\$0
<b>SUMA DE MANO DE OBRA</b>						¢6,300,000	\$ 10,243.90	¢0	\$0

Nota: Los datos sobre la cantidad de días a laborar son una aproximación al tiempo de realización que utiliza la empresa.

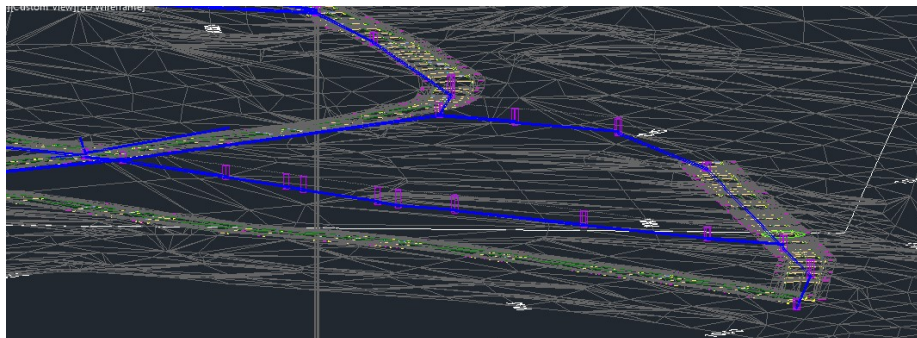
La siguiente tabla muestra, los costos finales del proyecto en general, donde se contemplan los materiales, mano de obra, contratos (hace referencia a los posibles contratos con personas externas, en este caso, la maquinaria y vehículos para transporte de material residual generado dentro del proyecto), directos (costos totales de todo lo anterior).

**Tabla 37** Costos Totales aproximados del Proyecto

Costos Totales en Colones (¢)		Costos Totales en Dólares(\$)	
MATERIAL	¢124,272,788	MATERIAL	\$ 202,069.57
MANO OBRA	¢6,300,000	MANO OBRA	\$ 10,243.90
CONTRATOS	¢12,887,577	CONTRATOS	\$ 20,955.41
DIRECTOS	¢143,460,365	DIRECTOS	\$ 233,269.88
TOTAL	¢286,920,729	TOTAL	\$466,539

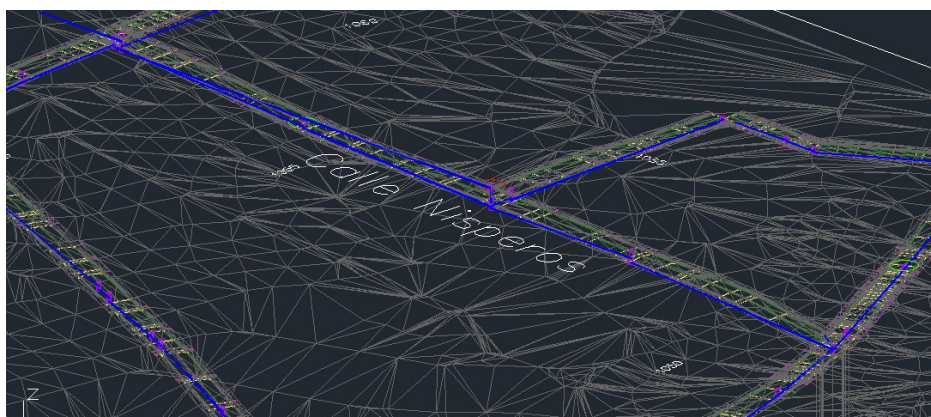
## Análisis de Resultados

**Ilustración 29.** Diseño de la nueva Red de Alcantarillado Sanitario con el programa *Civil3D* para la Avenida *El Sol* y la comunidad de *El Roble*.



Los datos obtenidos, luego de sus cálculos respectivos, se logra observar que, la estructura de la red de alcantarillado existente sobre carretera como lo establece la norma se encuentra en regla, por lo cual, se confirma que el diámetro que se encuentra en la mayoría de los lugares analizados, mediante los estudios previos cumple con lo establecido en la Norma del *AyA*, que indica que la fuerza tractiva de cualquier tramo de tubería para aguas de saneamiento no debe ser menor al  $0,1 \text{ kg/m}^2$ .

**Ilustración 30.** Diseño de la red de alcantarillado Sanitario con el programa *Civil3D* para la calle Nísperos.



Sin embargo, a medida que se realiza un análisis de las tuberías existentes con sus medidas de 200 a 375 milímetros y con respecto de los cálculos hechos, se logra realizar una comparativa en la situación del lugar sin tomar en cuenta que, a pesar de que las tuberías existentes son más

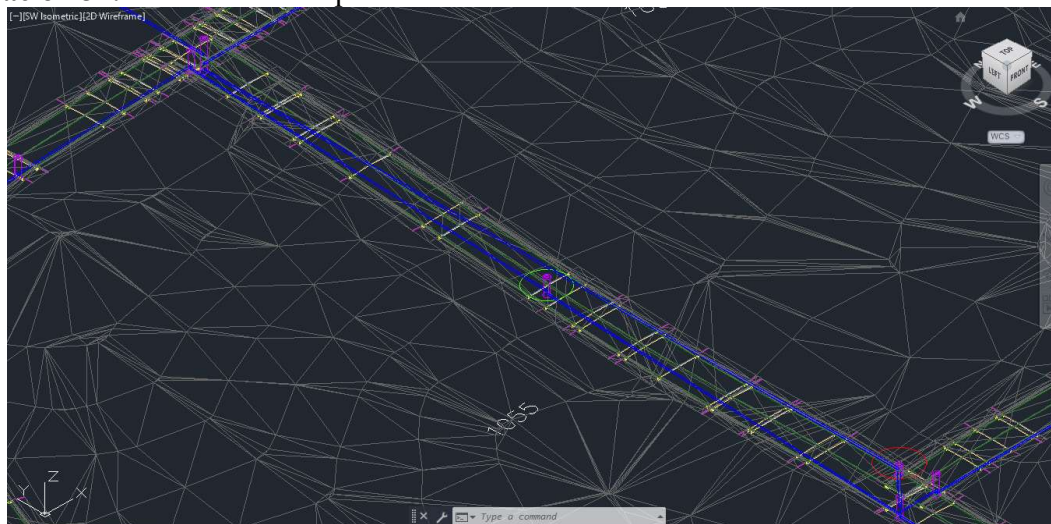
grandes, no está cumpliendo de alguna manera, por lo tanto, el sistema sigue presentando fallas de rebalse.

Tabla 38 Tabla Comparativa de los diámetros existentes y los diseñados en el proyecto.

<b>Alcantarillado Sanitario actual vs Alcantarillado Sanitario del proyecto</b>		
Tuberías con diámetros internos en milímetros.		
<b>Calle Nísperos</b>	298, 364.20	305
<b>Calle El Laurel</b>	364.2	203
<b>Avenida El Carao</b>	200.7, 298	305
<b>Avenida El Sol</b>	200.7	375

A partir de un exhaustivo análisis, como se observa en la tabla anterior, los diámetros existentes en algunos casos son superiores a los de diseño del proyecto con los datos de las viviendas y locales comerciales actuales, como lo son los casos especiales de calle Nísperos que presenta un aumento considerable en el diámetro de la tubería, esto debido a que en ella proceden a bajar dos tuberías de diámetros distintos con un mismo punto de llegada, en el tramo 0+000 al tramo 0+160 del plano de *Civil3D* como se muestra en la siguiente imagen.

**Ilustración 31.** Detalle calle Nísperos.



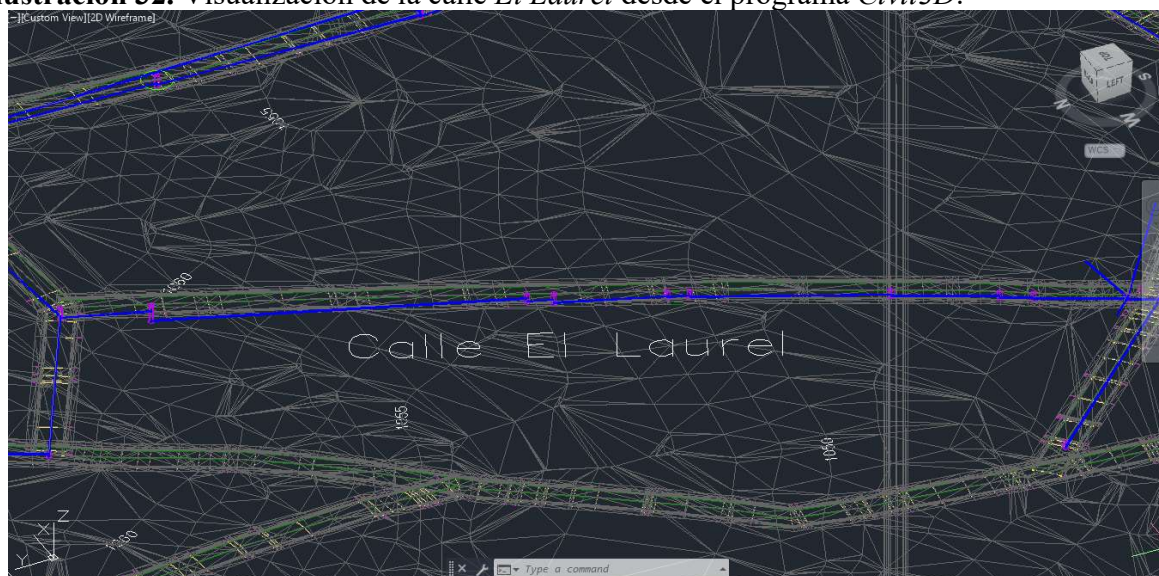
Dando lugar al uso de diferentes tamaños, pero se llega a la conclusión, de que la tubería necesaria a intervenir es la del costado este, debido a que es la que se encuentra conectada con las



aguas residuales de las comunidades y locales comerciales ubicados al norte, siendo necesario el uso de tubería *PVC Novafort* con un diámetro nominal de 300 milímetros.

En el caso del tramo de calle *El Laurel* en los resultados obtenidos, se logra observar que el caudal a transportar es considerablemente inferior al de los otros diseños, ya que por este tramo del sistema de alcantarillado sanitario no se ve afectado por el transporte de las aguas residuales de las comunidades superiores, como se mostró en la propuesta 4. Dando como resultado el uso de tubería de más de 100 milímetros inferior necesaria, a diferencia de los otros diseños, siendo esta la principal dentro del diseño general del alcantarillado sanitario, ya que por consideraciones de las elevaciones todas las salidas de las redes internas dentro de las comunidades de *El Laurel* y *El Carao* desembocan en esta, pero aun así siendo la partícipe de la recolección de residuos de más de 465 viviendas ( siendo estas seleccionadas por encontrarse debidamente dentro de la red de consumo de agua potable de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia).

**Ilustración 32.** Visualización de la calle *El Laurel* desde el programa *Civil3D*.



En el pozo final de la calle *El Laurel* donde conecta con la avenida *El Carao*, se requiere el uso de la *PVC Novafort* de 200 milímetros. Sin embargo, al utilizar el programa *Civil3D*, estos no contemplan la utilización de pozos de diámetro 1.6 m, como lo establece la norma en el caso de poseer dos caídas de agua residual de entrada, por lo tanto, se utiliza solo para fines ilustrativos la aproximación de 1.5 m de diámetro interno de los pozos.

En el caso de la avenida *El Carao*, ubicada al sur de la comunidad *El Carao* y *El Laurel*, y al Norte de la comunidad *El Roble*, presenta un diseño complejo esto, debido a que por las variaciones en las dimensiones de las carreteras y las elevaciones del terreno, se encuentra diseñado para transportar las aguas de Calle *El Laurel* por *El Roble*, con la intención de evitar la acumulación excesiva de aguas residuales entre la calle *El Laurel* anteriormente explicada que desemboca en el pozo ubicado en 0+227 y las provenientes de las comunidades superiores a las de estudio que viajan por la calle *Nisperos* desfogando en la avenida *El Carao* en el tramo 0+000 tomando la salida en el tramo 0+134, donde el diseño presenta una mejora en una tubería que no se encuentra definida en los planos actuales, para una toma o salida mediante 2 pozos que se encuentran dentro de una alameda, llegando a unirse en el tramo 0+179 de la avenida *El Sol*, dando lugar a que esta avenida utilice un diámetro nominal de 300 milímetros según los cálculos previos.

**Ilustración 33.** Tramo de Conexión de la calle *El Laurel* y calle *Nisperos* con la avenida *El Carao*.



En el caso de la avenida *El Sol*, donde se terminan de reunir todas las aguas residuales, estas transitan por dos sectores, por la alameda que se ubica en el centro de la comunidad de *El Roble*, y finaliza en 0+075 y en la parte final de la avenida que proviene de una tubería que se ubica, a través de viviendas en 0+179, según el plano del programa Civil3D, dando lugar a la tubería de mayor diámetro de toda la red, con un tamaño nominal de 375 milímetros.

**Ilustración 34.** Visualización del alcantarillado sanitario en la avenida *El Sol*



Por otro lado, en el diseño de la nueva red, se evidenció la necesidad de crear soluciones acordes a la norma, esto debido, a que el sistema antiguo de alcantarillado sanitario presenta una construcción irregular, debajo de casas de habitación y aceras aledañas a las calles utilizadas en el nuevo diseño, por lo tanto, se mostrará una tabla con las ubicaciones adecuadas de los pozos y sus dimensiones según el plano del programa *Civil 3D*.

No obstante, fue necesario presentar dos propuestas por separado sobre la selección de pozos, en la primera se indicaron las calles donde se generó un análisis y diseño para las nuevas tuberías con respecto del caudal teórico, proveniente del cálculo de consumo de agua potable de las comunidades estudiadas y las aguas provenientes de la comunidad del norte; la segunda se generó debido a la construcción de los pozos en las calles y avenidas, en donde no fue necesario efectuar un diseño para sus tuberías de alcantarillado sanitario por el poco consumo de las viviendas existentes en cada tramo analizado. Tanto las tuberías como los pozos, incumplen con la ubicación como está señalado en la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial (2017) que estrictamente indica que: “Las tuberías para redes terciarias se deben ubicar en el centro de las avenidas y calles respectivamente, a una profundidad mínima de 1,20 m desde la rasante de la calle hasta la corona del tubo” (p. 42). Por lo tanto, resultó necesario generar la tabla resumen de los pozos de su nueva ubicación, así como el presupuesto para cada calle y avenida.



## Conclusiones

El proyecto de mejora para la comunidad de Guararí genera una cantidad considerable de información donde se logró determinar los siguientes parámetros:

1. La población presente en el censo o en los estudios realizados por el profesional, Hernán Camacho en el 2018, donde se contabiliza una población de 15918 habitantes, luego de ser multiplicado por el factor de habitantes/vivienda, se determina que, 3 años más tarde, la población general de la comunidad de Guararí, solo incrementará en un 3.9 %, no obstante, se conoce la situación socioeconómica del sitio, dando como referencia, que las posibilidades de conexiones de manera ilícitas aumenten a las actuales, que no han sido posible sus hallazgos respectivos; donde cada detalle que se genere una nueva conexión aumenta el riesgo de que el sistema de alcantarillado sanitario dentro de las alamedas de *El Carao* y *El Laurel* provoquen un rebalse constante, como se ve reflejado en los reportes mensuales dentro de la empresa.
2. Al explicar y desarrollar el método utilizado para el cálculo de las tuberías, se muestra la posibilidad de entrar en fallo en casos críticos cuando el caudal, aunque cumpla con los estándares de la tubería, posee la última y más importante verificación que es la fuerza tractiva, ya que, de no poseer el mínimo establecido, es necesario la selección de una tubería de inferior diámetro.
3. Sin embargo, se logra determinar de manera satisfactoria, que la mayoría de las tuberías diseñadas para los tramos de las calles *El Laurel*, la avenida *El Carao* y la Calle Nísperos, posee una capacidad superior para el tránsito de mayor caudal, donde la mayoría presenta la cualidad de llevar hasta un 50 % adicional de aguas residuales a las diseñadas.
4. Dentro del presupuesto presentado se detalla que las actividades a realizar poseen montos altos esto debido a la mano de obra que incrementa los costos de manera significativa, no obstante, como se explica en el análisis de resultados, los datos son simplemente ilustrativos ya que el motivo de su muestra es para lograr observar los ahorros posibles al poseer la maquinaria y mano de obra sin tener que evidenciar la necesidad de generar subcontratos.
5. Se logra encontrar dos posibles causas a la problemática donde se determina que la cause de estas, no es por las aguas residuales ordinarias generadas por los habitantes de todo ese sector del Cantón de Heredia, sino que es debido a:

- las conexiones ilícitas de casas de habitación y locales comerciales y otros en la zona donde no se logran registrar ni ubicar de manera correcta con la empresa, dentro de las comunidades de *El Roble*, *El Laurel* y *El Carao*.
- Las conexiones ilícitas de casas de habitación, locales comerciales y otros en el desfogue de sus aguas pluviales esto debido a que, no se presenta un debido alcantarillado pluvial dentro de las alamedas o comunidades, como lo son *El Carao* y *El Roble*.

### Recomendaciones

La comunidad estudiada presenta variables de inestabilidad en la toma de decisiones o acciones, lo cual permite o genera acciones ilícitas, provocando irregularidades en el sistema de la empresa. Algunas soluciones que se vieron viables para su estudio o realización son las siguientes:

- Generar un nuevo mapa en el programa de facilidad utilizado por la empresa, lo cual permita de manera completa la toma de datos, o actualizar la fuente actual de información del programa.
- Crear un mapa de irregularidades o afectaciones dentro de las comunidades, ya sea *El Laurel* o *El Carao*, para su debido proceso de revisión y atención rápida, para su debido cumplimiento con la normativa vigente.
- Inspeccionar las áreas de afectación con ayuda de la municipalidad correspondiente de la zona para la verificación del cumplimiento correcto del desfogue de tuberías sea solo para las de aguas residuales, evitando las conexiones ilícitas de aguas domésticas o aguas de lluvia.
- Analizar el sector de mayor concentración de daños, para la verificación de conexiones irregulares de agua potable, por lo cual, se afecta directamente la red de alcantarillado sanitario, debido a que, al no poseer registro de sus consumos dentro de la empresa, se perjudica el análisis de datos de manera efectiva del consumo de agua y su debido cálculo para el diseño de la tubería de desechos residuales ordinarios.

## Bibliografía

### Libros

Fair, G.M. Geyer, J.C. Okun, D.A. (2001). *Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales (Volumen 1)*. Editorial Limusa.

Mott, R. L. (2006). *Mecánica de fluidos (6a. ed.)*. Pearson Educación.

Pérez Carmona, R. (2019). *Diseño y construcción de alcantarillados de aguas residuales, pluvial y drenaje en carreteras (2a. ed.)*. Ecoe Ediciones.

Sánchez Segura, A. (2001). *Proyecto de sistemas de alcantarillado*. Instituto Politécnico Nacional.

### Tesis o Proyectos

Angulo, F. (2013). *Manejo, disposición y desecho de las aguas residuales en Costa Rica*. Costa Rica: Estado de la Nación

Gil Espadas, Gema de la Soledad. *Renovación de red de saneamiento en Calle Saavedra Fajardo, San Ginés (Murcia)*. Universidad Politécnica de Cartagena, 2019.

González, R. (2014). Proyecto de rehabilitación urbana y del equipamiento social, en la comunidad de Guararí, Heredia. [Proyecto de Graduación, Universidad de Costa Rica]

Méndez, R. (2005). *Diseño preliminar del alcantarillado sanitario para la ciudad de San Ramón*. [Proyecto de graduación, Universidad de Costa Rica]

Padilla, F.; Gutiérrez, P. y Velásquez, S. (2011). *PROPUESTA DE PLAN DE INTERVENCIÓN PARALA COMUNIDAD DEGUARARÍ*. Ministerio de vivienda y asentamientos humanos. [pdf.]

Terán, R. (2013). Diseño del alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de la comunidad el Sinche, Cantón Guaranda, provincia de Bolívar. [Tesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]

### Leyes o Normas

DECRETO EJECUTIVO No 38924-S Reglamento para la calidad del Agua Potable. LA GACETA, 2015.

Norma Técnica Para Diseño y Construcción de Sistemas De Abastecimiento De Agua Potable, De Saneamiento Y Pluvial. La Gaceta n°180, 22 de setiembre de 2017.

Normas De Ubicación De Sistemas De Tratamiento De Aguas Residuales No. 21518-S. La Gaceta No. 178, 16 de setiembre de 1992.

Política nacional del saneamiento de aguas residuales. MINAE, 2016.

Política Nacional de Agua Potable de Costa Rica, 2017-2030. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2016.

Reforma Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales y Reglamento General para el Otorgamiento de Permisos de Funcionamiento del Ministerio de Salud N.º 36304 S-MINAET, La Gaceta, 2010.

Reglamento De Reúso Y Vertido De Aguas Residuales Decreto Ejecutivo N.º 33601. La Gaceta, 19 de marzo de 2007.

Reglamento para la operación y administración del Alcantarillado Sanitario y Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales del Cantón de la Unión. La Gaceta, 13 de octubre de 2012.

Dirección *Web*

Camacho, Hernán. (2018). *Cartografía participativa y nivel del deterioro de los servicios urbanos: Caso de estudio del barrio Guararí de Heredia, Costa Rica*. Recuperado de: <https://medium.com/revista-geofacies/cartograf%C3%ADa-participativa-y-nivel-del-deterioro-de-los-servicios-urbanos-caso-de-estudio-del-9bcee1857dd7>

Contraloría General de la República, 2000. Fiscalización sobre el tratamiento de los desechos líquidos domésticos. Recuperado de: [https://cgrfiles.cgr.go.cr/publico/jaguar/sad\\_docs/legado/Informes%20de%20Fiscalizaciones/cuenca.pdf](https://cgrfiles.cgr.go.cr/publico/jaguar/sad_docs/legado/Informes%20de%20Fiscalizaciones/cuenca.pdf)

Empresa de Servicios Públicos de Heredia. (2018). *Historia*. Recuperado de: <https://www.esphsa.com/historia>

- Iagua. (2017). *Los pioneros del agua en la historia*. Recuperado de: <https://www.iagua.es/noticias/locken/17/02/08/pioneros-agua-historia>
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2002). *Análisis sectorial de agua potable y saneamiento en costa rica*. Recuperado de: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
- Instituto Nacional de Cáncer. (s.f.). *Protozooario*. Recuperado de: <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario/def/protozooario>
- Microlab industrial. (s.f) *Análisis de coliformes fecales*. Recuperado de: <http://www.microlabindustrial.com/parametros/patogenos/182/coliformes-fecales>
- Ministero de Comunicación. (2016). *Planta de Tratamiento Los Tajos genera beneficios adicionales al saneamiento*. Recuperado de: <https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2016/03/planta-de-tratamiento-los-tajos-genera-beneficios-adicionales-al-saneamiento/>
- Ministerio de Comunicación. (2019). XXXX. Recuperado de: <https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2020/06/aya-invierte-%E2%82%A1955-935-millones-en-38-proyectos/>
- Mora, Darner y Mata, A (2003) *Conceptos básicos de aguas para consumo humano y disposición de aguas residuales*. Recuperado de: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
- National Human Genome Research Institute. (s.f). *Virus*. Recuperado de: <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Virus>
- ONS, (2004). *Uso Seguro de Aguas Residuales en la Agricultura y Acuicultura*. Recuperado de: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/wastewater/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/es/)
- Rodríguez, C. (2007). *Tensoactivos aniónicos en agua – Método SAAM*. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Tensoactivos+en+agua%2C+m%C3%A9todo+SAAM..pdf/d0859c8f-b5c4-4125-98eb-f157a72cf830>

Rodríguez, C. (2016). *Tipos de aguas residuales: por qué es importante conocerlas*. Recuperado de: <https://www.hidrotec.com/blog/tipos-de-aguas-residuales/>

Serrat, S. (2017). *Aguas negras, el rastro de nuestra historia*. Recuperado de: <https://www.iagua.es/noticias/espana/fundacion-we-are-water/17/05/03/aguas-negras-rastro-nuestra-historia>

SICA. (2012). *Gestión de las Excretas y Aguas Residuales en Costa Rica “Situación Actual y Perspectiva*. Recuperado de : [https://www.sica.int/documentos/gestion-de-las-excretas-y-aguas-residuales-en-costa-rica-situacion-actual-y-perspectivas\\_1\\_79735.html](https://www.sica.int/documentos/gestion-de-las-excretas-y-aguas-residuales-en-costa-rica-situacion-actual-y-perspectivas_1_79735.html)

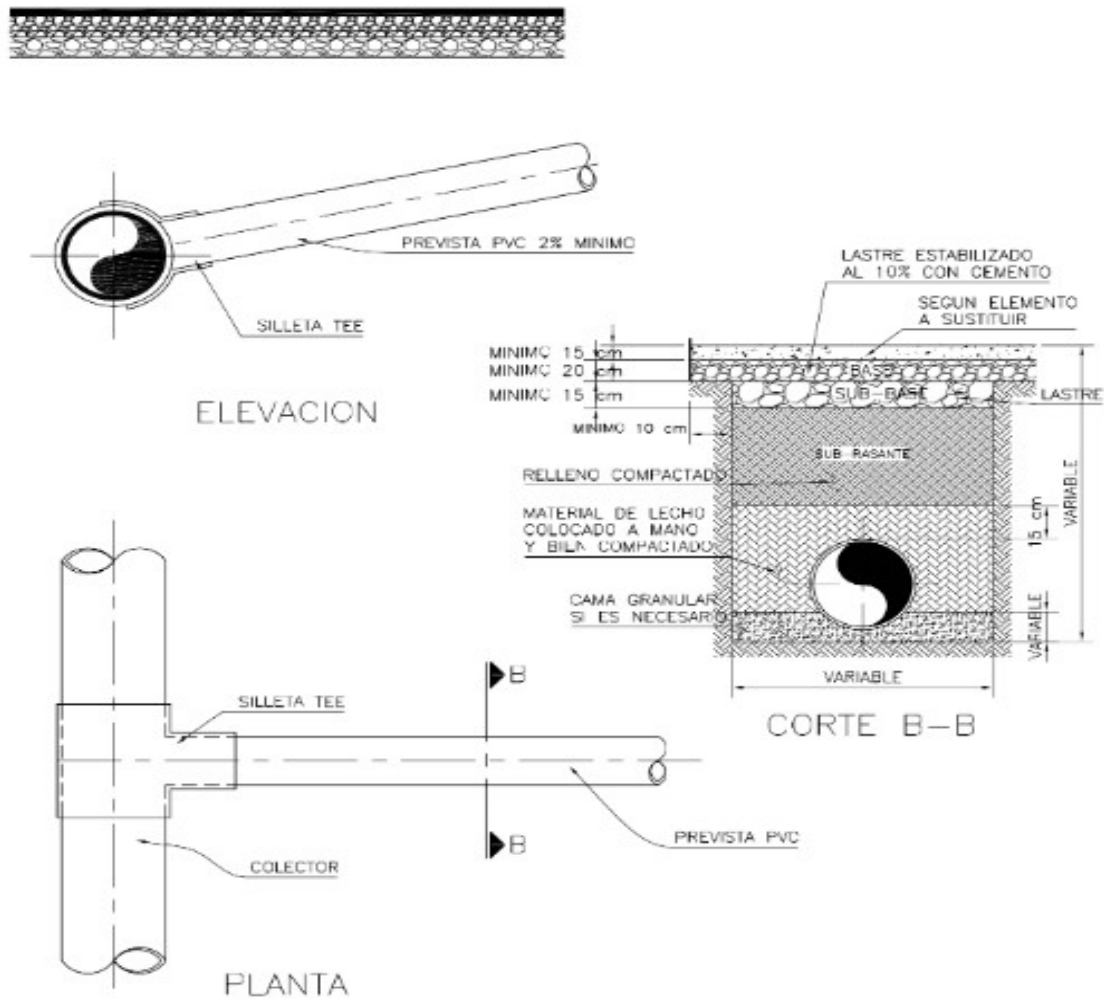
We are wáter Foundation. (2017). *Aguas negras, el rastro de nuestra historia*. Recuperado de: [https://www.wearewater.org/es/aguas-negras-el-rastro-de-nuestra-historia\\_281141](https://www.wearewater.org/es/aguas-negras-el-rastro-de-nuestra-historia_281141)

## Anexos

### Anexo 1.

Detalles para la construcción de alcantarillado sanitario.

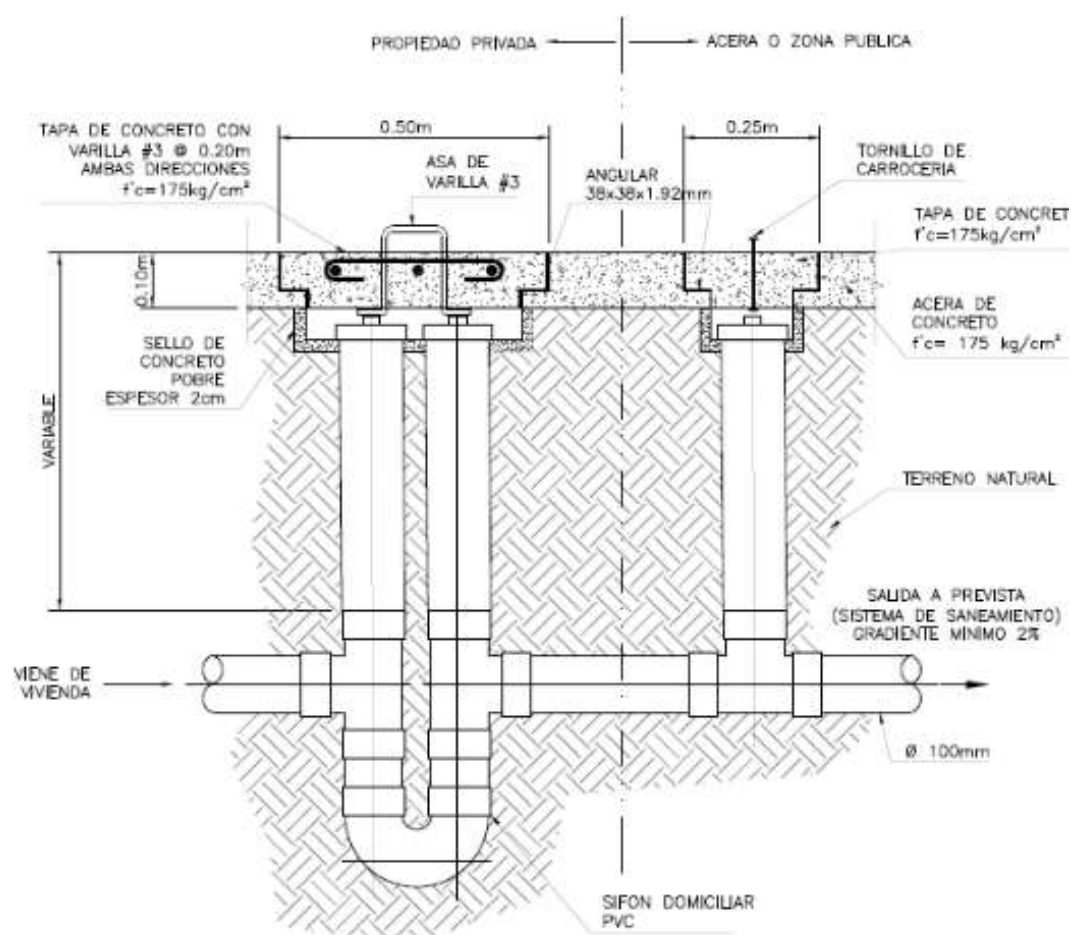
#### Ilustración 35. Prevista Domiciliaria con silleta tee de PVC



Fuente: Norma diseño y construcción sistemas agua, saneamiento y pluvial (2017).



**Ilustración 36.** Detalle de prevista en la acera



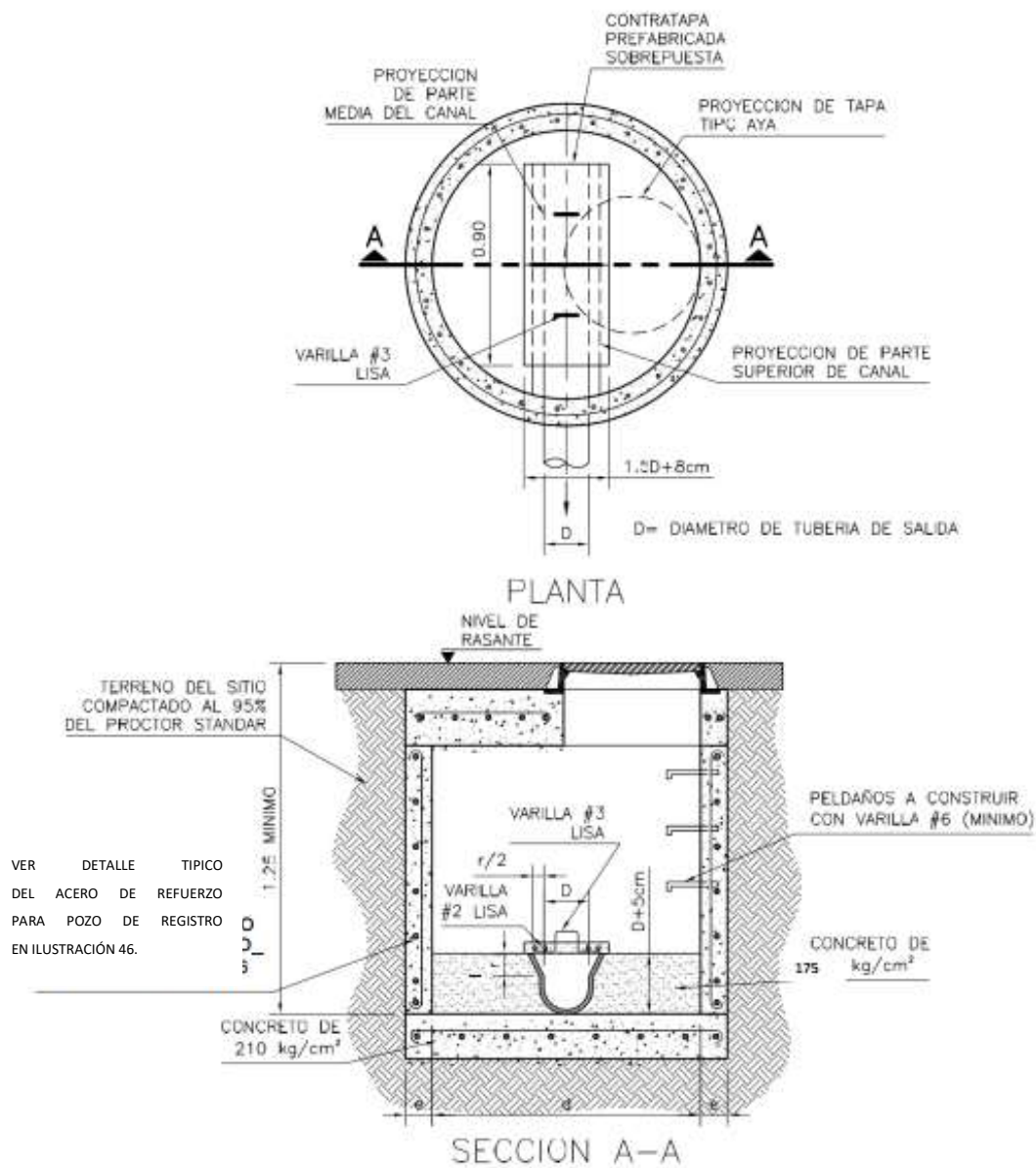
*Fuente:* Norma diseño y construcción sistemas agua, saneamiento y pluvial (2017).

**Ilustración 37.** Detalle de tapa para pozo de registro



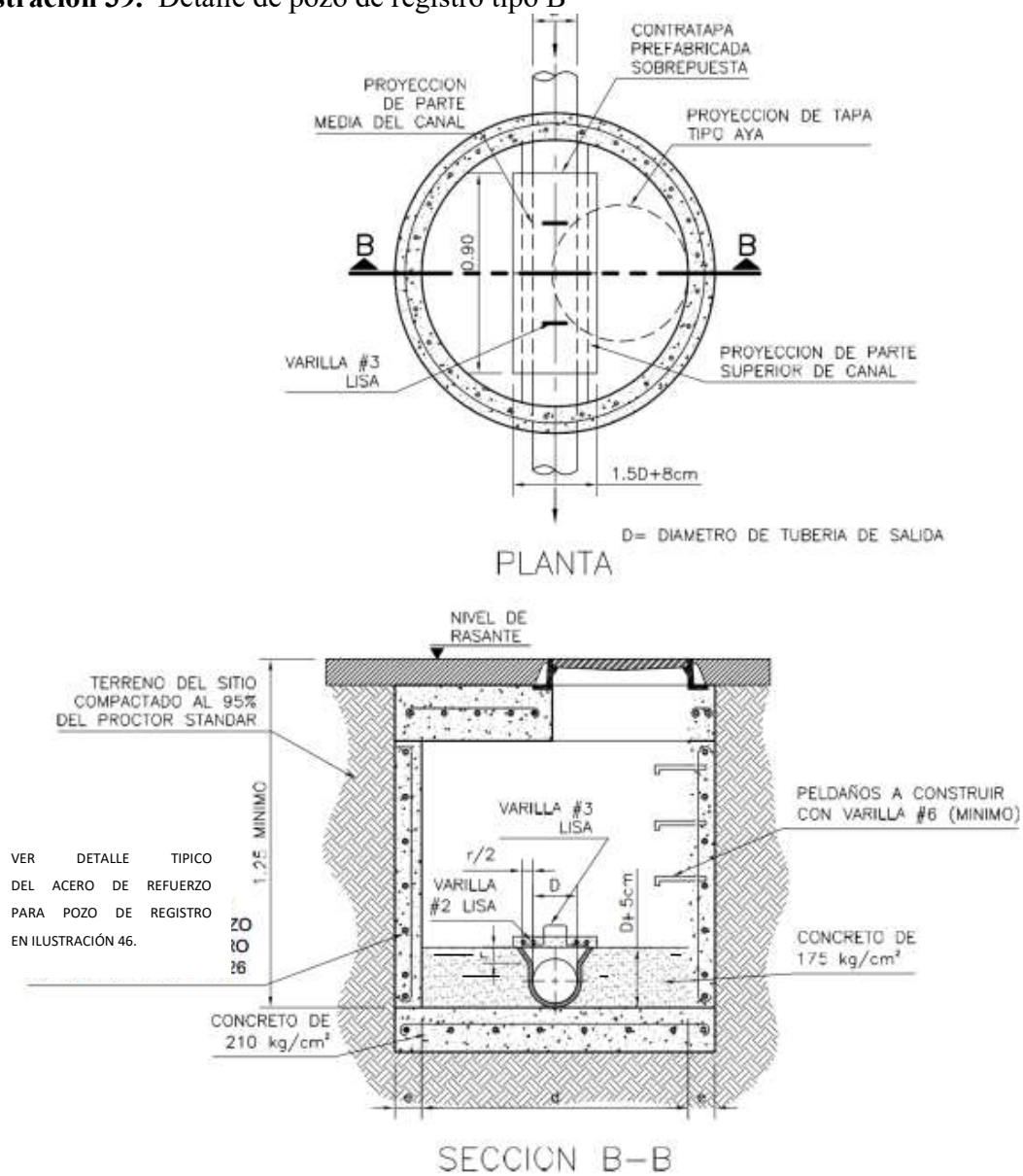
*Fuente:* Norma diseño y construcción sistemas agua, saneamiento y pluvial (2017).

**Ilustración 38.** Detalle de pozo de registro tipo A



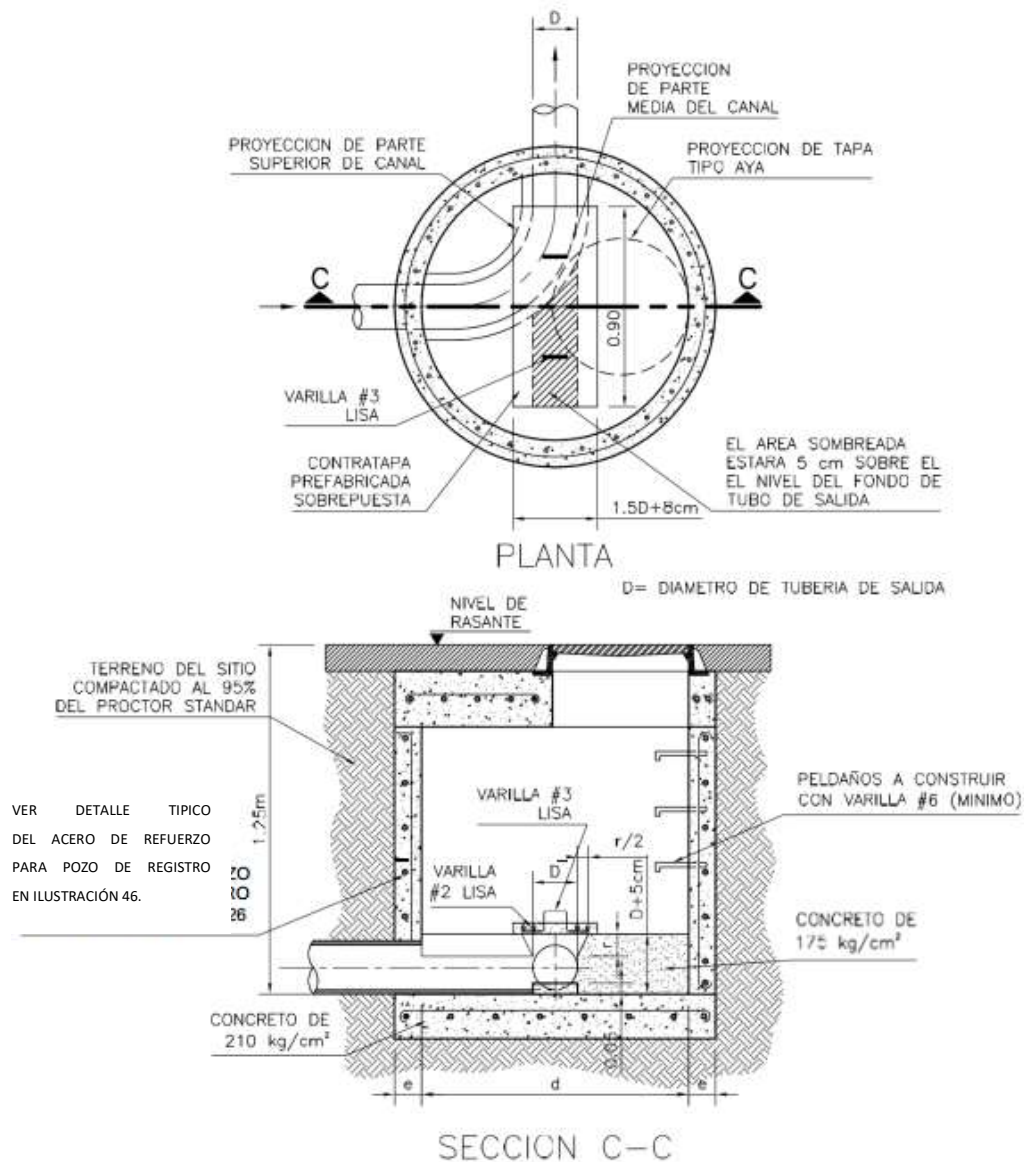
*Fuente:* Norma diseño y construcción sistemas agua, saneamiento y pluvial (2017).

**Ilustración 39.** Detalle de pozo de registro tipo B



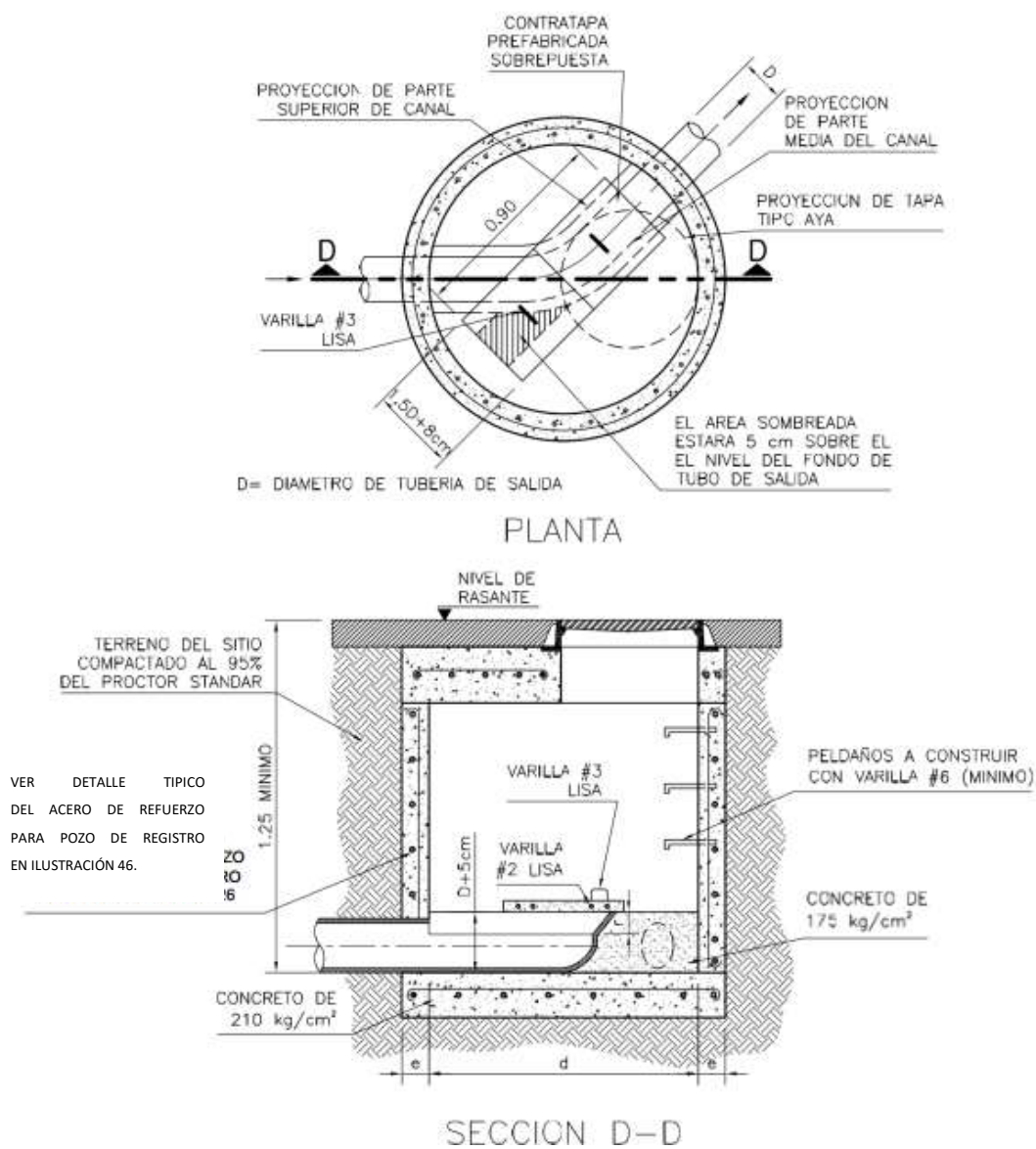
*Fuente:* Norma diseño y construcción sistemas agua, saneamiento y pluvial (2017).

**Ilustración 40.** Detalle de pozo de registro tipo C



*Fuente:* Norma diseño y construcción sistemas agua, saneamiento y pluvial (2017).

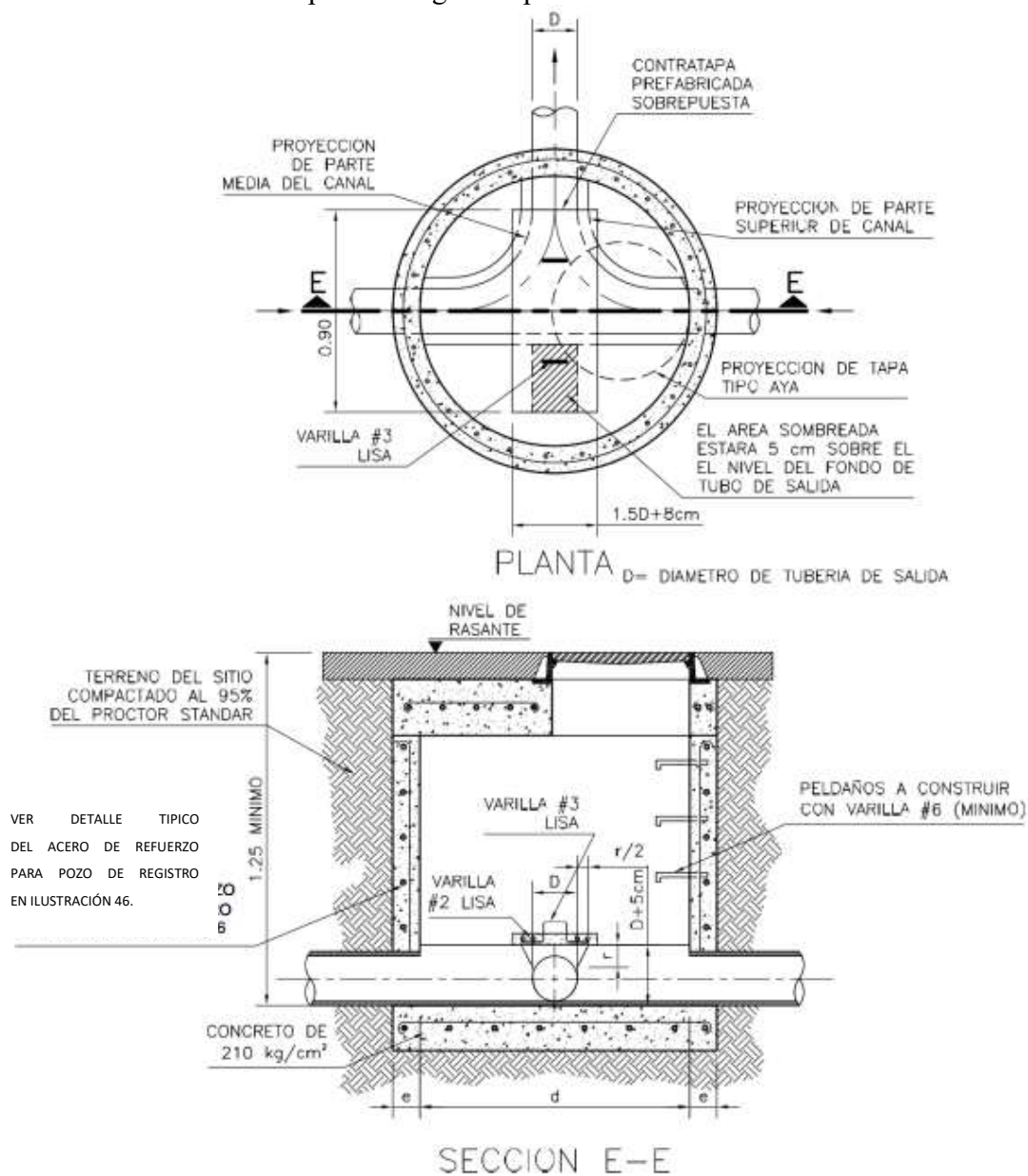
**Ilustración 41.** Detalle de pozo de registro tipo D



*Fuente:* Norma diseño y construcción sistemas agua, saneamiento y pluvial (2017).

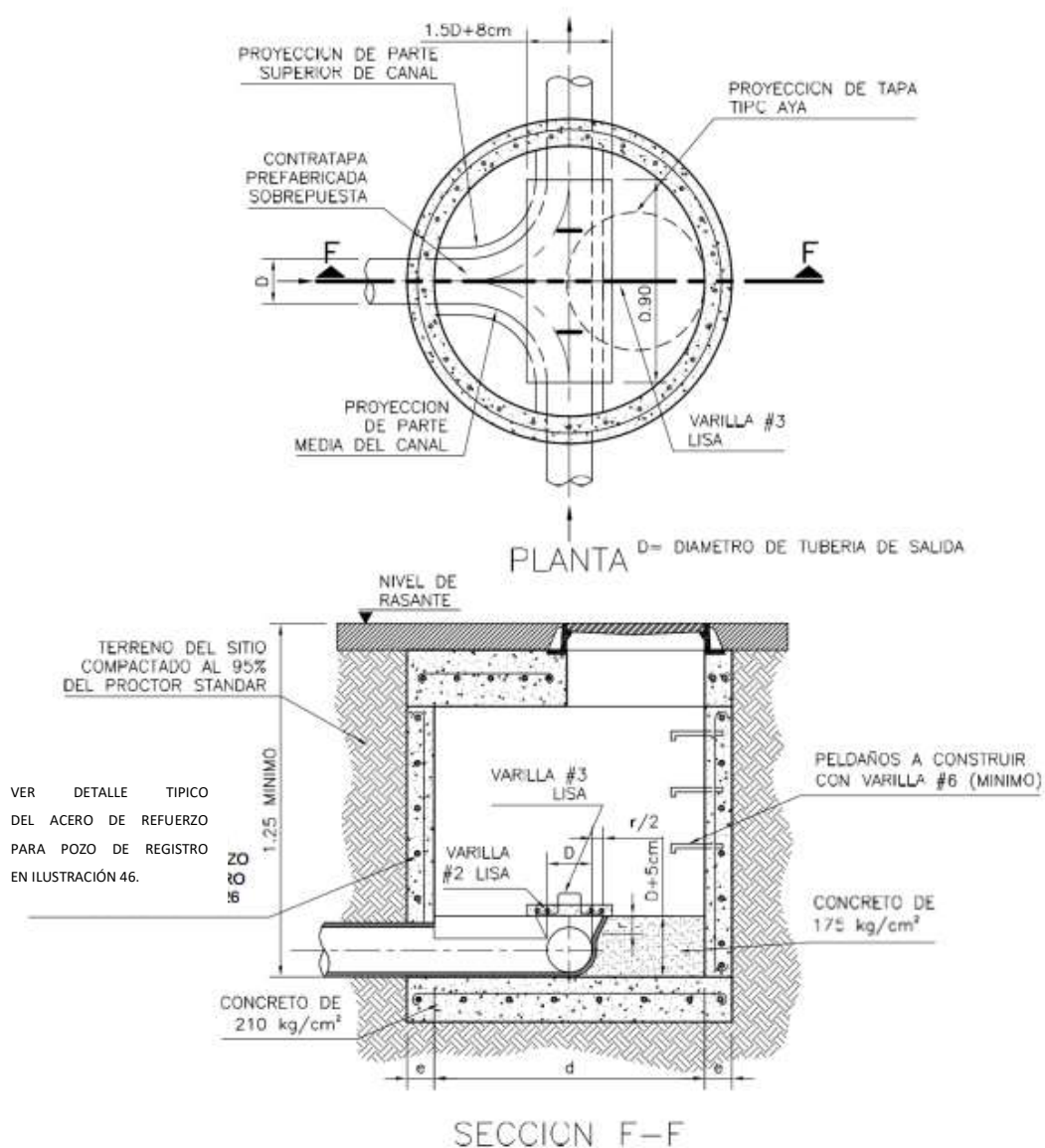


**Ilustración 42.** Detalle de pozo de registro tipo E



*Fuente:* Norma diseño y construcción sistemas agua, saneamiento y pluvial (2017).

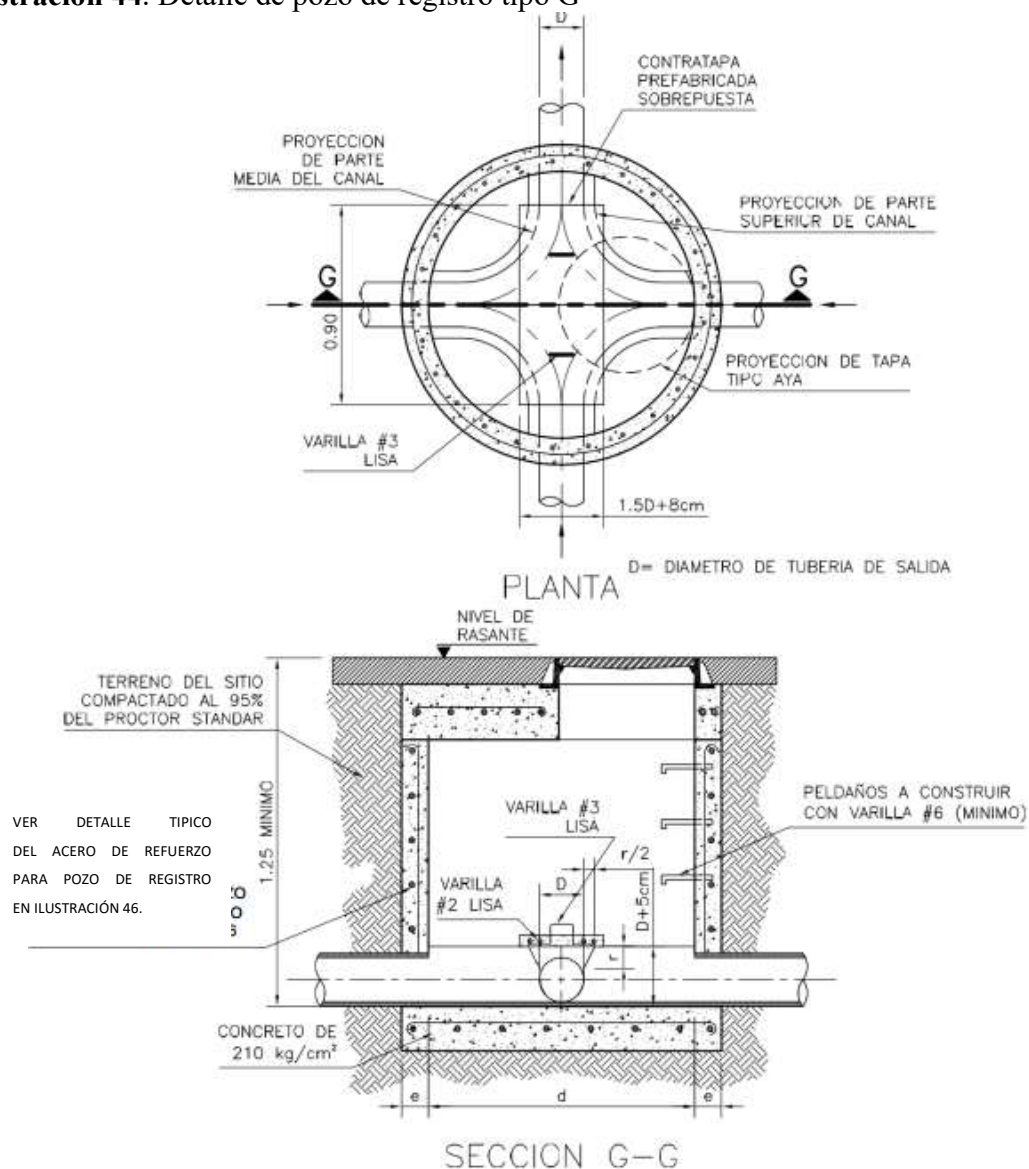
**Ilustración 43.** Detalle de pozo de registro tipo F



*Fuente:* Norma diseño y construcción sistemas agua, saneamiento y pluvial (2017).

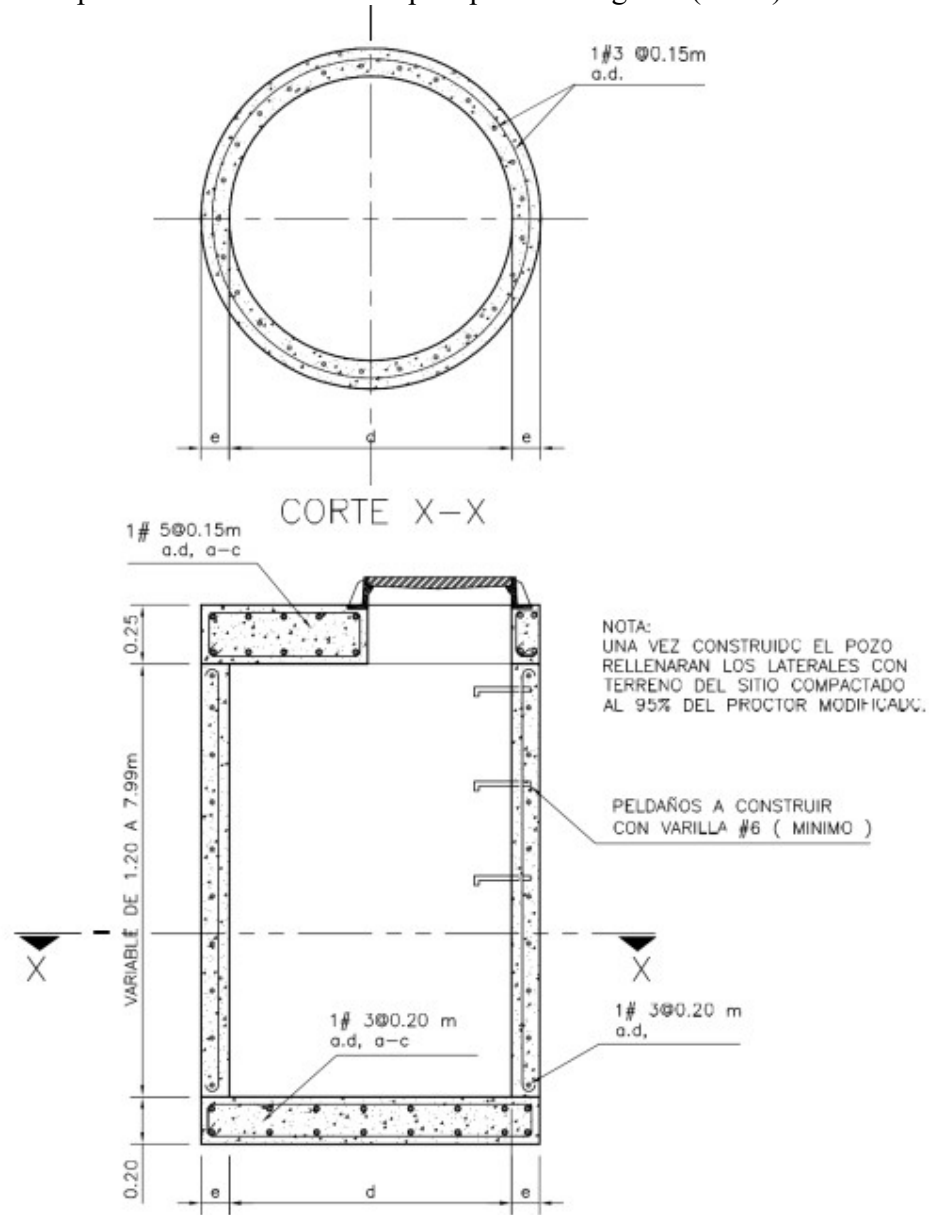


**Ilustración 44.** Detalle de pozo de registro tipo G



*Fuente:* Norma diseño y construcción sistemas agua, saneamiento y pluvial (2017).

**Ilustración 45.** Detalle Típico del acero de refuerzo para pozos de registro (A - G)



Fuente: Norma diseño y construcción sistemas agua, saneamiento y pluvial (2017).

**Glosario**

Caudal: Parámetro que determina la cantidad de agua por unidad de tiempo que transita en determinado lugar.

Derrame: Acción en la cual, un material o un líquido, se derrama en el suelo, de manera dispersa.

Desfogue: Acción de dar paso a algo de manera brusca.

Híbrido: Combinación de materiales de diferentes proveniencias.

Hidráulica: Estudia el movimiento de los fluidos.

Infiltración: Acción de un fluido al pasar por un medio poroso a una velocidad determinada.

Tanque Séptico: Es un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Topografía: Estudia los niveles del suelo y su conjunto de características que posee un área o un terreno.

Vivienda Unifamiliar: Casas de habitación para una familia.

Verter: Acción de derramar un líquido en otro.

Diseño: Se define como el método para realizar cálculos necesarios sobre alguna situación elemento o estructura.

Alcantarillado: Se define como la estructura, la cual está constituida, principalmente por tuberías que recolectan aguas de diversas fuentes y las trasladan por gravedad hasta otro punto.

Ente: Se define como la expresión formal hacia una empresa o grupo que se encarga de los procesos de diversos proyectos.

Desnivel: Se define como la diferencia de nivel o altura entre dos puntos de un terreno.

Acoplar: Se define como la acción de unir o juntar dos objetos o estructuras de una manera adecuada.