



**UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**“PREDISEÑO DEL SISTEMA SANITARIO PARA LA URBANIZACIÓN DE INTERÉS SOCIAL LOS ESPAVELES, SANTA CRUZ, GUANACASTE”**

**SUSTENTANTE:**

**ADRIANA CHAVARRÍA MONGE**

**HEREDIA, DICIEMBRE, 2021**



## TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: “**PREDISEÑO DEL SISTEMA SANITARIO PARA LA URBANIZACIÓN DE INTERÉS SOCIAL LOS ESPAVELES, SANTA CRUZ, GUANACASTE** ” elaborado por la estudiante **Adriana Marcela Chavarría Monge** fue aprobado por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil:

---

Ing. Alberto González Solera

Tutor

---

Ing. Leonardo Moya González

Lector

---

Ing. Pablo Torres Morales

Representante



## COMITÉ ASESOR

---

Ing. Alberto González Solera

Tutor

---

Ing. Leonardo Moya González

Lector

---

Ing. Pablo Torres Morales

Representante



## CARTA DE APROBACION POR PARTE DEL PROFESOR TUTOR DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Heredia, 10 de diciembre de 2021

Sres. Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación  
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado PREDISEÑO DEL SISTEMA SANITARIO PARA LA URBANIZACIÓN DE INTERÉS SOCIAL LOS ESPAVELES, SANTA CRUZ, GUANACASTE, elaborado por la estudiante: Adriana Marcela Chavarría Monge, como requisito para que el (los) citado (s) estudiante (s) puedan optar por la 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,

**Ing. Alberto  
Gonzalez  
Solera**

Firmado digitalmente por Ing.  
Alberto Gonzalez Solera  
Nombre de reconocimiento (DN):  
cn=Ing. Alberto Gonzalez Solera, o,  
ou, email=betogs4@gmail.com,  
c=CR  
Fecha: 2021.12.10 15:28:27 -06'00'  
Versión de Adobe Acrobat:  
2015.007.00000

---

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



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

Heredia, 09 de diciembre de 2020

Sres. Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: PREDISEÑO DEL SISTEMA SANITARIO PARA LA URBANIZACIÓN DE INTERÉS SOCIAL LOS ESPAVELES, SANTA CRUZ, GUANACASTE, elaborado por la estudiante: Adriana Marcela Chavarría Monge, como requisito para que la citada estudiante pueda optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil.

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

Suscribe cordialmente,

LEONARDO  
MOYA  
GONZALEZ  
(FIRMA)

A digital signature stamp in purple ink, featuring a stylized 'P' and the name 'LEONARDO MOYA GONZALEZ (FIRMA)'. To the right of the signature, there is a block of technical metadata including the signer's name, ID, and the software used for signing.

Ing. Leonardo Moya González

104060491

## CARTA DE APROBACIÓN DEL FILÓLOGO

San José, jueves 23 de diciembre de 2021

Señores

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

Facultad de Ingenierías y Tecnologías de Información

Universidad Latina de Costa Rica

Estimados señores:

Yo, Edin Mauricio Buzano Barrantes, en mi condición de filólogo graduado en la Universidad de Costa Rica, certifico que leí y corregí el Proyecto de Graduación denominado: **“PREDISEÑO DEL SISTEMA SANITARIO PARA LA URBANIZACIÓN DE INTERÉS SOCIAL LOS ESPAVELES, SANTA CRUZ, GUANACASTE”**, el cual fue elaborado por la estudiante **Adriana Chavarría Monge**, como requisito para que la citada estudiante pueda optar por el grado académico de **Licenciatura en Ingeniería Civil**.

Se hizo la corrección del trabajo en aspectos tales como: construcción de párrafos, vicios del lenguaje que se trasladan a lo escrito, concordancia, coherencia, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico, por lo tanto, desde ese punto de vista considero que está listo para ser presentado como Proyecto de Graduación, por cuanto cumple con los requisitos establecidos por la Universidad.

Dado lo anterior, certifico que el documento contiene las observaciones y correcciones solicitadas, quedando de conformidad con lo pactado.

Suscribe de ustedes cordialmente,

EDIN MAURICIO  
BUZANO  
BARRANTES (FIRMA)

Firmado digitalmente por  
EDIN MAURICIO BUZANO  
BARRANTES (FIRMA)  
Fecha: 2021.12.23  
04:12:26 -06'00'

Lic. Edin Mauricio Buzano Barrantes

No. de adscripción a COLYPRO **024561**

## **“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 “;”

Chavarria Monge, Adriana Marcela

De la Carrera / Programa:

autor(es) del trabajo final de graduación titulado:

Licenciatura en Ingeniería Civil

PREDISEÑO DEL SISTEMA SANITARIO PARA LA URBANIZACIÓN DE INTERÉS SOCIAL LOS ESPAVELES, SANTA CRUZ, GUANACASTE.

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) viernes, 10 del mes diciembre de año 2021 a las 17:30. Asimismo doy fe de la veracidad de los datos incluidos en el documento y eximo a la Universidad de cualquier responsabilidad por su autoría o cualquier situación de perjuicio que se pudiera presentar.

Firma(s) de los autores

Según orden de mención al inicio de ésta carta:



## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, en primer lugar, le agradezco profundamente, por permitirme llegar hasta donde estoy y darme las fuerzas cada día para lograr esta meta.

A mi familia, porque me entendieron, me tuvieron paciencia y, de una u otra manera, me ayudaron en este proceso. Especialmente a mi mamá Marcela Monge Chaves, quien ha estado conmigo siempre y me ha brindado su apoyo y amor incondicional.

A mis compañeros, conocidos y profesores, porque compartieron sus conocimientos para mejorar mi formación como profesional.

A Jorge Romero Segura, quien ha estado conmigo en cada momento de este proceso tan importante en mi vida, me acompañó y vivió mi estrés, mis lágrimas y mi esfuerzo.

## Resumen

En el distrito de Santa Cruz, Guanacaste, habitan personas en asentamientos informales con características de pobreza extrema que requieren ser evacuadas a mejores condiciones de vida. En ese sentido, surge el desarrollo de la urbanización llamada Los Espaveles, como un proyecto de interés social, el cual requiere de un sistema de alcantarillado sanitario para evacuar las aguas residuales generadas en cada una de las viviendas.

En Costa Rica, se requieren implementar sistemas de alcantarillado sanitario para disminuir la contaminación y mejorar la calidad de vida de los habitantes del país, además de reducir el riesgo a enfermedades causadas por aguas residuales. Por lo tanto, en el país, los nuevos proyectos deben cumplir con la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial.

Consecuentemente, en este trabajo final de graduación, se propone un diseño de alcantarillado sanitario para una urbanización de un área total de terreno de 36 290 m<sup>2</sup>, el cual cuenta con 104 lotes, de los cuales se debe recibir las aportaciones de aguas de desecho con el fin de alejarlas de la localidad hasta un sitio adecuado. Además, se propone un diseño para una estación de bombeo requerida por el proyecto en la parte más baja de la urbanización donde se descargan las aguas generadas. Ambos diseños se requieren con el cumplimiento de la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial, la cual es una norma que establece el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados para el diseño, la operación y el mantenimiento de este sistema.

Por último, el proyecto será representado mediante un modelo en 3D en la herramienta de Revit para mejorar la visualización del espacio que ocupa cada elemento, observar el proyecto desde todas sus caras y poder transmitir una mejor interpretación de la información.

## Abstract

In Guanacaste's district of Santa Cruz, people live in informal settlements, with characteristics of extreme poverty, which need to be evacuated to have better living conditions. Which is why the development of the urbanization called Los Espaveles, as a social interest project, requires a sanitary sewer system to evacuate the wastewater generated in each of the homes.

In Costa Rica, it's necessary to implement sanitary sewer systems, to reduce pollution and improve the quality of life of the habitants. In addition to reducing the risk of diseases caused by sewage. In Costa Rica new projects must comply with the Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial.

Therefore, in this final graduation presentation, a sanitary sewer design is proposed for an urbanization with a total land area of 36,290 m<sup>2</sup>, which has a total of 104 lots, of which wastewater contributions must be receive, in order to move them away from the locality to a suitable site.

In addition, is proposed the design of a pumping station required by the project, in the lowest part of the urbanization where generated waters are discharged. Both designs must comply with the Technical Standard for Design and Construction of Drinking Water, Sanitation and Pluvial Supply Systems, norm established by the Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados for design, operation and maintenance of this system.

Finally, the project will be represented by a 3D model segmented in the Revit tool, to improve the visualization of the space that each element occupies, in order to see the project from all its faces and be able to transmit a better interpretation of the information.

## Tabla de contenidos

1. Introducción.....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	4
1.3 Objetivo general .....	5
1.4 Objetivos específicos.....	5
1.5 Justificación.....	5
1.6 Alcances y limitaciones.....	7
1.6.1 Alcances.....	7
1.6.2 Limitaciones .....	7
1.7 Impacto.....	8
1.8 Hipótesis.....	9
2. Marco teórico.....	10
2.1 Aguas residuales.....	10
2.1.1 Tipos de aguas residuales .....	10
2.1.1.1 Aguas residuales domésticas.....	10
2.1.1.2 Aguas residuales industriales.....	10
2.1.1.3 Aguas residuales urbanas.....	10
2.1.2 Componentes de aguas residuales .....	10
2.1.2.1 Físicos. ....	10
2.1.2.2 Químicos. ....	10
2.1.2.3 Biológicos. ....	10
2.1.3 Aguas residuales en Costa Rica.....	11
2.1.3.1 Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA).....	11
2.1.3.2 Ministerio de Salud.....	12
2.1.3.3 Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP).....	12
2.1.3.4 Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A. (ESPH).....	12
2.1.3.5 Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE).....	12

2.1.3.6 Asociaciones Administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales (ASADAS) .....	13
2.1.3.7 Municipalidades .....	13
2.2 Sistemas de alcantarillado .....	13
2.2.1 Alcantarillado combinado.....	14
2.2.2 Alcantarillado pluvial .....	14
2.2.3 Alcantarillado de aguas residuales .....	14
2.3 Términos generales .....	15
2.3.1 Aguas subterráneas .....	15
2.3.2 Aguas superficiales.....	15
2.3.3 Agente contaminante .....	15
2.3.4 Sistema de saneamiento.....	16
2.3.5 Caudal.....	16
2.3.6 Diámetro efectivo .....	16
2.3.7 Diámetro nominal .....	16
2.3.8 Colector .....	16
2.3.9 Subcolector .....	16
2.3.10 Tubería de succión.....	17
2.4 Sistema de alcantarillado sanitario.....	17
2.4.1 Componentes .....	17
2.4.1.1 Prevista.....	17
2.4.1.2 Conductos. ....	17
2.4.1.2.1 Tramos iniciales. ....	17
2.4.1.2.2 Tramos secundarios. ....	17
2.4.1.2.3 Colector principal.....	17
2.4.1.2.4 Interceptores.....	17
2.4.1.2.5 Emisario final.....	18
2.4.1.3 Pozos de visita.....	18
2.4.1.4 Estación de bombeo. ....	18



2.4.1.5 Disposición final .....	18
2.4.2 Períodos de diseño .....	18
2.4.3 Dotaciones .....	18
2.4.4 Población de diseño.....	19
2.4.5 Caudal de diseño.....	21
2.4.6 Dimensionamiento de tuberías .....	22
2.4.6.1 Velocidad.....	22
2.4.6.2 Tirante hidráulico.....	22
2.4.6.3 Cálculo hidráulico.....	22
2.4.6.4 Diámetro mínimo .....	23
2.4.6.5 Prevista.....	23
2.4.6.6 Tuberías de paso. ....	24
2.4.7 Clases de tubería según el material.....	24
2.4.7.1 Tuberías de concreto simple. ....	24
2.4.7.2 Tuberías de concreto reforzado.....	24
2.4.7.3 Tuberías de acero y fierro fundido.....	24
2.4.7.4 Tuberías de PVC.....	24
2.4.8 Requisitos para construcción de tuberías.....	25
2.4.9 Pozos de registro.....	26
2.5 Estaciones de bombeo .....	27
2.5.1 Consideraciones.....	28
2.5.2 Componentes .....	29
2.5.2.1 Caja de válvula de entrada .....	29
2.5.2.2 Sistema de recolección de sólidos.....	29
2.5.2.3 Tanque cisterna. ....	30
2.5.2.4 Caja de cachera de impulsión. ....	31
2.5.2.5 Componentes mecánicos y electromecánicos.....	31
2.5.3 Bombas de aguas residuales .....	31

2.5.3.1 Selección de bombas.....	32
2.5.4 Válvulas y compuertas.....	33
2.5.5 Tubería de impulsión.....	34
2.5.5.1 Pérdidas por fricción.....	34
2.5.5.2 Pérdidas locales.....	35
2.5.5.3 Tamaño de la tubería de impulsión.....	36
2.5.5.4 Velocidad del sistema.....	36
2.5.5.5 Prevención de golpes de ariete.....	37
3. Marco metodológico.....	39
3.1 Paradigma.....	39
3.2 Enfoque metodológico y métodos de investigación.....	40
3.3 Categorías de análisis de la investigación.....	40
3.4 Población y muestra.....	41
3.5 Técnicas e instrumentación para la recolección de datos.....	41
3.5.1 Diseño de la red de alcantarillado sanitario.....	41
3.5.1.1 Topografía.....	41
3.5.1.2 Períodos de diseño.....	41
3.5.1.3 Dotación.....	41
3.5.1.4 Criterios de diseño para tuberías.....	41
3.5.1.4.1 Velocidad.....	41
3.5.1.4.2 Tirante hidráulico.....	42
3.5.1.4.3 Cálculo hidráulico.....	42
3.5.1.4.4 Diámetro mínimo.....	42
3.5.1.4.5 Pendiente mínima.....	42
3.5.1.4.6 Diámetro mínimo de prevista domiciliar.....	42
3.5.1.4.7 Pendiente mínima de prevista domiciliar.....	42
3.5.1.4.8 Ubicación.....	42

3.5.1.5 Criterios de diseño de pozos de registro .....	42
3.5.1.5.1 Profundidad mínima.....	42
3.5.1.5.2 Diámetro. ....	42
3.5.1.5.3 Diámetro de las tapas. ....	42
3.5.2 Estación de bombeo.....	42
3.5.2.1 Períodos de diseño. ....	42
3.5.2.2 Volumen del cárcamo de bombeo.....	42
3.5.2.2 Tubería de impulsión. ....	42
3.5.2.3 Selección de la bomba. ....	42
3.6 Técnicas de instrumentación para el procedimiento y análisis de datos .....	43
4. Análisis de resultados .....	44
4.1 Población de diseño.....	44
4.2 Caudal de diseño .....	44
4.3 Diseño de alcantarillado sanitario .....	45
4.3.1 Tramos de tubería .....	45
4.3.1 Pozos de registro.....	47
4.3.3 Previstas.....	51
4.4 Diseño de estación de bombeo .....	51
4.4.1 Volumen del cárcamo de bombeo .....	51
4.4.2 Tubería de impulsión .....	51
4.4.2.1 Selección del diámetro.....	51
4.4.2.2 Pérdidas por fricción. ....	52
4.4.2.3 Pérdidas locales.....	53
4.4.2.4 Carga dinámica total (CDT).....	54
4.4.2.5 Sobrepresión del golpe de ariete. ....	55
4.4.2.6 Pozo de registro.....	56
4.4.3 Selección de la bomba .....	56
5. Propuesta.....	57

Conclusiones .....	64
Recomendaciones .....	65
Bibliografía .....	67
Anexos .....	71
Glosario.....	95

### Índice de figuras

Figura 1. Canasta de limpieza vista frontal.....	30
Figura 2. Nombre de tramos de alcantarillado sanitario.....	46
Figura 3. Nombre de pozos de registro.....	48
Figura 4. Elevaciones.....	54
Figura 5. Curva de rendimiento .....	56
Figura 6. Modelado del sistema de alcantarillado Sanitario Los Espaveles .....	57
Figura 7. Propuesta de tramos de tubería de alcantarillado sanitario .....	58
Figura 8. Pozo de registro .....	59
Figura 9. Prevista .....	59
Figura 10. Ejemplo de tramo .....	60
Figura 11. Propuesta de estación de bombeo.....	61
Figura 12. Vista general de la zona.....	62
Figura 13. Vista desde los juegos infantiles.....	62
Figura 14. Vista desde la estación de bombeo.....	63

### Índice de tablas

Tabla 1 .....	20
Tabla 2 .....	23
Tabla 3 .....	26
Tabla 4 .....	26
Tabla 5 .....	32

Tabla 6 .....	35
Tabla 7 .....	40
Tabla 8 .....	47
Tabla 9 .....	49
Tabla 10 .....	50
Tabla 11 .....	52
Tabla 12 .....	54
Tabla 13 .....	55

## 1. Introducción

### 1.1 Antecedentes

Las primeras alcantarillas eran canales a cielo abierto construidos por Tarquinius Superbus, alrededor del siglo VII a.C. en la antigua Roma. Los sistemas de drenaje fueron evolucionando y, con el tiempo, se construyeron alcantarillas cubiertas por piedras y similares a lo que conocemos (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2017, pág. 18).

El segmento más sofisticado del sistema de alcantarillado romano para la UNESCO (2017) fue la “Cloaca Máxima” cubierta. “El colector más grande de aguas residuales. Fue construido primero como un canal de agua dulce abierto, alrededor de los siglos II y I a.C. y se transformó en un monumental túnel subterráneo con paredes de toba y bóvedas” (p.18).

Antes del siglo XIX, el uso de los drenajes existentes era únicamente para el escurrimiento de las aguas de tormentas. En el caso de las aguas negras, se creaban bóvedas o letrinas y, en algunos casos, se cavaba una fosa en el centro del patio para uso general de los ocupantes, y en ocasiones, los patios estaban cubiertos de inmundicias. Cuando las viviendas estaban en sótanos, los contenidos se infiltraban en los aposentos cercanos (Fair, et al., 2001, pp.16-17).

Para solucionar el problema, se propone realizar la descarga en los drenajes existentes y conducir, tanto las aguas pluviales, como las aguas negras en las primitivas obras de drenaje. Sin embargo, se soluciona un problema y se crea otro, pues esos materiales de desecho se transfirieron a las corrientes acuáticas, por lo que se suprimió la descarga de residuos y se crearon sistemas independientes (Fair, et al., 2001, pp.16-17).

Con respecto a los índices, a nivel mundial, existen porcentajes de tratamiento muy variados, sin embargo, es mayor la cantidad de aguas residuales sin tratar. Por ello, se debe hacer un gran esfuerzo para disminuir la contaminación y el gran daño a los cuerpos de agua. Se indica que:

En promedio, los países de ingresos altos tratan cerca del 70% de las aguas residuales municipales e industriales que se generan. Este promedio cae a un 38 % en los países de ingresos medios-altos y a un 28 % en los países de ingresos medios-bajos. En los países de ingresos bajos, solo el 8% recibe algún tratamiento. Estas estimaciones sustentan la aproximación que se cita comúnmente que, en el mundo, más del 80% de las aguas residuales es vertida sin tratamiento alguno (UNESCO, 2017).

En Costa Rica, se han realizado estudios del total de viviendas que cuentan con cobertura de alcantarillado sanitario. Según el INEC (2016), del total de 1.436.120 viviendas del país, el 21,43% tiene conexión a alcantarillado o cloaca y el 76,42 % está conectado a tanque séptico, de las cuales solo el 1,6% cuenta con tanque séptico con tratamiento, el otro 2,15% no tiene servicio sanitario o usa otro sistema, como hueco, pozo negro o letrina (Ministerio de Ambiente y Energía, et al., 2016, p. 25)

En Costa Rica, gran cantidad de ríos y mares son contaminados a cielo abierto debido a que no todo el país cuenta con un adecuado saneamiento, por lo tanto, se debe realizar un trabajo importante para solucionar los problemas ambientales. De hecho, según la Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A. (ESPH, 2020), uno de los problemas es “el proceso de degradación en el que se encuentra la cuenca del río Grande de Tárcoles. Esta cuenca representa apenas el 4% del territorio nacional. En ella, se concentra aproximadamente el 60% de toda la población del país”.

Uno de los proyectos de saneamiento ambiental que se encuentra en desarrollo en Costa Rica se ubica en la provincia de Heredia. Según la ESPH (2020), “consiste en el diseño y construcción de la infraestructura necesaria para operar el servicio de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales de los cantones de Heredia”. El anterior representa un buen avance para el país, pues, con este proyecto, se disminuyen los problemas ambientales por lo menos en los cantones de Heredia, San Rafael, San Isidro y Santa Lucía de Barva.

En el distrito de Santa Cruz, donde se localiza el proyecto en estudio, el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados realizó mejoras para poder recibir más agua residual y mejorar el servicio con el que cuenta la comunidad.

Según expresa el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (ver anexo 1), es importante recalcar que, para poder recibir más agua residual, se implementaron mejoras en el canal de ingreso de la laguna de Santa Cruz, incluyendo un vertedero de excedencias que no estaba habilitado. Asimismo, se realizó un cambio de canaleta Parshall, de una apertura de 3” a una de 6”, pudiendo medir esta última con más precisión los caudales. Por último, se habilita una cuarta laguna y reparación del fondo de esta para evitar filtraciones (Comunicación personal, 16 junio, 2021).

Por otra parte, algunos TFG realizados en la Universidad Latina de Costa Rica acerca del diseño de alcantarillado sanitario son los siguientes:

“Diseño preliminar de alcantarillado sanitario para la zona de Playa Negra, Puerto Viejo, Talamanca”:

En Talamanca, Limón, el material fecal es dispuesto a tanque séptico, letrinas, ríos o mares y carece de un sistema de alcantarillado sanitario para la evacuación de las aguas residuales. Mucha de la población de Puerto Viejo conecta los desechos de alcantarillado sanitario al alcantarillado pluvial, lo cual afecta al medio ambiente. Por esta razón, el autor diseña, mediante la herramienta de SewerCAD, una red de diámetro mínimo de 150 mm en PVC, con 37 pozos de registro a una profundidad máxima de 5 m (Hernández, 2021)

“Diseño técnico de red sanitaria y presupuesto para Distrito Gubernamental Garabito”:

El distrito de Garabito no posee un sistema de alcantarillado sanitario y la contaminación se agrava debido a que es una zona turística, por lo tanto, el diseño se concentra en la recolección y disposición de aguas residuales del Proyecto Distrito Gubernamental en Garabito. Se obtiene un total de 4103 habitantes distribuidos en 71 tramos para el diseño de tubería en PVC cédula SDR-41, con un diámetro mínimo de 200mm para la red sanitaria, y 100mm para la prevista domiciliar. Se contempla un presupuesto de 344 571 370 colones en solo materiales (Cordero, 2021).

Por otro lado, se encuentra el estudio denominado “Análisis de alternativas para la reubicación y propuesta de diseño preliminar de la estación de bombeo de Heredia N.º26 del Proyecto de Saneamiento Ambiental de Heredia, ubicada en el distrito de Ulloa en el cantón de



Heredia” (Mata, 2021). En este TFG, se diseñó la bomba sumergible que mejor se adaptara a las condiciones de bombeo y se analizó la bomba para determinar el arranque necesitado.

## **1.2 Planteamiento del problema**

El aumento en los vertidos de aguas residuales sin tratar, junto con la escorrentía de tierras agrícolas y las aguas residuales industriales con tratamiento inadecuado, han llevado al deterioro de la calidad del agua en el mundo. Si las tendencias actuales perduran, la calidad del agua continuará deteriorándose en las próximas décadas, especialmente en los países de bajos recursos en zonas áridas, poniendo así aún en mayor riesgo la salud humana y los ecosistemas (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2017).

Toda la población, además de tener la necesidad de un hogar para vivir, requiere descargar las aguas residuales generadas, pero no existe un servicio de saneamiento completo ni un manejo total de esas aguas. Sin embargo, el país hace un esfuerzo para poder conservar y reducir la contaminación de la biodiversidad con la que cuenta. Por ello, se ha estipulado la Política Nacional de Saneamiento en Aguas Residuales (PNSAP) para un manejo más seguro de estas aguas.

El objetivo general de la PNSAR es lograr, al año 2045, el manejo seguro del total de las aguas residuales generadas en el país, el manejo seguro definido como la garantía de que las aguas residuales no afecten al medio ambiente ni la salud, implementando sistemas de tratamiento individuales o colectivos (Ministerio de Ambiente y Energía, et al., 2016, p. 11).

En el distrito de Santa Cruz, Guanacaste, habitan personas en asentamientos informales con características de pobreza extrema, además de que se encuentran vulnerables a inundaciones. Por esta razón, surge la Urbanización Los Espaveles, el cual es un proyecto de interés social destinado a este sector de la población. Dicho proyecto tiene como requerimiento una red de alcantarillado sanitario y una estación de bombeo que cumpla con todas las reglamentaciones

necesarias para protección del recurso hídrico y que adopte todas las medidas de control para el vertido de agentes contaminantes.

En Costa Rica, y como beneficio para toda la población, se requiere reducir los índices de contaminación para una mejor calidad de vida en el presente y, sobre todo, para las futuras generaciones. Por lo tanto, es necesario un sistema que cumpla con todos los lineamientos establecidos a nivel nacional en el diseño y en la descarga según el Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales N°33601. Consecuentemente, es necesario plantear el siguiente cuestionamiento: ¿Se puede generar un diseño seguro que cumpla con la reglamentación técnica de Costa Rica?

### **1.3 Objetivo general**

Plantear el prediseño del sistema sanitario para la urbanización de interés social Los Espaveles, Santa Cruz, Guanacaste.

### **1.4 Objetivos específicos**

- Prediseñar la red de recolección de aguas residuales basada en la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial.
- Determinar la población de diseño que contempla el proyecto.
- Prediseñar los componentes necesarios para la estación de bombeo que requiere el proyecto.
- Generar un modelo en 3D con la herramienta de Revit que muestre el diseño propuesto.

### **1.5 Justificación**

La Urbanización Los Espaveles es un proyecto nuevo. Como es normal en la construcción de viviendas o aposentos donde habitan personas, se demanda la evacuación de aguas residuales de tipo ordinario para cada una de las viviendas por construir; en el caso de este proyecto, las aguas deben ser trasladadas a una estación de bombeo debido a las diferentes elevaciones que presenta el terreno con respecto al colector principal y que, posteriormente, pueda ser bombeada hasta la red primaria del AyA encargada de recibir los residuos y brindar el adecuado tratamiento. Por esta

razón, se necesita implementar un adecuado diseño para la red de alcantarillado sanitario, lo cual beneficia no solo a la urbanización, sino también a todos los habitantes del cantón de Santa Cruz.

Este diseño se va a realizar para brindar un buen servicio de alcantarillado sanitario, mejorar la calidad de vida de los habitantes y evitar enfermedades que puedan causar este tipo de desechos contaminantes. Un manejo irresponsable de aguas residuales podría generar una gran cantidad de problemas sanitarios, además de la excesiva contaminación en aguas, tanto superficiales, como subterráneas. Por consiguiente, el país está comprometido a reducir el impacto que pueda causar la negligencia de un mal manejo de estos residuos. Según el artículo 3 del Reglamento de Aprobación de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales N°39887-S-MINAE (2016) establece que:

Con el fin de minimizar el impacto negativo de las descargas de aguas residuales, el Poder Ejecutivo promulgó el Decreto Ejecutivo N°33601-MINAE-S del 9 de agosto de 2006, "Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales", que establece los límites de vertido para las distintas actividades residenciales, comerciales, industriales y de servicios que generan aguas residuales en sus actividades o procesos de producción y que, en la mayoría de los casos, obliga a los distintos generadores al empleo de sistemas de tratamiento de aguas residuales con el fin de cumplir con los límites de vertido establecidos.

La implementación de una red de alcantarillado sanitario tiene un impacto positivo si el diseño se elabora para garantizar la adecuada recolección y evacuación de las aguas residuales, de manera que se puedan prevenir afectaciones, tanto de aguas superficiales, como subterráneas. Según el AyA, este proyecto representa una oportunidad de mejora para la comunidad de contar con el servicio, el cual será conectado a una línea alternativa sin afectar el Sistema de Alcantarillado Sanitario existente que, por influencia del agua de lluvia, el sistema como tal se presuriza, provocando derrames y/o bien obstrucciones (Comunicación personal, 16 de junio del 2021).

Con el objetivo de cumplir con un diseño óptimo, se pretende realizar el prediseño con las normativas actuales de Costa Rica, en este caso, la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial.

## **1.6 Alcances y limitaciones**

### ***1.6.1 Alcances***

- Se elabora el prediseño técnico y la geometría de alcantarillado sanitario que recolecta las aguas servidas domiciliarias que llegan a la estación de bombeo y las lleva hasta la red primaria del AyA.
- Se realizará el prediseño de una estación de bombeo subterránea.
- Se representará el diseño final de la red de alcantarillado sanitario mediante un modelo en 3D, además de la ubicación y carcasa de la estación de bombeo con base en la herramienta de Revit.
- El modelo arquitectónico o de sitio será únicamente representativo para poder ubicar el alcantarillado diseñado.
- No se contempla ningún diseño para planta de tratamiento, ni pasos a desnivel.
- No se contemplan análisis estructurales ni presupuestos de ningún tipo.

### ***1.6.2 Limitaciones***

- La empresa Inmobiliaria SYNSA facilita el estudio de suelos, topografía, localización de la red de drenaje primaria del AyA, estudios hidrológicos o cualquier información necesaria para el proyecto.
- La empresa inmobiliaria SYNSA proporciona la ubicación de los lotes y de las calles para la ruta del alcantarillado sanitario, además del área asignada a la estación de bombeo.
- No se cuenta con ningún tipo de información en formato Revit, ni de sitio, ni de ninguna disciplina con la que se pueda complementar.
- El proyecto se ubica aproximadamente a unos 200 km del Gran Área Metropolitana, por lo tanto, las visitas al sitio serán limitadas.
- No incluye el diseño del sistema eléctrico y de control de la estación de bombeo.

## 1.7 Impacto

Con el desarrollo de la Urbanización Los Espaveles muchas familias tendrán el beneficio de una nueva vivienda. Cada una de esas viviendas descarga aguas de tipo ordinario que necesitan ser trasladadas al sistema de alcantarillado diseñado.

Considerando lo anterior, el contar con un servicio de alcantarillado sanitario es primordial, ya que, en todo sentido, se beneficia la salud de la población y disminuye el riesgo de enfermedades causantes de síntomas, como la diarrea, la fiebre o los calambres abdominales.

En el siglo XIX, se investigó el comportamiento de las aguas residuales y se confirma que las aguas negras contenían, frecuentemente, agentes causantes de enfermedades, como el cólera, la fiebre tifoidea y otras enfermedades entéricas (Fair, et al., 2001).

Por otro lado, la construcción de estos sistemas genera fuentes de empleo a todos los involucrados, tanto en la operación, como en el mantenimiento que se debe generar para su eficiencia y evitar inconvenientes en el servicio. La falta de mantenimiento o de un diseño deficiente puede provocar problemas futuros, tales como malos olores, derrames y contaminación de aguas subterráneas y otras fuentes.

Otro aspecto importante es que se evita realizar el vertido de aguas residuales a zonas públicas de las comunidades, como: aceras, caños, zonas verdes, ríos, calles o cualquier lugar que no sea el adecuado para este fin, ni tampoco en los cuerpos de agua correspondientes sin haber pasado por el debido saneamiento.

Las viviendas normalmente poseen sistemas de tanque séptico que no es posible supervisar la correcta construcción, ni de dimensionamiento, ni de materiales, ni de un correcto mantenimiento. “Es usual que, en los costarricenses, no exista la cultura para dar un buen mantenimiento a los tanques sépticos. En Costa Rica, hay alrededor de 1.400.000 viviendas, y de éstas, al menos 840.000 utilizan tanque séptico” (Ministerio de Ambiente y Energía, et al., 2016, p. 39). Por lo tanto, este proyecto ayuda a aumentar la cobertura de alcantarillado y facilita la centralización del sistema sanitario para un mayor control.

## **1.8 Hipótesis**

No todos los TFG requieren de una hipótesis, por lo cual este trabajo no cuenta con una, debido a que es un diseño para un proyecto.

## 2. Marco teórico

### 2.1 Aguas residuales

“Las aguas residuales son aguas con impurezas procedentes de vertidos de diferentes orígenes: domésticos e industriales, principalmente. De esta forma, tenemos que las aguas residuales pueden contener elementos contaminantes originados en desechos urbanos o industriales” (HIDROTEC, 2021).

#### 2.1.1 Tipos de aguas residuales

Según HIDROTEC (2021), las aguas residuales se dividen en los siguientes tipos:

**2.1.1.1 Aguas residuales domésticas.** Esta clase de aguas residuales son aquellas que tienen su origen en viviendas y están producidas en esencia por el metabolismo humano y por las actividades que se llevan a cabo en el ámbito doméstico.

**2.1.1.2 Aguas residuales industriales.** Dentro de este tipo de aguas residuales, se encuentran todas aquellas que han sido vertidas desde un lugar con finalidad comercial o industrial.

**2.1.1.3 Aguas residuales urbanas.** Hacen referencia a aquellas aguas que tienen aguas residuales domésticas y aguas residuales industriales.

#### 2.1.2 Componentes de aguas residuales

Las aguas residuales poseen características físicas, químicas y biológicas. De acuerdo con HIDROTEC (2021), los componentes de cada una son los siguientes:

**2.1.2.1 Físicos.** Los componentes físicos de las aguas residuales son el color, el olor, los sólidos y la temperatura.

**2.1.2.2 Químicos.** Los componentes químicos más comunes en las aguas residuales son orgánicos (carbohidratos, grasas animales, aceites, pesticidas, fenoles, proteínas, contaminantes prioritarios, agentes tensoactivos, compuestos orgánicos volátiles, entre otros.); inorgánicos (alcalinidad, cloruros, metales pesados, nitrógeno, pH, fósforo, contaminantes prioritarios y azufre); gases (sulfuro de hidrógeno, metano y oxígeno).

**2.1.2.3 Biológicos.** Los componentes biológicos más habituales en las aguas residuales son animales y plantas.

### ***2.1.3 Aguas residuales en Costa Rica***

Costa Rica presenta problemas de contaminación por aguas residuales, los cuales se deben solucionar para conservar el preciado líquido tan indispensable para la vida.

La salud, la conservación del recurso hídrico y el cuidado del medio ambiente son elementos básicos para el tratamiento de las aguas residuales. El que la población cuente con estos servicios y pueda hacer uso de ellos es de vital importancia para la equidad en el desarrollo humano, por tanto, el uso de depósitos sanitarios limpios, dignos y con un adecuado tratamiento debe ser asequible e igualitario sin discriminación a las condiciones socioeconómicas de la población. Por esto, el Estado debe asegurar a sus habitantes este derecho (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, 2018, p. 24)

En cuanto al tema de agua potable y saneamiento, Costa Rica posee altos niveles de cobertura con respecto a la mayoría de países latinoamericanos. En materia del acceso y uso del agua potable, cuenta con amplia cobertura para la prestación del servicio, no así en materia de saneamiento de agua, pues la cobertura es mucho menor. Esto se manifiesta en grandes desigualdades en las diferentes regiones de planificación con respecto a la Región Central, o bien, de la zona rural respecto de la urbana, especialmente, en cuanto al menor grado de desarrollo en acceso a alcantarillado o tanque séptico y al adecuado tratamiento de las aguas servidas (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, 2018, p. 33).

Asimismo, Costa Rica posee instituciones encargadas de velar por la calidad, recolección y tratamiento de las aguas residuales que aportan en la mejora continua:

**2.1.3.1 Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado (AyA).** Con el objeto de dirigir, fijar políticas, establecer y aplicar normas, realizar y promover el planeamiento, financiamiento y desarrollo y de resolver todo lo relacionado con el suministro de agua potable y recolección y evacuación de aguas negras y residuos industriales líquidos, lo mismo que el aspecto normativo de los sistemas de alcantarillado pluvial en áreas urbanas, para todo el territorio nacional



se crea el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, como institución autónoma del Estado. (Ministerio de Hacienda, 2021)

**2.1.3.2 Ministerio de Salud.** Con la entrada en vigencia del Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales, se encomendó al Ministerio de Salud revisar los reportes operacionales que presentan los entes generadores y emitir anualmente las certificaciones de calidad del agua residual. Se encarga también de aprobar los permisos para la ubicación de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) y la posterior revisión y aprobación de los planos, de las memorias de cálculo y de los manuales de operación y mantenimiento de los proyectos de los STAR (Ministerio de Ambiente y Energía, et al., 2016, p. 21).

**2.1.3.3 Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP).** Entre 1991 y 1996, la Ley 7593 transforma al SNE en la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos de Costa Rica (ARESEP) (Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos [ARESEP], 2021).

La ARESEP (2021) establece como función en dicha ley el “suministro del servicio de acueducto y alcantarillado, incluso el agua potable, la recolección, el tratamiento y la evacuación de las aguas negras, las aguas residuales y pluviales, así como la instalación, la operación y el mantenimiento del servicio de hidrantes”.

**2.1.3.4 Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A. (ESPH).** Es una empresa que “brinda servicios de calidad en el sector de agua, energía, saneamiento, infocomunicaciones y otros, que aporta valor y desarrollo a la sociedad mediante la mejora continua de su gestión, la cual fue fundada un 8 de marzo de 1976” (ESPH, 2020).

**2.1.3.5 Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE).** Es el ente rector en materia de recursos naturales, energía y minas de nuestro país, lo cual implica que, entre otras cosas, debe formular, planificar y ejecutar las políticas relacionadas con esos temas, así como las relacionadas con la protección ambiental (PNUD, et al., 2013).

El MINAE, entre sus múltiples funciones y facultades, es el ente competente para regular, vigilar y controlar el uso de los cuerpos de agua, lo cual incluye la disposición de las aguas residuales. La Dirección de Agua del MINAE otorga concesiones de aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas y los permisos de vertidos. Para otorgar estos derechos, no se toma en cuenta la calidad del recurso hídrico asignado, sino solamente su disponibilidad, debido a la falta de información respecto a la calidad de las aguas y a la ausencia de una normativa que condicione que estos derechos de uso deben asociarse a la calidad. En cuanto a las zonas marino-costeras y cuerpos de agua lénticos y acuíferos, no existe normativa ni metodología oficializada para evaluar y clasificar la calidad del agua contenida en ellos (MINAE, et. al, 2016).

**2.1.3.6 Asociaciones Administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales (ASADAS).** Las ASADAS son órganos locales constituidos como asociaciones que, por delegación del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), administran, operan, dan mantenimiento y desarrollan los sistemas de acueductos y alcantarillados en aquellas comunidades en las que ni el AyA ni la municipalidad respectiva prestan los servicios de abastecimiento de agua potable y saneamiento. Las ASADAS se conforman por vecinas y vecinos de las comunidades que se benefician con el servicio que éstas prestan y se rigen por la Ley de Asociaciones No. 218, del 8 de agosto de 1939 y por su reglamento (PNUD, et al., 2013).

**2.1.3.7 Municipalidades.** Actualmente, 28 de 81 municipalidades administran sus sistemas de agua potable y prestan los servicios. De estas 28, solo 5 operan un sistema de saneamiento (Alajuela, Belén, Flores, Cartago y Escazú). Por tratarse de gobiernos locales, es la Contraloría General de la República quien tiene potestades regulatorias en la definición de las tarifas de los servicios que prestan las municipalidades (MINAE, et.al., 2016).

## **2.2 Sistemas de alcantarillado**

“Se define como el conjunto de conductos y estructuras destinados a recibir, evacuar, conducir y disponer las aguas servidas; fruto de las actividades humanas, o las que provienen como fruto de la precipitación pluvial” (Pérez, 2019, p.3).

Según Sánchez (2001), los sistemas de alcantarillado se dividen en tres tipos según su denominación por la naturaleza de las aguas transportadas:

### ***2.2.1 Alcantarillado combinado***

Es aquel sistema de alcantarillado que sirve para captar y conducir por la misma red de conductos, tanto las aguas negras de desecho, como las aguas de lluvia.

### ***2.2.2 Alcantarillado pluvial***

Es aquel que se proyecta exclusivamente para captar las aguas de lluvia, lo cual puede lograrse de dos maneras: la primera, proyectando conductos por todas las calles de la localidad que se pretende atender con este servicio y auxiliándose de sus respectivas estructuras de captación (coladeras pluviales) para recibir las aguas de lluvia y conducir las hasta un sitio en que no produzcan molestias ni daños a la localidad. La segunda alternativa es proyectar solo interceptores para conducir las aguas de lluvia previamente capturadas por medio de estructuras de captación (coladeras pluviales), evitando así que se acumulen y tomen fuerza de arrastre, lo cual provoca molestias y daños a la comunidad.

### ***2.2.3 Alcantarillado de aguas residuales***

Es aquel diseñado únicamente para recibir las aportaciones de aguas de desecho, tanto domésticas, como industriales, con el fin de alejarlas de la localidad hasta un sitio adecuado y previamente seleccionado, donde serán tratadas para, posteriormente, verterlas a una corriente natural o volver a usarlas en riego de jardines y servicios diversos, en la industria o en la agricultura cuando su calidad lo permite.

En este tipo de sistemas, cuando la corriente es lenta o se estanca debido al mal alineamiento o asentamiento del conducto, pueden acumularse, en ciertos puntos, materias orgánicas putrescibles. En estos casos, si la temperatura y la concentración de los desperdicios son suficientemente altas, y la atmósfera deficiente en oxígeno, se inicia la acción bacteriológica que origina “gases cloacales”. Si esta acción se efectúa en presencia

de aguas bastante sulfatadas, se formará entonces el ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ), cuyo olor es semejante al de los huevos podridos.

Este gas, en determinadas concentraciones, puede ser mortal al hombre; combinada la humedad con el oxígeno de la atmósfera del conducto, se forman ácidos sulfurosos o sulfídicos, ambos muy corrosivos; esta acción corrosiva se produce generalmente en la parte superior del conducto. Por ello, los conductos sanitarios deben proyectarse con velocidades de arrastre adecuadas para evitar el sedimento de los sólidos en suspensión. Siempre será más cómodo diseñar alcantarillados en lugares con alguna pendiente y si las condiciones de localización son excepcionales, se podrá diseñar alcantarillado de aguas residuales como único sistema (Pérez, 2019, p. 4).

## **2.3 Términos generales**

### **2.3.1 Aguas subterráneas**

Son las que provienen de pozos y manantiales. Es esencial proteger estas fuentes contra la infiltración de cualquier tipo de sustancias contaminantes, por lo cual la fuente subterránea debe estar lo más alejada posible de cualquier fuente de contaminación como tanques sépticos, letrinas, descargas de aguas residuales, drenajes de origen agrícola, entre otros. Dependiendo de la calidad natural de las aguas subterráneas y de su probabilidad de contaminación, el agua puede requerir tratamiento y/o desinfección (Mora y Mata, 2003).

### **2.3.2 Aguas superficiales**

Aguas superficiales son las que provienen de ríos, quebradas, lagos, embalses, canales de irrigación, etc. Este tipo de aguas, generalmente, está expuesto a contaminarse con relativa facilidad, por lo cual deben ser tratadas y desinfectadas antes de distribuir las a los consumidores. Los sistemas de tratamiento más utilizados son dos: filtración lenta y filtración rápida (Mora y Mata, 2003).

### **2.3.3 Agente contaminante**

“Un agente contaminante es toda aquella sustancia cuya incorporación a un cuerpo de agua natural conlleva el deterioro de su calidad física, química o biológica” (Mora y Mata, 2003).

#### **2.3.4 Sistema de saneamiento**

Es el conjunto de infraestructura incluidas las estaciones de bombeo y los pozos de registro (pozos de inspección), el equipamiento y demás elementos necesarios para la recolección de las aguas residuales a través de redes terciarias, secundarias o primarias. Incluye el tratamiento y la disposición final de aguas residuales tratadas a un cuerpo receptor. El diseño del sistema de saneamiento considera, además de las aguas residuales de tipo ordinario, los aportes por aguas de infiltración y aguas residuales tratadas de tipo especial, que cumplan con los límites máximos permisibles establecidos en el Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales vigente (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados [AyA], 2017).

#### **2.3.5 Caudal**

“Volumen de líquido o fluido que pasa por una sección de tubería o canal por unidad de tiempo; se expresa usualmente en litros por segundo” (Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica [CFIA], 2017).

#### **2.3.6 Diámetro efectivo**

“Diámetro interior de una tubería” (CFIA, 2017).

#### **2.3.7 Diámetro nominal**

“Dimensión comercial o normalizada de las tuberías, que no necesariamente corresponde al diámetro efectivo” (CFIA, 2017).

#### **2.3.8 Colector**

Es un conducto cerrado que recolecta y transporta las aguas residuales y que, normalmente, se encuentra enterrado (Pérez, 2019)

#### **2.3.9 Subcolector**

Es la tubería que recibe las aguas negras de las atarjeas para después conectarse a un colector (Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado [SIAPA], 2014).

### **2.3.10 Tubería de succión**

“La comprendida entre un tanque de captación y la entrada a un equipo de bombeo” (CFIA, 2017).

### **2.3.10 Tubería de impulsión**

“La comprendida entre la descarga de un equipo de bombeo y la entrada a un tanque elevado o punto de consumo” (CFIA, 2017).

## **2.4 Sistema de alcantarillado sanitario**

### **2.4.1 Componentes**

**2.4.1.1 Prevista.** “Tuberías y accesorios que, normalmente, se colocan sobre las tuberías principales de las redes de abastecimiento de agua o alcantarillado con el propósito de ser utilizadas para las instalaciones sanitarias de los futuros usuarios” (CFIA, 2017).

**2.4.1.2 Conductos.** Según Pérez (2019), los conductos se pueden dividir en los siguientes:

**2.4.1.2.1 Tramos iniciales.** Reciben las domiciliarias directamente de las edificaciones. En general, los tramos son colectores comprendidos entre dos estructuras de conexión.

**2.4.1.2.2 Tramos secundarios.** Reciben caudales de uno o más tramos iniciales. En su recorrido, van acumulando áreas de drenaje, conduciendo los caudales provenientes de la red local hasta su disposición en la red principal.

**2.4.1.2.3 Colector principal.** Recibe caudales de los anteriores. Conjunto de conductos o interceptores definidos por la estructura de una cuenca. Conduce los caudales de los tramos secundarios hasta el sitio de vertimiento o tratamiento. En ocasiones, este colector recibe el nombre de emisario final.

**2.4.1.2.4 Interceptores.** Es un colector diseñado y construido paralelo a un canal o río para evitar el vertimiento de las aguas residuales a los anteriores.

**2.4.1.2.5 Emisario final.** Es un colector que lleva parte o la totalidad de las aguas residuales de una localidad al sitio de vertimiento en las afueras de la vecindad. La disposición de los conductos y estructuras en general depende única y exclusivamente del accidente topográfico del lugar.

**2.4.1.3 Pozos de visita.** Se colocan con el objetivo de realizar inspección, ventilación o limpieza de la red de alcantarillado sanitario (SIAPA, 2014). Se utilizan en el inicio de tuberías, en la unión de dos o más tuberías, en los cambios de diámetro, dirección, pendiente o material y, por último, en los tramos rectos de tal manera que la distancia entre pozos no supere los 120 m (AyA, 2017).

**2.4.1.4 Estación de bombeo.** Se trata de bombear las aguas negras cuando éstas no pueden incorporarse a la red de alcantarillado o planta de tratamiento por medio de gravedad (SIAPA, 2014).

**2.4.1.5 Disposición final.** Las aguas residuales después de tratadas se podrán verter a las corrientes naturales o ser reutilizadas en riego (Sánchez, 2009).

## **2.4.2 Períodos de diseño**

El AyA (2017) define, en la norma técnica, los períodos de diseño por tomar en cuenta para el diseño de una red de alcantarillado sanitario:

- Red terciaria o red general: 20 a 25 años
- Red secundaria (subcolectores) y red primaria (colectores): 40 a 50 años
- Estación de bombeo: 20 a 25 años

## **2.4.3 Dotaciones**

“Medida del consumo o de la demanda expresada usualmente en litros por persona por día o su equivalente de una edificación, de acuerdo con el uso y la ocupación a que está destinada” (CFIA, 2017).

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

- Poblaciones urbanas: 300 l/p/d.
- Poblaciones costeras: 375 l/p/d.
- Área Metropolitana: 375 l/p/d.

Estos datos aplican para cuando no existen datos reales de los patrones de consumo (AyA, 2017, p. 15).

Ahora bien, como se trata de una urbanización de interés social, según el CFIA (2017), para casas de interés social, se deben utilizar 150 l/p/d (p. 34) (ver anexo 5).

#### ***2.4.4 Población de diseño***

Se debe calcular a partir del número de unidades habitacionales que contempla el proyecto y se multiplica por el factor de hacinamiento del último censo de la población del distrito de Santa Cruz.

Cuando el valor no corresponde a habitaciones, se aplica la siguiente tabla:



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

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

*Nota.* Un servicio equivalente se aplica para actividades distintas a la de los proyectos esencialmente habitacionales (residencias, finca filial, condominios habitacionales o apartamentos). Se hace corresponder con una unidad habitacional simplemente para facilitar el cálculo total del consumo de agua del proyecto que es requerido para estimar la población de diseño.

*Fuente:* Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial, AyA, 2017

### 2.4.5 Caudal de diseño

De acuerdo con el AyA (2017), “el caudal de diseño para cada tramo de tubería es el que corresponde al acumulado hasta el pozo de registro aguas abajo del tramo”. Para el caudal promedio de agua residual tipo ordinario, se calcula utilizando la fórmula:

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

Donde:

$Q_{paro}$ : caudal promedio de agua residual tipo ordinario

FR: factor de retorno (0,80)

$Q_{pap}$ : caudal promedio diario de agua potable; la dotación debe ser la que se establece en la sección 2.4.3 “Dotaciones”.

$$Q_{pap} = \frac{\text{Dotación} * \text{población}}{86400} \quad (2)$$

Para aguas residuales especiales tratadas o caudal promedio de agua residual especial tratada ( $Q_{pare}$ ), “el caudal promedio de agua residual especial tratada se debe calcular para cada caso particular según la actividad” (AyA, 2017).

Para contribuciones externas ( $Q_{ext}$ ), “se deben considerar las contribuciones de redes de alcantarillado sanitario adyacentes, existentes o futuras, indicadas por el ente operador correspondiente” (AyA, 2017).

Para aguas de infiltración ( $Q_{inf}$ ), “el caudal de infiltración se establece en 0,25 l/s/km cuando el material de la tubería corresponda a: concreto, PVC o PEAD; en caso de que se utilice otro material, se debe someter a aprobación de AyA el caudal de infiltración correspondiente” (AyA, 2017).

Entonces:

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

$$Q_{par} = Q_{paro} + Q_{pare} + Q_{ext} \quad (3)$$

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

$$Q_{min} = FMD * Q_{par} + Q_{inf} \quad (4)$$

El caudal mínimo no debe ser inferior a 1,5 l/s.

FMD: factor máximo diario (es igual a 1,2)

- El caudal máximo de diseño equivale a:

$$Q_{max} = Q_{par} * FMH + Q_{inf} \quad (5)$$

$Q_{par}$ : caudal promedio de aguas residuales

FMH: factor máximo horario (es igual a 1,8)

$Q_{inf}$ : caudal de infiltración (AyA, 2017).

#### **2.4.6 Dimensionamiento de tuberías**

Según el AyA (2017), se debe cumplir con lo siguiente:

**2.4.6.1 Velocidad.** La velocidad en tuberías a gravedad no debe ser mayor a 5,0 m/s y la velocidad mínima se debe establecer con base en el análisis de la fuerza tractiva. El criterio que debe regir la pendiente mínima debe ser el de fuerza tractiva mínima de 0,10 kg/m<sup>2</sup> (1 Pa), generado por el caudal mínimo del proyecto que corresponde a la condición crítica de diseño.

**2.4.6.2 Tirante hidráulico.** El valor máximo del tirante hidráulico en tuberías a gravedad debe ser de 75% del diámetro interno de la tubería seleccionada en redes de distribución para el caudal de diseño y de un 50% en el caso de colectores y subcolectores.

**2.4.6.3 Cálculo hidráulico.** En tuberías a gravedad o canal abierto, se debe diseñar como conductos en escurrimiento libre por gravedad. Se deben utilizar las fórmulas hidráulicas de canal abierto; si se utiliza la ecuación de Manning, los coeficientes mínimos de rugosidad por utilizar en la fórmula corresponden a los establecidos para la “n” de Manning.

**Tabla 2***Coefficientes mínimos para la "n" de Manning*

Tipo de material	Coefficiente para la "n" de Manning
Cloruro de Polivinilo (PVC)	0,010
Polietileno de Alta Densidad (PEAD) de pared sólida	0,010
Polietileno de Alta Densidad (PEAD) de pared corrugada estructurada	0,012
Hierro dúctil revestido internamente	0,011
Políester reforzado con fibra de vidrio	0,010
Acero sin revestir con juntas soldadas	0,012
Concreto C-14 y C-76 sin revestir por dentro	0,013

*Fuente: Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial, AyA, 2017*

Se recomienda utilizar un coeficiente "n" de 0,013 para contemplar el deterioro de la tubería en el tiempo (comunicación personal, 07 de diciembre de 2021).

**2.4.6.4 Diámetro mínimo.** Para las redes terciarias, el diámetro nominal mínimo debe ser de 150 mm y para colectores y subcolectores el diámetro nominal mínimo debe ser mayor al de la red terciaria tributaria con mayor diámetro; en cada caso, la pendiente mínima debe ser la que se obtenga para la velocidad mínima permitida que es producida por una fuerza tractiva mínima de 0,10 kg/m<sup>2</sup>.

Si las condiciones técnicas justifican líneas de impulsión, el diámetro nominal de la tubería debe ser como mínimo de 100 mm. El diseño debe incluir la documentación técnica de respaldo que justifique la inclusión de líneas de impulsión como única solución.

**2.4.6.5 Prevista.** La tubería para una prevista domiciliar debe tener un diámetro nominal mínimo de 100 mm y una pendiente mínima del 2%. El diámetro nominal mínimo de la prevista individual en parques industriales, incluidos los que están en régimen de condominio, debe ser de 150 mm (ver anexo 11).

**2.4.6.6 Tuberías de paso.** En caso de cuerpos de agua o construcciones existentes, se deben diseñar las estructuras necesarias para el paso y la integridad de las tuberías, y debe tener un nivel superior en relación con el nivel máximo del río para un período de retorno de 30 años. Además, se debe diseñar un pozo de registro a cada lado del río o quebrada.

Se acepta que el diseño incluya líneas de impulsión, solo cuando se demuestre técnicamente que no resulta viable un sistema por gravedad; cuando sea requerida una línea de impulsión, se debe garantizar la hermeticidad de la junta según el material, el diámetro y la norma técnica de fabricación de las tuberías que conformen esa línea, garantizando las condiciones de servicio establecidas en el proyecto.

#### **2.4.7 Clases de tubería según el material**

Estas tuberías deben ser de materiales resistentes a golpes y presiones. Existen diferentes tipos de materiales para la construcción. Al respecto, Sánchez (2001) describe los siguientes:

**2.4.7.1 Tuberías de concreto simple.** Son las más económicas y usualmente se usan en la construcción de redes de alcantarillado. Los diámetros empleados, por lo general, son: 15, 20, 25, 30, 38 y 45 cm.

**2.4.7.2 Tuberías de concreto reforzado.** Se refuerzan con dos juntas entrelazadas de varilla calculadas para resistir la presión de trabajo. Los diámetros más empleados son 61, 76, 91, 107, 122, 152, 183, 213 y 244 cm. Para diámetros superiores, se construyen (cuelan) en el sitio.

**2.4.7.3 Tuberías de acero y fierro fundido.** El uso de estas tuberías es muy limitado. Son tuberías que tienen el inconveniente de ser altamente corrosivas. Se usan en cruces de ríos o arroyos como puentes canal y se construyen en todos los diámetros. Sus costos son elevados.

**2.4.7.4 Tuberías de PVC.** Son tuberías de policloruro de vinilo, el cual es un material plástico que pertenece al grupo de los termoplásticos. Éstos se caracterizan por la particularidad de recuperar sus propiedades físicas cada vez que son sometidos a la acción del calor. Por su alto costo, se usan en casos específicos en los alcantarillados, existiendo solamente diámetros de 15, 20, 25, 30 y 45 cm. Sus juntas son herméticas y de fácil instalación. Son las más utilizadas en Costa Rica.

#### **2.4.8 Requisitos para construcción de tuberías**

En Costa Rica, según el AyA (2017) en la Normativa Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Saneamiento y Pluvial, se establece lo siguiente:

Los tubos que se incorporen al sistema de recolección deben ser de sección circular. Los tubos que se utilicen en líneas de impulsión, cuando proceda su inclusión en el diseño, deben ser de polietileno de alta densidad según norma INTE 16-05-06.

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 y la prevista se debe instalar con respecto a la tubería principal (ver anexo 6). En casos especiales cuando la topografía no permita cumplir con el requisito de profundidad establecido y se requiera instalar la tubería a una profundidad menor a lo indicado, se debe colocar losa de concreto reforzada (ver anexos 7 y 8).

La distancia mínima entre las conexiones domiciliarias de la red de distribución de agua potable y de la red terciaria de aguas residuales debe ser al menos 1,50 m en planta. Toda zanja para colocación de tubería debe contar con encamado compactado al 95 % del Proctor Modificado (PM); relleno lateral compactado al 95 % del PM, utilizando material tipo lastre. El relleno (encamado) debe ser colocado en capas máximas de 30 cm, compactadas al 95 % del PM. El ancho de la zanja no debe ser mayor que el diámetro de la tubería más 0,50 m, ni menor que el diámetro de la tubería más 0,40 m y las paredes deben ser verticales (ver anexo 7).

Los conductos circulares que se utilicen en sistemas de saneamiento deben ser fabricados en color anaranjado. Cada tubo debe cumplir con el requerimiento de rotulado establecido en la norma técnica de fabricación respectiva (norma técnica de producto), cuyos caracteres deben ser totalmente visibles, legibles e indelebles para garantizar la correcta identificación de la tubería durante y después de la instalación.

### 2.4.9 Pozos de registro

Se deben colocar, en la red terciaria, pozos de concreto reforzado. La distancia máxima entre ellos debe ser de 120 m en vías públicas y 40 m en terrenos donde no ingresen vehículos. El diámetro de los pozos de registro depende de la profundidad de colocación de la tubería y el número de caídas que exista en el pozo. Los pozos pueden tener varias entradas, pero solo deben tener una sola salida de caudal. Se debe cumplir con la siguiente tabla:

**Tabla 3**

*Dimensiones de pozos en 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	0,2	280
2	más de 10,0 hasta 15,0	0,2	280

*Fuente: Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial, AyA, 2017*

**Tabla 4**

*Diámetro interno por tipo de pozo según tubería de salida*

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 Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial, AyA, 2017*

Se debe presentar el análisis geotécnico y estructural para determinar las características y dimensiones del pozo cuando la profundidad es mayor a los 5 m o el diámetro interno supera los 2 m. Si el diseño incluye pozos no fabricados en concreto o prefabricados en concreto, también se debe presentar la memoria de cálculo y la ficha técnica donde se demuestre el cumplimiento de los requerimientos estructurales y se detallen las normas técnicas de diseño y de fabricación, y las recomendaciones del fabricante para su debida valoración por la comisión técnica. Por otra parte, se debe construir un pozo al inicio de cualquier tramo del sistema sanitario, el cual debe tener al menos una profundidad mínima de 1,30 m, medido desde el nivel de fondo del pozo.

Para la tapa que requiere el pozo, se debe cumplir con la norma técnica INTE 16-12-01, además de un diámetro de 603,00 mm (ver anexo 9) (AyA, 2017, pp. 43-45).

## **2.5 Estaciones de bombeo**

Una estación de bombeo se requiere cuando la disposición final del flujo por gravedad ya no es posible y se vuelve necesario levantar o transportar esas aguas de la red. Cuando el terreno es plano, los colectores que transportan las aguas residuales hacia la estación de tratamiento se pueden profundizar, por lo tanto, la disposición final solo por gravedad no sería práctica (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad, 2007).

Como se explicó con anterioridad, normalmente, se utilizan cuando existe una topografía muy irregular con diferentes elevaciones, por lo cual las aguas negras no pueden ser transportadas a su disposición final por gravedad, y se requiere de una energía extra para elevar el líquido y pueda seguir su trayecto hacia la disposición final.

“En consecuencia, una EB es una instalación hidroelectromecánica donde se le imprime al líquido que pasa por ella una cierta cantidad de energía hidráulica suministrada por una máquina hidráulica llamada bomba, la cual se alimenta mecánicamente desde un motor” (Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, s.f, p. 3).



Para determinar el tamaño de una estación de bombeo, se requiere del caudal de entrada que puede cambiar por muchas variables, además de entender el fin de la utilización. Para el caso de aguas residuales, se debe tener en cuenta la posibilidad de inundación y los daños que esto pueda causar. Por esta razón, se necesitan dos bombas configuradas para funcionamiento en servicio (una de reserva), y que cada bomba pueda manejar el caudal máximo. En este caso, no habrá inundación cuando una bomba está averiada o fuera de operación para ser reparada. Si la capacidad de la estación de bombeo está basada en dos bombas funcionando en paralelo, hay que tener una tercera bomba como reserva (GRUNDFOS, s.f.)

### ***2.5.1 Consideraciones***

- La ubicación para que no afecte el desarrollo completo del área ni áreas vecinas.
- Derecho propietario.
- Drenaje del terreno y de la localidad.
- Tipo de tráfico.
- Accesibilidad vehicular.
- Disponibilidad de servicios, energía (tensión y carga), agua potable y teléfonos.
- Nivel freático.
- Planos topográficos de la zona a escala adecuada.
- Estudio de suelos del sitio para determinar las características geotécnicas en el sitio de la estación.
- La profundidad de las tuberías o canales de llegada para determinar la profundidad de la estructura de la estación de bombeo por debajo del nivel del terreno y determinar también el nivel del piso de la cámara de operación.
- Disponibilidad de energía.
- Calidad del agua a ser bombeada (Instituto Bolivariano de Normalización y Calidad, 2007).

## 2.5.2 Componentes

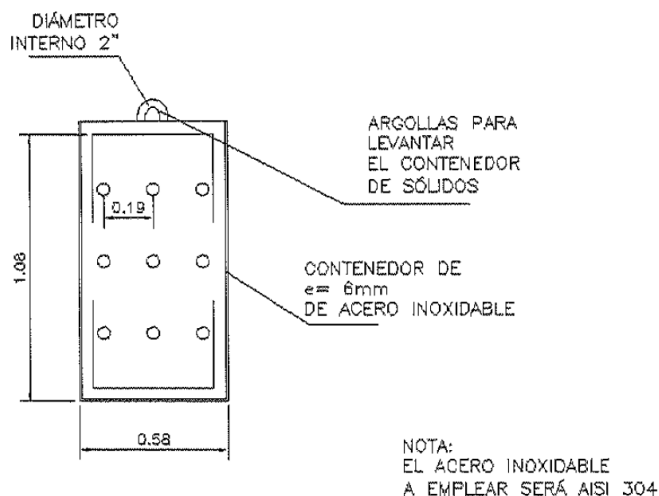
Según el AyA (2017), las estaciones estarán conformadas al menos por los siguientes componentes físicos (ver anexo 10):

- Caja de válvula de entrada.
- Sistema de recolección de sólidos.
- Tanque cisterna.
- Caja de cachera de impulsión
- Componentes mecánicos y electromecánicos.
- Sistemas de control y protección (p.175).

**2.5.2.1 Caja de válvula de entrada.** Es el espacio de acceso para montar y desmontar la válvula de compuerta que se encuentra en la tubería de entrada. En otras palabras, permite retirar, en forma segura, la válvula guillotina. En ella, se regula el paso de un fluido cuando una compuerta sube o baja y se utilizan normalmente cuando se necesita abrir todo o nada (AyA, 2017, citado en Cañero, 2018).

El espacio debe tener un mínimo de 2 m de altura y la separación entre la tubería y las paredes de la misma debe ser al menos de 0,5 m. Además, la tubería debe estar montada y centrada sobre pedestales de concreto armado que tengan al menos 0,25 m de altura (ver anexo 10). Asimismo, debe incluir una escalera de peldaños (ver anexo 11) (AyA, 2017).

**2.5.2.2 Sistema de recolección de sólidos.** Las estaciones de bombeo requieren recolectar los sólidos al final de la tubería de entrada con una canasta metálica de acero inoxidable. Según la Norma Técnica del AyA (2017), ésta debe ir sobre una losa de concreto en voladizo con pared frontal, capaz de retener sólidos al menos de 25 mm de diámetro. También, debe cumplir con dimensiones de 0.97 x 0.58 x 1.08 (L x W x H en m) y e= 6 mm (AyA, 2017, p. 176).



**Figura 1. Canasta de limpieza vista frontal**

Fuente: Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial, AyA, 2017

**2.5.2.3 Tanque cisterna.** Tanque cisterna también llamado cámara o cárcamo de bombeo puede ser en forma de pozo circular, de tanque cuadrado o rectangular y el fondo debe tener una tolva con una inclinación mínima de 45 grados hacia la boca de succión, una losa de concreto armado en voladizo por encima del nivel máximo de operación para labores de mantenimiento y debe contar con al menos tres accesos. Por otro lado, la tubería de entrada debe estar como mínimo a un metro sobre el nivel de encendido de las bombas, y la tubería de salida de las bombas debe ser de polietileno de alta densidad o hierro dúctil (AyA, 2017).

De acuerdo con el AyA (2017), para determinar el volumen, se debe considerar lo siguiente:

- Tiempo de retención hidráulica máximo permitido: 30 minutos.
- Caudal de diseño: caudal máximo de llegada a la estación.
- Frecuencia de arranque por hora máxima permitida de la bomba: 10 arranques.
- Caudal mínimo de llegada a la estación.

Por lo tanto, el volumen mínimo del cárcamo de bombeo se debe considerar para 30 minutos de retención con el fin de evitar la formación de ácido sulfhídrico. Al tener un caudal en  $\text{m}^3/\text{min}$ , entonces:

$$V_{ret} = Q * \text{tiempo de retención} \quad (6)$$

**2.5.2.4 Caja de cachera de impulsión.** Es el espacio utilizado para montar y desmontar la cachera de impulsión, la cual debe tener una dimensión mínima de 2 metros de altura, y la separación entre la tubería y la caja no debe ser menor de 0,5 m, con las tuberías centradas. Debe contar con 2 accesos de mínimo 0,6 m de diámetro, además de escaleras con peldaños en la pared (AyA, 2017, p.179).

**2.5.2.5 Componentes mecánicos y electromecánicos.** Se puede decir que las estaciones de bombeo tienen los mismos componentes si pertenecen a un sistema pluvial, cloacal o de agua potable, pero difieren en el diseño de sus componentes:

- Bombas
- Válvulas y compuertas
- Rejas
- Trituradores
- Colector de salida
- Motores
- Tableros
- Amortiguadores de vibración
- Equipos de izaje
- Iluminación
- Elementos de medición y control (Koutoudjian, s.f, p.15).

### **2.5.3 Bombas de aguas residuales**

“La bomba es el corazón del sistema de bombeo y la razón de ser de la EB” (Koutoudjian, s.f).

La bomba para aguas residuales es un componente cerrado con una bomba y un motor, lo cual es adecuado para la instalación sumergible en fosos. Debido a la estructura de la bomba, no es necesario ingresar al pozo para realizar un mantenimiento, porque se puede abrir y cerrar automáticamente desde el exterior del pozo. Se pueden instalar vertical u horizontalmente y

pueden funcionar de manera intermitente o continua. Este tipo de bombas debe poder manejar partículas grandes, por lo tanto, tienen impulsores especiales que evitan bloqueos y atascos (GRUNDFOS INDUSTRY, 2004).

Los sistemas deben contener dos unidades operando alternadamente, de las cuales la segunda debe operar como reserva. Se debe tener un plan de contingencia para la descarga del caudal de la estación de bombeo por si ocurre un evento inesperado que requiera la descarga. Deben estar diseñadas con la capacidad de bombear agua cruda con sólidos en suspensión y estar equipadas con un impulsor semiabierto; se requiere que el motor y la bomba alcancen los mayores valores de eficiencia en su punto de operación y deben ser del tipo moledoras y antiatascos (AyA, 2017).

El ciclo de operación de la bomba no debe ser superior a los 5 minutos. Para el arranque de las bombas de aguas residuales, se recomienda un arranque y paro escalonado, es decir, las bombas arrancan una tras otra a niveles crecientes y paran sucesivamente en orden inverso. El número máximo de arranques/hora recomendada para las bombas en función de la potencia nominal de los motores se indica en la tabla 5 (AyA, 2017).

**Tabla 5**

*Número de arranques por hora según potencia nominal (motores)*

Potencia (Kw)	Número arranques / hora
Menor de 11	De 12 a 20
De 11 a 37	De 10 a 17
Mayor de 37 a 110	De 8 a 14
Mayor de 110 a 160	De 7 a 12
Mayor de 160	De 5 a 10

*Fuente: Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial, AyA, 2017*

**2.5.3.1 Selección de bombas.** Se debe elegir una bomba que se encuentre disponible en el comercio y que se adapte a las condiciones de particulares de la obra. La justificación de esa elección va a depender de las condiciones normales de marcha y del mejor rendimiento posible, lo

cual proporcione a la obra el caudal y la altura manométrica requerida en la estación de bombeo. Para seleccionar los equipos de un cárcamo de bombeo, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Caudal del proyecto e intervalos de los mismos.
- Ubicación de cárcamo de bombeo.
- Diseño de la tubería de impulsión.
- Características de las curvas de caudal-altura de las bombas.

Cuando ya se tienen evaluados todos los factores mencionados, se procede a la selección del número y capacidad de la bomba, el tipo de accionamiento y el tamaño óptimo de la tubería de impulsión. Primero, se definen las características del sistema de presión y, luego, se encuentra la bomba con la gráfica de la curva del sistema de presión en una hoja con las curvas características de bombeo (Comisión Nacional de Agua, 2007, p. 69).

#### **2.5.4 Válvulas y compuertas**

Su función es impedir el paso del agua al pozo de bombeo cuando sea necesario, ya sea a ciertos canales o a todo el espacio. En ocasiones, se requiere para limpieza o reparación. Según la Comisión Nacional de Agua (2007), las principales funciones de las válvulas son: “permitir el paso del flujo o detenerlo, regular o limitar el flujo, evitar el retorno del flujo y la regulación de presión o gasto” (pp. 37-39).

De acuerdo con el AyA (2017), se deben cumplir los siguientes requisitos:

Contar con un sistema de cierre y apertura manual o automático, además de incluir un manubrio que indique la dirección de rotación en sentido contrario a las agujas del reloj para abrir la válvula, excepto la válvula *check*.

La válvula de retención “check” debe ser fabricada en hierro dúctil. El montaje de la válvula de compuerta deslizante tipo guillotina debe ser mediante bridas en ambos extremos, y la compuerta debe ser de acero inoxidable. La válvula de aire tipo combinación debe ser de un diámetro a partir de los 25 mm hasta los 100 mm, en hierro fundido o hierro

dúctil. Por último, las válvulas de compuerta deben fabricarse en hierro fundido o hierro dúctil (pp. 184-186).

### 2.5.5 Tubería de impulsión

Algunos aspectos importantes por tomar en cuenta en el diseño de tuberías de impulsión son las pérdidas y la velocidad generadas por dicha tubería para calcular las pérdidas.

Si la velocidad del caudal de la tubería de impulsión es demasiado baja, la arena y los lodos tienen tiempo de depositarse, lo cual aumenta el riesgo de atascos. Los lodos depositados pueden endurecer y formar una costra en la pared de la tubería que, constantemente, disminuye su diámetro, produciendo mayores pérdidas de caudal. Grumos grandes de fango que se mueven con el caudal pueden bloquear codos u otras conexiones de la tubería de impulsión. Para aguas residuales municipales, se recomienda una velocidad del caudal de mín. 0,7 m/s. Cuando solo se bombean aguas residuales domésticas, la velocidad mínima del caudal puede ser tan baja como 0,5 m/s, pero si las aguas contienen arena no se garantiza este valor (GRUNDFOS, s.f., p. 45).

Se puede definir como carga estática “la diferencia de nivel entre la superficie del líquido en el lugar donde tiene que tomarlo la bomba (nivel inferior) y la superficie del líquido en el lugar de descarga (nivel superior)” (Álvarez, et al., 2018, p.29).

**2.5.5.1 Pérdidas por fricción:** “Las tuberías se deben dimensionar aplicando las fórmulas de Hazen-Williams” (AyA, 2017). Las pérdidas por fricción se calculan con la siguiente fórmula:

$$hf = \left( \frac{10.679}{C^{1.852} * D^{4.871}} \right) * (Q^{1.852} * L) \quad (7)$$

Donde:

hf: pérdidas por fricción (m)

C: coeficiente de Hazen-Williams

D: diámetro interno de la tubería (m)

Q: caudal de operación (m<sup>3</sup>/s)

L: longitud de la línea de impulsión (m)

Los coeficientes máximos para la fórmula de Hazen Williams según el material son los siguientes:

**Tabla 6**

*Coeficientes máximos (Hazen y Williams)*

Material	Valor máximo de C (Adimensional)
Poliétileno de Alta Densidad (PEAD)	130
Cloruro de Polivinilo (PVC)	130
Concreto	120 - 140
Hierro galvanizado	120
Hierro dúctil	120
Hierro fundido <sup>a</sup>	130
Hierro fundido (10 años de edad)	107 - 113
Hierro fundido (20 años de edad)	89 - 100
Hierro fundido (30 años de edad)	75 - 90
Hierro fundido (40 años de edad)	64 - 83
Acero	130
Acero <sup>a</sup>	140 - 150
Acero rolado	110
Cobre	130 - 140

*Nota:* se refiere al material utilizado en productos fabricados durante los últimos 10 años.

*Fuente:* Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial, AyA, 2017

**2.5.5.2 Pérdidas locales:** en la tubería de impulsión, se pueden generar pérdidas adicionales que incluyen un componente de fricción y uno de turbulencia, donde se contemplan los cambios del diámetro interior de la tubería y de su forma, codos, válvulas, uniones, entre otros (GRUNDFOS, s.f.)

Para Vennard & Street (1979), “las pérdidas pueden ser evaluadas por diversos métodos, resultando el más simple basado en la velocidad afectada por el coeficiente experimental



establecido para cada accesorio (ver anexo 12). La siguiente es la fórmula correspondiente” (Álvarez, et al., 2018, p.22):

$$h_L = k * \frac{v^2}{2 * g} \quad (8)$$

Donde:

$h_L$ : pérdidas locales (m)

$k$ : coeficiente experimental adimensional que se determina para el accesorio.

$v$ : velocidad del flujo (m/s)

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

**2.5.5.3 Tamaño de la tubería de impulsión.** Para la selección del tamaño de la tubería de impulsión, se consideran los siguientes factores:

- Economía
- Diámetro interior necesario para la aplicación
- Velocidad mínima de caudal necesaria para la aplicación (GRUNDFOS, s.f., p.44).
- Mínimo indicado en la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial.

Para la Organización Panamericana de la Salud (2004), un procedimiento para la selección del diámetro de la tubería es usar la fórmula de Bresse:

$$D = 1.3 * X^{\frac{1}{4}} * Q_b^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

Donde:

$X$ : Número de horas de bombeo/24

$Q_b$ : Caudal de bombeo, en  $m^3/s$

$D$ : Diámetro de la tubería, en m

**2.5.5.4 Velocidad del sistema.** Para determinar la velocidad, se utiliza la ecuación de continuidad:

$$V = \frac{4 * Q_b}{\pi * D^2} \quad (10)$$

Donde:

V: velocidad en m/s

Q<sub>b</sub>: caudal de bombeo en m<sup>3</sup>/s

D: diámetro de la tubería en m

**2.5.5.5 Prevención de golpes de ariete.** El golpe de ariete o cambios de presión en la tubería sucede debido a que “la columna de líquido que se mueve dentro de la tubería posee cierta inercia proporcional a su peso y a su velocidad. Cuando el flujo se detiene repentinamente, la inercia se convierte en un incremento de presión” (Amanco, s.f., p.28).

Según las recomendaciones de Grunfos (s.f.), se pueden aliviar los golpes de ariete tomando en cuenta algunas recomendaciones:

- Evitar la parada simultánea de dos o más bombas.
- Instalar válvulas automáticas con duración de cierre de 20-30 segundos, en vez de válvulas de retención normales. La bomba se detiene después de cerrarse la válvula.
- Parar las bombas lentamente con control de frecuencia.
- Utilizar un equipo de arranque suave también para parar las bombas. El control completo de la secuencia de parada no es siempre factible.
- Instalar válvulas de aire automáticas en los puntos donde aparecen presiones negativas.
- Si la bomba cavita durante el ciclo de parada, la instalación de una tubería de aspiración “bypass” con válvula de retención desde la fosa húmeda hasta la tubería de impulsión evitará que la presión baje dentro de la bomba. La dimensión de la tubería “bypass” debe seleccionarse un tamaño menor que la brida de presión de la bomba.
- Utilizar componentes de tubería más pesados que soportarán la presión de los golpes de ariete.

- Las oscilaciones del vacío pueden ser más dañinas para la tubería y el equipo que las de presión (p. 47).

Para Amanco (s.f), dicho valor se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$P = \frac{aV}{10g} \quad (11)$$

Donde:

P = sobrepresión por golpe de ariete kg/cm<sup>2</sup>

V = cambio de velocidad del agua, m/s

g = aceleración de la gravedad = 9,81 m/s<sup>2</sup>

a = velocidad de la onda, m/s

Por otro lado, el valor de *a*, que pertenece a la velocidad de onda, está dado por la siguiente expresión:

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \left(\frac{K}{E}\right)(SDR - 2)}} \quad (12)$$

Donde:

a = velocidad de la onda, m/s

K = módulo de compresión del agua = 2,06 x 10<sup>4</sup> kg/cm<sup>2</sup>

E = módulo de elasticidad de la tubería = 2,81 x 10<sup>4</sup> kg/cm<sup>2</sup>

SDR = razón dimensional estándar (D/e)

Esta sobrepresión debe adicionarse a la máxima presión hidrostática del tramo para verificar que no se ha excedido la presión de trabajo de la tubería. Si esto ocurriera, se debe modificar la selección de la tubería por otra de mayor resistencia (pp. 31-32).

Por lo tanto, si la presión de la tubería > P, ∴ Sí cumple

### 3. Marco metodológico

#### 3.1 Paradigma

La forma como se desechan las aguas residuales en muchos lugares no es la adecuada para un ambiente amigable y seguro para la población. Muchas ciudades alrededor del mundo no cuentan con un sistema de saneamiento seguro, por lo tanto, se ven expuestas a sufrir riesgos en la salud.

Se percibe como un objetivo difícil de cumplir el brindar servicios de saneamiento seguro para todos en América Latina y el Caribe. Más de 106 millones de personas no cuentan con acceso a servicios de saneamiento mejorado y 485 millones no tienen acceso a saneamiento seguro, lo cual no solo es un factor de riesgo para su salud y bienestar personal, sino también una forma permanente de contaminación para las fuentes de agua (Banco Interamericano de Desarrollo BID, 2019).

Por consiguiente, es necesario realizar la recolección, el tratamiento y la gestión integral de las aguas residuales y de los residuos sólidos para lograr ecosistemas sanos y equilibrados. Al día de hoy, están sumamente afectados los ríos y demás cuerpos de agua superficiales que son utilizados como vertederos y sumideros (LATINOSAN, 2019).

Entonces, se debe cambiar la forma de desechar las aguas residuales al aire libre o al medio ambiente. Más que todo se debe modificar la forma tradicional de concebir el acceso al saneamiento basado en la construcción de la infraestructura y que se adopte un nuevo paradigma que permita mejores servicios con los mismos recursos, lo cual se denomina *saneamiento óptimo* (Banco Interamericano de Desarrollo BID, 2019).

No se trata de menospreciar los sistemas convencionales de drenaje, sino de lograr un sistema más eficiente y óptimo basado en una infraestructura verde, ciudades más agradables y habitables para promover y mantener los ecosistemas urbanos. No obstante, el cambio de ese paradigma se ve afectado por el tiempo y el costo a la hora de implementar estos sistemas, por lo cual no será completado hasta que las instituciones respectivas logren implementar los sistemas adecuados (iAgua, 2021).

### 3.2 Enfoque metodológico y métodos de investigación

En este trabajo investigativo, se presenta un enfoque cuantitativo, pues, en los diseños por realizar, se van a modificar variables para cumplir con los parámetros de diseño establecidos en la Norma Técnica del AyA. Además, se contará con información cuantificable como la población con la que se va a diseñar, con el objetivo de dar la mejor solución y cumplir con un diseño óptimo.

En el presente trabajo, se obtiene la información del sitio por medio de la empresa SYNSA (curvas de nivel y diseño de sitio) y se realiza el diseño de la red de alcantarillado sanitario por medio de la norma técnica del AyA y del programa SewerCAD. Para la estación de bombeo, se realiza su dimensionamiento a través de la Norma Técnica del AyA, para, posteriormente, modelar, tanto el sitio, como la red de alcantarillado sanitario con el fin de proporcionar una mejor interpretación de la información obtenida en el diseño.

### 3.3 Categorías de análisis de la investigación

**Tabla 7**

*Relación de variables dependiente e independiente*

Objetivo específico	Variable independiente	Herramienta a utilizar	Variable dependiente
Basar el diseño de la red de alcantarillado sanitario en la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial.	caudal mínimo del proyecto que corresponde a la condición crítica de diseño	Norma Técnica para Diseño y construcción de Sistemas de agua potable y Saneamiento	La velocidad no debe ser mayor de 5,0 m/s
Determinar la población de diseño que contempla el proyecto.	Estadísticas suministradas del INEC	Norma Técnica para Diseño y construcción de Sistemas de agua potable y Saneamiento	Variación en el diámetro de tubería
Prediseñar los componentes necesarios para la estación de bombeo que requiere el proyecto.	Caudal de diseño	Norma Técnica para Diseño y construcción de Sistemas de agua potable y Saneamiento	Capacidad de la bomba
Generar un modelo en 3D con la herramienta de Revit que muestre el diseño propuesto.	Diseño propuesto	Revit	Modelo 3D

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo

### **3.4 Población y muestra**

En este proyecto, no se cuenta con una muestra, sino que se va a trabajar con la población. Para la población, se toma el número de unidades habitacionales (ver anexo 3) y se multiplica por el factor de hacinamiento del último censo de la población del distrito de Santa Cruz, lo cual es proporcionado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (ver anexo 4). Para unidades no habitacionales, se debe aplicar la tabla 1 de este documento.

### **3.5 Técnicas e instrumentación para la recolección de datos**

En el presente trabajo investigativo, se obtienen los datos mediante fuentes de información como libros, páginas *web*, normativa del AyA, además de información recolectada por la empresa SYNSA, la cual brinda la topografía, el diseño del sitio y cualquier información relevante para el proyecto. Por otra parte, se obtiene información de la siguiente forma:

#### ***3.5.1 Diseño de la red de alcantarillado sanitario***

Para este diseño, se utilizará la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial.

**3.5.1.1 Topografía.** Curvas de nivel de la zona proporcionadas por la empresa SYNSA en AutoCAD se encuentran a cada medio metro, con elevaciones que van de los 44 msnm a los 49,5 msnm.

**3.5.1.2 Períodos de diseño.** Se debe diseñar una red terciaria o red general, la cual no cuenta con expansión futura, por lo tanto, requiere un período de diseño de 20 a 25 años como lo indica la sección 2.4.2 de este documento.

**3.5.1.3 Dotación.** Para el cálculo del caudal promedio diario, la dotación será de 150 l/p/d, como lo indica la sección 2.4.3 de este documento, debido a que, por ser un proyecto nuevo, se utilizan los valores mínimos establecidos por el CFIA (2017) para interés social.

#### **3.5.1.4 Criterios de diseño para tuberías**

**3.5.1.4.1 Velocidad.** La velocidad máxima es 5,0 m/s, mientras la velocidad mínima se debe establecer con base en el análisis de fuerza tractiva (ver sección 2.4.6.1).

**3.5.1.4.2 Tirante hidráulico.** Es el 75 % del diámetro interno de la tubería (ver sección 2.4.6.2).

**3.5.1.4.3 Cálculo hidráulico.** para la “n” de Manning utilizar 0.010 para PVC (ver sección 2.4.6.3).

**3.5.1.4.4 Diámetro mínimo.** 150 mm (ver sección 2.4.6.4).

**3.5.1.4.5 Pendiente mínima.** Debe ser la que se obtenga para la velocidad mínima permitida que es producida por una fuerza tractiva mínima de 0,10 kg/m<sup>2</sup> (ver sección 2.4.6.4).

**3.5.1.4.6 Diámetro mínimo de Prevista domiciliar.** 100 mm (ver sección 2.4.6.5).

**3.5.1.4.7 Pendiente mínima de Prevista domiciliar.** 2 % (ver sección 2.4.6.5).

**3.5.1.4.8 Ubicación.** Al centro de las avenidas y calles, a una profundidad mínima de 1,20 m desde la rasante de la calle hasta la corona del tubo (ver sección 2.4.8).

### **3.5.1.5 Criterios de diseño de pozos de registro**

**3.5.1.5.1 Profundidad mínima** 1,30 m (ver sección 2.4.9).

**3.5.1.5.2 Diámetro.** El diámetro de los pozos de registro depende de la profundidad de colocación de la tubería y el número de caídas que exista en el pozo (ver sección 2.4.9).

**3.5.1.5.3 Diámetro de las tapas.** 603,00 mm.

### **3.5.2 Estación de bombeo**

**3.5.2.1 Períodos de diseño.** 20 a 25 años (ver sección 2.4.2).

**3.5.2.2 Volumen del cárcamo de bombeo.** Se diseña para un tiempo de retención de 30 minutos (ver sección 2.5.2.3).

**3.5.2.2 Tubería de impulsión.** Se debe determinar lo siguiente:

- Pérdidas por fricción (ver sección 2.5.5.1).
- Pérdidas locales (ver sección 2.5.5.2).
- Tamaño de la tubería de impulsión (ver sección 2.5.5.3).
- Velocidad (ver sección 2.5.5.4).
- Carga dinámica total (CDT)= carga estática +  $h_f$  +  $h_L$
- Sobrepresión del golpe de ariete (ver sección 2.5.5.5).

**3.5.2.3 Selección de la bomba.** Para la selección de la bomba, se deben recolectar los siguientes datos:

- Caudal de diseño.
- Ubicación del cárcamo de bombeo.
- Diseño de la tubería de impulsión.
- Características de las curvas de caudal-altura de las bombas.

Luego, se procede a enviar la información a diferentes proveedores para que recomienden una bomba con las características solicitadas.

### **3.6 Técnicas de instrumentación para el procedimiento y análisis de datos**

El primer procedimiento es obtener la población de diseño para, luego, calcular los caudales por medio de las secciones 2.4.4 y 2.4.5 de este documento.

Después de obtener la topografía brindada, se utiliza el *software* de AutoCAD Civil 3D para modelar la superficie del terreno.

Al tener claros los parámetros de diseño, se utiliza el software SewerCAD, la cual es una herramienta creada para el diseño y análisis de alcantarillado sanitario. Al obtener los resultados en dicho programa, se extraen tablas con los resultados obtenidos.

Una vez realizado el diseño de la red de alcantarillado, se obtiene el nivel de la tubería de llegada a la estación de bombeo, por lo cual se procede con el diseño del volumen de la estación de bombeo, que debe cumplir con la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial. Una vez obtenido el volumen, se calculan las pérdidas y el diámetro que requiere la tubería de impulsión, la cual debe cumplir con un mínimo de 100 mm (4") según la norma.

Después de realizado todo el diseño, se procede a modelar la topografía y el sitio de la urbanización. De manera posterior, se modela la red de alcantarillado sanitario en el lugar que corresponde en el sitio según el diseño propuesto. Todo esto se realiza con la herramienta de Autodesk Revit 2019.



## 4. Análisis de resultados

### 4.1 Población de diseño

En la urbanización Los Espaveles, existen 104 lotes. De éstos, 17 quedan fuera del diseño, ya que van a ser contemplados solo los que se conectan a la estación de bombeo. Por lo tanto, se contemplan 982,99 m<sup>2</sup> de locales comerciales, 2 lotes pertenecen a la estación de bombeo y 85 son asignados a viviendas. Se utiliza un factor de hacinamiento de 3,5 habitantes/vivienda según la base de datos del INEC (ver anexo 4), mientras que, para locales comerciales, se utiliza un servicio equivalente por cada 200 unidades de cálculo, siendo la unidad de cálculo metro cuadrado de área.

La población de diseño se considera fija, debido a que no existe posibilidad de extenderse en el futuro, por lo tanto, se obtiene un total de 315 habitantes.

### 4.2 Caudal de diseño

Para el caudal promedio diario ( $Q_{pap}$ ), se contempla una dotación de 150 l/hab/d para proyectos de interés social. Por lo tanto, utilizando la ecuación 2, se obtiene:

$$Q_{pap} = \frac{\text{Dotación} * \text{población}}{86400}$$

$$Q_{pap} = \frac{150 * 315}{86400} = 0,55 \text{ l/s}$$

Para el cálculo del caudal promedio de aguas residuales, se utiliza un factor de retorno de 0,8. Por lo tanto, utilizando la ecuación 1, se obtiene:

$$Q_{paro} = FR * Q_{pap}$$

$$Q_{paro} = 0,8 * 0,55 = 0,44 \text{ l/s}$$

Aguas especiales ( $Q_{pare}$ ) y contribuciones externas ( $Q_{ext}$ ) no existen para este proyecto. Por lo tanto, el cálculo del caudal promedio de aguas residuales ( $Q_{par}$ ), que equivale a la suma de todas las contribuciones, al utilizar la ecuación 3, se obtiene:

$$Q_{par} = Q_{paro} + Q_{pare} + Q_{ext}$$

$$Q_{par} = 0,44 \text{ l/s}$$

Por otra parte, para aguas de infiltración ( $Q_{inf}$ ), se contempla una infiltración de 0,25 l/s/km por ser material de PVC, y al multiplicarlo por la longitud en kilómetros, se obtiene:

$$Q_{inf} = 0,928 * 0,25 = 0,23 \text{ l/s}$$

Para el caudal mínimo de diseño ( $Q_{min}$ ), el FMD es igual a 1,2 veces el caudal promedio diario. Utilizando la ecuación 4, se obtiene:

$$Q_{min} = FMD * Q_{par} + Q_{inf}$$

$$Q_{min} = 1,2 * 0,44 + 0,23 = 0,76 \text{ l/s}$$

El caudal mínimo no debe ser inferior a 1,5 l/s.

Para el cálculo del caudal máximo de diseño, se utiliza un FMH igual a 1,8. Utilizando la ecuación 5, se obtiene:

$$Q_{max} = Q_{par} * FMH + Q_{inf}$$

$$Q_{max} = 0,44 * 1,8 + 0,23 = 1,02 \text{ l/s}$$

El caudal de diseño por utilizar para la red de alcantarillado sanitario es de 1,5 l/s, el cual es el mínimo permitido por la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial.

## **4.3 Diseño de alcantarillado sanitario**

### **4.3.1 Tramos de tubería**

De acuerdo con el diseño elaborado, la ubicación de tramos de tubería se distribuye de la siguiente manera, y los nombres de cada tramo se reflejan según el nombre asignado por el programa SewerCAD:



**Figura 2. Nombre de tramos de alcantarillado sanitario**

*Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo*

Los parámetros de diseño tomados en cuenta para el alcantarillado sanitario se detallan a continuación:

Población de diseño: 315 habitantes

Período de diseño: 20 a 25 años

Caudal de diseño mínimo: 1,5 l/s

Velocidad máxima: 5,0 m/s

Fuerza tractiva mínima: 0,10 kg/m<sup>2</sup> (1 Pa)

Tirante hidráulico máximo: 75 % del diámetro interno

Coefficiente mínimo de Manning: 0,010

Diámetro mínimo: 150 mm

Ubicación: este proyecto específico se ubica al costado sur y este, a una profundidad mínima de 1,20 m desde la rasante de la calle hasta la corona del tubo. La razón se debe a que la

calzada de este proyecto tiene una pendiente invertida, por lo tanto, la tubería del alcantarillado sanitario se invierte con el sistema pluvial.

Después de realizar el diseño en el programa de SewerCAD, se obtienen los siguientes datos:

**Tabla 8**

*Cálculos para tramos de tubería de alcantarillado sanitario*

Nombre Tramo	Longitud (m)	Pendiente (calculada) (%)	Diámetro (mm)	Manning's n	Caudal acumulado (L/s)	Velocidad (m/s)	Fuerza tractiva (Pascals)	tirante hidráulico (%)
T-1	13.09	0.50	250	0.010	28.50	1.13	3.11	52.9
T-2	17.72	0.55	150	0.010	1.50	0.53	1.04	22.3
T-3	38.75	0.50	200	0.010	15.00	0.96	2.44	53.6
T-4	28.81	0.50	200	0.010	16.50	0.98	2.53	61.6
T-5	53.18	3.49	150	0.010	4.50	1.42	7.14	46.8
T-6	55.71	0.50	150	0.010	6.00	0.76	1.73	52.7
T-7	59.64	0.55	150	0.010	1.50	0.53	1.04	35.1
T-8	66.14	3.59	150	0.010	1.50	1.03	4.50	29.6
T-9	67.29	2.37	150	0.010	1.50	0.89	3.26	38.0
T-10	51.79	0.62	150	0.010	1.50	0.56	1.15	22.0
T-11	59.82	0.50	150	0.010	9.00	0.84	2.01	61.5
T-12	59.97	0.50	150	0.010	10.50	0.87	2.11	63.9
T-13	61.68	2.68	150	0.010	1.50	0.93	3.59	18.8
T-14	81.55	0.58	150	0.010	1.50	0.54	1.08	22.1
T-15	36.54	0.50	150	0.010	7.50	0.81	1.89	55.7
T-16	32.86	0.50	150	0.010	9.00	0.84	2.01	60.7
T-17	38.06	1.37	150	0.010	10.50	1.28	4.85	65.4
T-18	39.22	0.81	150	0.010	12.00	1.08	3.30	63.9
T-19	65.73	0.55	150	0.010	1.50	0.53	1.04	31.8

*Nota: Resultados de tubería en sección circular*

*Fuente: Elaboración propia de la investigadora con base en SewerCAD para efectos del presente trabajo investigativo*

En la tabla anterior, se puede observar que se cumplen los parámetros mencionados anteriormente. La velocidad máxima es de 1,28 m/s, la fuerza tractiva mínima corresponde a 1,04 Pa, y, por último, el tirante hidráulico máximo es de 65,4 %. En el caso del caudal, se establece 1,5 l/s como mínimo para cada tramo, por lo tanto, los tramos no cumplidos pasan a ser directamente 1,5 l/s.

#### **4.3.1 Pozos de registro**

Según el diseño elaborado, la ubicación de los pozos se distribuye de la siguiente manera, y los nombres de cada uno se reflejan de acuerdo con el nombre asignado por el programa SewerCAD:



**Figura 3. Nombre de pozos de registro**

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo

Para cumplir con la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial, se toma en cuenta una distancia máxima entre pozos de 120 m en vías públicas y 40 m en terrenos donde no ingresen vehículos.

Los resultados obtenidos mediante el programa de SewerCAD se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 9***Cálculos para pozos de registro*

Etiqueta de pozo	Elevación tapa (m)	Elevación fondo (m)	Profundidad (m)	Caudal de entrada (L / s)
PZ-1	47,24	44,22	3,02	27,00
PZ-2	49,36	48,01	1,35	0,00
PZ-3	48,90	47,55	1,35	0,00
PZ-4	49,03	46,26	2,77	4,50
PZ-5	45,96	44,56	1,40	13,50
PZ-6	47,61	44,36	3,24	15,00
PZ-7	47,14	45,79	1,35	6,00
PZ-8	49,18	47,65	1,53	3,00
PZ-9	47,85	45,98	1,86	7,50
PZ-10	47,94	46,59	1,35	0,00
PZ-11	48,33	46,98	1,35	0,00
PZ-12	48,74	47,39	1,35	0,00
PZ-13	49,50	48,15	1,35	0,00
PZ-14	47,30	45,68	1,62	9,00
PZ-15	49,50	48,15	1,35	0,00
PZ-16	49,50	48,15	1,35	0,00
PZ-17	47,09	45,61	1,48	7,50
PZ-18	46,94	45,45	1,50	9,00
PZ-19	46,27	44,92	1,35	10,50

*Nota:* Resultados de pozos de registro

*Fuente:* Elaboración propia de la investigadora con base en SewerCAD para efectos del presente trabajo investigativo

La tabla anterior muestra la elevación de la tapa y el fondo, y la diferencia determina la profundidad del pozo. Como se puede observar, ningún pozo sobrepasa la profundidad de los 5 m, por lo tanto, según la tabla 3, para las dimensiones de pozos en concreto, el espesor de la pared de todos los pozos es de 0,12 m con una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Por otra parte, el diámetro de los pozos de registro depende de la profundidad de colocación de la tubería y del número de caídas existente en el pozo, el cual se calcula a partir de la tabla 4.

Como resultado se obtiene lo siguiente:

**Tabla 10***Cálculos para diámetro y tipo de pozo*

Pozos de registro	Profundidad	Diámetros de tubería de salida (mm)	Caídas	D (m)	Tipo de pozo
PZ-1	3,02	250	2	1,8	Tipo K
PZ-2	1,35	150	0	1,2	Tipo D
PZ-3	1,35	150	0	1,2	Tipo D
PZ-4	2,77	150	3	1,8	Tipo M
PZ-5	1,4	200	2	1,6	Tipo F
PZ-6	3,25	200	1	1,4	Tipo D
PZ-7	1,35	150	2	1,6	Tipo F
PZ-8	1,53	150	2	1,6	Tipo L
PZ-9	1,87	150	2	1,6	Tipo L
PZ-10	1,35	150	0	1,2	Tipo D
PZ-11	1,35	150	0	1,2	Tipo E
PZ-12	1,35	150	0	1,2	Tipo D
PZ-13	1,35	150	0	1,2	Tipo A
PZ-15	1,35	150	0	1,2	Tipo A
PZ-14	1,62	150	1	1,4	Tipo B
PZ-16	1,35	150	0	1,2	Tipo A
PZ-17	1,48	150	1	1,4	Tipo B
PZ-18	1,49	150	1	1,4	Tipo B
PZ-19	1,35	150	1	1,4	Tipo B

*Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo*

Se debe presentar el análisis geotécnico y estructural para determinar las características y dimensiones del pozo cuando la profundidad es mayor a los 5 m o el diámetro interno supera los 2 m. Al observar los resultados de las tablas 9 y 10, se determina que ningún pozo es mayor a los datos mencionados.

En los anexos del 13 al 19, se detallan los requisitos técnicos establecidos por el AyA para cada tipo de pozo, su contratapa y el canal de fondo. Por otro lado, las tapas deben ser de 603 mm de diámetro con dos ranuras semicirculares que miden 12.5 mm de radio (ver detalle en el anexo 9).

Debido a que todos los pozos se encuentran con una profundidad dentro del rango de 1,35 m a 3,25 m, se debe cumplir con un diseño en acero de refuerzo según el anexo 20.

### 4.3.3 Previstas

Para cumplir con la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial, la tubería para prevista domiciliar se propone con diámetro nominal de 100 mm y una pendiente del 2 %. Además, será conectada con una silleta tipo Tee (ver anexo 11) y se implementará una caja de registro al final de la prevista ubicada en la acera para la conexión con el sifón domiciliar (ver anexo 21).

## 4.4 Diseño de estación de bombeo

### 4.4.1 Volumen del cárcamo de bombeo

Para un tiempo de retención máximo permitido de 30 minutos, y un  $Q_{\max} = 1,02$  l/s, que corresponde al caudal máximo de llegada a la estación, se calcula el volumen mínimo requerido. Por lo tanto, al utilizar la ecuación 6, se obtiene:

$$V_{ret} = Q_b * \text{tiempo de retención}$$

$$Q_{max} = Q_b = 1,02 \text{ l/s} = 0,001 \text{ m}^3/\text{s} = 0,06 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$V_{ret} = 0,06 * 30 = 1,83 \text{ m}^3$$

Se considera un pozo en forma circular y debe contar al menos con tres accesos. Por otro lado, la tubería de entrada debe estar como mínimo a un metro sobre el nivel de encendido de las bombas. Por esta razón, el volumen obtenido anteriormente no es factible para cumplir con estos requerimientos. Consecuentemente, se utilizan valores mínimos que sean factibles constructivamente para extraer las bombas y la caja de retención de sólidos, además de una profundidad de más de un metro para la operación de la bomba:

$$V_{cárcamo} = (\pi * r^2) * h$$

$$r = \text{radio de } 0,90 \text{ m}$$

$$h = \text{altura de } 1,50 \text{ m}$$

$$V_{cárcamo} = (\pi * 0,90^2) * 1,50$$

$$V_{cárcamo} = (\pi * 0,90^2) * 1,50$$

$$V_{cárcamo} = 12,47 \text{ m}^3$$

### 4.4.2 Tubería de impulsión

**4.4.2.1 Selección del diámetro.** Utilizando la fórmula 9 para la selección del diámetro de la tubería, con el  $Q_b$  de 1,02 l/s y para 8 horas de bombeo, se obtiene lo siguiente:



$$D = 1.3 * X^{\frac{1}{4}} * Q_b^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 1.3 * \left(\frac{8}{24}\right)^{\frac{1}{4}} * \frac{1,02^{\frac{1}{2}}}{1000}$$

$$D = 0,032 \text{ m} = 1,24 \text{ in}$$

Aplicando la fórmula 9 para diferentes horas de bombeo, se determinan diámetros menores a 100 mm (4”), tal como se muestra en la tabla 11.

**Tabla 11**

*Diámetro para diferentes horas de bombeo*

N° horas de bombeo	D (in)
4	1,04
8	1,24
12	1,37
16	1,48
20	1,56
24	1,63

*Nota:* Resultados de diámetros con un  $Q_b$  de 1,02 l/s

*Fuente:* Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo

Es decir, sin importar el número de horas de bombeo elegido, el diámetro siempre va a ser menor a 100 mm (4”). Por lo tanto, el diámetro por elegir es de 100 mm (4”), el cual representa el valor mínimo permitido por la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial.

**4.4.2.2 Pérdidas por fricción.** Para calcular las pérdidas por fricción, se aplica la fórmula 7, donde:

$$C = 130 \text{ para PEAD (ver tabla 6)}$$

$$D = 0,102 \text{ m}$$

$$Q = 1,02 \text{ l/s} = 0,0010 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 250 \text{ m}$$

$$hf = \left( \frac{10.679}{C^{1.852} * D^{4.871}} \right) * (Q^{1.852} * L)$$

$$hf = \left( \frac{10.679}{130^{1.852} * 0,102^{4.871}} \right) * (0,0010^{1.852} * 250)$$

$$hf = 0,07m$$

**4.4.2.3 Pérdidas locales.** Para calcular las pérdidas locales, primero, se requiere de la velocidad, por lo tanto, se aplica la fórmula 10:

$$D = 0,102 \text{ m}$$

$$Q = 1,02 \text{ l/s} = 0,0010 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{4 * Q_b}{\pi * D^2}$$

$$V = \frac{4 * 0,0010}{\pi * 0,102^2}$$

$$V = 0,13 \text{ m/s}$$

La Norma Técnica del AyA no hace referencia a una velocidad mínima, por lo tanto, se trabaja con la velocidad obtenida. Sin embargo, es recomendable que la bomba por elegir descargue mayor caudal para así aumentar la velocidad del sistema y evitar que los lodos tengan tiempo de depositarse.

Ahora sí es posible realizar con la fórmula 8, el cálculo de las pérdidas menores mediante coeficientes de resistencia K para cada accesorio (ver anexo 12):

$$h_L = k_l * \frac{0,13^2}{2 * 9,81}$$

**Tabla 12****Pérdidas locales**

Descripción	Cantidad	K	$h_f$	
Entrada de la tubería	1	1,00	0,00080	m
Curvas de 90	5	0,31	0,00125	m
Curvas de 45	4	0,16	0,00052	m
Válvula de retención ("check")	1	2,00	0,00161	m
Válvulas de compuerta	3	0,16	0,00039	m
Unión flexible	1	0,03	0,00003	m
Reducción	1	0,03	0,00002	m
Salida de tubería	1	1,00	0,00080	m
Pérdidas locales (accesorios)			0,0054	m

$$h_L = 0,0054 \text{ m} \cong 0,01 \text{ m}$$

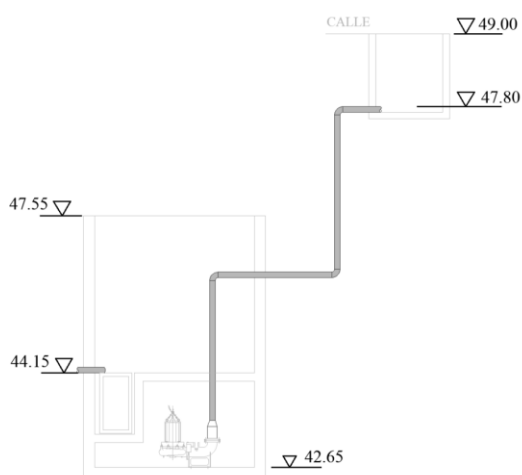
Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo

#### 4.4.2.4 Carga dinámica total (CDT). Esta se calcula sumando la carga estática + $h_f$ + $h_L$

Elevación de llegada al pozo= 47,80 m

Elevación de estación de bombeo= 42,65 m

Diferencia de elevación entre la bomba y el punto de descarga= 5,15 m



$$\text{Carga dinámica total (CDT)} = 5,15 + 0,07 + 0,01$$

$$\text{CDT} = 5,23 \text{ m}$$

**Figura 4. Elevaciones**

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo

**4.4.2.5 Sobrepresión del golpe de ariete.** Primero, se obtiene el valor de “a” con la fórmula 12 y luego se sustituye en la fórmula 11. Se elige un SDR 17, por lo tanto:

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \left(\frac{K}{E}\right)(SDR - 2)}}$$

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \left(\frac{20600}{28100}\right)(17 - 2)}}$$

$$a = 410 \text{ m/s}$$

Amanco (s.f.) ofrece una tabla con valores de “a” ya calculados para diferentes tipos de SDR:

**Tabla 13**

*Velocidad de onda (a) en función del SDR*

SDR	a (m/s)
17	410
26	330
32,5	294
41	261

*Nota: Valores de a*

*Fuente: Manual técnico tubosistemas: diseño hidráulico de tubosistemas, Amanco, s.f.*

Por lo tanto, se puede comprobar que el valor de velocidad de onda “a” es correcto. Con ese valor, se procede con el cálculo de P según la fórmula 11, donde:

$$V = 0,13 \text{ m/s}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$P = \frac{aV}{10g}$$

$$P = \frac{410 * 0,13}{10 * 9,81}$$

$$P = 4,30 \text{ kg/cm}^2$$

Se compara P con la presión que soporta una tubería de 100 mm (4”). Según el anexo 22, una tubería con diámetro de 100 mm (4”) con RD 17 soporta 9,20 kg/cm<sup>2</sup>.

$$9,20 \text{ kg/cm}^2 > 4,30 \text{ kg/cm}^2, \therefore \text{ Sí cumple}$$

**4.4.2.6 Pozo de registro.** Se instala un pozo de registro al final de la tubería de impulsión para conectarla a la red primaria del AyA, el cual tiene una profundidad de 1,35 m que se determina por la profundidad del pozo anterior y posterior, ya que ambos tienen la misma profundidad.

#### 4.4.3 Selección de la bomba

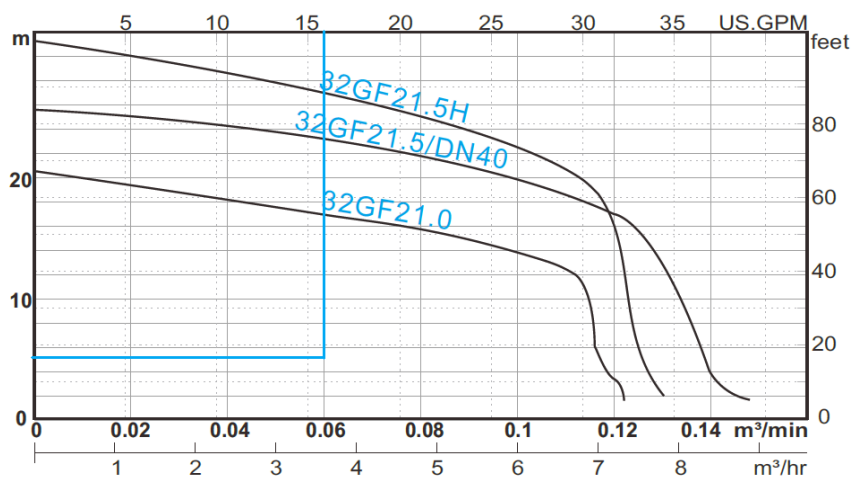
Caudal de diseño= 1,02 l/s = 16,17 GPM

Carga dinámica total= 5,23 m

Luego, se procede a enviar la información a diferentes proveedores para que recomienden una bomba con las características solicitadas, dentro de los cuales se encuentran: Campos Rudin, Alrotec de Centroamérica S.A. y Zebol.

Dentro de las opciones, la que más se adapta a las condiciones es la propuesta por Zebol con una potencia de 2 hp, el cual representa el mínimo permitido por el AyA para este proyecto en específico. El modelo corresponde a 32GF21.5 con triturador (ver anexo 23).

A continuación se presenta la curva respectiva:



**Figura 5. Curva de rendimiento**

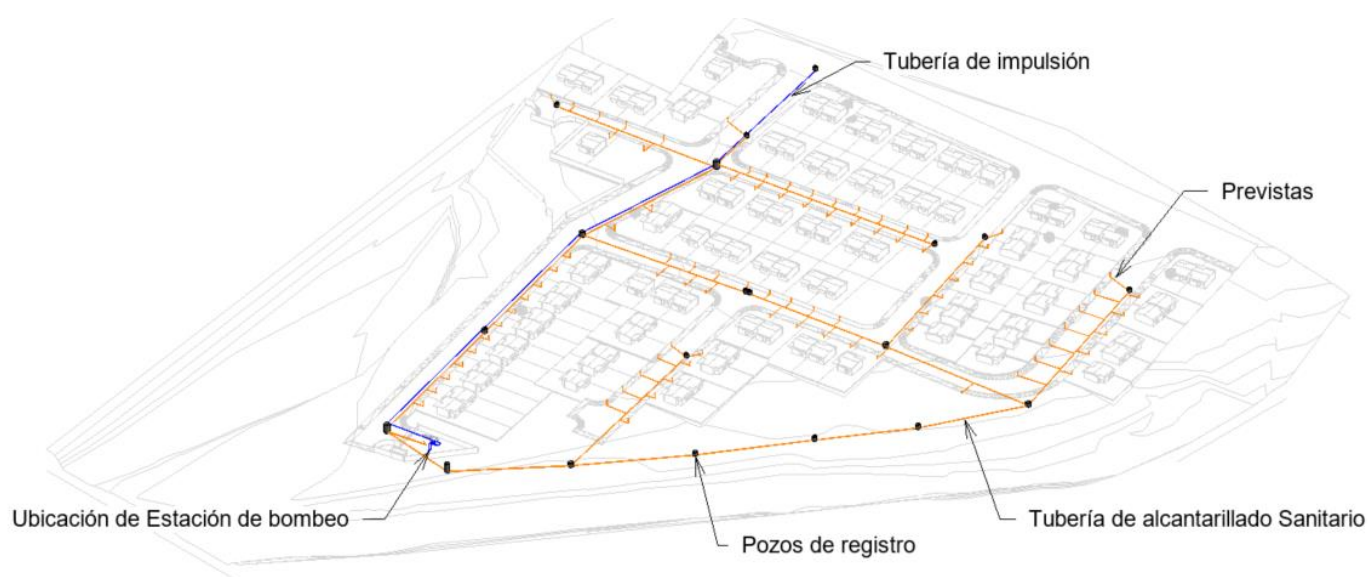
Fuente: Comunicación personal con Zebol, 2021

Se puede observar que la curva está por encima del punto de intersección, por lo tanto, es capaz de manejar, incluso, mayor caudal.

## 5. Propuesta

Según los resultados obtenidos, se modela en la herramienta de Revit la propuesta del alcantarillado sanitario en conjunto con la estación de bombeo para mejorar la visualización del espacio ocupado por cada elemento, ver el proyecto desde todas sus caras y poder brindar una mejor interpretación de la información.

Además, se pueden observar fotografías de la propuesta realizada en los anexos del 24 al 29.



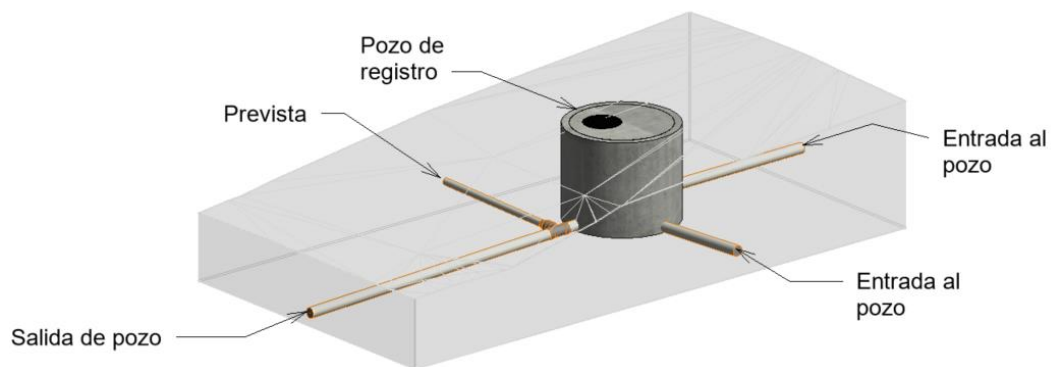
**Figura 6. Modelado del sistema de alcantarillado Sanitario Los Espaveles**

*Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo*



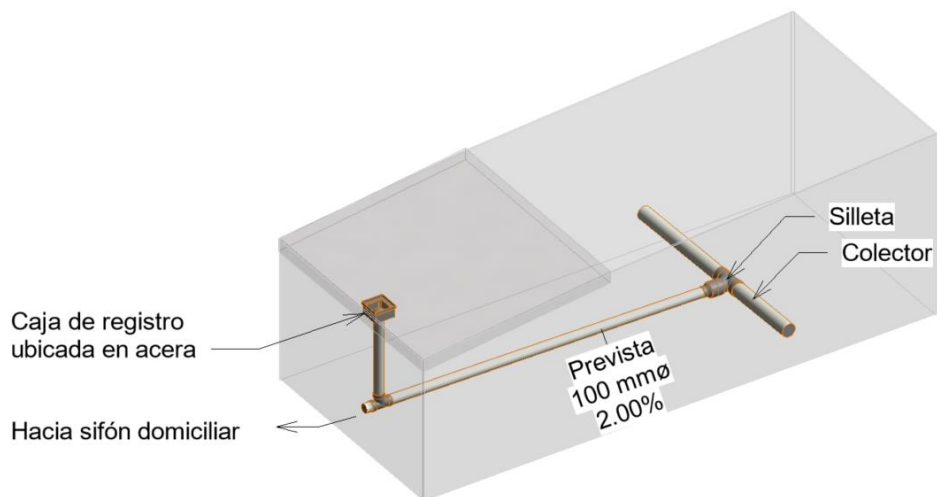
**Figura 7. Propuesta de tramos de tubería de alcantarillado sanitario**

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo



**Figura 8. Pozo de registro**

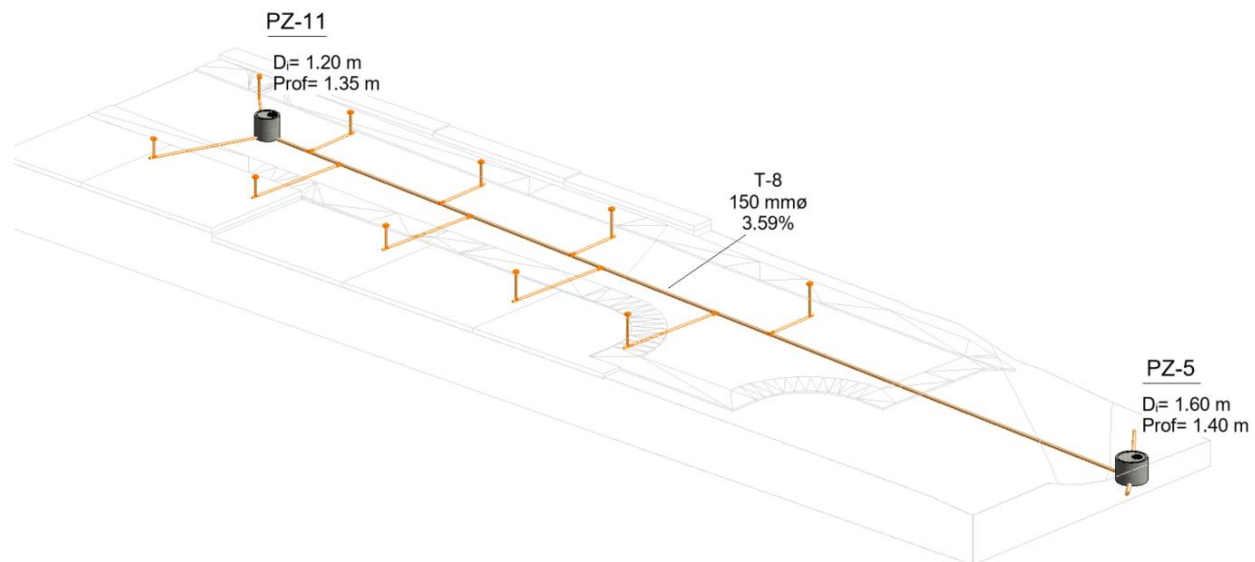
Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo



**Figura 9. Prevista**

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo

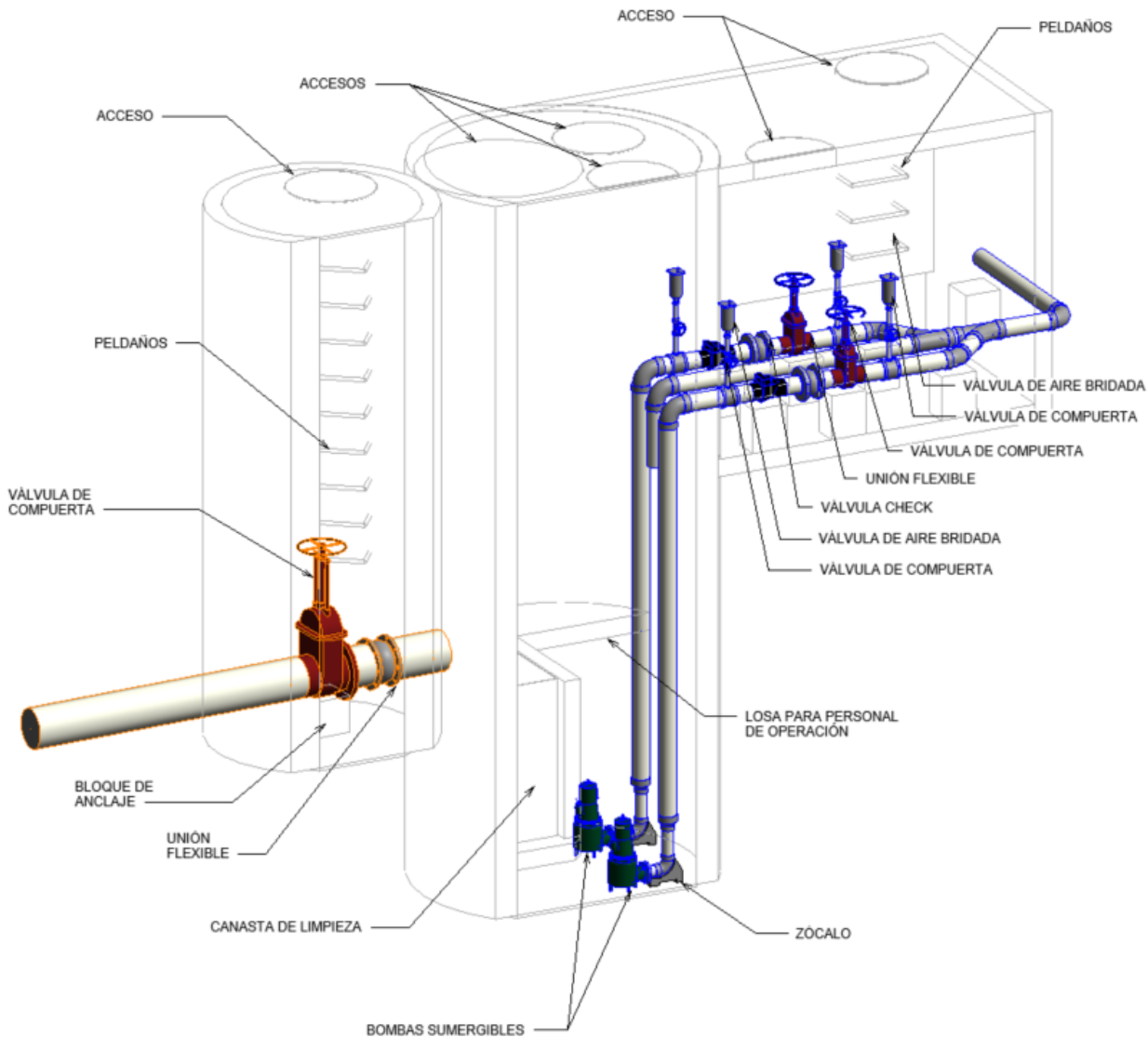




*Nota:* Modelado del tramo 8 del alcantarillado sanitario

**Figura 10. Ejemplo de tramo**

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo



**Figura 11. Propuesta de estación de bombeo**

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo

Además, se adjuntan unos *renders* para la presentación final de este proyecto:



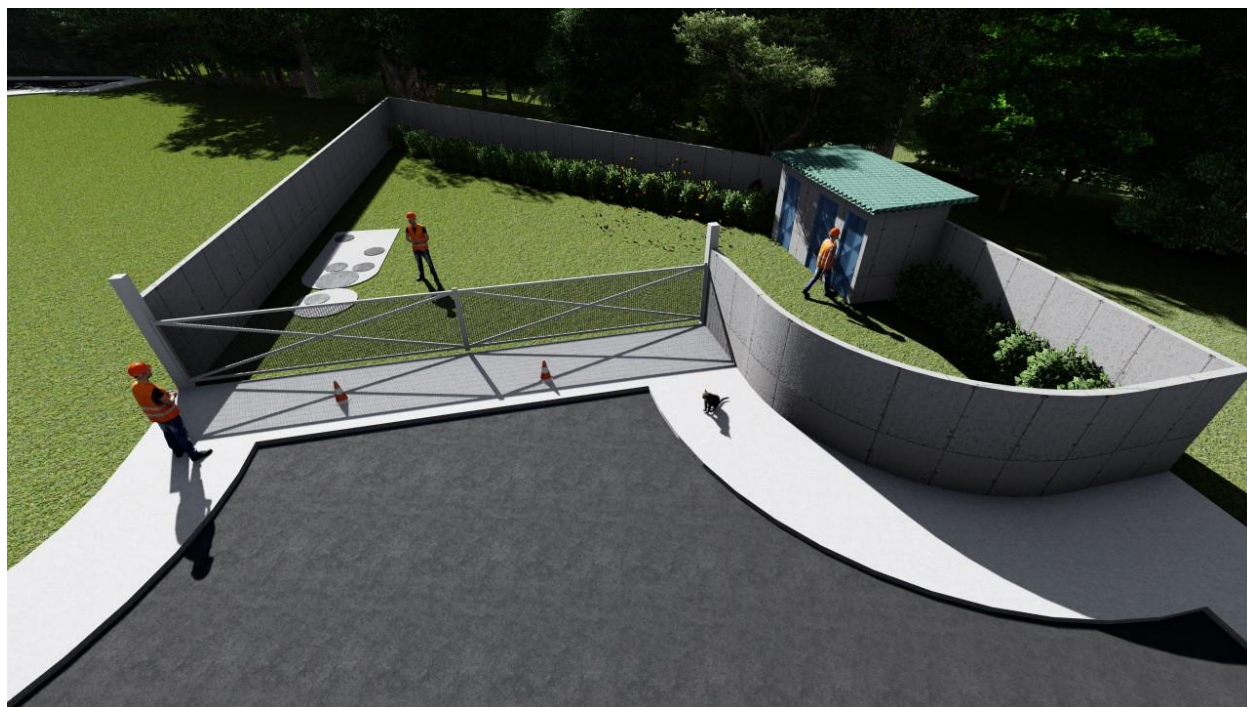
***Figura 12. Vista general de la zona***

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo



***Figura 13. Vista desde los juegos infantiles***

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 14. Vista desde la estación de bombeo*

Fuente: Elaboración propia de la investigadora para efectos del presente trabajo investigativo



## Conclusiones

1. Este proyecto se basa en la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial, respetando los lineamientos indicados en este documento, para que el diseño pueda ser aprobado por el ente operador de la urbanización: el AyA. A partir de este prediseño, resultan veinte pozos diseñados con profundidades entre los 1,35 m y los 3,25 m, además de diecinueve tramos de tubería (930 m) con pendientes desde los 0,5 % hasta 3,59 %. En este proyecto, el caudal máximo de toda la urbanización es de 1,02 l/s, por lo tanto, todos los tramos fueron diseñados para un caudal mínimo de 1,50 l/s según la norma. Es importante mencionar que toda la red de alcantarillado sanitario será ubicada al costado sur y este, cumpliendo con la profundidad mínima de 1,20 m desde la rasante de la calle hasta la corona del tubo. La razón se debe a que la calzada de este proyecto tiene una pendiente invertida, por lo cual la tubería del alcantarillado sanitario se invierte con el sistema pluvial.

2. Se determina la población de diseño tomando en cuenta que se trata de un proyecto completamente nuevo, donde se contemplan 982,99 m<sup>2</sup> de locales comerciales, 2 lotes para la construcción de la estación de bombeo y 85 lotes para viviendas. Quedan fuera del diseño 17 lotes debido a que no van a ser conectados a la estación de bombeo diseñada. La población de diseño se considera fija, pues no existe posibilidad de extenderse en el futuro, por lo tanto, se obtiene un total de 315 habitantes.

3. Se prediseña el volumen del cárcamo de bombeo, lo cual incluye los componentes necesarios solicitados por la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial, con un diámetro de 1,80 m y una profundidad total desde la rasante al fondo del pozo de 4,90 m. La tubería de impulsión se recomienda en polietileno de alta densidad en un diámetro de 100 mm (4”), con una longitud de 250 m, la cual será conectada a un pozo ubicado en la red primaria del AyA. La bomba seleccionada es de la empresa Zebol y tiene una potencia de 2 hp, que es el mínimo aceptado por el AyA para este proyecto en específico.

4. Se genera, con el diseño propuesto, un modelo en la herramienta de Revit como una mejora en la visualización del espacio que ocupa cada elemento para poder apreciar todo el

proyecto desde todas sus caras, además de transmitir una mejor interpretación de la información, lo cual queda demostrado en el capítulo de propuesta. Cabe mencionar que cada elemento contiene información relevante obtenida en el diseño. En el caso de los pozos de registro, se puede verificar el número de pozo, el nivel de tapa, la profundidad, el diámetro, la ubicación, el tipo de pozo y la profundidad de cada llegada de tubería a ese pozo. En el caso de las tuberías, se puede verificar la ubicación, el diámetro, la pendiente, la longitud, la elevación, la dirección del flujo y el nombre de cada tramo. Por último, se modela cada prevista con la pendiente del 2% y la estación de bombeo con sus dimensiones según el diseño y los componentes establecidos por la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial (ver anexo 10).

### **Recomendaciones**

Se recomienda el uso de herramientas BIM para este proyecto y la modelación de los diferentes sistemas de alcantarillado con el fin de tener una visión general de todo el proyecto, la cual le permita al cliente realizar cambios antes de comenzar la construcción y minimizar los costos que conlleva hacer los cambios en la obra. Por otro lado, los diferentes modelos van a permitir un registro digital para realizar revisiones sin necesidad de visitar la obra. Por último, se recomienda el uso de herramientas en la nube con el objetivo de poder actualizar y verificar la información desde el campo.

El modelo arquitectónico fue realizado únicamente como base para montar el alcantarillado sanitario a partir de curvas de nivel proporcionadas al inicio de este TFG. Por lo tanto, es importante considerar, en el futuro, no tomar ninguna información de dicho modelo, debido a que no era el objetivo de este trabajo basarse en la modelación de un modelo arquitectónico, sino hacer una referencia para poder ubicar el alcantarillado prediseñado. Por otro lado, es posible que existan movimientos de tierra o cambios en la topografía, por lo cual, para futuras obras, lo recomendable es verificar *in situ* dicha información.

La estación de bombeo cumple con los requerimientos mecánicos según la norma del AyA, sin embargo, es recomendable realizar un análisis estructural para las partes que lo requieran, además de análisis hidrológicos que verifiquen la inexistencia de fuentes de aguas superficiales o

subterráneas que puedan ser contaminadas en caso de derrames. Por otro lado, es importante verificar la ubicación de la estación de bombeo, además de los reglamentos de retiros mínimos y la distancia al punto de alimentación eléctrica más cercana a la bomba.

Por último, se recomienda realizar la estimación del costo requerido en materiales y mano de obra para dicho proyecto con el fin de calcular su magnitud y tener una línea base proyectada como punto de comparación con el presupuesto destinado para el proyecto.

## Bibliografía

- Álvarez Álvarez , M., Parrales Parrales, E., Plúa Marcillo, L., Gutiérrez Sánchez, L., Parrales García, C., Marcillo Merino, G., . . . Merchán García, W. (2018). *Hidráulica aplicada para ingenieros Civiles*. Área de Innovación y Desarrollo, S.L. doi:10.17993/ingyTec.2018.37
- Amanco (s.f.) "Manual Técnico de Tubosistemas".
- Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (2021). "Antecedentes e historia". Recuperado desde: <https://aresep.go.cr/aresep/antecedentes-historia>
- Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (2021). "Funciones y principios regulatorios". Recuperado desde: <https://aresep.go.cr/aresep/principios-regulatorios>
- Banco Interamericano de Desarrollo (2019). "Saneamiento óptimo: un nuevo paradigma, servicio más que infraestructura". *BID*. Recuperado desde: <https://blogs.iadb.org/agua/es/saneamiento-optimo/>
- Bentley Systems, Inc. (2021). "Hydraulics and hydrology". *Bentley Systems, Inc.* Recuperado desde: <https://www.bentley.com/es/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/sewercad>
- Cañero, J. P. (2018). *Curso de Fontanería Paso a Paso*. Madrid: Paraninfo S.A. doi:978-84-283-3871-4
- Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (2017). "Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones". Recuperado desde: <https://www.banhvi.fi.cr/legislacion/La%20Gaceta%20Alcance%2038%2021-02-2017%20p.176-396.pdf>
- Comisión Nacional de Agua (2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. doi:978-968-817-880-5
- Cordero, F. (2021). "Diseño técnico de red sanitaria y presupuesto para Distrito Gubernamental Garabito". [Tesis de Licenciatura no publicada]. Universidad Latina de Costa Rica.
- Das, Braja M. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones: muros de retención* (Sétima ed.). Cengage Learning Editores, S.A. doi:987-607-481-823-9
- Empresa de Servicios Públicos de Heredia (2020). "Servicio de agua residual". Recuperado desde: <https://www.esph-sa.com/agua-residual/proyecto-de-saneamiento>
- Empresa de Servicios Públicos de Heredia (2020). "Sobre la ESPH". Recuperado desde: <https://www.esph-sa.com/sobre-la-esph>



- F. Master Sistemas de Medición (2019). "Canaleta Parshall". *Flow Master*. Recuperado desde: <https://flowmaster.com.br/es/produto/canaleta-parshall/>
- Fair, et al. (2001). *Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales* (Vol. 1). México, D.F.: LIMUSA, S.A. doi:968-18-0466-X
- Grundfos (2020). "What does water hammering in submersibles mean and what causes it". *Grundfos*. Recuperado desde: <https://www.grundfos.com/ar/support/faq/what-does-water-hammering-in-submersibles-mean-and-what-causes-it>
- GRUNDFOS INDUSTRY (2004). "Bombas para aguas residuales". *Manual de bombeo*, 21. Recuperado desde: <https://www.aguasresiduales.info/revista/libros/manual-de-bombeo-de-aguas-residuales-ii>
- GRUNDFOS (s.f). *Manual de bombeo de aguas residuales*.
- Hernández, L. (2021). "Diseño preliminar del alcantarillado sanitario para la zona de Playa Negra, Puerto Viejo-Talamanca". [Tesis no publicada]. Universidad Latina de Costa Rica.
- HIDROTEC (2021). *Tipos de aguas residuales: por qué es importante conocerlas*. Recuperado desde: <https://www.hidrotec.com/blog/tipos-de-aguas-residuales/>
- iAgua. (2021). "Un cambio de paradigma en la gestión del drenaje urbano". Recuperado desde: <https://www.iagua.es/blogs/ignacio-andres-domenech/cambio-paradigma-gestion-drenaje-urbano>
- Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (2007). "Reglamento Nacional NB 688: Reglamento Técnico de Diseño de Estaciones de Bombeo". Recuperado desde: [https://www.academia.edu/13258881/REGLAMENTO\\_T%C3%89CNICO\\_DE\\_DISE%C3%91O\\_DE\\_ESTACIONES\\_DE\\_BOMBEO\\_Reglamento\\_t%C3%A9cnico\\_de\\_dise%C3%B1o\\_de\\_estaciones\\_de\\_bombeo\\_Reglamento\\_Nacional\\_NB\\_688\\_Instituto\\_Boliviano\\_de\\_Normalizaci%C3%B3n\\_y\\_Calidad](https://www.academia.edu/13258881/REGLAMENTO_T%C3%89CNICO_DE_DISE%C3%91O_DE_ESTACIONES_DE_BOMBEO_Reglamento_t%C3%A9cnico_de_dise%C3%B1o_de_estaciones_de_bombeo_Reglamento_Nacional_NB_688_Instituto_Boliviano_de_Normalizaci%C3%B3n_y_Calidad)
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (2017). "Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial". Recuperado desde: <https://www.aya.go.cr/Noticias/Documents/Norma%20dise%C3%B1o%20y%20construccion%20sistemas%20agua,%20saneamiento%20y%20pluvial.pdf>

- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (s.f.) "Glosario de conceptos".  
Recuperado desde:  
<https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Glosario%20Formulario%20Unificado.pdf>
- Koutoudjian, J. M. (s.f.) "Curso de hidrología y diseño de captaciones superficiales y meteóricas: estaciones de bombeo". Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Recuperado desde:  
[http://www.fi.uba.ar/archivos/Estaciones\\_de\\_Bombeo.pdf](http://www.fi.uba.ar/archivos/Estaciones_de_Bombeo.pdf)
- LATINOSAN (2019). "Acceso universal al saneamiento: cambiemos el paradigma". Recuperado desde:  
<https://latinosan2019cr.com/acceso-universal-saneamiento-cambiemos-el-paradigma/>
- Mata, A. (2021). "Análisis de alternativas para la reubicación y propuestas de diseño preliminares para la estación de bombeo de Heredia n°26 del proyecto de saneamiento ambiental de Heredia". [Tesis de licenciatura no publicada]. Universidad Latina de Costa Rica.
- Ministerio de Ambiente y Energía (s.f.) "Reglamento de Aprobación de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales". Ley n° 39887-S-MINAE. (2016). Costa Rica. Sistema Costarricense de Información Jurídica. Recuperado desde:  
[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=82487](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=82487)
- Ministerio de Ambiente y Energía, Ministerio de Salud y Acueductos y Alcantarillados (2016). *Política Nacional de Saneamiento en Agua Residual*. doi:978-9977-62-153-1
- Ministerio de Hacienda (2021). "DE-116-2021 Informe Anual de Resultados Físicos y Financieros 2020". Recuperado desde: [https://www.hacienda.go.cr/docs/605a5556b646a\\_DE-116-21%20ICAA%20Informe%20de%20evaluacion%20anual%202020.pdf](https://www.hacienda.go.cr/docs/605a5556b646a_DE-116-21%20ICAA%20Informe%20de%20evaluacion%20anual%202020.pdf)
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (2018). *Costa Rica: agua y saneamiento 2030 / Análisis relacionado al ODS*. San José: MIDEPLAN. doi:978-9977-73-130-8
- Mora Alvarado, D., & Mata Solano, A. V. (2003). *Conceptos básicos de aguas para el consumo humano y disposición de aguas residuales*. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, San José. Recuperado desde:  
<https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Conceptos%20b%20C3%A1si>

cos%20de%20aguas%20para%20consumo%20humano%20y%20disposici%C3%B3n%20de%20aguas%20residuales.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017 Aguas residuales: el recurso desaprovechado*. París: UNESCO. doi:978-92-3-300058-2

Organización Panamericana de la Salud (2004). "Guía de diseño para líneas de conducción e impulsión de sistemas de abastecimiento de agua rural". Recuperado desde: [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/TIXE%202004.%20Dise%C3%B1o%20de%20conducci%C3%B3n%20e%20impulsi%C3%B3n.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/TIXE%202004.%20Dise%C3%B1o%20de%20conducci%C3%B3n%20e%20impulsi%C3%B3n.pdf)

Pérez Carmona, R. (2019). *Diseño y construcción de alcantarillado de aguas residuales, pluvial y drenaje en carreteras* (2a ed.). Ecoe Ediciones. doi:978-958-771-732-7

Policonductos (s.f.) "Tubería para conducción de agua". Recuperado desde: <http://www.policonductos.mx/productos.html>

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, Centro de Derecho Ambiental y de los Recursos Naturales, Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (2013). "Manual para las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ASADAS) de Costa Rica".

Real Academia Española (2021). *Diccionario de la Real Academia Española*. Recuperado desde: <https://dle.rae.es/>

Sánchez Segura, A. (2009). *Proyecto de Sistema de Alcantarillado*. doi:970-18-5963-4

Sistema Intermunicipal de los servicios de Agua Potable y Alcantarillado (2014). "Actualización de los criterios y lineamientos técnicos para factibilidades en la Z.M.G: alcantarillado sanitario".

## Anexos



**INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**  
**San José, Costa Rica**  
**Apartado 1097-1200. Teléfono 2680-0262 – vreyes@aya.go.cr**

**16 de junio del 2021**  
**Al contestar refiérase al N°**  
**GSP-RCH-SC-2021-00553**

Sr  
*Marco Sequeira Nema*  
*Santa Cruz*

Estimado señor:

Reciba un saludo y esperando se encuentre bien de salud, en relación a su solicitud de reconsideración a la respuesta dada al expediente SIGDD-2020-00046049-1-1-1 en donde se indicaba no disponibilidad de Alcantarillado sanitario, para la Urbanización los Espaveles en Barrio Estocolmo de Santa Cruz, la cual será desarrollada por su representada, hago de su conocimiento y conforme lo indicado en el documento GSP-RCHO-2021-0136, elaborado por la Ingeniera Rosa Gonzalez Palma, que las misma, en un principio, fue aprobada con Alcantarillado Sanitario y Tanque Séptico, de acuerdo a la consulta realizada al Área de Urbanizaciones.

Cabe indicar que en el año 2019 y con el fin de conectar la Urbanización El Malinche, se construyó una línea recolectora paralela al colector principal con el fin de llevar las agua residuales, generadas en esta urbanización, hasta la PTAR de Santa Cruz, esto respetando lo indicado en el Expediente 16-003601-0007-CO, fallo Constitucional que nos obliga a ser garantes de no empeorar las condiciones del proceso de recolección, instruir a la población para el uso correcto del Sistema de Alcantarillado y coordinar con las Instituciones del Cantón para que proyectos residenciales cumplan con la normativa existente y minimizar el impacto a la población que ya cuenta con el servicio.

La línea aprobada al Malinche en su momento consistía en un "colector" de 150 mm con una sucesión de pozos que pasan frente a la propiedad donde se localizará este proyecto. Por esta razón y dado que existe capacidad de recolección, y con la habilitación de la cuarta laguna del sistema, es que se considera que la propuesta dada por SYNSA. S.A., debe ser aceptada, esta, representa una oportunidad de mejora para la Comunidad de contar con el servicio, que es viable pues existe una línea alternativa sin afectar el Sistema de Alcantarillado Sanitario que está recur-sado y es a la postre la que causa problemas de salud pública en los momentos en que por influencia del agua de lluvia, el sistema como tal se presuriza, provocando derrames y/o bien obstrucciones.

Es importante recalcar que para poder recibir más agua residual se implementó lo siguiente:

- Mejoras en el canal de ingreso de la laguna de Santa Cruz. Incluyendo un vertedero de excedencias que no estaba habilitado.
- Cambio de Canaleta Parshall, de una apertura de 3" a una de 6", pudiendo medir esta última con más precisión los caudales.
- Habilitación de la cuarta laguna, reparación del fondo de esta para evitar filtraciones.

Finalmente, conforme su propuesta de Estación de Bombeo de Aguas Residuales en la parte más baja del residencial donde se descargarán las aguas generadas en la urbanización, esta estación de bombeo deberá cumplir con toda la reglamentación establecida si el desarrollador desea que sea recibida. A su vez, deberá actualizar los planos, aprobados por el Área Funcional de Urbanizaciones, esto para que sea recibido por la Región Chorotega.

Bajo estas consideraciones, y tomando en cuenta qué se hizo con antelación una mejora en recolección, y de previo a esta solicitud de recolección se han hecho mejoras en Planta de Tratamiento para poder recibir una cantidad determinada de caudal, se puede dar el visto bueno para la conexión sobre la línea nueva construida por el desarrollador previamente. Igualmente debe cumplir con las estipulaciones acá mencionadas a fin de que, en un futuro, su sistema sea recibido y revisado por la Región Chorotega

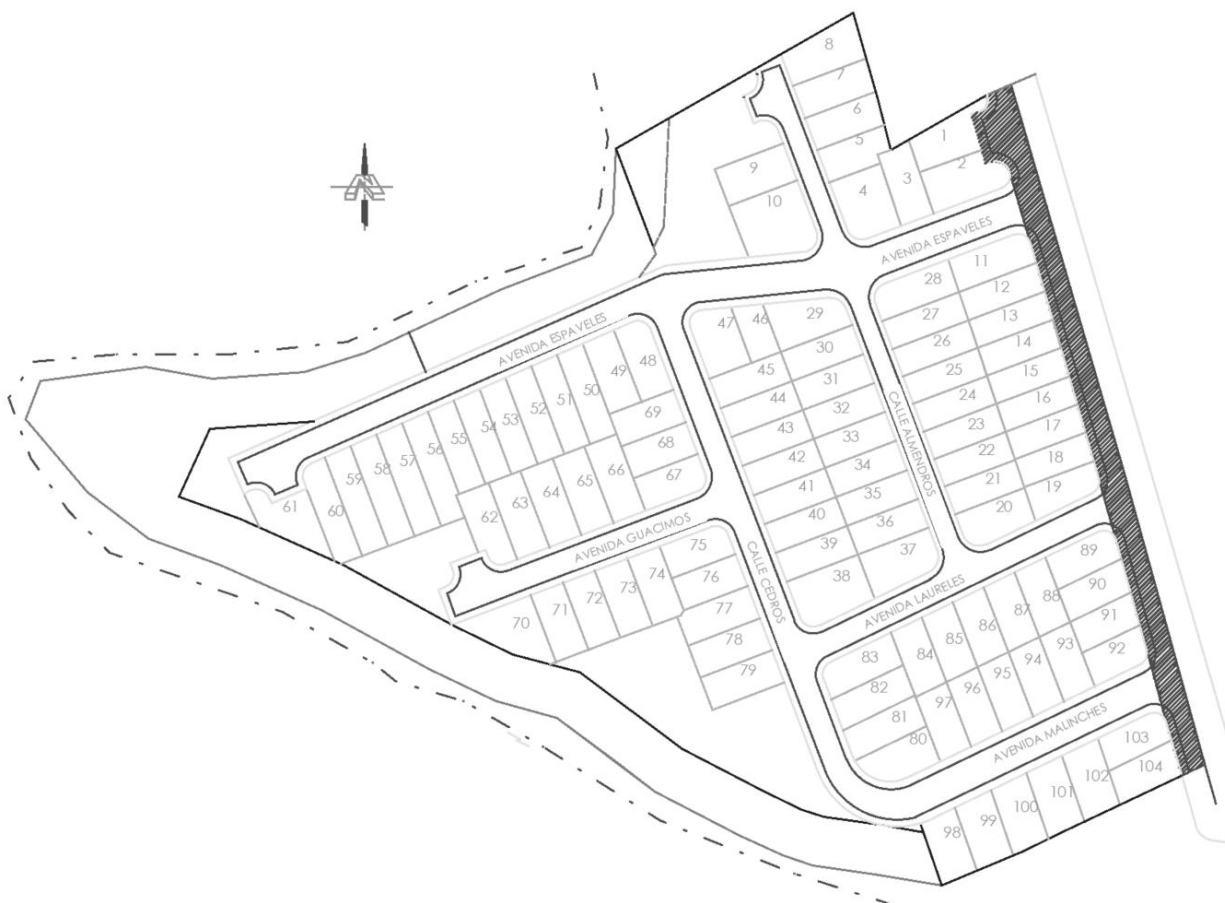
Atentamente,

*Víctor Reyes Vargas*  
*Unidad Cantonal RCH-Santa Cruz*

Firmado digitalmente por  
VICTOR ALCIDES REYES VARGAS (FIRMA)  
Fecha y hora: 16/06/2021 03:03 PM

C. Archivo

*Anexo 2. Carta Emitida por AyA. Fuente: SYNSA. S.A*



**Anexo 3. Distribución de lotes. Fuente: SYNSA. S.A**

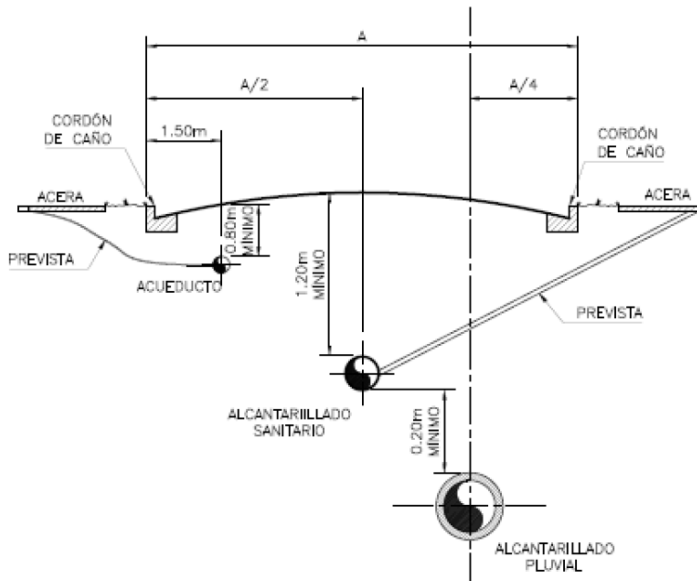
<b>Costa Rica: Indicador de tenencia, estado y hacinamiento de la vivienda, según provincia, cantón y distrito.</b>						
Provincia, cantón y distrito	Total de viviendas individuales ocupadas	Promedio de ocupantes por vivienda	Porcentaje de viviendas individuales ocupadas			
			Propias <sup>a</sup>	Alquiladas	En buen estado	Hacinadas <sup>b</sup>
<b>Guanacaste</b>	<b>92 584</b>	<b>3,5</b>	<b>74,2</b>	<b>14,7</b>	<b>58,4</b>	<b>6,7</b>
<b>Santa Cruz</b>	<b>16 645</b>	<b>3,3</b>	<b>75,4</b>	<b>15,1</b>	<b>61,9</b>	<b>6,0</b>
Santa Cruz	6 127	<b>3,5</b>	80,2	12,6	63,6	5,4
Bolsón	471	3,5	85,1	4,7	42,5	6,6
Veintisiete de Abril	2 166	3,3	78,9	8,3	55,5	6,1
Tempate	1 781	3,2	65,8	23,4	64,6	7,2
Cartagena	1 107	3,5	79,6	11,7	73,7	3,8
Cuajiniquil	565	3,2	74,3	5,3	38,6	7,1
Diriá	1 219	3,2	90,2	3,6	62,5	4,3
Cabo Velas	1 134	3,0	59,8	24,8	64,4	8,7
Tamarindo	2 075	3,1	61,4	30,7	64,1	7,0

*Anexo 4. Promedio de ocupantes por vivienda. Fuente: INEC (2011)*

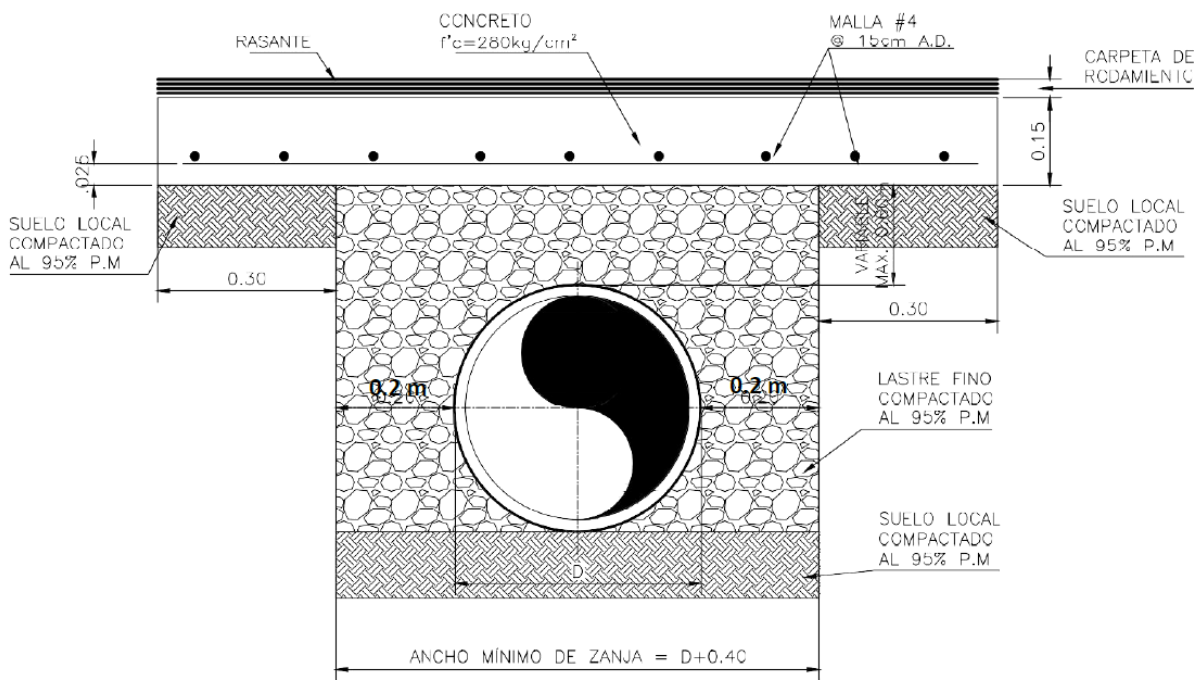
Clase de edificación	Dotación (Litros/persona/día)
Casas de interés social	150
Casas unifamiliares	250
Apartamentos y condominios	250
Hoteles y alojamientos <sup>(1)</sup>	200
Hospitales <sup>(2)</sup>	1250
Escuelas	
Alumnado externo	50
Alumnado interno	150
Restaurantes, bares y similares <sup>(3)</sup>	25
	50 <sup>(4)</sup>
Instalaciones deportivas y baños públicos	50
Locales comerciales y edificios para oficina	50
	6 <sup>(4)</sup>
Salas de baile y similares	30 <sup>(4)</sup>
Cines, teatros, auditorios y templos	8
Estadios, gimnasios y similares	4
Orfanatos, asilos y similares	150
Fábricas en general (uso personal)	60
Carnicerías y pescaderías	20 <sup>(4)</sup>
Mercados	5 <sup>(5)</sup>
Lecherías	120
Mataderos	
Animales grandes	300
Animales pequeños	150
Aves de corral	16
Jardines	1,5
Balneario	50
Piscinas	
Con recirculación	10 <sup>(4)</sup>
Sin recirculación	25 <sup>(4)</sup>
Cárceles	200
Estacionamientos	2 <sup>(4)</sup>
Lavanderías	
Al seco, tintorería	30 <sup>(6)</sup>
Ropas en general	40 <sup>(6)</sup>
Estaciones de lavado de autos	8000 <sup>(7)</sup>
Criaderos de animales	(L/día/animal)
Ganado lechero	120
Bovinos	40
Ovinos	10
Equino	40
Porcino	10-30
Aves de corral	20 <sup>(8)</sup>

**Anexo 5. Dotaciones mínimas diarias. Fuente: CFIA (2017)**





Anexo 6. Ubicación de tuberías y previstas. Fuente: AyA (2017)



Anexo 7. Detalle de losa de protección en calle, para sistema pluvial y sanitario. Fuente: AyA (2017)

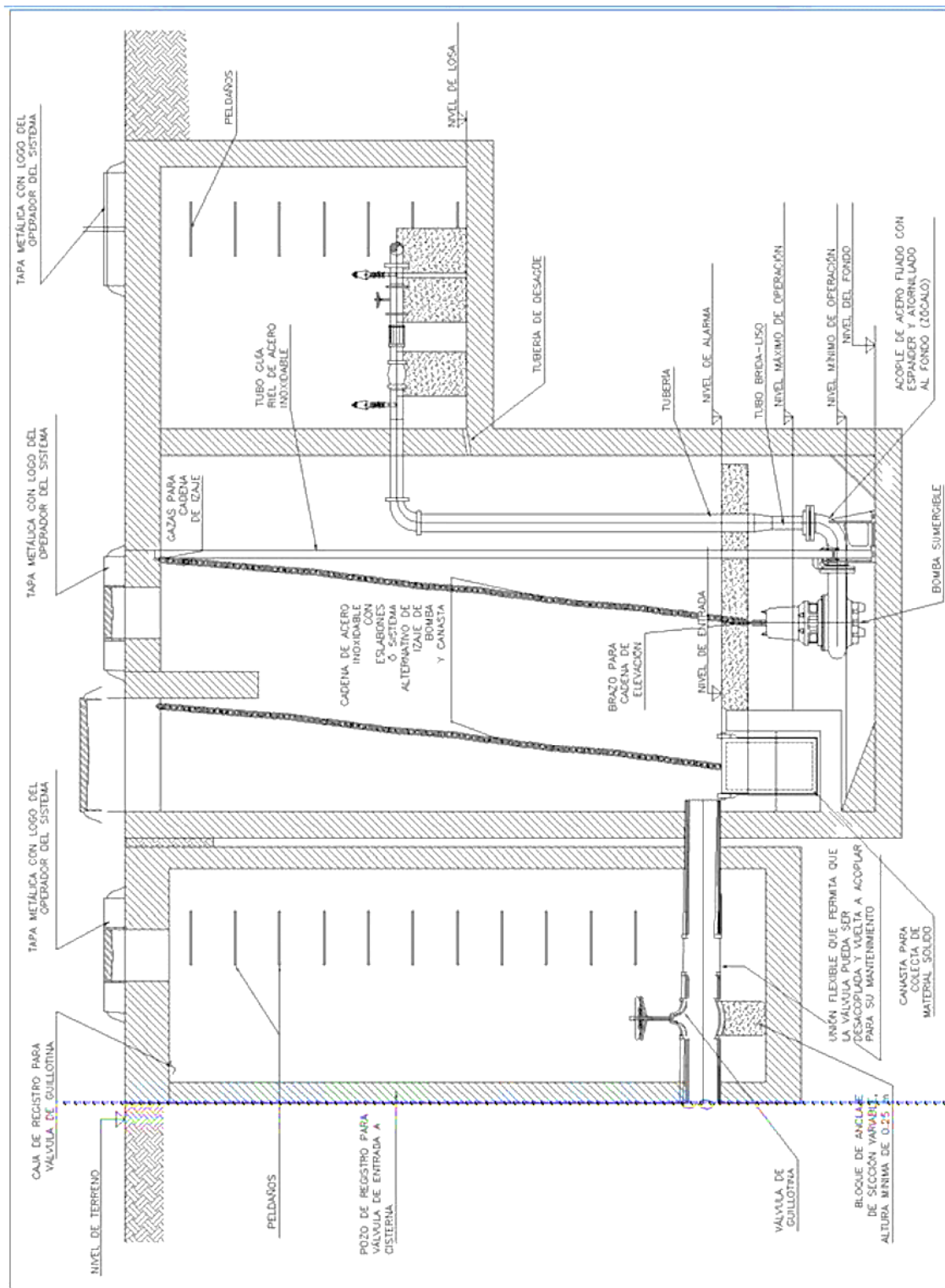
Tipo de tubería	Profundidad mínima sobre corona del tubo*	Profundidad máxima sobre corona del tubo
	(m)	(m)
Polietileno Alta Densidad, corrugada	0,8	12
Plástica perfilada con refuerzo	0,8	10
Plástica perfilada con alma de acero	0,8	12
Hierro Dúctil o de Acero	0,2	15
Concreto sin refuerzo (empaquete de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

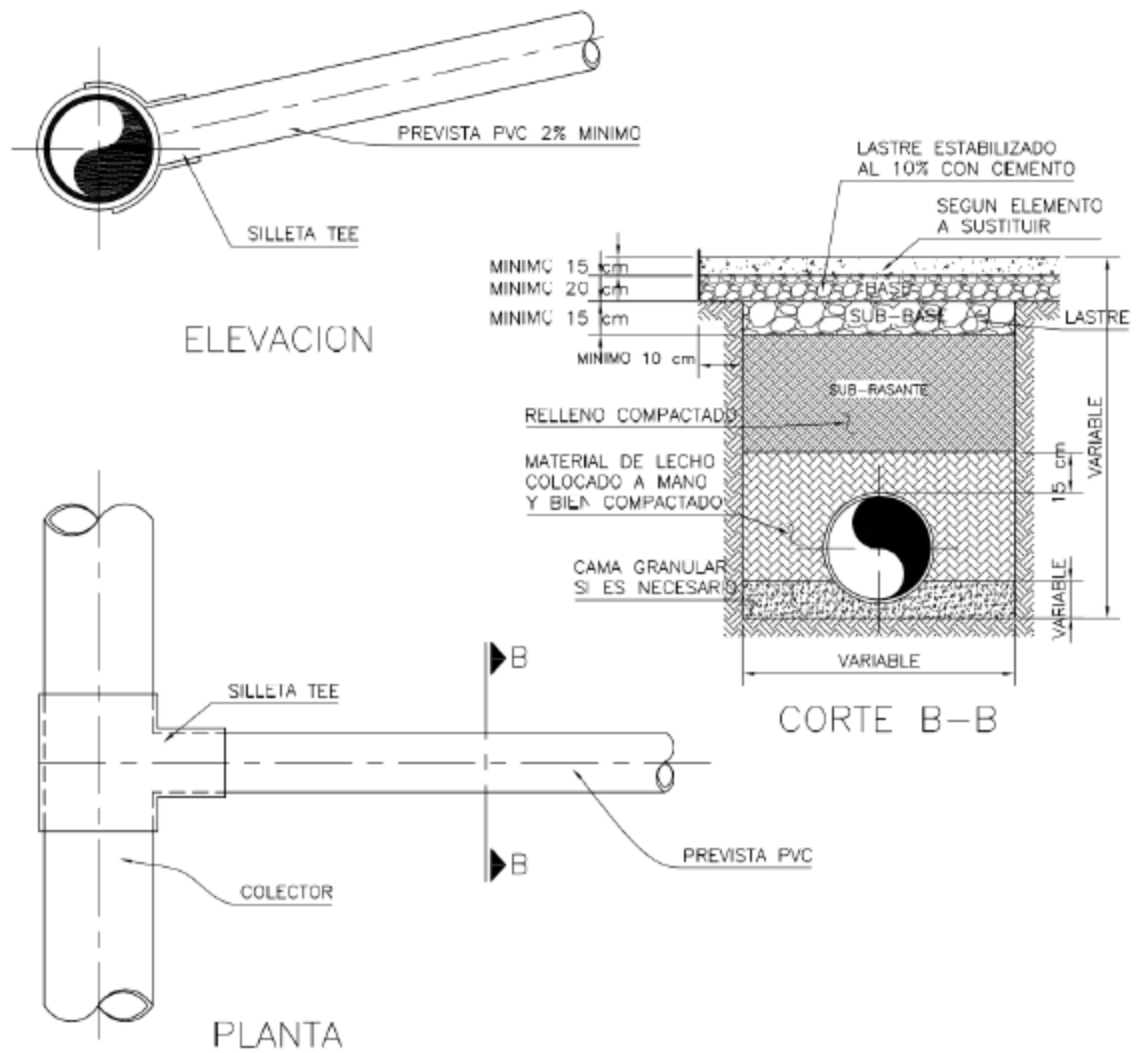
*Anexo 8. Profundidad de colocación de tubería (casos especiales). Fuente: AyA (2017)*



*Anexo 9. Tapa para pozo de registro. Fuente: AyA (2017)*



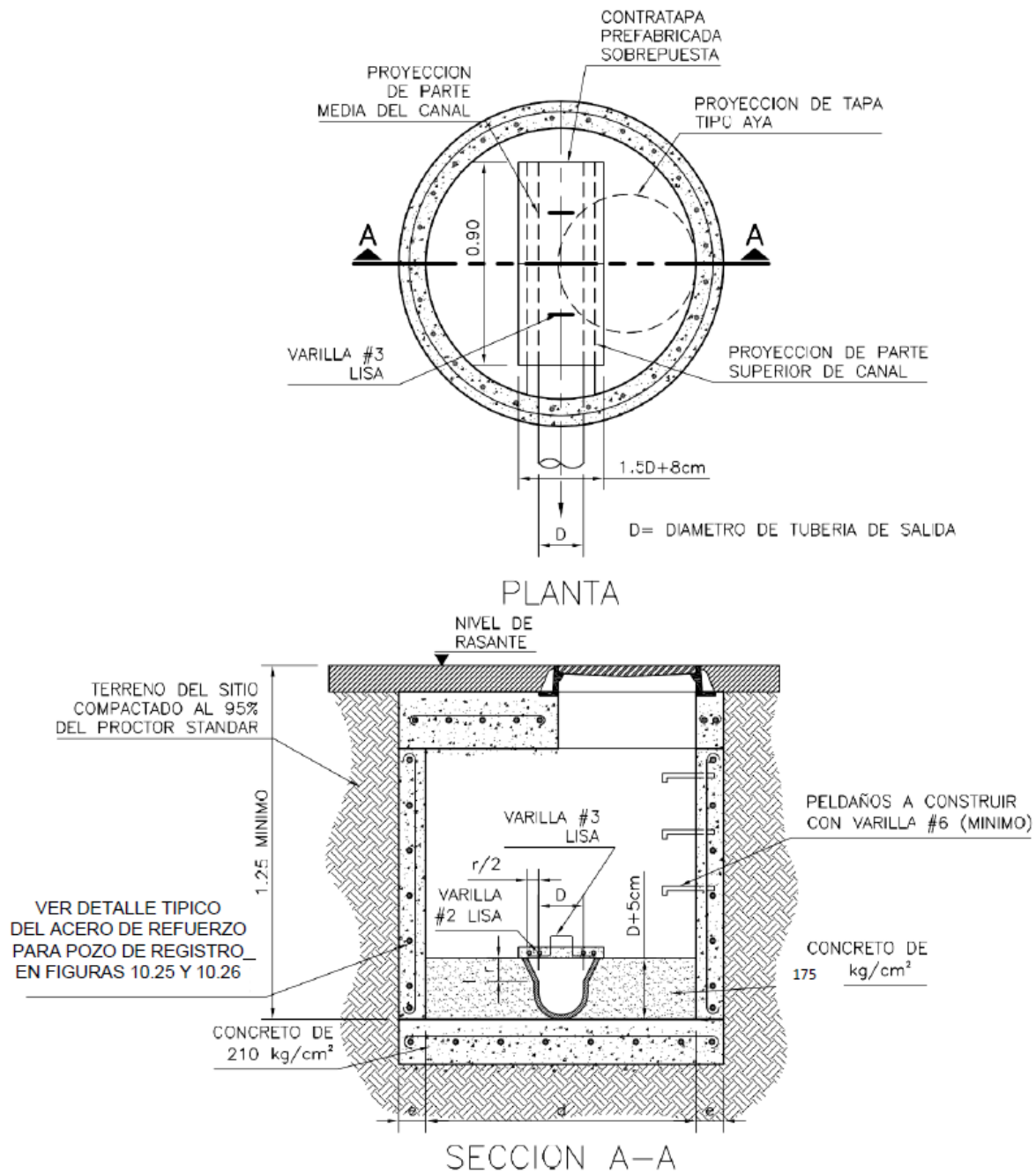
Anexo 10. Sección Planta de distribución Estación de Bombeo. Fuente: AyA (2017)



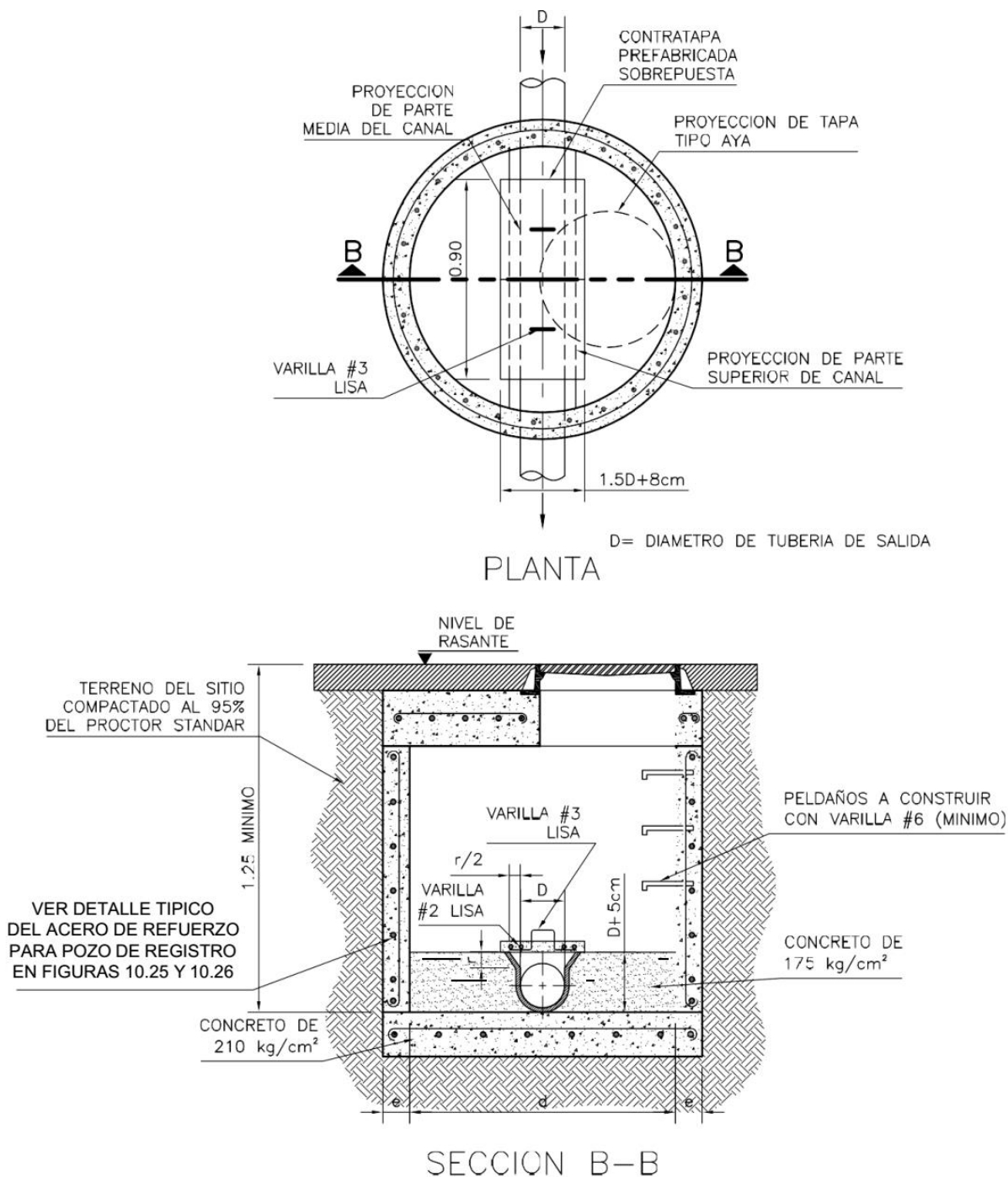
*Anexo 11. Prevista domiciliaria con silleta tee de PVC. AyA (2017)*

Accesorio	Diámetro nominal (mm)						
	75	100	150	200	250	300	350
	Coeficiente K						
Codo roscado 90°	0,79	0,66	0,55	-	-	-	-
Codo roscado 90° (RL)	0,30	0,23	0,17	-	-	-	-
Codo bridado 90°	0,33	0,31	0,28	0,26	0,25	0,24	0,23
Codo bridado 90° (RL)	0,24	0,21	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11
Codo roscado 45°	0,29	0,28	0,26	-	-	-	-
Codo bridado 45°	0,17	0,16	0,14	0,12	0,11	0,11	0,10
Codo roscado 180°	0,80	0,69	0,56	-	-	-	-
Codo bridado 180°	0,32	0,30	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22
Unión en T roscada (FL)	0,93	0,93	0,93	-	-	-	-
Unión en T roscada (FT)	1,46	1,33	1,14	-	-	-	-
Unión en T bridada (FL)	0,16	0,14	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08
Unión en T bridada (FT)	0,73	0,67	0,60	0,56	0,53	0,50	0,48
Válvula globo roscada (A)	5,30	4,59	3,74	-	-	-	-
Válvula globo bridada (A)	7,31	6,37	5,24	4,56	4,10	3,76	3,49
Válvula compuerta roscada (A)	0,10	0,08	0,60	-	-	-	-
Válvula compuerta bridada (A)	0,22	0,16	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04
Válvula antirretorno roscada	2,98	2,59	2,13	-	-	-	-
Válvula antirretorno bridada	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Válvula angular roscada	1,36	0,99	0,83	-	-	-	-
Válvula angular bridada	2,21	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Válvula de pie con colador	1,60	1,39	1,14	0,99	0,88	0,81	0,75
Acoples o Uniones	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01

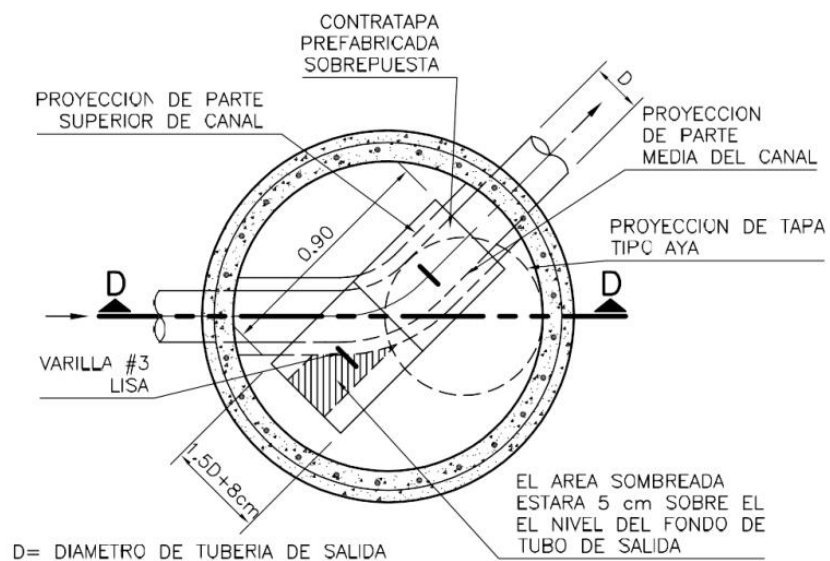
**Anexo 12. Coeficientes de resistencia (K) en válvulas y accesorios. CFIA (2017)**



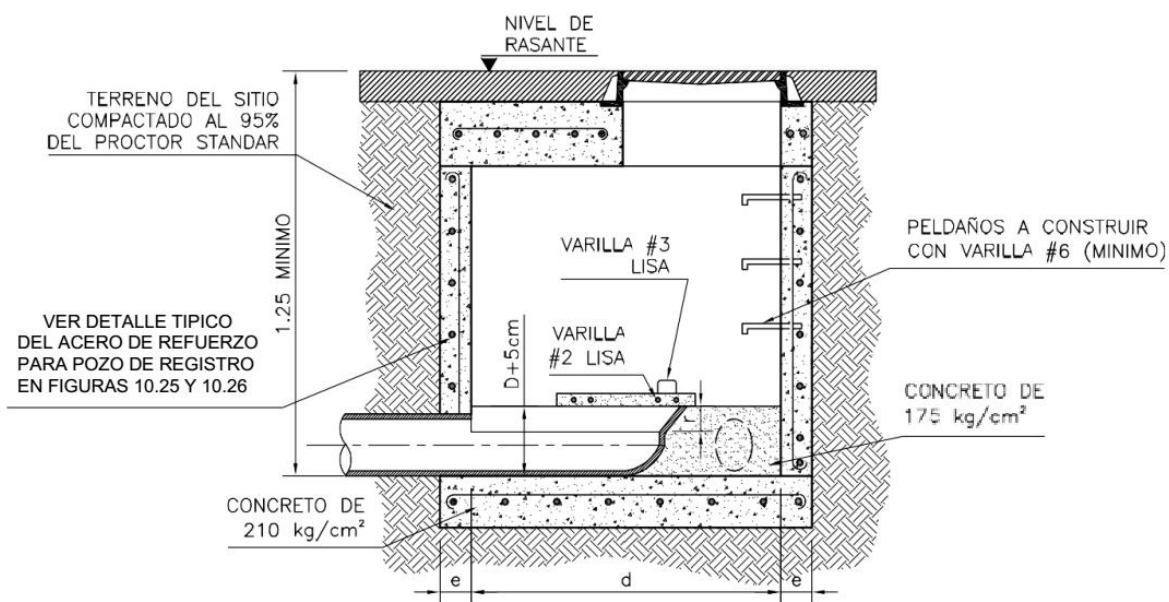
**Anexo 13. Detalle de pozo de registro sanitario tipo A. AyA (2017)**



**Anexo 14. Detalle de pozo de registro sanitario tipo B. AyA (2017)**



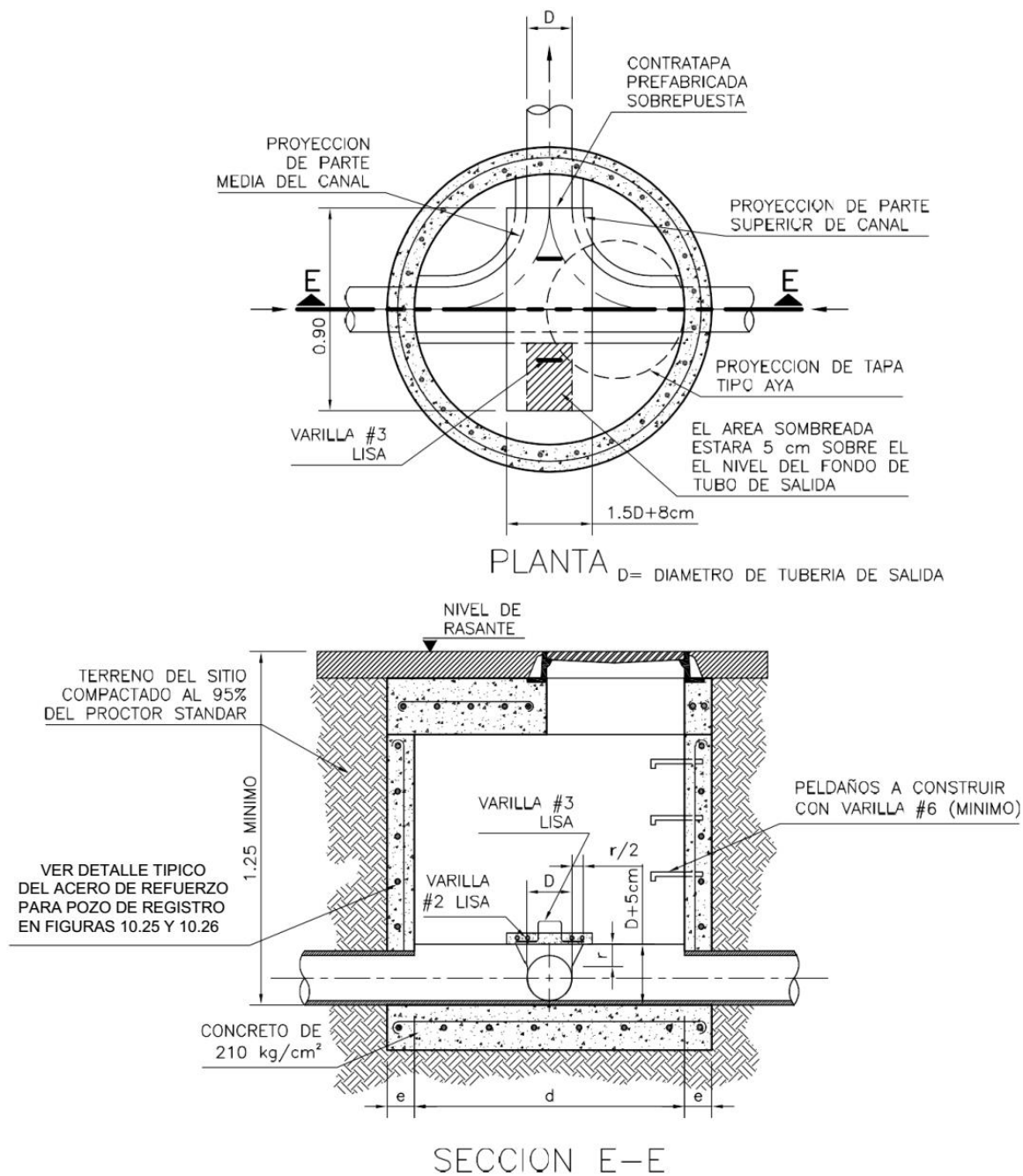
PLANTA



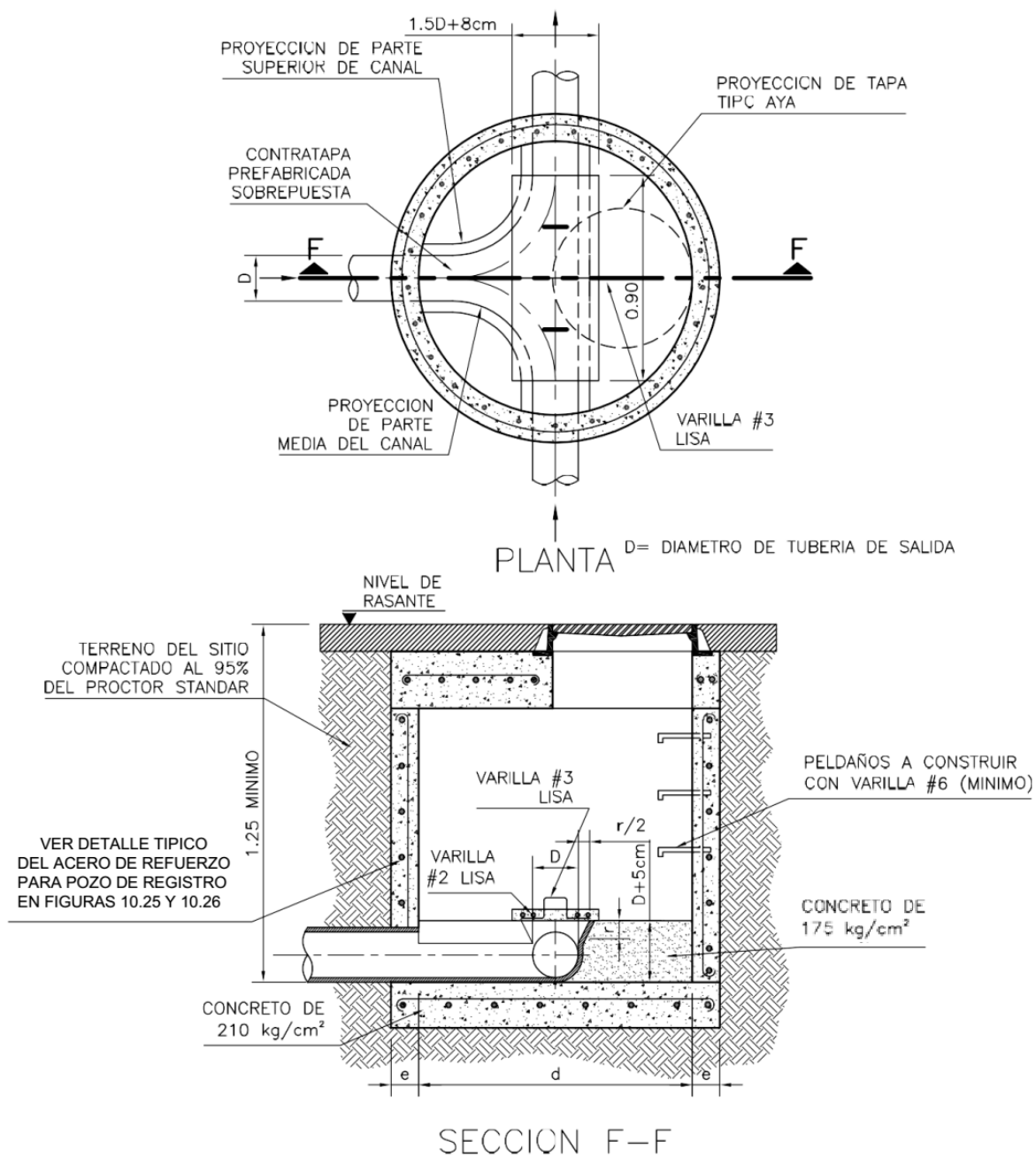
SECCION D-D

*Anexo 15. Detalle de pozo de registro sanitario tipo D. AyA (2017)*

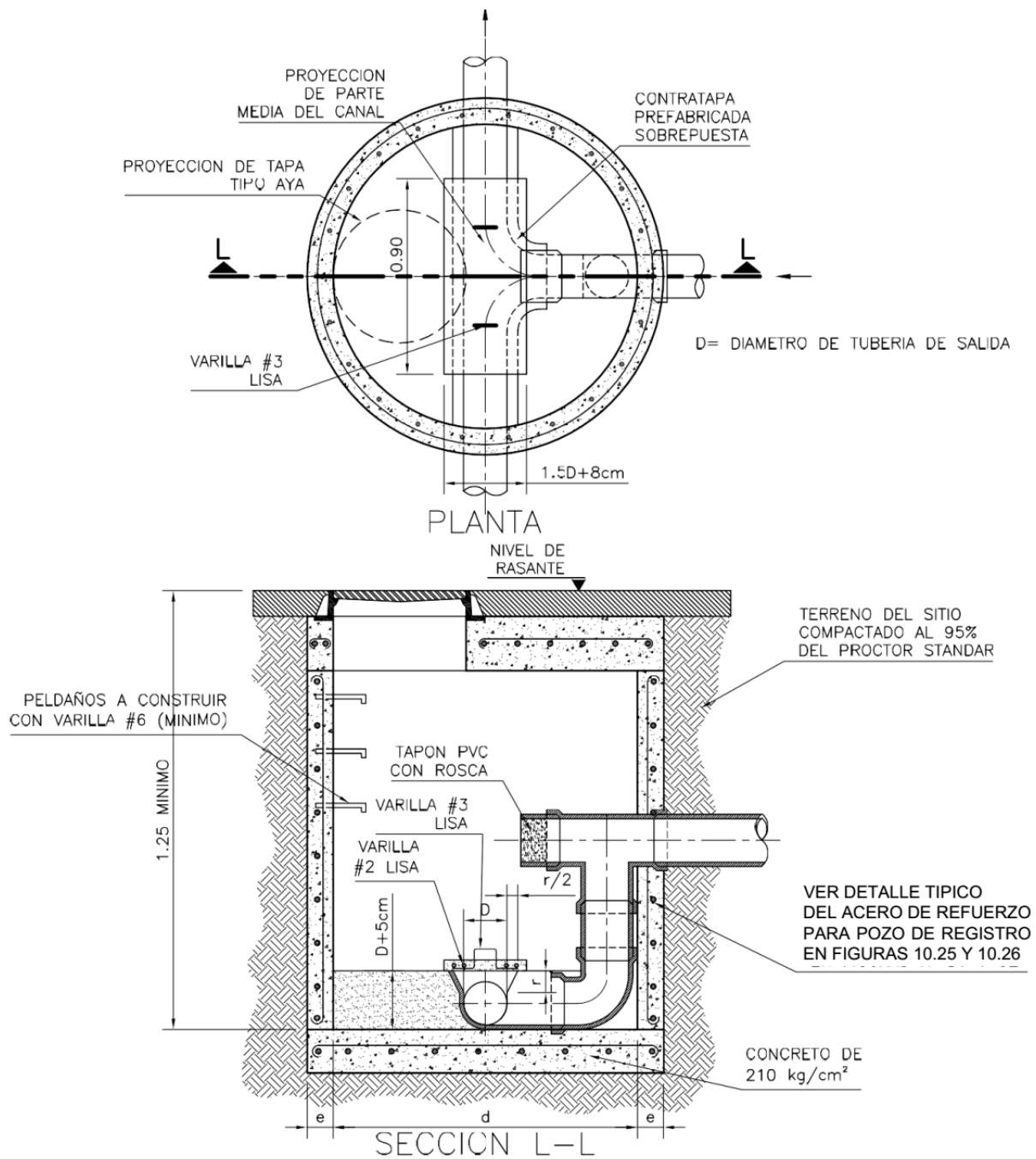




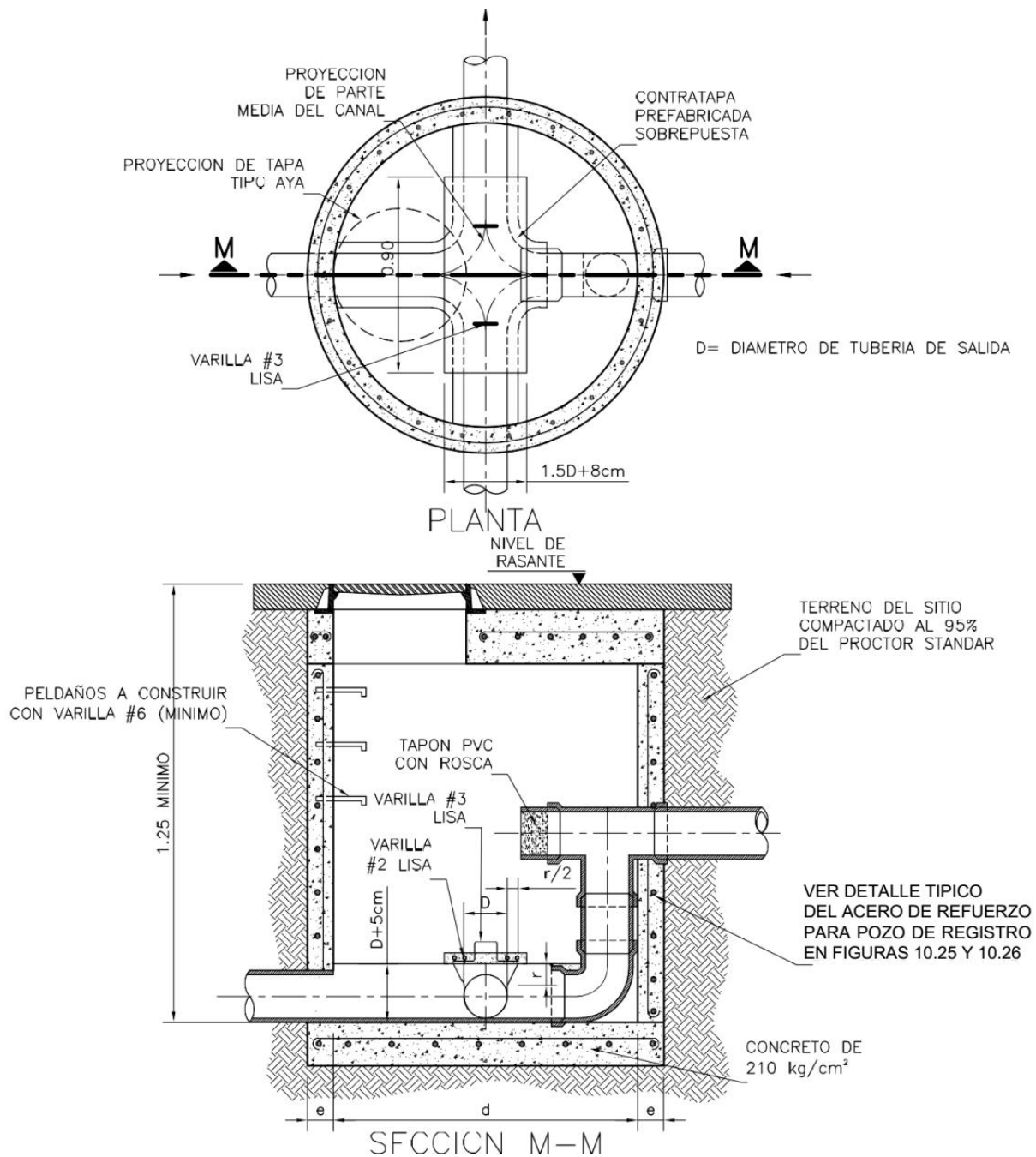
Anexo 16. Detalle de pozo de registro sanitario tipo E. AyA (2017)



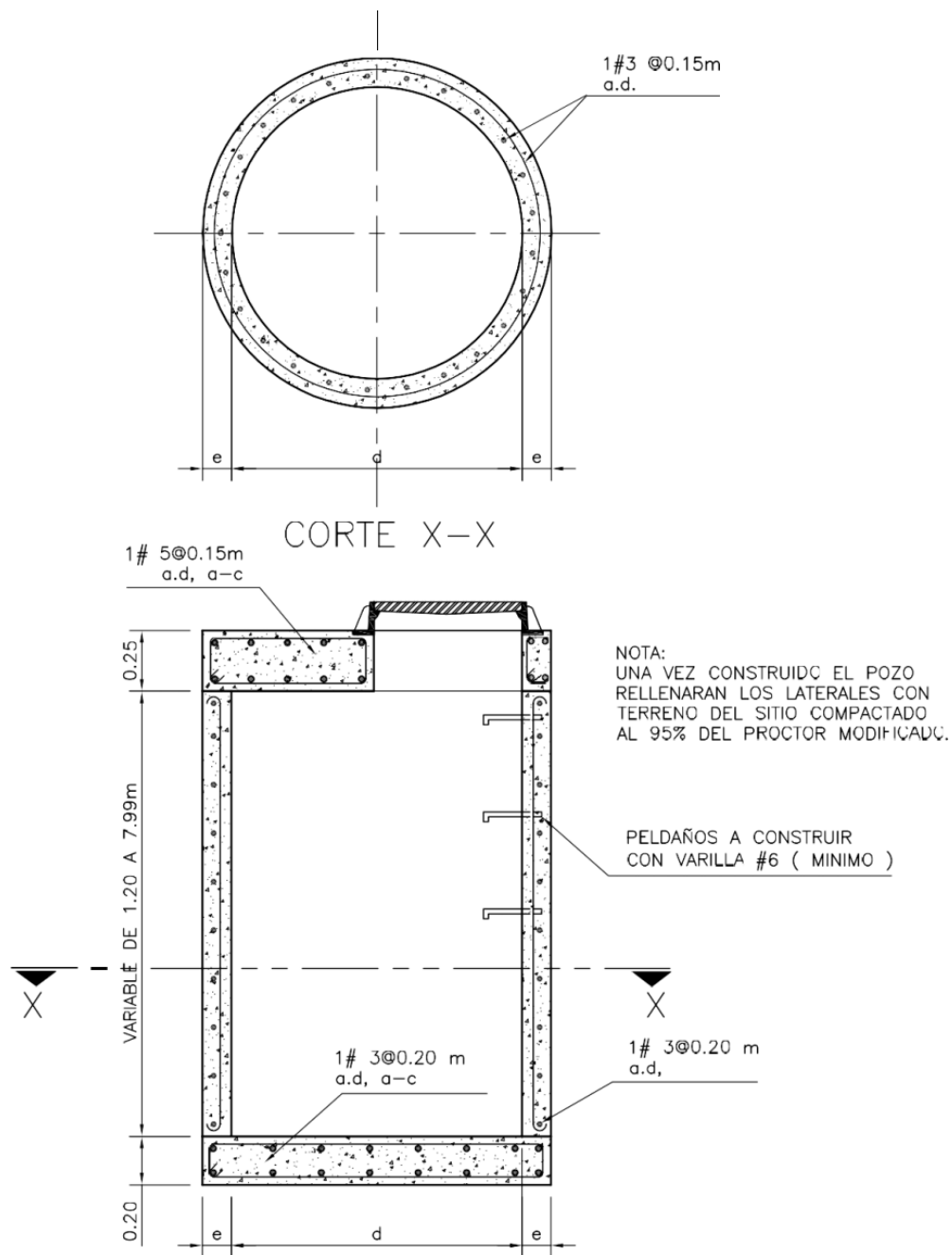
*Anexo 17. Detalle de pozo de registro sanitario tipo F. AyA (2017)*



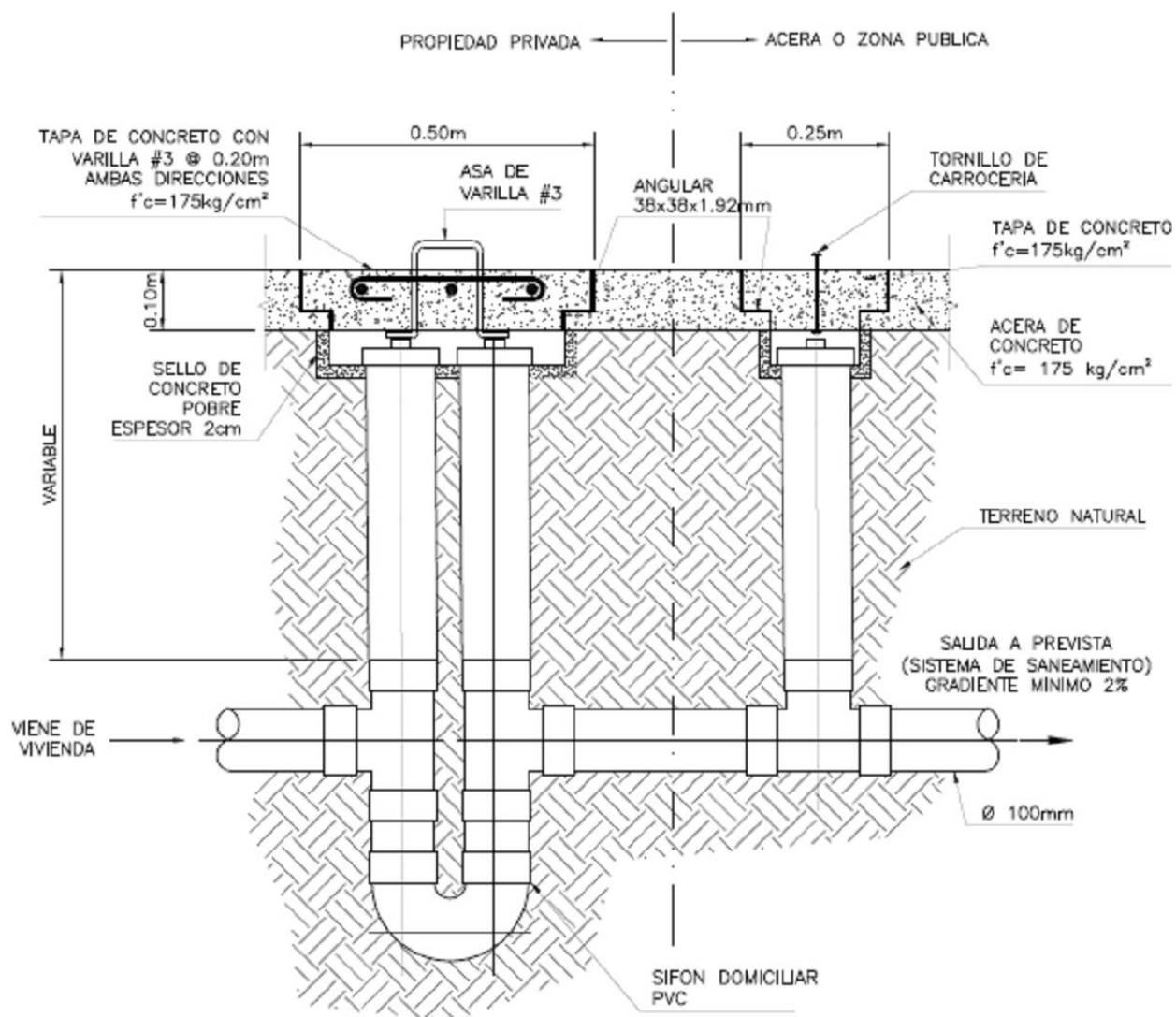
**Anexo 18. Detalle de pozo de registro sanitario tipo L. AyA (2017)**



Anexo 19. Detalle de pozo de registro sanitario tipo M. AyA (2017)



Anexo 20. Detalle típico de acero de refuerzo para pozo de registro. AyA (2017)



*Anexo 21. Detalle de caja y sifón domiciliar. AyA (2017)*

Presión de Trabajo		RD 7	RD 7.3	RD 9	RD 11	RD 13.5	RD 15.5	RD 17	RD 21	RD 26	RD 32.5	RD 41				
PE 4710	PSI	336	320	252	202	161	139	126	101	81	64	50				
	Kg/cm <sup>2</sup>	23.5	22.3	17.3	14.3	11.1	10.2	9.2	7.0	5.6	4.5	3.6				
Diámetro exterior (in)		Esesor Mínimo de Pared	Diámetro Interior Nominal	Esesor Mínimo de Pared	Diámetro Interior Nominal	Esesor Mínimo de Pared	Diámetro Interior Nominal	Esesor Mínimo de Pared	Diámetro Interior Nominal	Esesor Mínimo de Pared	Diámetro Interior Nominal	Esesor Mínimo de Pared	Diámetro Interior Nominal			
Nominal	Real															
1/8	0.840			0.093	0.642	0.076	0.678									
1/4	1.050			0.117	0.803	0.095	0.848									
3/8	1.315			0.146	1.005	0.120	1.062									
1/2	1.660			0.184	1.269	0.151	1.340	0.123	1.399	0.107	1.43295	0.098	1.453			
3/4	1.900			0.211	1.452	0.173	1.534	0.141	1.602	0.123	1.64013	0.112	1.663			
1	2.375			0.264	1.816	0.216	1.917	0.176	2.002	0.153	2.050	0.140	2.079			
1 1/8	2.874			0.319	2.197	0.261	2.320	0.213	2.423	0.185	2.481	0.169	2.516			
1 1/4	3.500	0.500	2.440	0.479	2.484	0.389	2.676	0.318	2.825	0.259	2.950	0.226	3.021			
1 3/8	4.500	0.643	3.137	0.616	3.193	0.500	3.440	0.409	3.633	0.333	3.793	0.290	3.885			
1 1/2	6.625	0.946	4.619	0.908	4.701	0.736	5.064	0.602	5.348	0.491	5.585	0.427	5.719			
1 3/4	8.625	1.232	6.013	1.182	6.120	0.958	6.593	0.784	6.963	0.639	7.271	0.556	7.445			
2	10.750	1.536	7.494	1.473	7.628	1.194	8.218	0.977	8.578	0.796	9.062	0.694	9.280			
2 1/8	12.750	1.821	8.889	1.747	9.047	1.417	9.747	1.159	10.293	0.944	10.748	0.823	11.006			
2 1/4	14.000	2.000	9.760	1.918	9.934	1.556	10.702	1.273	11.302	1.037	11.801	0.903	12.085			
2 3/8	16.000	2.286	11.154	2.192	11.353	1.778	12.231	1.455	12.916	1.185	13.487	1.032	13.812			
2 1/2	18.000	2.571	12.549	2.466	12.773	2.000	13.760	1.636	14.531	1.333	15.173	1.161	15.538			
2 3/4	20.000	2.857	13.943	2.740	14.192	2.222	15.289	1.818	16.145	1.481	16.859	1.290	17.265			
3	22.000					2.444	16.818	2.000	17.760	1.630	18.545	1.419	18.991			
3 1/8	24.000					2.667	18.347	2.182	19.375	1.778	20.231	1.548	20.717			
3 1/4	26.000					2.889	19.876	2.364	20.989	1.926	21.917	1.677	22.444			
3 3/8	28.000					3.111	21.404	2.545	22.604	2.074	23.603	1.806	24.170			
3 1/2	30.000					3.333	22.933	2.727	24.218	2.222	25.289	1.935	25.897			
3 3/4	32.000						2.909	25.833	2.370	26.975	2.065	27.623	1.882	28.009		
4	34.000						3.091	27.447	2.519	28.661	2.194	29.350	2.000	29.760		
4 1/8	36.000							2.667	30.347	2.323	31.076	2.118	31.511	1.714	32.366	
4 1/4	42.000							3.273	29.062							
4 3/8	48.000								3.556	40.462	3.097	41.435	3.824	42.014	2.286	43.154
4 1/2	54.000								4.000	45.520	3.484	46.614	3.176	47.266	2.571	48.549
4 3/4	60.000								4.444	50.578	3.871	51.794	3.529	52.518	2.857	53.943
5	63.000								4.667	53.107	4.065	54.383	3.706	55.144	3.000	56.640
5 1/8	65.000								4.815	54.793	4.194	56.110	3.824	56.894	3.095	58.438

\* relaciones dimensionales diámetro/espesor (RD) desde 7 a 41

Anexo 22. Tabla de dimensiones y de presiones de trabajo de la tubería de polietileno de alta densidad de Policonductos. Policonductos. (comunicación personal, noviembre 29, 2021)

Contado



**Zebol S. A.**  
 Cedula Juridica: 3-101-064341  
 Phone Number: (506) 2437-7900  
 La Recta, 50 mts al norte del edificio de la Cruz Roja 20701 Palmaraes, Alajuela, Costa Rica

**COTIZACION : 66834**

FECHA : 22/11/2021

**Datos del cliente:**

Cliente : ADRIANA CHAVARRIA

Telefono:

Atencion: ADRIANA CHAVARRIA

Fax:

Referencia : BOMBA CON TRITURADOR

Email:

**Condiciones de venta:**

Tiempo de entrega:

Forma de pago: Contado

Termino de entrega :

Validez de la oferta: 15 dias

**Detalle de la cotizacion:**

Estimado(a) Sr.(A); por este medio me permito presentarle oferta según sus necesidades:

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNI	DESC %	TOTAL
0011490	BOMBA SUMERGIBLE HCP 32GF21.5 2HP MONOFASICO 230V DESC 1.25" NPT GRINDER C/ BOYA	1.00	\$1,097.70		\$1,097.70

Model	HP(kW)	Discharge Inch(mm)	Phase Ø	Start Method	Standard		Weight kg(lb)		Dimension (mm)				
					m - m³/min	ft - GPM	1Ø	3Ø	A	B	C	D	
												1Ø	3Ø
32GF21.0	1½ (1.0)	1¼" (32)	1 3	Capacitor Direct	17 - 0.06	55 - 16	27 (60)	25 (55)	249	-	177	555	530
<b>32GF21.5</b>	2 (1.5)	1¼" (32)	1 3	Capacitor Direct	23 - 0.06	75 - 16	36 (79)	32 (71)	285	-	203	597	546
32GF21.5H	2 (1.5)	1¼" (32)	1 3	Capacitor Direct	26 - 0.06	85 - 16	36 (79)	32 (71)	285	-	203	597	546
32GF21.5DN40	2 (1.5)	1¼" (32)	1 3	Capacitor Direct	23 - 0.06	75 - 16	36 (79)	32 (71)	-	255	203	596	546
32GF22.2	3 (2.2)	1¼" (32)	1 3	Capacitor Direct	30.5 - 0.06	100 - 16	38 (84)	35 (77)	285	-	203	630	546
32GF22.2H	3 (2.2)	1¼" (32)	1 3	Capacitor Direct	35 - 0.06	115 - 16	38 (84)	35 (77)	285	-	203	630	546
32GF22.2DN40	3 (2.2)	1¼" (32)	1 3	Capacitor Direct	30.5 - 0.06	100 - 16	-	36 (79)	-	255	203	-	546
50GF22.2	3 (2.2)	2" (50)	3	Direct	19.5 - 0.2	65 - 52	-	44 (97)	393	226	226	-	616

**Anexo 23. Bomba sumergible seleccionada. Zebol. (comunicación personal, noviembre 22, 2021)**





*Anexo 24. Vista General del proyecto. (comunicación personal, diciembre 17, 2021)*



*Anexo 25. Vista General desde la estación de bombeo. (comunicación personal, diciembre 17, 2021)*





*Anexo 26. Vista desde juegos infantiles. (comunicación personal, diciembre 17, 2021)*



*Anexo 27. Vista hacia la estación de bombeo. (comunicación personal, diciembre 17, 2021)*





*Anexo 28. Pozo de registro. (comunicación personal, diciembre 17, 2021)*



*Anexo 29. Canal de fondo de pozos de registro (comunicación personal, diciembre 17, 2021)*

## Glosario

**Aguas negras:** son las aguas residuales provenientes de servicios sanitarios o con residuos cloacales.

**Aguas residuales:** son las aguas de desecho contaminadas por el ser humano y que provienen de viviendas o industrias.

**AyA:** Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

**Bombeo:** es cuando se requiere elevar las aguas a un nivel superior mediante elementos que permitan el transporte.

**Canaleta Parshall:** “Dispositivo usado para medir el caudal de líquidos en canales abiertos que fluyen por gravedad, muy utilizados en las estaciones de tratamiento de agua” ( F. Master Sistemas de Medición, 2019).

**Cárcamo:** es el tanque de concreto de la estación de bombeo donde llega el agua proveniente de la red de alcantarillado sanitario.

**Caudal:** “Relación del volumen de agua que pasa a través de una sección por unidad de tiempo. Puede expresarse en metros cúbicos por segundo o en litros por segundo” (AyA, s.f.)

**Colector:** “Conducto subterráneo en el cual vierten las alcantarillas sus aguas” (Real Academia Española, 2021).

**Golpe de ariete:** “Es un aumento repentino de la presión causado por un cambio rápido en la velocidad de caudal de la tubería. Este fenómeno se denomina porque los aumentos repentinos de la presión suelen ir acompañados de un ruido semejante al que haría la tubería si se golpease con un martillo” (Grundfos, 2020)

**Período de diseño:** es el tiempo tomado en cuenta para realizar el diseño, en el cual el sistema tendrá la capacidad de cumplir sus funciones hasta el final de ese tiempo.

**Revit:** Autodesk Revit es un *software* para BIM (Modelado de información para la construcción) con el fin de crear proyectos de construcción más eficientes.

**SAP200:** *Structural Analysis Program* (Programa de Análisis Estructural).

**SYNSA:** Inmobiliaria SYNSA es una empresa de servicios de consultoría y construcción en el territorio nacional.

**SewerCAD:** “*Software* de modelado para el diseño y análisis de alcantarillado sanitario” (Bentley Systems, Inc., 2021).

**Válvula:** elemento con el cual se puede detener o regular un líquido total o parcialmente.



PROYECTO DE GRADUCACIÓN:  
**PREDISEÑO DEL SISTEMA SANITARIO PARA LA URBANIZACIÓN DE INTERÉS SOCIAL  
LOS ESPAVELES, SANTA CRUZ, GUANACASTE**

LA-01 TUBERÍA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

LA-02 POZOS DE REGISTRO

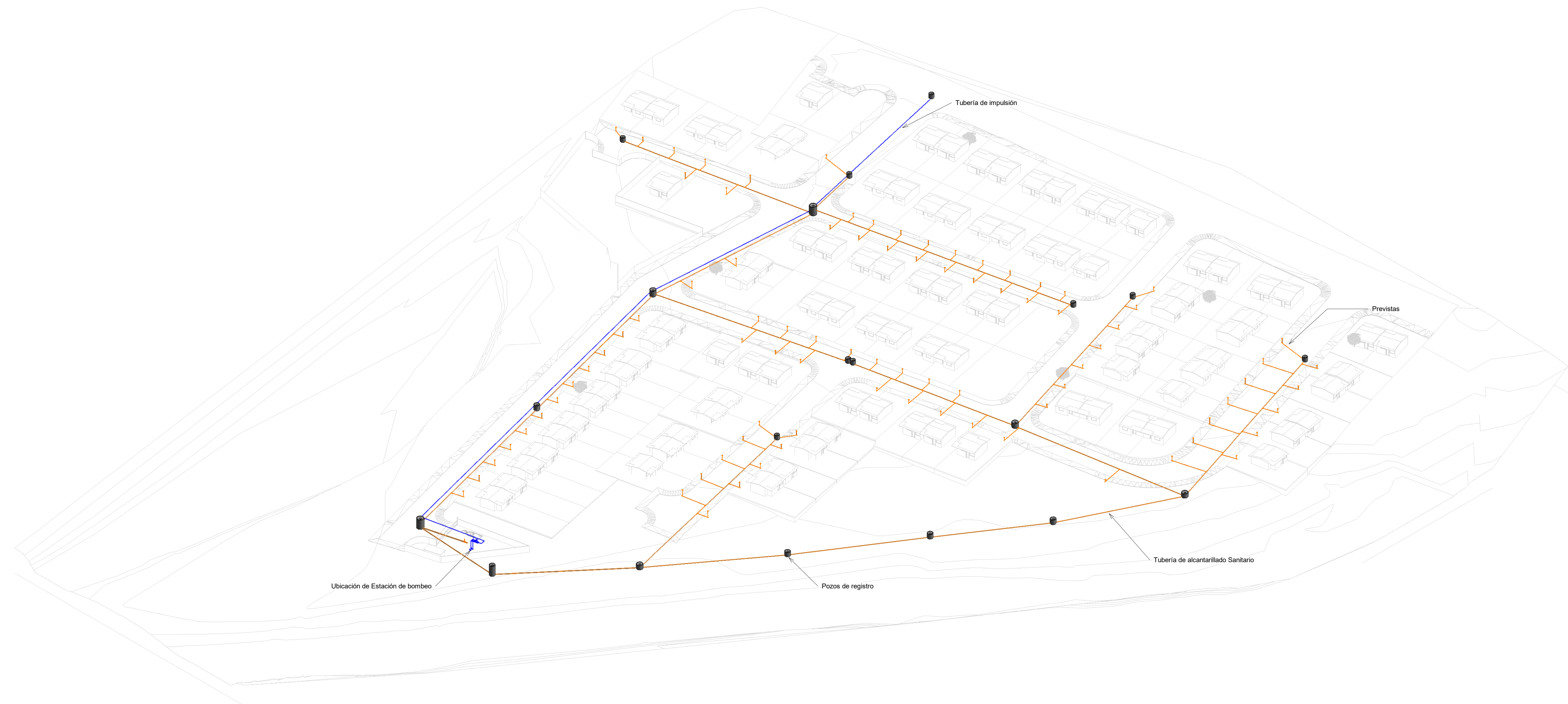
LA-03 PLANTA DE CORTES

LA-04 CORTES TRAMOS DE TUBERÍA

LA-05 CORTES TRAMOS DE TUBERÍA

LA-06 DETALLES

LA-07 ESTACIÓN DE BOMBEO



PROYECTO:

Los Espaveles

DIBUJO:

A. CHAVARRÍA

CONTENIDO:

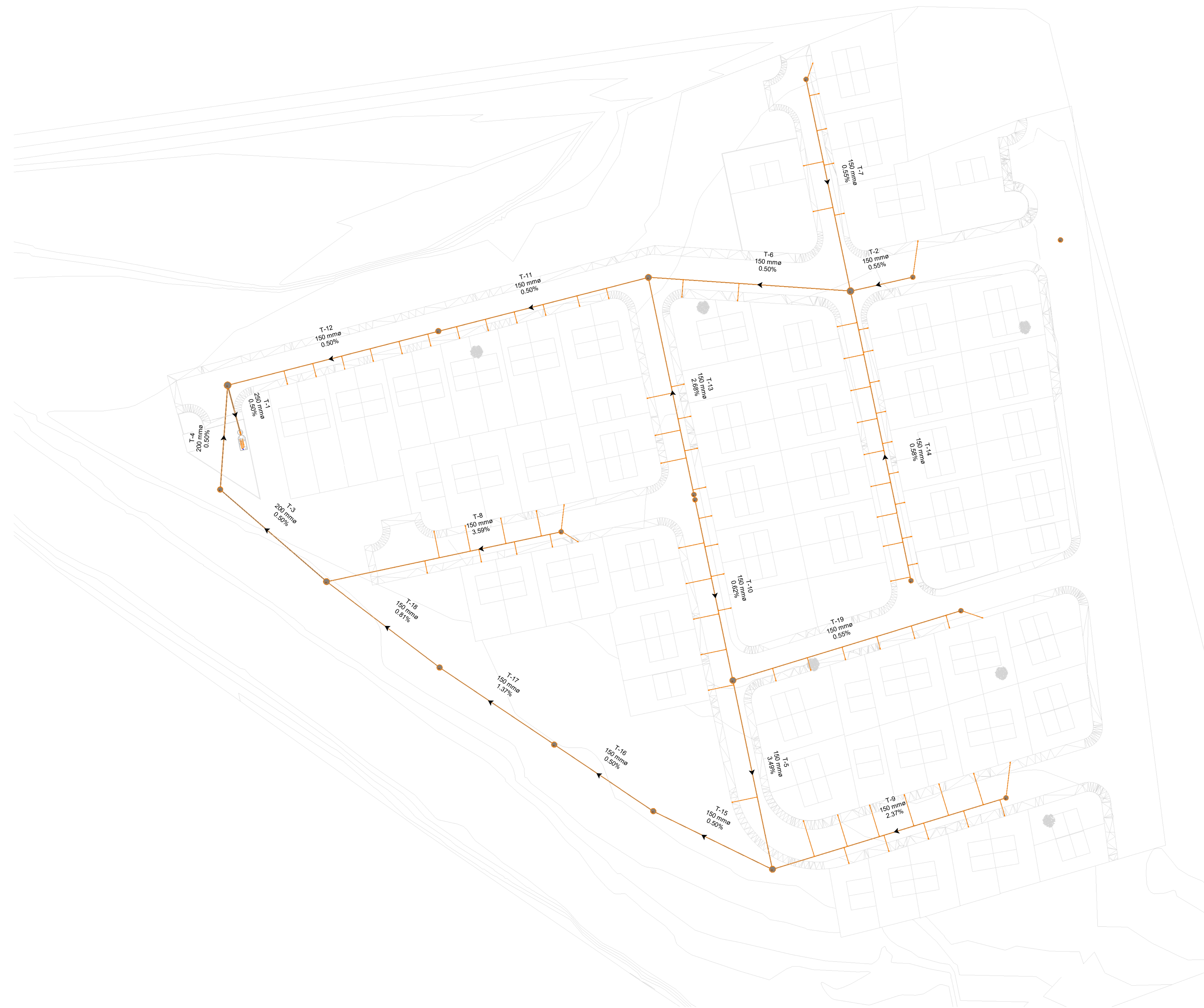
PORTADA

FECHA:  
20/12/2021

ESCALA:  
IND

LÁMINA:  
LA-00





1 TRAMOS DE TUBERÍA  
1 : 500

PROYECTO:

Los Espaveles

DIBUJO:

A. CHAVARRÍA

CONTENIDO:

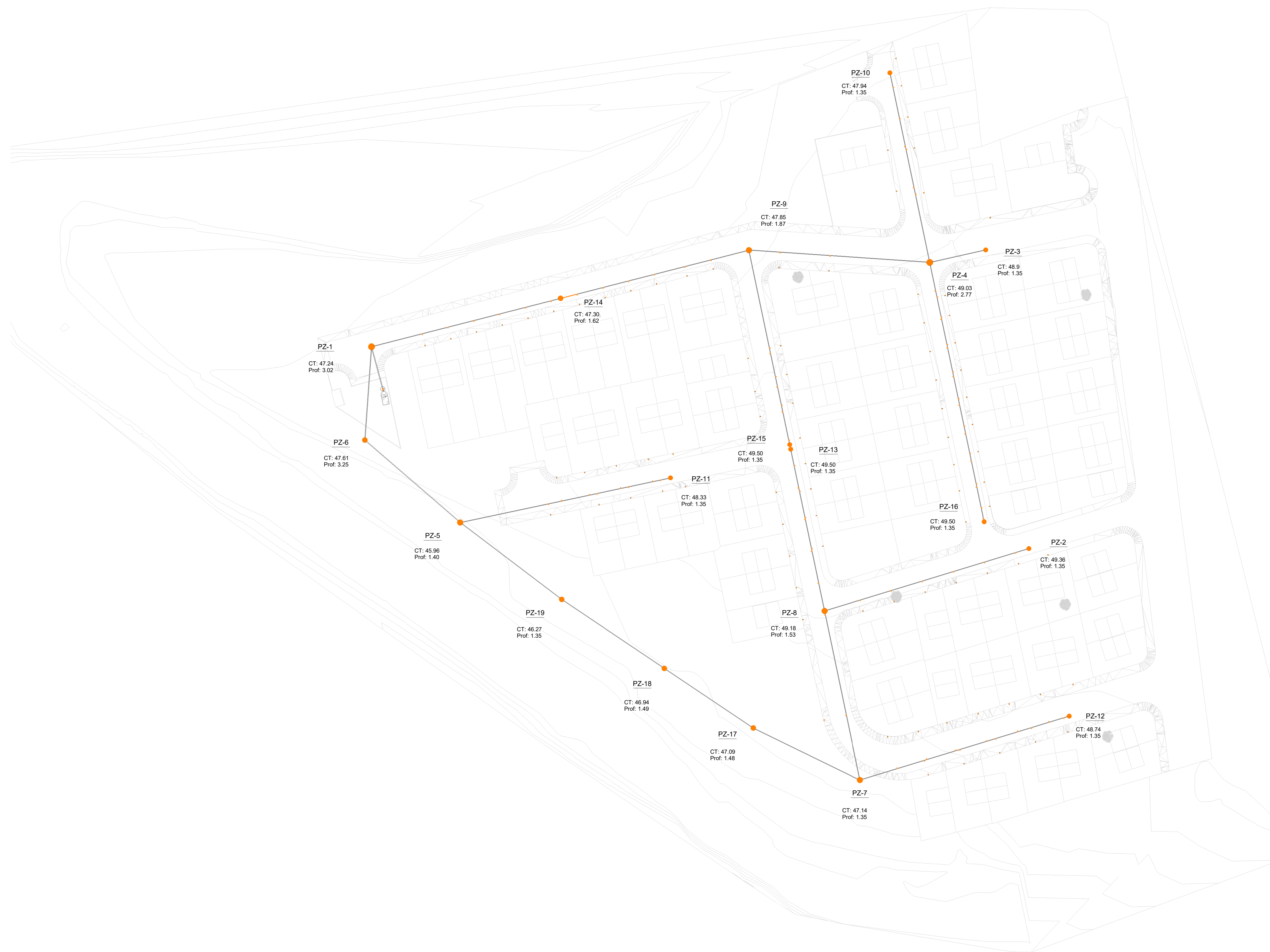
TUBERÍA DE ALCANTARILLADO  
SANITARIO

FECHA:  
20/12/2021

ESCALA:  
IND

LÁMINA:  
LA-01



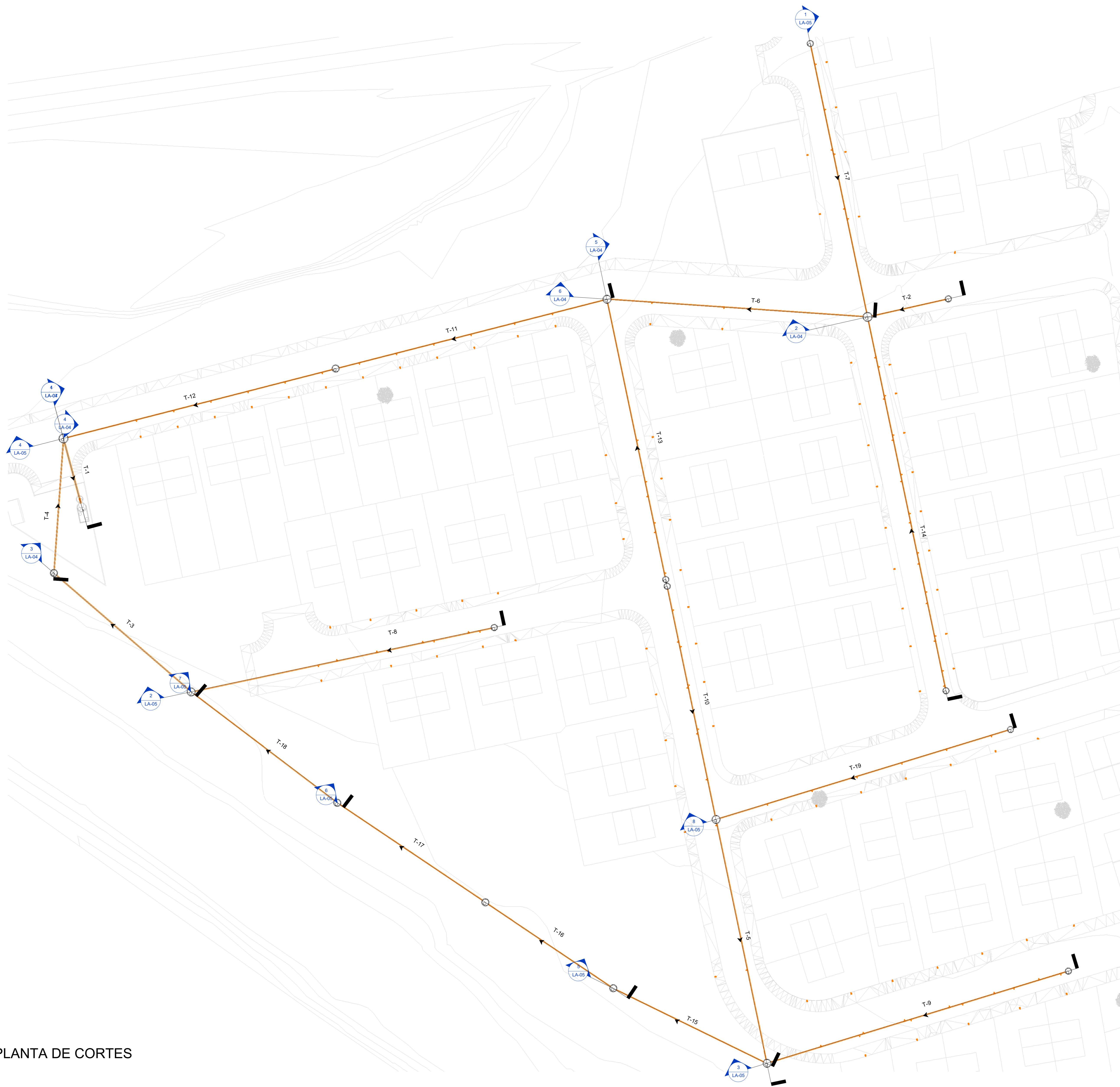


1 POZOS DE REGISTRO  
1 : 500

PROYECTO: <b>Los Espaveles</b>		
DIBUJO: A. CHAVARRIA		
CONTENIDO: <b>POZOS DE REGISTRO</b>		
FECHA: 20/12/2021	ESCALA: IND	LÁMINA: LA-02

© 2021 Espaveles. Todos los derechos reservados.

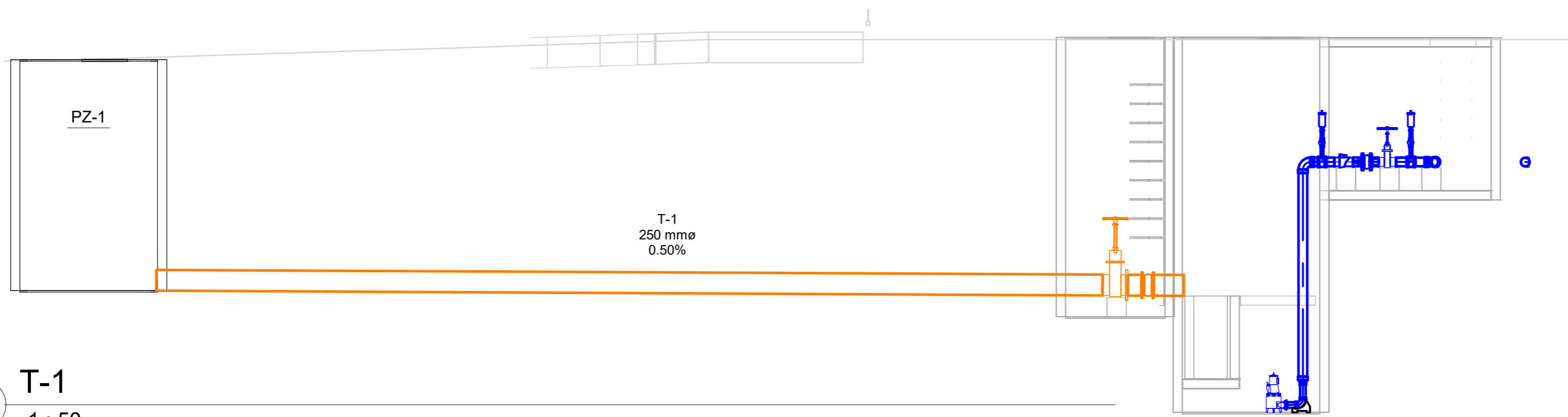




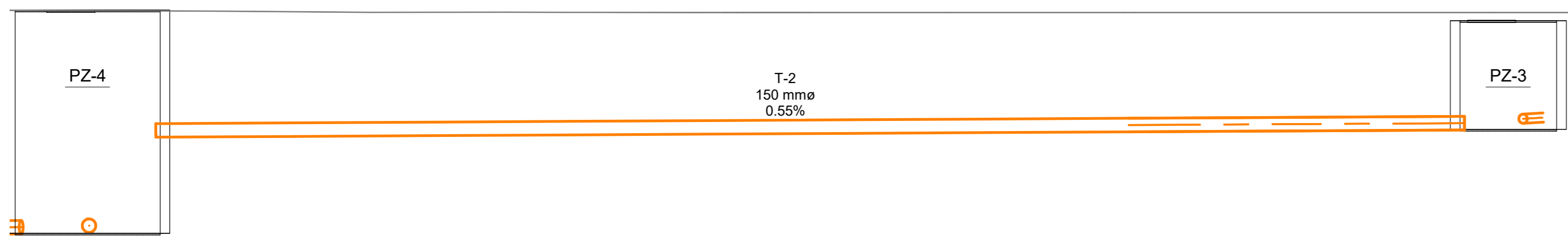
1 PLANTA DE CORTES

PROYECTO:		
Los Espaveles		
DIBUJO:		
A. CHAVARRIA		
CONTENIDO:		
PLANTA DE CORTES		
FECHA:	ESCALA:	LÁMINA:
20/12/2021	IND	LA-03

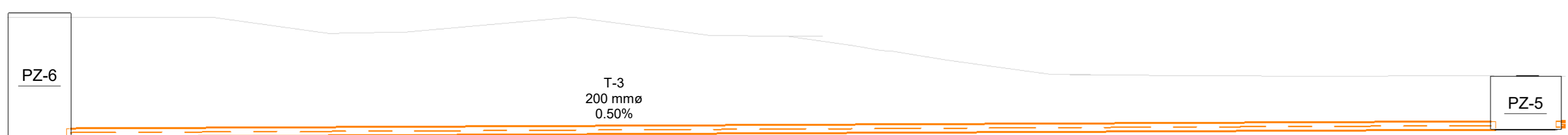
© 2021 Espaveles. Todos los derechos reservados. Espaveles.es



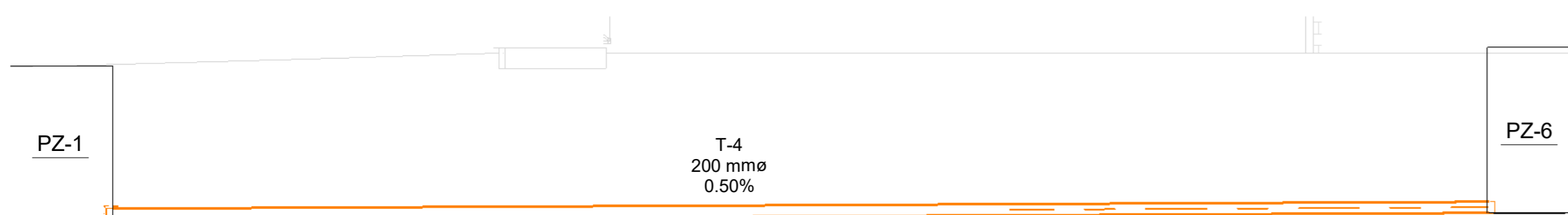
1 T-1  
1 : 50



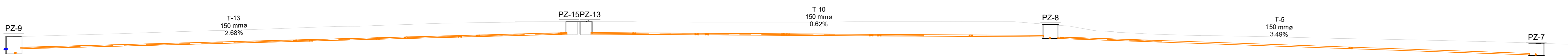
2 T-2  
1 : 50



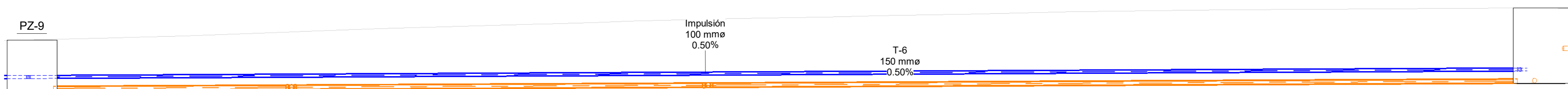
3 T-3  
1 : 100



4 T-4  
1 : 100



5 T-5 T-10 T-13  
1 : 200



6 T-6  
1 : 100

PROYECTO:

Los Espaveles

DIBUJO:

A. CHAVARRÍA

CONTENIDO:

TRAMOS DE TUBERÍA

FECHA:

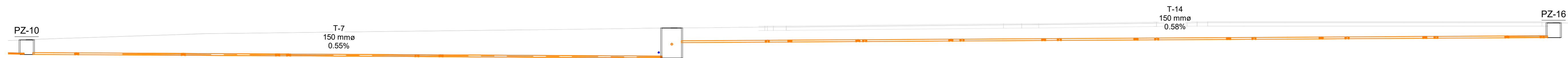
20/12/2021

ESCALA:

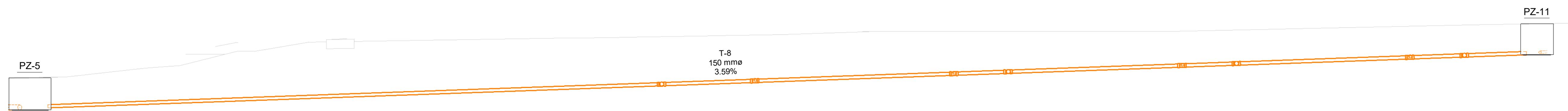
IND

LÁMINA:

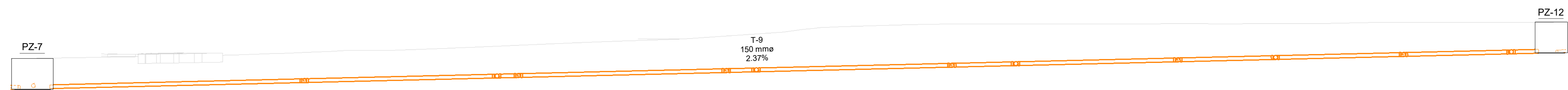
LA-04



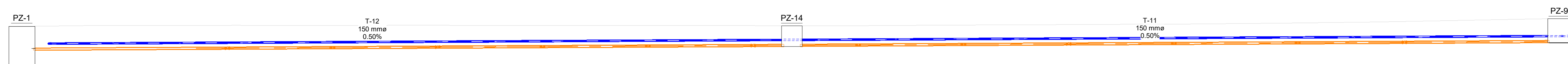
1 T-7 T-14  
1 : 200



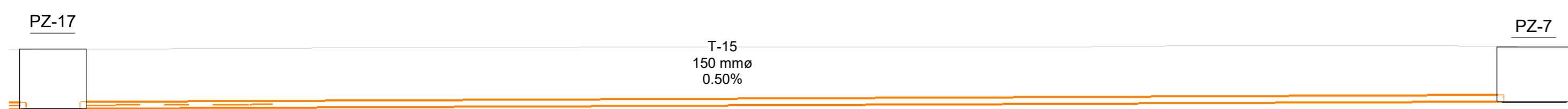
2 T-8  
1 : 100



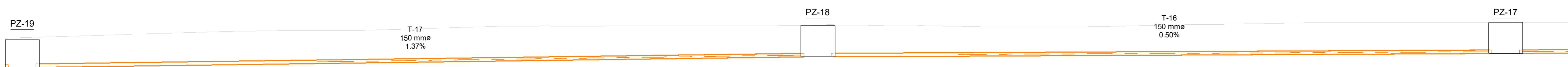
3 T-9  
1 : 100



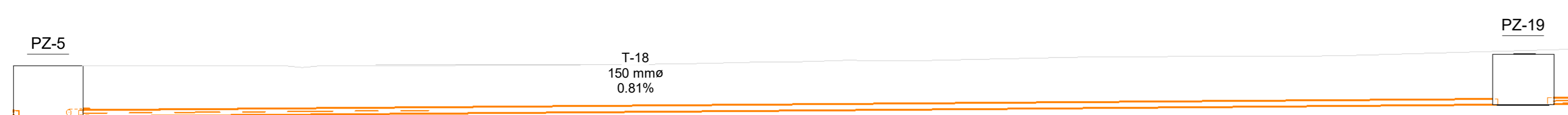
4 T-11 T-12  
1 : 150



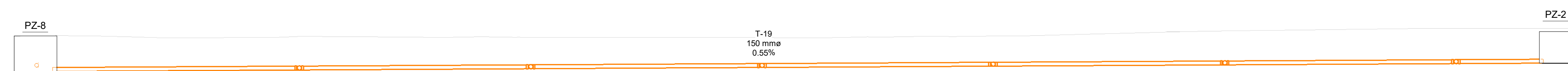
5 T-15  
1 : 100



6 T-16 T-17  
1 : 100



7 T-18  
1 : 100



8 T-19  
1 : 100

PROYECTO:

Los Espaveles

DIBUJO:

A. CHAVARRIA

CONTENIDO:

TRAMOS DE TUBERÍA

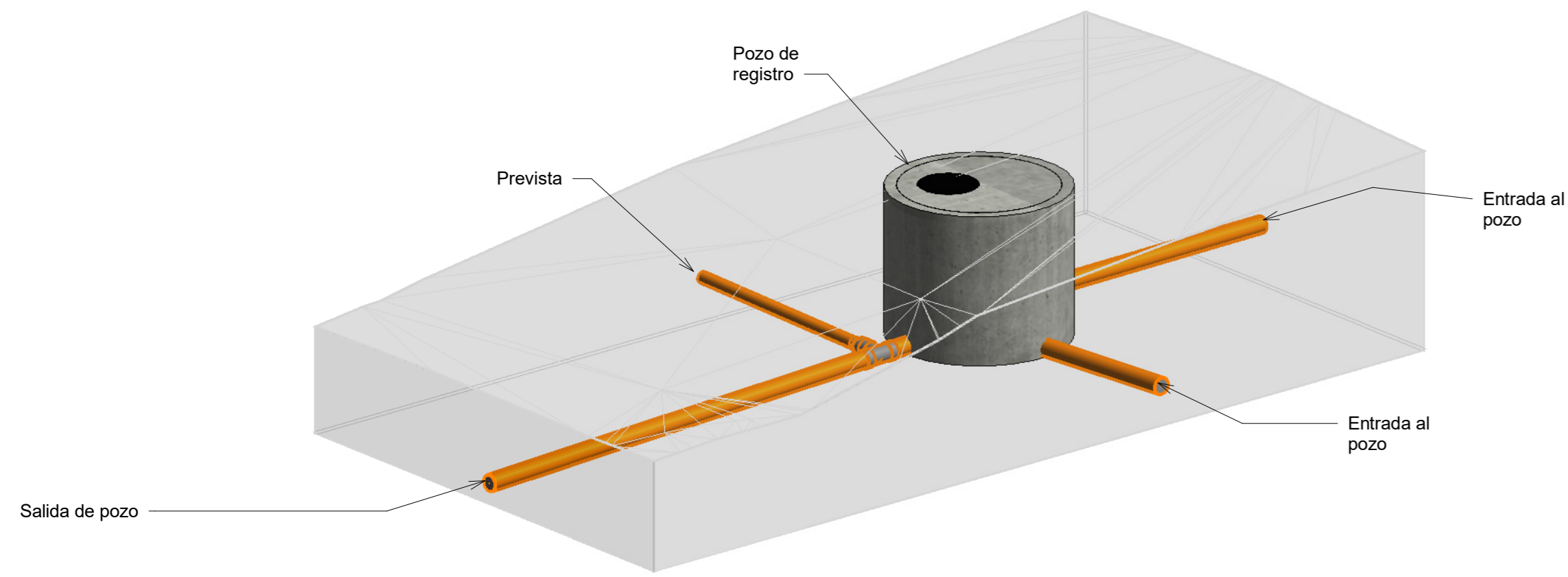
FECHA:  
20/12/2021

ESCALA:  
IND

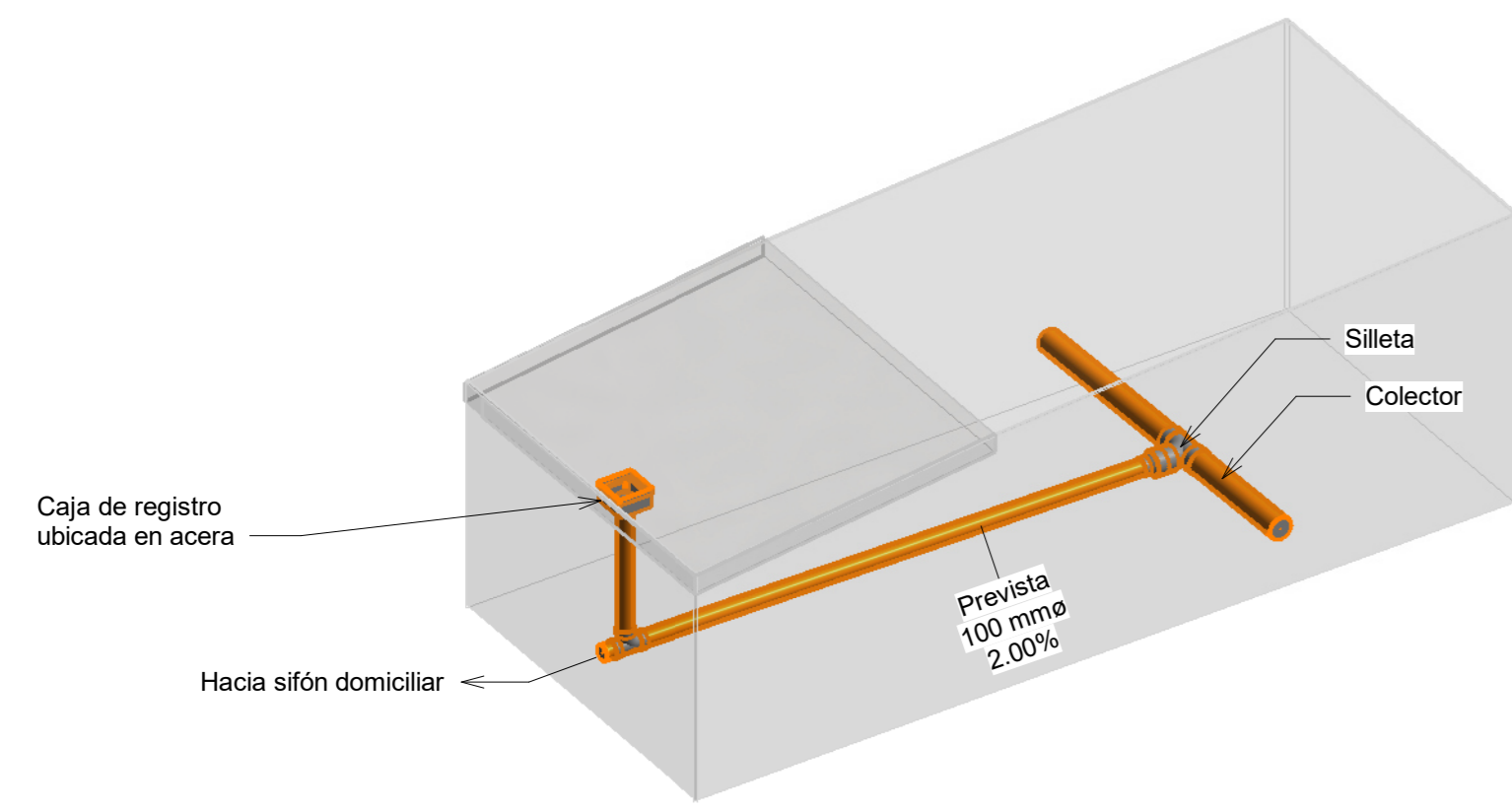
LÁMINA:  
LA-05

C:\usuarios\A.CHAVARRIA\PROYECTOS\LOS ESPAVELES\LA-05.DWG

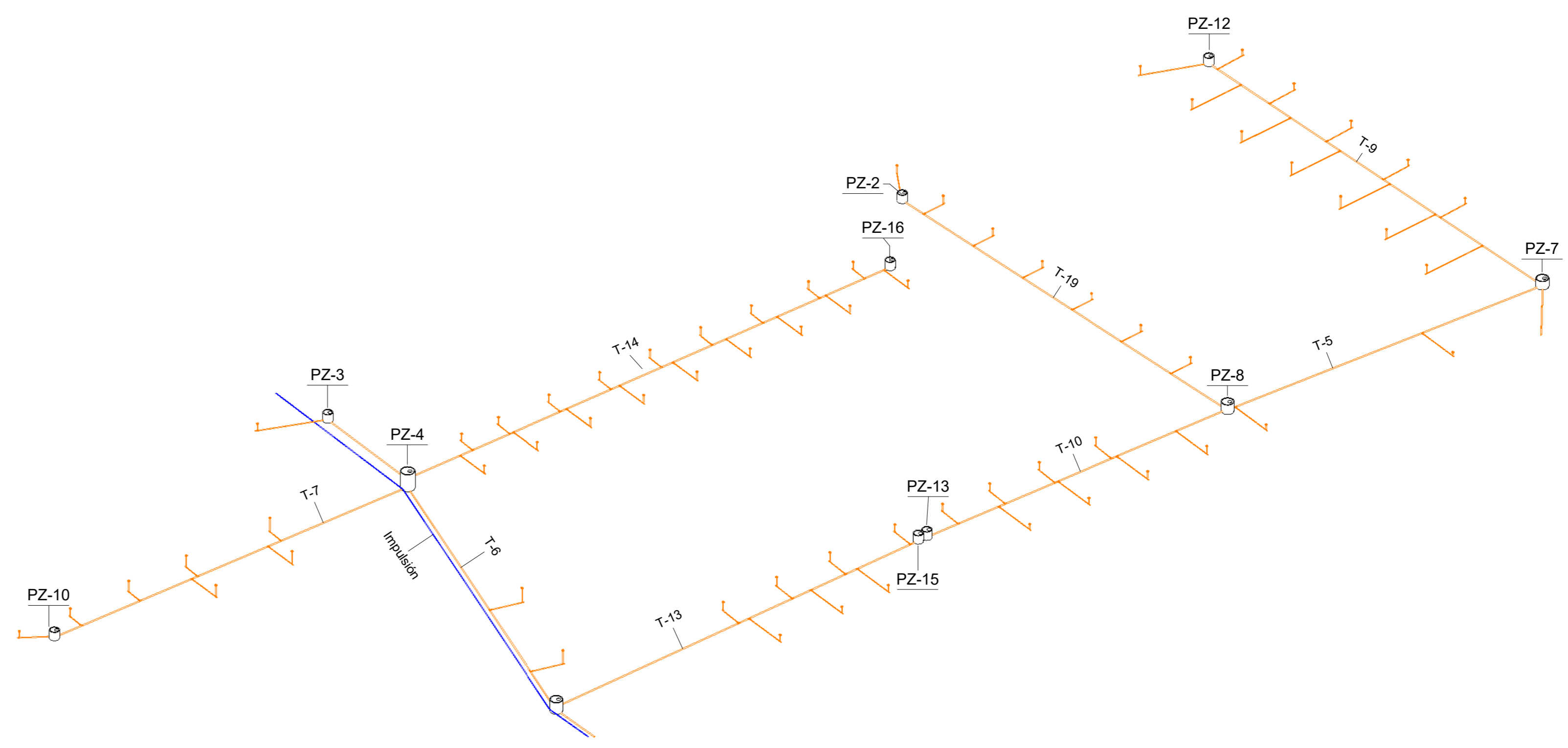




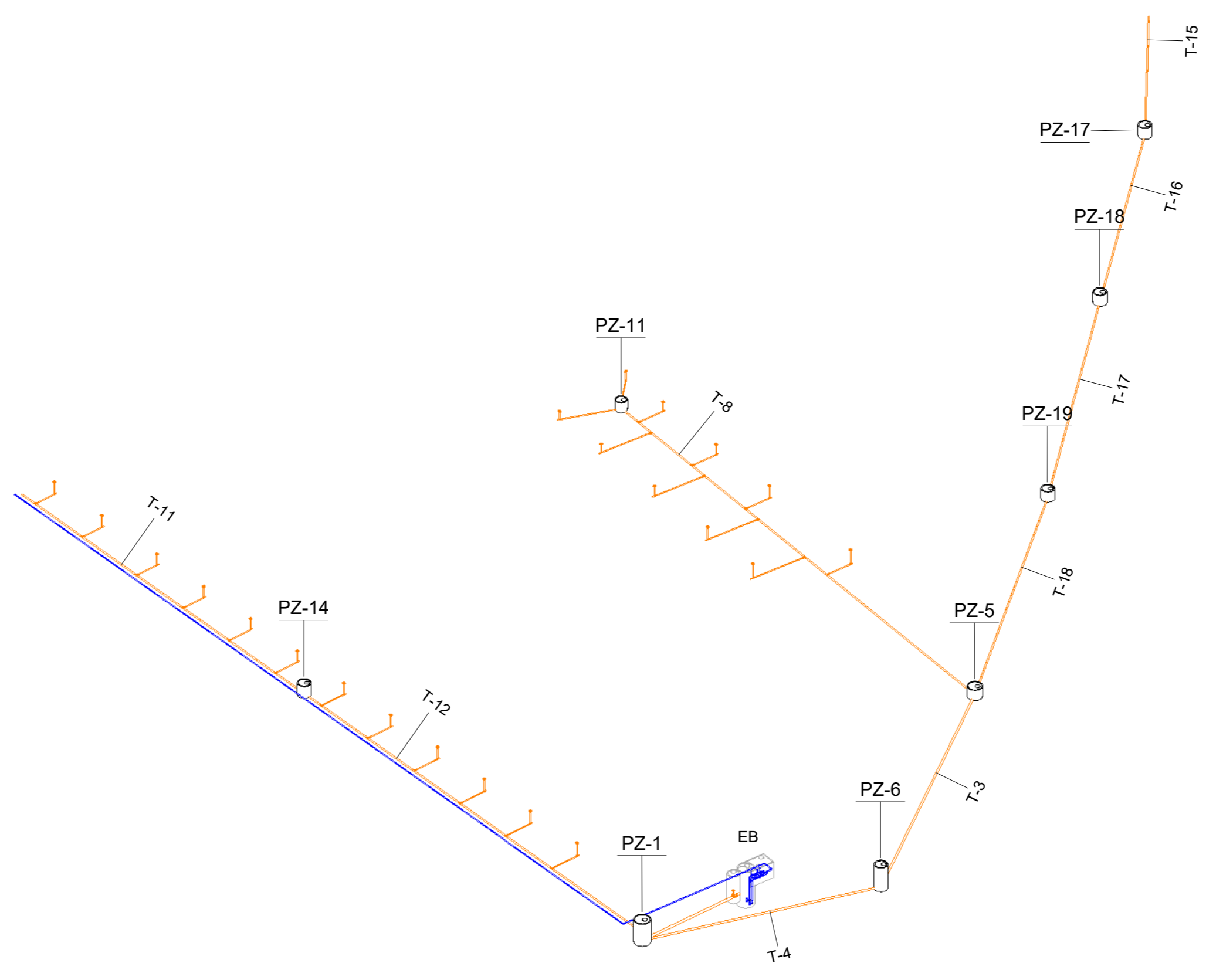
1 Pozo



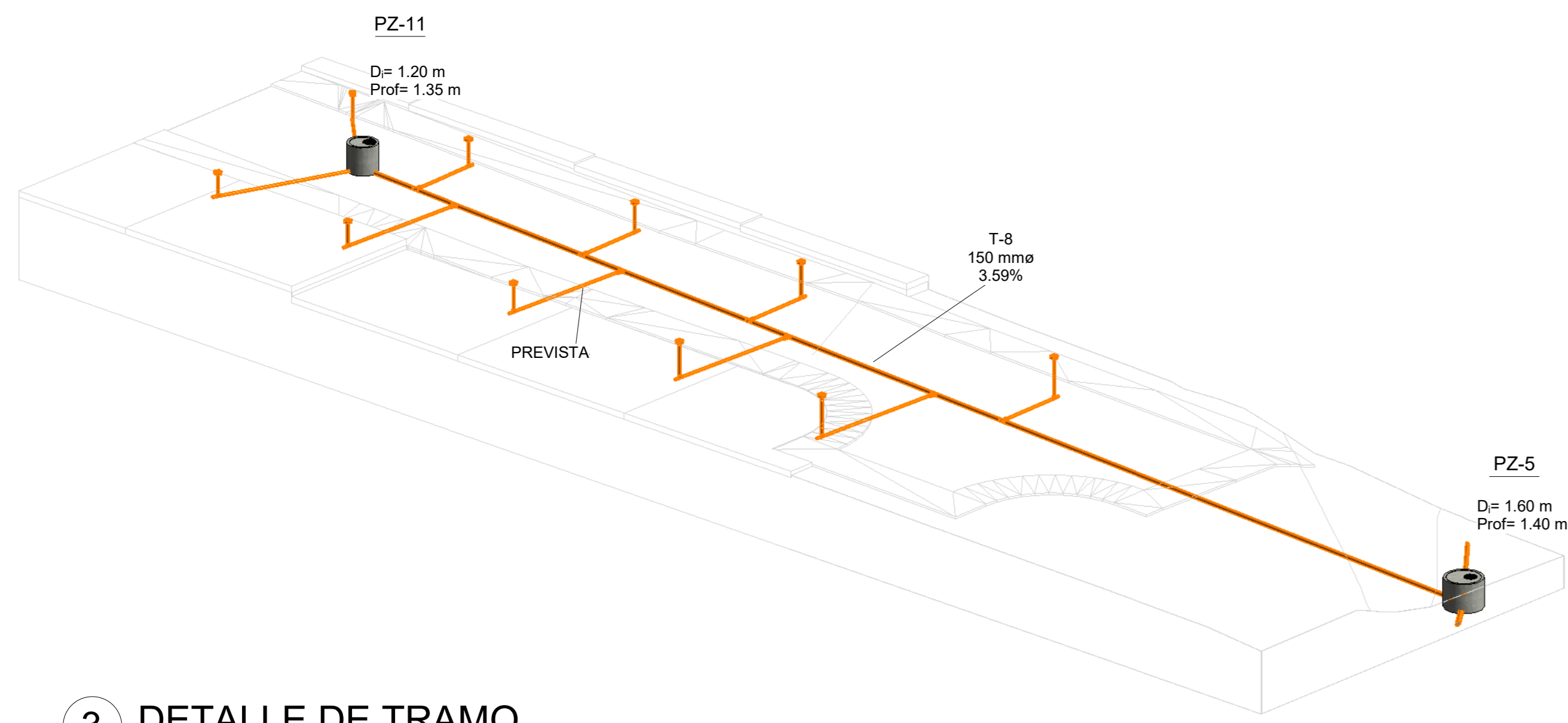
2 Previstas



4 tubería norte



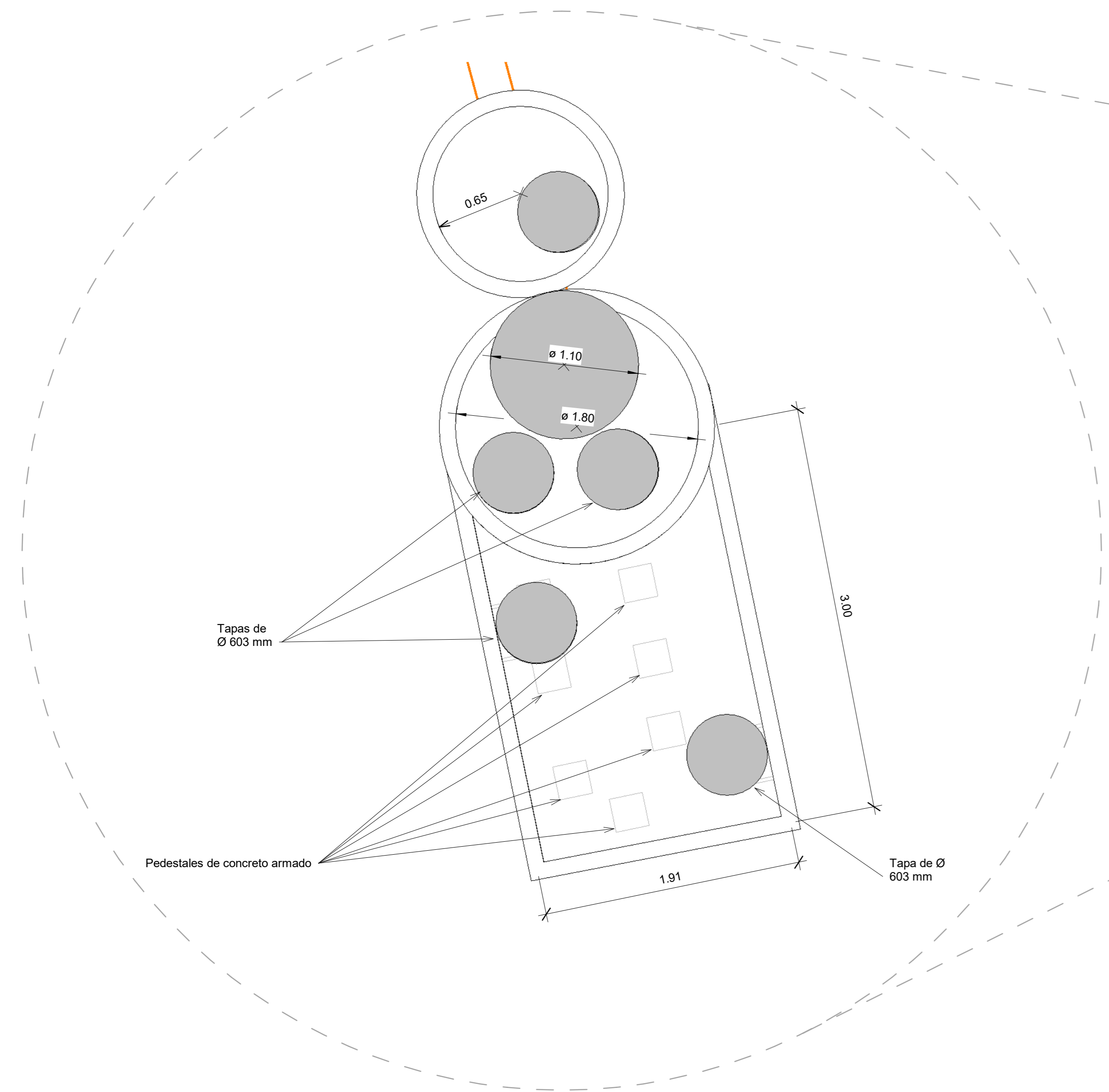
5 tubería SUR



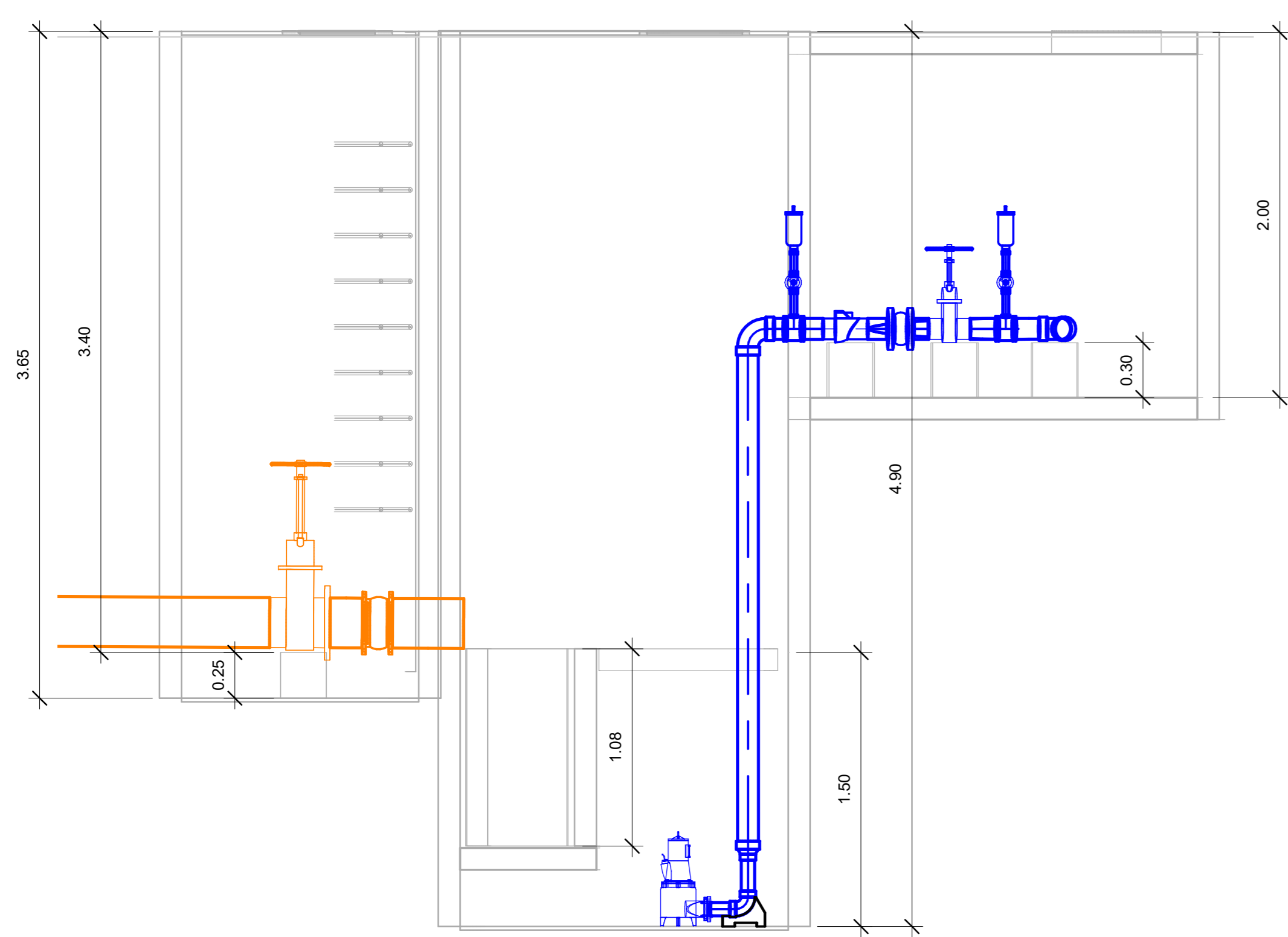
3 DETALLE DE TRAMO

PROYECTO:	Los Espaveles		
DIBUJO:	A. CHAVARRIA		
CONTENIDO:	DETALLES		
FECHA:	ESCALA:	LÁMINA:	
20/12/2021	IND	LA-06	

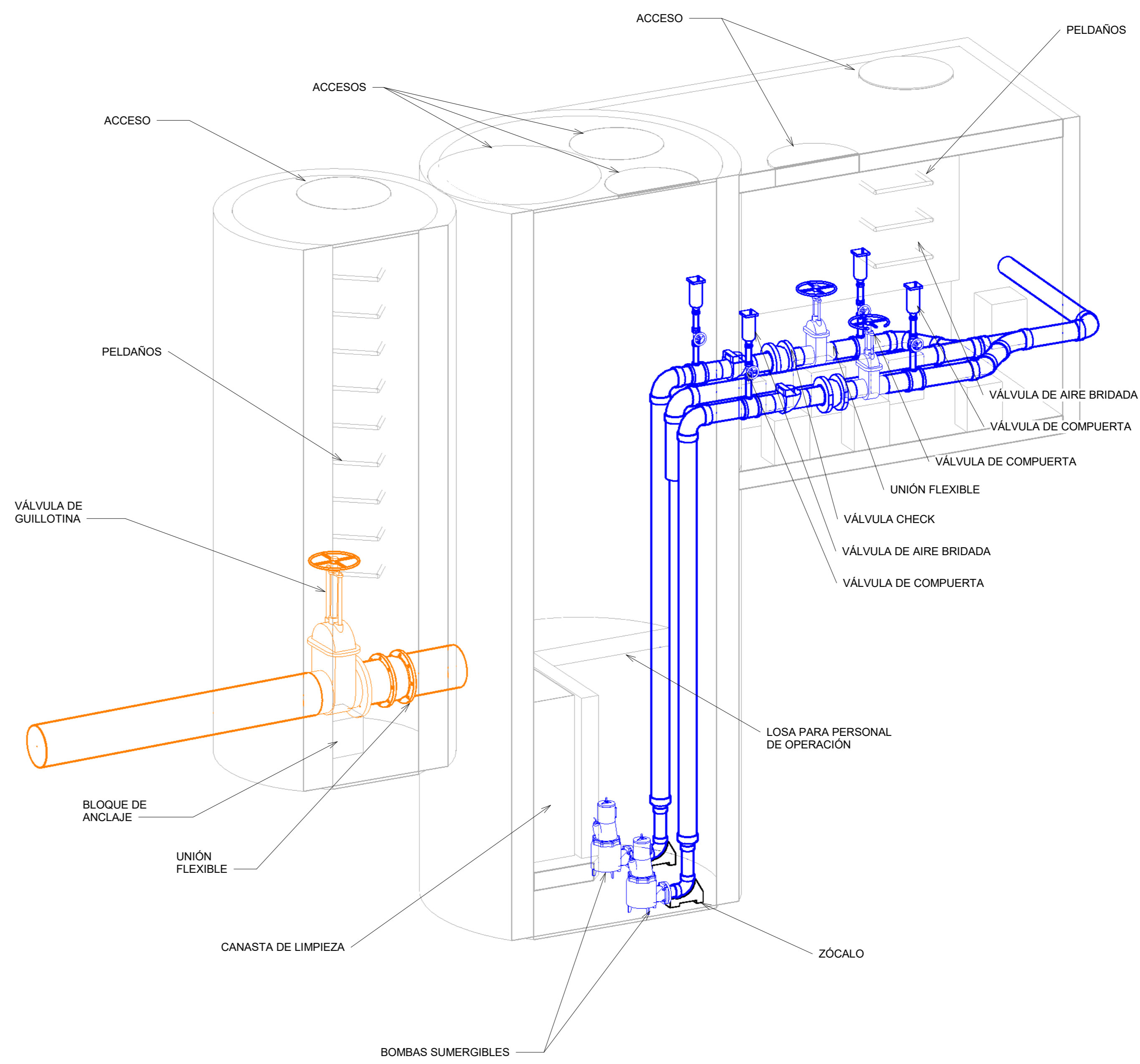
© 2021 Espaveles. Todos los derechos reservados. Espaveles Ingeniería S.L.



3 VISTA EN PLANTA  
1 : 25



4 VISTA FRONTAL  
1 : 25



1 Estación de bombeo

PROYECTO:  
Los Espaveles

DIBUJO:  
A. CHAVARRÍA

CONTENIDO:  
ESTACIÓN DE BOMBEO

FECHA: 20/12/2021  
ESCALA: IND  
LÁMINA: LA-07