



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA EN
CONSTRUCCIONES**

Núcleos de saneamiento en la parroquia de Quingeo, Cuenca-Azuay

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de
Ingeniero Civil con mención en Gerencia de Construcciones

Autores:

Pedro Sebastián Balarezo Larriva

Ariana Alexandra Serrano Bajaña

Director:

Ing. Javier Fernández De Córdova Webster, PhD

Co director:

Ing. María Verónica Rodas Ochoa

Cuenca - Ecuador

2023

DEDICATORIA

Queridos papá, mamá, abuelos, y hermano, con un profundo sentimiento de gratitud y alegría, dedico mi trabajo de titulación a cada uno de ustedes. Han sido mi sostén y mi inspiración a lo largo de toda mi vida, y no puedo expresar con palabras cuánto les agradezco por su amor, apoyo y aliento incondicional.

En especial, quiero dedicar esto a mi abuelo Mario, quien ha sido una influencia significativa en mi vida y me ha inspirado a seguir esta carrera, desde que era niño. Obvio a mi papá, que me llevaba a sus obras, quien despertó la curiosidad por esta vida profesional en mí, y me encarriló a obtenerlo. A mi mamá y hermano, quienes con sus palabras de fuerza me motivaron a seguir y triunfar. Esto es por todos ustedes familia.

Sebastián Balarezo

Dedico esta tesis a mi familia y amigos, que han sido las personas más importantes en mi vida, me han ayudado tanto emocional como físicamente a llegar donde estoy y ser la persona que soy, deseo que siempre estén dentro de mi vida para seguir creciendo como persona y como profesional.

A mi madre Alexandra y a mi padre Fabián, quienes han sido mis pilares fundamentales y mi fortaleza durante toda la vida, para poder alcanzar mis logros y ser la persona que soy hoy en día; por el gran amor que me han dado y el esfuerzo que han realizado para poder tener una excelente vida, son mi ejemplo a seguir por siempre.

A mis hermanos, quienes son mis mejores amigos, mis incondicionales y quienes son parte muy importante en mi vida, por estar ahí siempre que les necesito y cuidarme toda la vida, estoy orgullosa de ser su hermana y saber que son excelentes personas.

A mi hermano Fabián David, quien me ha apoyado incondicionalmente desde el día que ingresé a la carrera de ingeniería civil, enseñándome y aconsejándome de la mejor manera; me llena de alegría poder decir que ahora somos colegas y poder trabajar juntos. A mi hermano Santiago José, por haberme ayudado cada vez que requería, y ser un gran apoyo para cumplir mis metas, por siempre tenerme presente y cuidar de mi cuando lo necesité.

A mi abuela Violeta que cada día me sigue enseñando lo que es ser una mujer fuerte y capaz de lograr lo que uno desea. A mis abuelos Lautaro y Rafael, mi abuela Edith, mis tíos Rafael y Juan, que desde el cielo me cuidan y me protegen todos los días, los llevo siempre en mi corazón.

A mis tías María Rosa, Rosalina, Patricia; a mis tíos Luis, Fernando, y a Flora, por estar siempre para mí y demostrarme el amor, valor y cariño que uno debe tener por su familia.

A mis amigos más queridos, Sophia, Karla, Camila, Marcela, Ariana, Patricia, Sebastián y Juan José, quienes han sido mi apoyo emocional durante todos estos años llenos de aprendizajes y experiencias, siempre estarán en mi corazón.

Ariana Serrano B.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a toda mi familia, a mi papá, mamá, a mi ñaño, a mi tía Malu, a mi abuelo Hugo, a mi abuela Tita, a mi abuela Tere, por todas esas palabras de aliento y sostén que me dieron a lo largo de mi carrera universitaria, y ahora poder decir con orgullo que gracias a ustedes logré culminar con la cabeza en alto mi trabajo de titulación. Pero, sin duda agradecer a mi abuelo Mario ser ese ejemplo, ojalá algún día pueda llegar a ser la clase de Ingeniero Civil que es, su pasión y sabiduría dejaron una huella imborrable en mi vida.

Además, quiero agradecer a mi novia Isa y su familia, por su amor y apoyo incondicional en cada etapa de este proyecto. A mis amigos, quienes los momentos de estrés convertían en algo divertido. Sin duda a mis amigos Camila, Juanjo y Ari, quienes me acompañaron siempre en esto.

Al ingeniero Javier Fernández de Córdova y a la ingeniera Verónica Rodas, quienes me guiaron y acompañaron a través de todo, para este trabajo, y junto con ETAPA EP brindaron todos los datos que necesitábamos para la realización de este trabajo. A la querida Universidad del Azuay por los espacios y las oportunidades para abrir el camino hacia la vida profesional.

Les agradezco a todos los que estuvieron ahí para mí. Este logro también es de ustedes y espero que sientan el orgullo que me genera al compartirlo con ustedes. Gracias por creer en mí.

Con todo el amor,
Sebastián Balarezo

Agradezco en primer lugar a Dios, por permitirme cumplir una meta más en mi vida. A mis padres, por su amor y paciencia depositados en mí y por apoyarme en cada momento difícil. A toda mi familia, por estar siempre conmigo y darme aliento para continuar cada día. A mis amigos, por estar presentes y demostrarme que los amigos son una parte importante en la vida.

A la Universidad del Azuay, por abrirme las puertas y darme la oportunidad de estudiar y convertirme en profesional. A mis profesores, por transmitir sus conocimientos y experiencias profesionales. A mis amigos colegas, con los que compartí aula y conocimientos durante todos estos años.

Agradezco también al ingeniero Javier Fernández de Córdova y a la ingeniera Verónica Rodas, quienes nos guiaron para poder desarrollar este trabajo de titulación. A la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca - ETAPA EP, por brindarnos los datos necesarios para realizar esta tesis.

Ariana Serrano B.

NÚCLEOS DE SANEAMIENTO
EN LA PARROQUIA DE QUINGEO, CUENCA-AZUAY

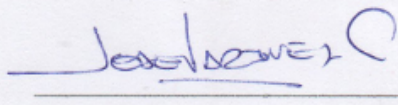
RESUMEN

En la parroquia Quingeo y otros sectores rurales de Cuenca, existe la necesidad de implementar redes de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales, pero la dispersión de las viviendas y la geografía de estas zonas dificultan el trabajo e incrementan su costo. Debido a ello, este proyecto analiza la opción de realizar un diseño de tratamiento puntual por vivienda, lo que permite que el agua tratada pueda ser reutilizada, además analiza la mejor opción en cuanto a ubicación y beneficios para los habitantes y el medio ambiente. El objetivo es diseñar núcleos de saneamiento para brindar un mejor manejo del agua residual dentro de la parroquia Quingeo, para posteriormente entregarlo a la empresa ETAPA EP de Cuenca, para su ejecución.

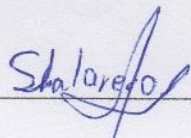
Palabras clave: Zona rural, red de alcantarillado, planta de tratamiento, aguas residuales, calidad de vida.



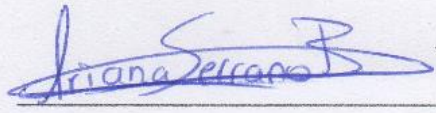
Ing. Javier Fernández de Córdova W., PhD
Director del Trabajo de Titulación



Ing. José Vázquez Calero, PhD
Coordinador de Escuela



Sebastián Balarezo L.
Autor



Ariana Serrano B.
Autora

SANITATION CENTERS
IN THE PARISH OF QUINGEO, CUENCA-AZUAY

ABSTRACT

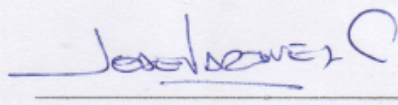
In the Quingeo parish and other rural areas of Cuenca, there is a need to implement sewage networks and wastewater treatment plants. However, the dispersed housing and geography of these areas make the work difficult and increase its cost. Due to this, this project analyzes the alternative of implementing individual wastewater treatment systems for each household, which will allow for the reuse of treated water. It also examines the best option for location and its benefits for the residents and the environment. The objective is to design sanitation systems to provide better management of wastewater within the Quingeo parish, and subsequently deliver it to the ETAPA EP Company in Cuenca for implementation.

Keywords: Rural area, sewage network, treatment plant, wastewater, quality of life.



Ing. Javier Fernández de Córdova W., PhD

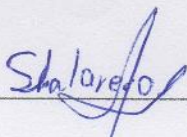
Thesis Director



Ing. José Vázquez Calero, PhD

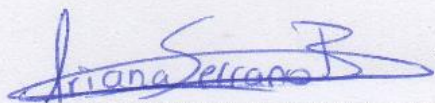
School Director

Translated by:



Sebastián Balarezo L.

Author



Ariana Serrano B.

Author

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO.....	IV
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT	VII
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
Motivación.....	2
Problemática.....	2
Objetivos del proyecto.....	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Alcance y resultados esperados	3
Estado del arte	3
Metodología.....	4
CAPITULO 1	5
1. Identificación y generación de procesos	5
1.1. Definición del área de estudio.....	5
1.2. Identificación y generación de los núcleos	5
CAPITULO 2	12
2. Diseño de la red de alcantarillado	12
2.1 Proceso de dimensionamiento	12
2.1.1. Ecuación de Manning	20
2.1.2. Ecuación de continuidad.....	20
2.2. Observaciones y recomendaciones de los sistemas diseñados	21
CAPITULO 3	22
3. Propuesta de una planta de tratamiento.....	22
3.1 Diseño hidráulico de una planta de tratamiento de aguas residuales	22
3.1.1. Pretratamiento de aguas residuales	23
3.1.2. Tratamiento primario de aguas residuales	23
3.1.3. Tratamiento secundario de aguas residuales.....	24

3.2. Cálculo de diseño hidráulico de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)	24
3.2.1. Canal de ingreso	24
3.2.2. Criba	26
3.2.3. Desarenador	30
3.2.4. Trampa de grasas	35
3.2.5. Tamiz estático.....	38
3.2.6. Humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial	41
3.2.7. Lecho de Secado	46
3.2.8. Cajón de salida.....	49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.....	11
Tabla 2.1.....	18
Tabla 2.2.....	21
Tabla 3.1.....	26
Tabla 3.2.....	27
Tabla 3.3.....	28
Tabla 3.4.....	29
Tabla 3.5.....	29
Tabla 3.6.....	29
Tabla 3.7.....	33
Tabla 3.8.....	34
Tabla 3.9.....	34
Tabla 3.10.....	35
Tabla 3.11.....	38
Tabla 3.12.....	38
Tabla 3.13.....	41
Tabla 3.14.....	42
Tabla 3.15.....	42
Tabla 3.16.....	43
Tabla 3.17.....	46
Tabla 3.18.....	48
Tabla 3.19.....	49
Tabla 3.20.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Mapa de Quingeo con sus domiciliarias.....	6
Figura 1.2. Núcleos de radio de 25 metros.....	7
Figura 1.3. Núcleos de radio de 50 metros.....	7
Figura 1.4. Núcleos de radio de 100 metros.....	8
Figura 1.5. Polígonos de radio de 25 metros.....	8
Figura 1.6. Polígonos de radio 50 metros	9
Figura 1.7. Polígonos de radio 100 metros	9
Figura 1.8. Núcleos de 25 m de radio	10
Figura 1.9. Núcleos de 50 m de radio	10
Figura 1.10. Núcleos de 100 m de radio	11
Figura 2.1. Prediseño del sistema de alcantarillado ramificado.....	13
Figura 2.2. Localización del PTAR.....	13
Figura 2.3. Nodos para pozos de revisión	14
Figura 2.4. Numeración y codificación de tuberías y pozos	15
Figura 2.5. Cotas de las rasantes de los pozos y longitudes de tuberías	15
Figura 3.1. Criterio de dimensiones para el diseño de la trampa de grasas.	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Sistemas de Alcantarillado (Observaciones)	59
Anexo 2. Sistema de Alcantarillado (Observaciones).....	59
Anexo 3. Sistema de Alcantarillado (Observaciones).....	59
Anexo 4. Planos del diseño del sistema de alcantarillado (Grupo J)	59
Anexo 5. Planos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Grupo J).....	59

INTRODUCCIÓN

La parroquia Quingeo forma parte del cantón Cuenca, provincia del Azuay, Ecuador. Se encuentra ubicada geográficamente al suroeste de la ciudad de Cuenca, a 27.2 km por la vía a San Bartolomé, a unos 45 minutos aproximadamente desde el Centro Histórico de la ciudad.

Esta parroquia está conformada por 28 comunidades, cada una de ellas con una ocupación territorial de aproximadamente 416 hectáreas. La cabecera parroquial cuenta con una población de 190 habitantes, que representa el 2.55 % del total de su población, el 97.45 % se encuentra distribuido en las áreas periféricas de la parroquia, de forma dispersa, con un total de 7.260 habitantes (Cruz & Hernández, 2021).

Debido a esta expansión territorial, a la topografía de la zona y a las extensas distancias domiciliarias con respecto a la planta de tratamiento, ha identificado una problemática en cuanto al tratamiento de las aguas residuales generadas y los elevados costos que implicaría construir extensas redes de alcantarillado.

Por ello, el presente trabajo propone el diseño de núcleos de saneamiento en la parroquia Quingeo, con el fin de dar una posible solución al problema del tratamiento de aguas residuales, lo que posteriormente beneficiaría a las familias del sector, brindándoles mejores condiciones de vida y aportando a la salud pública de los habitantes rurales del cantón Cuenca.

El primer capítulo incluirá la identificación y generación de procesos para el diseño de los núcleos de saneamiento

El segundo capítulo aborda el diseño de la red de alcantarillado, el proceso de dimensionamiento, las observaciones y recomendaciones necesarias para los sistemas diseñados.

El tercer capítulo incluirá la propuesta de una planta de tratamiento de aguas residuales, complementaria al sistema de alcantarillado y núcleos de saneamiento, donde se incluirá el pretratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario de las aguas residuales, con la implementación del canal de ingreso, la criba, un desarenador, trampa de grasas, tamiz estático, reactor anaerobio y tanque de membranas, aforo de salida, tanque de purga y sus procesos y criterios de diseño.

Finalmente, se presentarán las conclusiones y recomendaciones del proyecto, con el fin de identificar los alcances, limitaciones y aportes que provee el proyecto a la comunidad de Quingeo.

Análisis situacional

Motivación

La Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca - ETAPA EP brinda servicios básicos de agua potable y alcantarillado en la zona urbana y periurbana de Cuenca, quedando aún pendientes varias zonas rurales, debido a los altos costos que implica la infraestructura y materiales que se requieren para cubrir las necesidades de estas zonas, caracterizadas principalmente por sus extensas áreas y sus asentamientos dispersos.

Por lo tanto, a través de este proyecto se busca analizar la factibilidad del uso de núcleos de saneamiento que beneficien a diferentes grupos de viviendas de una determinada área de la parroquia Quingeo y finalmente proponer su diseño para una posterior aplicación.

Problemática

Los sectores rurales se caracterizan por tener una topografía irregular y extensas distancias entre viviendas. Además de esta situación, en la zona de Quingeo, dichas viviendas se encuentran alejadas de la planta de tratamiento de aguas residuales, lo que significa un problema de salud pública para los habitantes de esta parroquia, debido a que sus recursos hídricos se contaminan con sus propios desechos, lo que genera una dispersión de bacterias, microorganismos y la multiplicación de fauna contraproducente, que posteriormente se convierte en una fuente de infecciones nocivas para el ser humano.

Vivir en un entorno adecuado, provisto de servicios básicos y un buen manejo de residuos, es un derecho fundamental de todas las personas.

Objetivos del proyecto

Objetivo general

Establecer los núcleos de saneamiento para brindar un mejor manejo del agua residual dentro de la parroquia de Quingeo.

Objetivos específicos

- Identificar el radio de cobertura óptimo para el diseño de los núcleos de saneamiento.
- Analizar el número de viviendas beneficiadas dentro del núcleo de saneamiento.
- Plantear el sistema de alcantarillado y determinar la localización óptima para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).
- Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales de un sistema de alcantarillado.

Alcance y resultados esperados

En el presente proyecto de titulación se busca encontrar la manera óptima de establecer la dotación del servicio de saneamiento a toda una parroquia, que sea ambientalmente sostenible y que pueda ser replicado a otras parroquias, con la finalidad de mejorar la calidad de administración del agua y, por tanto, la calidad de vida de los habitantes de la zona rural.

Estado del arte

El Ecuador cuenta con una cobertura del 63 % de agua potable, pero un 83 % de esto es en el área urbana y 39 % en el área rural. A su vez, la cobertura de saneamiento en el Ecuador es en un 57 %, que en el área urbana es un 53% y en el área rural un 14%. Aquí se puede observar con claridad que en el área rural no se ha llegado a una cobertura considerable, lo que afecta directamente a la salud y genera un cuadro de desnutrición con causas directamente relacionadas a enfermedades de origen hídrico (Ministerio de Agua y Ambiente , 2020).

El principal objetivo que busca el tratamiento de aguas residuales es mejorar la calidad del medio ambiente, utilizando un método de depuración de las aguas

servidas. El agua depurada es un recurso valioso del que pueden recuperarse varios elementos, como agua limpia, energía y nutrientes (Banco Mundial, 2020).

Metodología

Con la información entregada por la empresa ETAPA EP, se determinó el área de influencia del proyecto, donde de una manera óptima se beneficie a la mayor cantidad posible de viviendas.

Una vez ya establecida el área de influencia, se realizó el diseño del núcleo de saneamiento, correspondiente a estas viviendas y se precisó si es más viable realizar una planta de tratamiento de aguas residuales por cada buffer (conexión de los núcleos formados por los radios de 25, 50 y 100 metros con el centro en las domiciliarias) o una planta para la parroquia. Por otro lado, se sugirió una alternativa de tratamiento para las viviendas que se encuentren más alejadas y que no puedan formar parte del área de influencia dentro del proyecto, con lo que se propuso en su totalidad el buen uso de las aguas servidas para la parroquia Quingeo.

Por otra parte, se desarrolló de la red de alcantarillado y se depuró los datos que la empresa ETAPA EP. Para ello, se utilizó el programa ARCGIS, donde se subió toda la información y se crearon los núcleos con un radio de 25, 50 y 100 metros, a continuación se eliminaron ciertos núcleos dependiendo de ciertas características establecidas, y una vez se depuró dicha información se obtuvo el radio óptimo, con el que se continuó el proceso de desarrollo de la red de alcantarillado.

Posteriormente, se analizó la topografía de la parroquia, y así se supo por dónde se debe trazar la red de alcantarillado, y se realizó el diseño de alcantarillado de la parroquia Quingeo.

Finalmente, se diseñó una planta tipo de tratamiento de aguas residuales para uno de los sistemas descentralizados denominado el “GRUPO J”, y así garantizar el correcto manejo de aguas servidas para la parroquia de Quingeo.

CAPITULO 1

1. Identificación y generación de procesos

1.1. Definición del área de estudio

Según el Gobierno parroquial de Quingeo (2019-2023), la parroquia de Quingeo forma parte del cantón Cuenca, provincia del Azuay, Ecuador. Su ubicación geográfica es al suroeste de la ciudad de Cuenca, 27.2 km por la vía a San Bartolomé, a 45 minutos del Centro Histórico de Cuenca, aproximadamente. El área de la parroquia es de 11649 hectáreas, y con base en los datos del Censo 2010, cuenta con una población de 7450 habitantes.

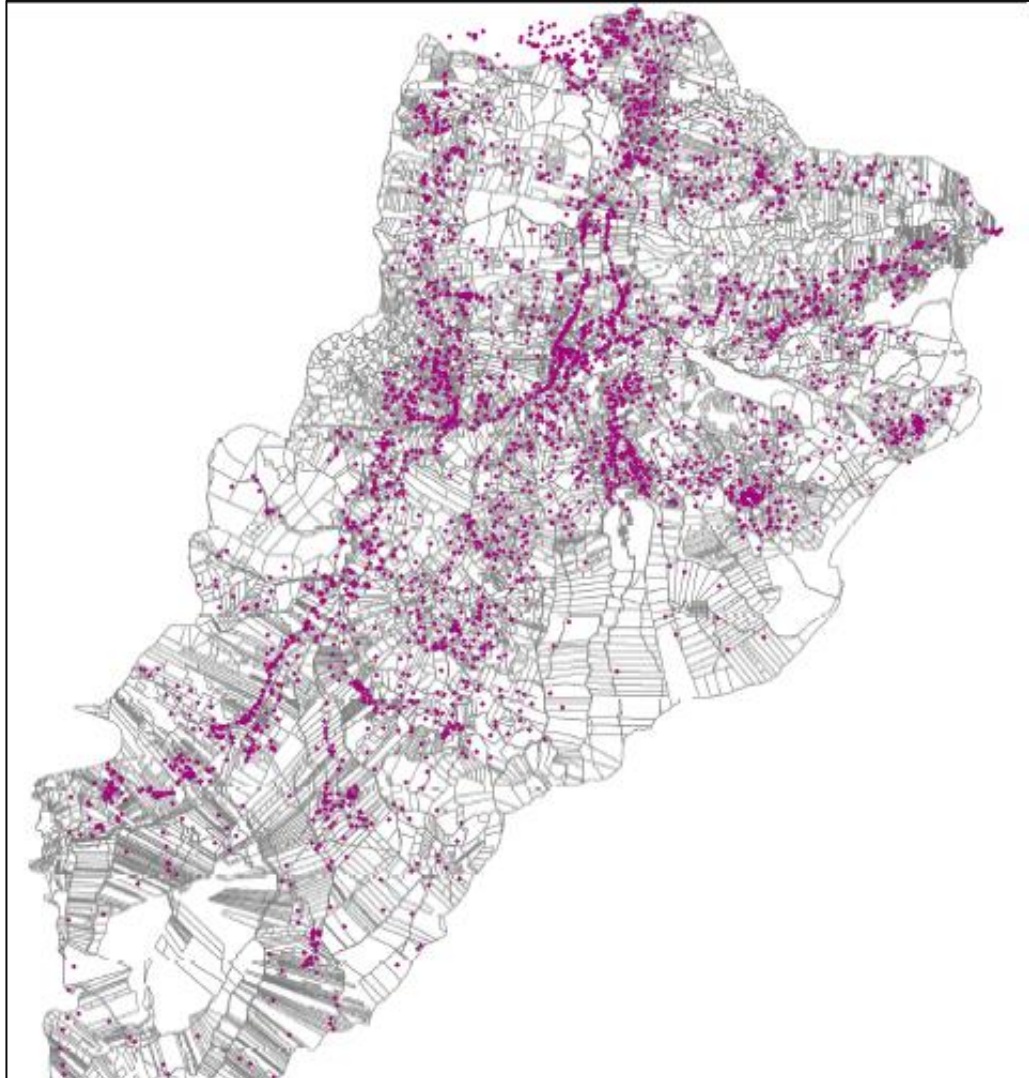
Quingeo está conformada por 28 comunidades, cada comunidad con un tamaño aproximado de 416 hectáreas. La cabecera parroquial de Quingeo cuenta con una población de 190 habitantes, que representa el 2.55 % de su población, y el 97.45 % se encuentra en el área periférica, en forma dispersa, con 7260 habitantes. (Cruz & Hernández, 2021)

1.2. Identificación y generación de los núcleos

El primer paso a desarrollar es identificar “los núcleos de saneamiento”, los cuales se dividirán en servicio de saneamiento colectivo e individual.

Para la aplicación de los primeros estudios, como parte de la metodología, se consideró el criterio de realizar tres opciones con radios de 25, 50 y 100 metros en las domiciliarias; en la figura 1.1 se puede apreciar un total de 3060 conexiones domiciliarias en la parroquia Quingeo, en la misma se observa una gran cantidad de núcleos, muy distantes, y por ello es necesario realizar una depuración.

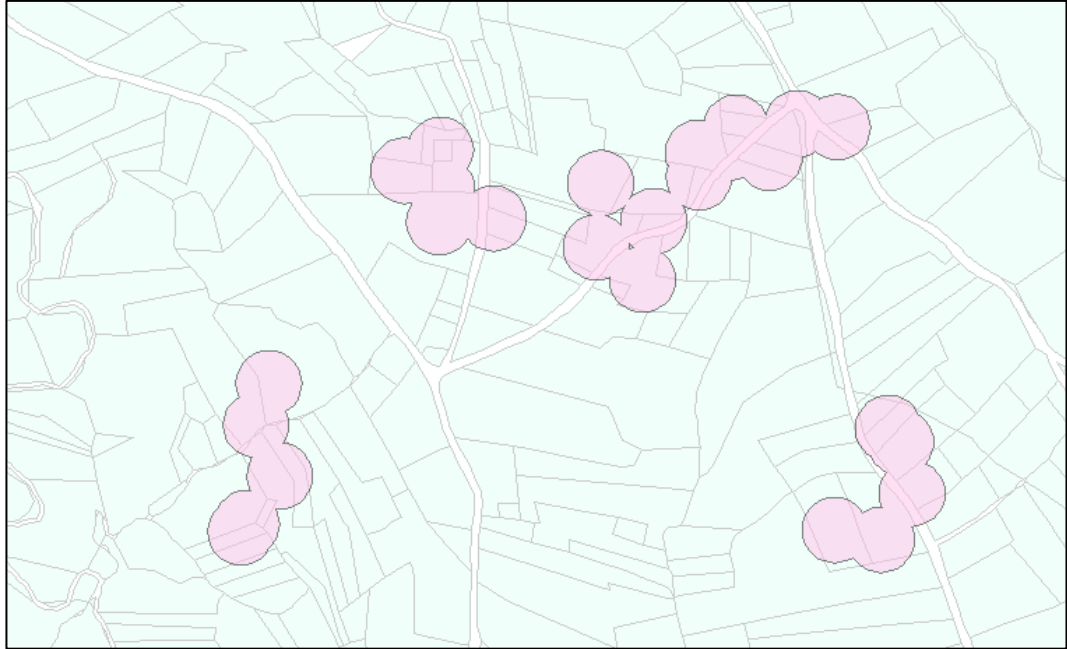
Figura 1.1. Mapa de Quingeo con sus domiciliarias



Fuente: Elaboración propia (2023), realizado en el programa Arcgis.

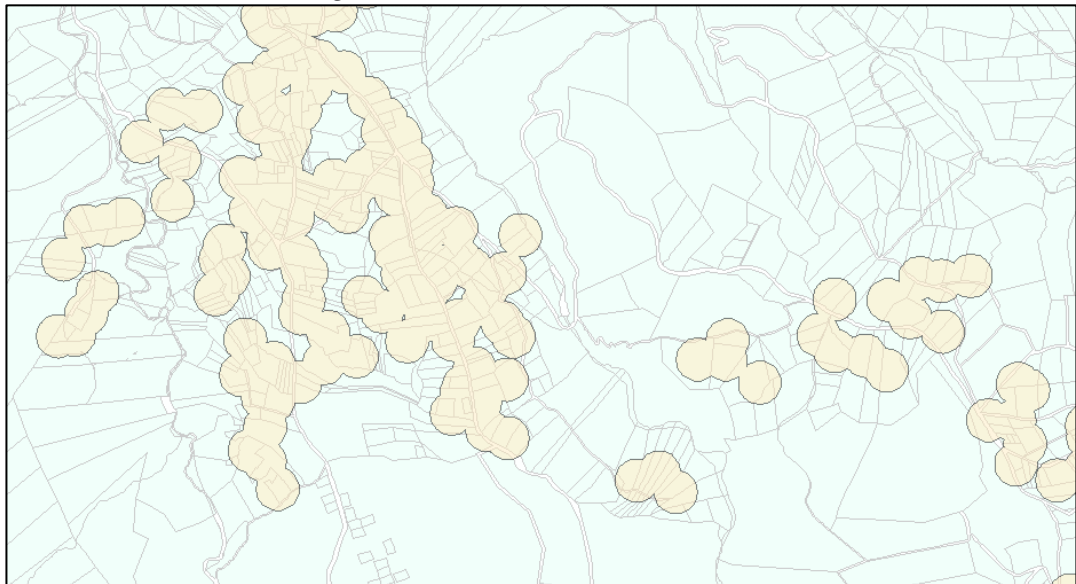
Como primer criterio, se eliminó las viviendas individuales, como se puede observar en la figura 1.2, 1.3, 1.4, ya que estas se encuentran muy alejadas y la topografía del lugar es muy irregular, para ello se tomó en cuenta la superposición de dichos círculos (núcleos) con centro en el medidor de cada vivienda y no en la parcela.

Figura 1.2. Núcleos de radio de 25 metros

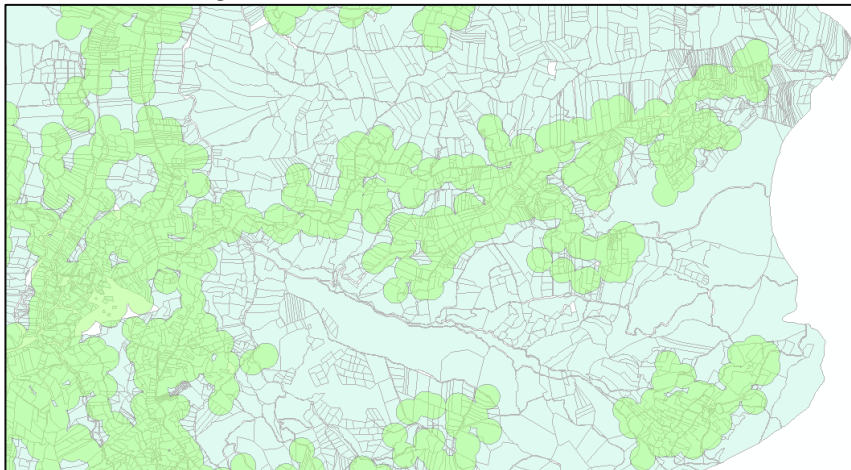


Fuente: Elaboración propia (2023), realizado en el programa Arcgis.

Figura 1.3. Núcleos de radio de 50 metros



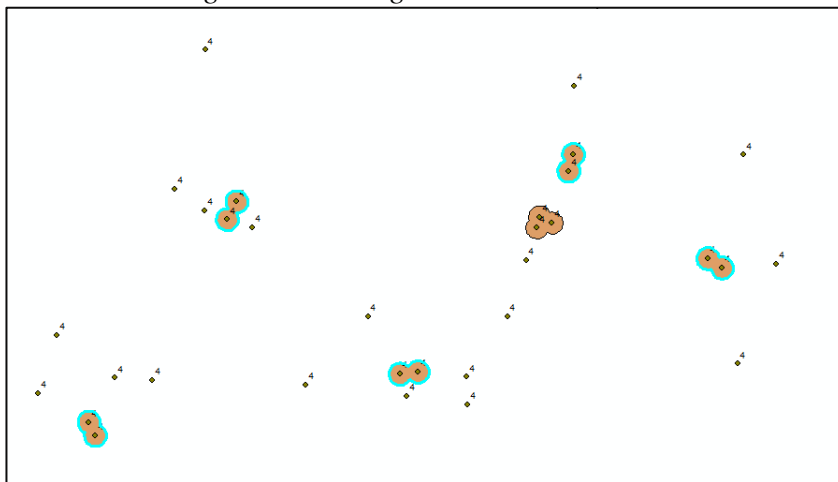
Fuente: Elaboración propia (2023), realizado en el programa Arcgis.

Figura 1.4. Núcleos de radio de 100 metros

Fuente: Elaboración propia (2023), realizado en el programa Arcgis.

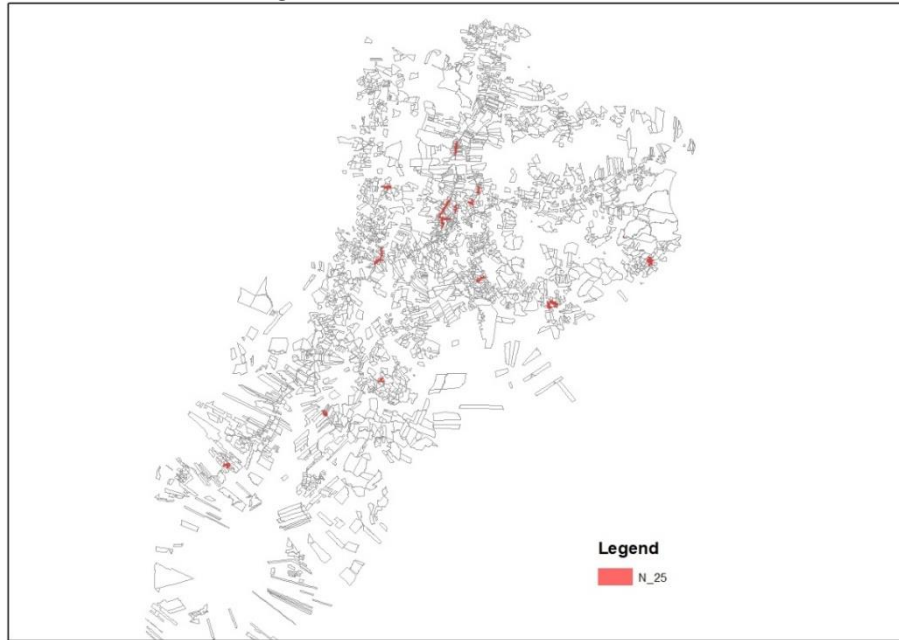
Para el diseño de las tuberías de saneamiento de dichas viviendas, se analizó el costo de la instalación de la tubería por metro lineal, sabiendo que una de las distancias más cortas es de 60 metros para unirse al sistema de alcantarillado y el metro lineal tiene un costo aproximado de 16 dólares según los datos obtenidos de ETAPA EP, por lo tanto tiene un costo de 960 dólares. Por otro lado, se analizó como segunda opción, instalar un pozo séptico para las viviendas alejadas, ya que el costo de la misma tiene un aproximado de 400 dólares un tanque de 600 litros. (Rotoplas, 2014)

A partir de los núcleos de saneamiento restantes (núcleos colectivos), como siguiente criterio se realizó la eliminación de agrupaciones de núcleos menores a 40 habitantes o a 10 viviendas tomando en cuenta que en cada vivienda viven 4 habitantes, como se puede apreciar en las figuras 1.5, 1.6 y 1.7.

Figura 1.5. Polígonos de radio de 25 metros

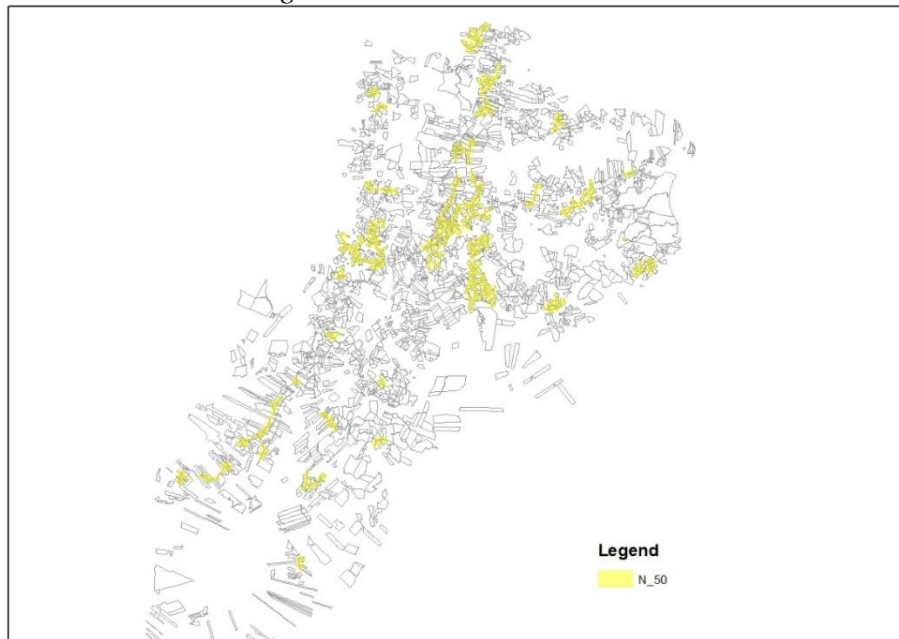
Fuente: Elaboración propia (2023), realizado en el programa Arcgis.

Figura 1.8. Núcleos de 25 m de radio



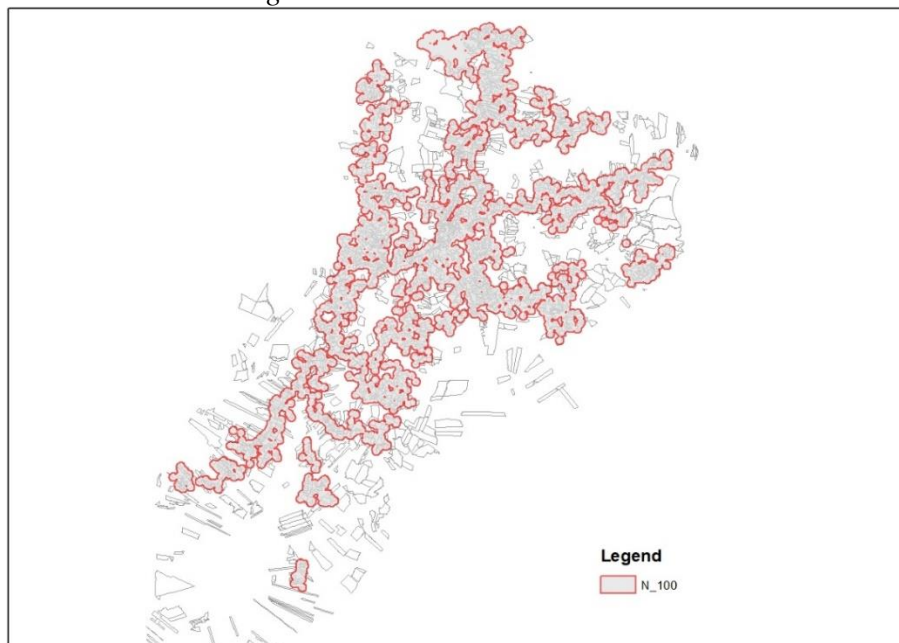
Fuente: Elaboración propia (2023), realizado en el programa Arcgis.

Figura 1.9. Núcleos de 50 m de radio



Fuente: Elaboración propia (2023), realizado en el programa Arcgis.

Figura 1.10. Núcleos de 100 m de radio



Fuente: Elaboración propia (2023), realizado en el programa Arcgis.

Para el segundo paso, se compararon los tres radios utilizados para la red de alcantarillado, optando por el radio de 50 metros, con un total de 42 núcleos y 3.131 predios, abarcando una proyección poblacional de 12.533 habitantes, siendo este el radio de núcleos con más viviendas dentro de los núcleos colectivos; en consecuencia, el trazado de la red tendrá menor alcance y por lo tanto menores costos en su desarrollo. En la tabla 1.1 se muestra los resultados de los polígonos obtenidos de cada radio.

Tabla 1.1
Número de polígonos finales

	Radio 25 m	Radio 50 m	Radio 100 m
Número de polígonos	1949	966	210
Número de polígonos eliminados (viviendas individuales)	419	259	84
Número de polígonos eliminados (< 10 viviendas o 40 habitantes)	15	42	15

Fuente: Elaboración propia (2023).

CAPITULO 2

2. Diseño de la red de alcantarillado

Para el diseño de la red de alcantarillado, se utilizó el diseño escogido previamente (núcleos de 50 metros de radio) y se exportaron los datos del programa Arcgis al programa Civil 3D. En dicho programa se cargó las curvas de nivel del sector de Quingeo, las cuales fueron entregadas por ETAPA EP.

Una vez ya con los dos archivos cargados en el programa Civil 3D, se analiza cada buffer para trazar por dónde se va a diseñar la red; sabiendo que por la cercanía entre ciertos buffers se pueden juntar y poner una sola descarga.

Para el trazado de las redes se debe tener en cuenta las curvas de nivel, que pase por todos los predios que se encuentren dentro del buffer, que la distancia máxima entre pozos sea de 100 metros y que en una intersección debe existir siempre un pozo.

2.1 Proceso de dimensionamiento

- 1) De acuerdo a la planimetría proporcionada por ETAPA EP, se procede a trazar las redes con el objetivo de abastecer todos los predios dentro del área de estudio. Se escogió un tipo de red de diseño ramificada o abierta (Figura 2.1).

Figura 2.1. Prediseño del sistema de alcantarillado ramificado



Fuente: Elaboración propia (2023), realizado en el programa CivilCad.

Se determina la localización de la PTAR, de acuerdo a la topografía proporcionada, escogiendo uno de los puntos de menor altura del área de estudio. (Figura 2.2)

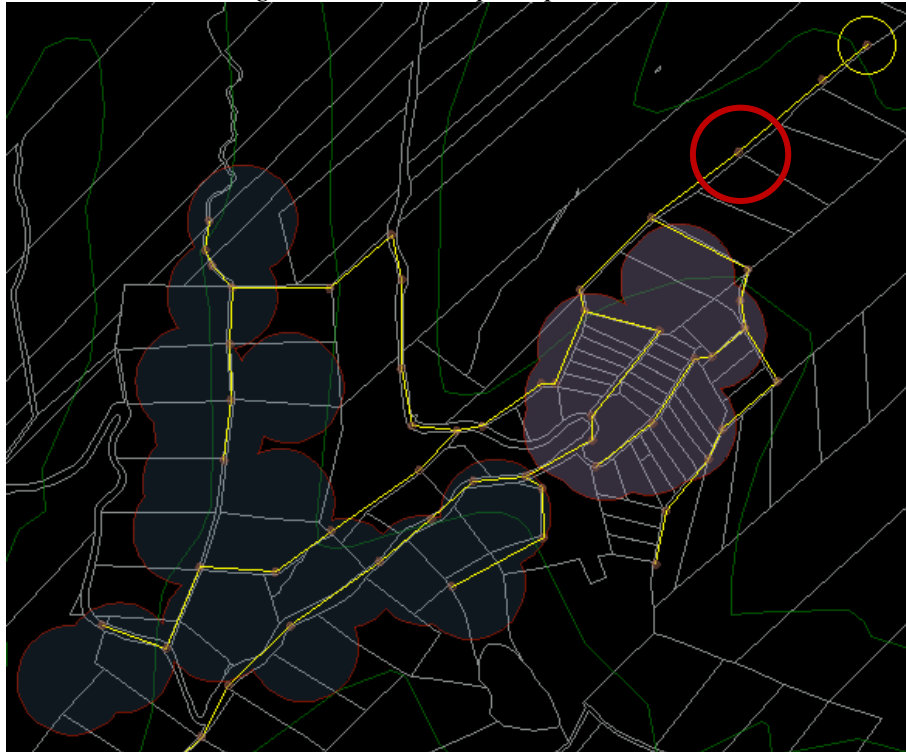
Figura 2.2. Localización del PTAR



Fuente: Elaboración propia (2023), realizado en el programa CivilCad.

- 3) Se generan nodos en los puntos en donde se colocarán pozos de revisión, considerando como longitud máxima entre pozos 100 metros y que se debe colocar un pozo en cada cambio de sección de tubería y cada cambio de dirección. (Figura 2.3)

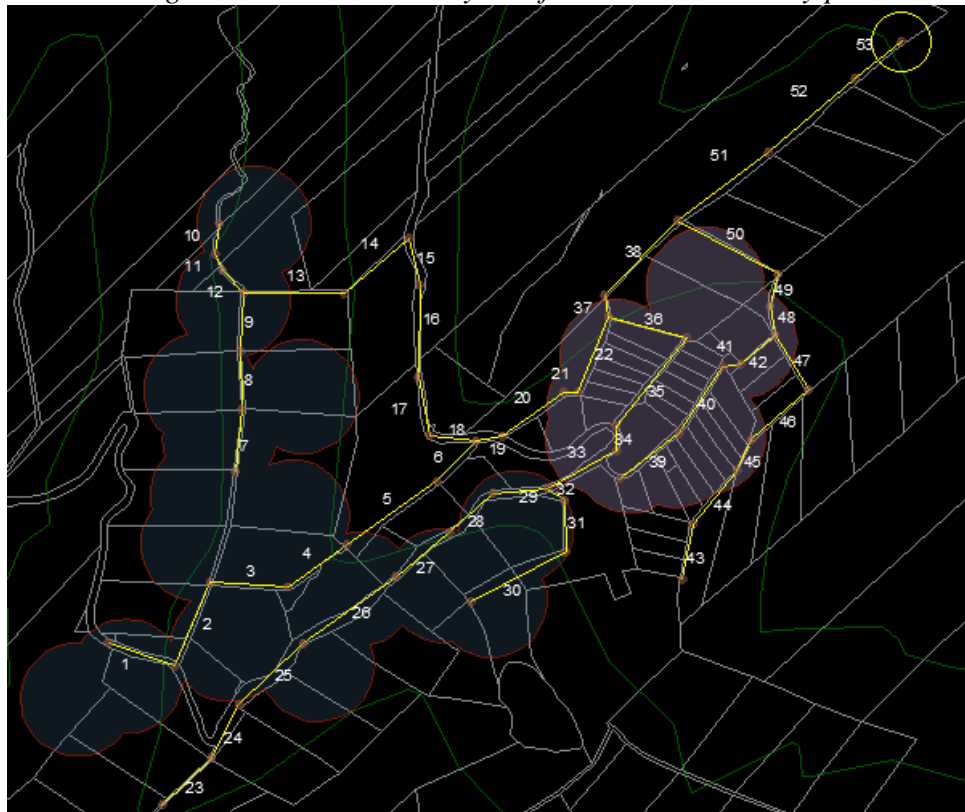
Figura 2.3. Nodos para pozos de revisión



Fuente: Elaboración propia (2023), realizado en el programa CivilCad.

- 4) Utilizando como guía la información catastral de la parroquia Quingeo, se procede a determinar la cantidad de predios correspondiente a cada tramo de tubería; considerando las conexiones más probables de cada predio a la tubería de alcantarillado sanitario más cercana.
- 5) Se enumera y codifica cada tubería y pozo del sistema. (Figura 2.4)

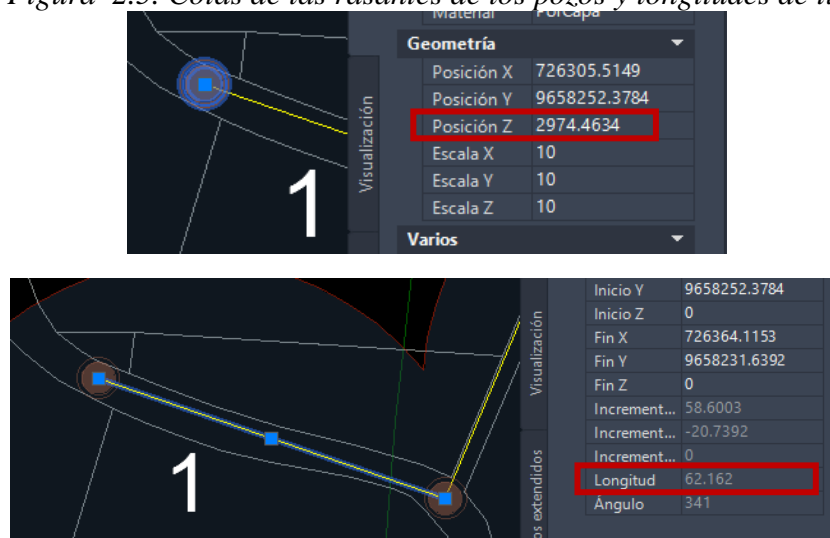
Figura 2.4. Numeración y codificación de tuberías y pozos



Fuente: Elaboración propia (2023), realizado en el programa CivilCad.

- 6) Mediante el uso del software CivilCAD y la topografía proporcionada por ETAPA EP, se determinan las cotas de la rasante de los pozos y longitudes horizontales de las tuberías. (Figura 2.5)

Figura 2.5. Cotas de las rasantes de los pozos y longitudes de tuberías



Fuente: Elaboración propia (2023), realizado en el programa CivilCad.

- 7) Se procede a crear una hoja de cálculo. En cada fila se coloca los datos de código de tubería, predios aportantes a la tubería (Pred), longitud horizontal (Lh), cota de rasante inicial (CRI), cota de rasante final (CRF), código de pozo inicial y código de pozo final.
- 8) Se calcula la población aportante a cada tubería. Para la población futura se considera que cada predio aportará con cuatro habitantes al sistema de alcantarillado a diseñar.

$$P = \text{Pred} * 4$$

Ecuación 1

En donde,

P: Población [hab].

Pred: Número de predios aportantes.

- 9) Se procede a dar valores iniciales de altura de pozo inicial (h_i), altura de pozo final (h_f) y diámetro de tubería (D). Para un primer análisis se toman valores de alturas de pozo de 1.50 m y diámetros de 300 mm (Diámetro mínimo para tuberías de PVC). Se escogió PVC como material de diseño para las tuberías de alcantarillado sanitario.

Nota: En los sistemas en donde se tiene alcantarillado existente se respeta los diámetros y materiales de dicho alcantarillado (Sistemas AM, AN, AO).

- 10) Se calculan los valores de pendiente de terreno, longitud real, pendiente de tubería, cota de fondo inicial, cota de fondo final.

$$S_n = \frac{(CRI - CRF)}{L_h} * 100$$

Ecuación 2

En donde,

S_n : Pendiente natural del terreno [%].

CRI: Cota de rasante inicial [m].

CRF: Cota de rasante final [m].

Lh: Longitud horizontal [m].

$$L_r = \sqrt{(h_f + CRI - CRF - h_i)^2 + (L_h)^2}$$

Ecuación 3

En donde,

Lr: Longitud de tubería real [m].

CRI: Cota de rasante inicial [m].

CRF: Cota de rasante final [m].

Lh: Longitud de tubería horizontal [m].

hi: Altura de pozo inicial [m].

hf: Altura de pozo final [m].

$$S_o = \frac{hf + CRI - CRF - hi}{Lh} * 100$$

Ecuación 4

En donde,

So: Pendiente de tubería [%].

CRI: Cota de rasante inicial [m].

CRF: Cota de rasante final [m].

Lh: Longitud de tubería horizontal [m].

hi: Altura de pozo inicial [m].

hf: Altura de pozo final [m].

$$CFI = CRI - hi$$

Ecuación 5

En donde,

CFI: Cota de fondo inicial [m].

CRI: Cota de rasante inicial [m].

hi: Altura de pozo inicial [m].

$$CFF = CRF - hf$$

Ecuación 6

En donde,

CFF: Cota de fondo final [m].

CRF: Cota de rasante final [m].

hf: Altura de pozo final [m].

11) El proceso de cálculo se basa en que para cada tramo se debe acumular el caudal generado en los anteriores y el resultado considerar como caudal de diseño de dicho tramo. Para realizar esto se calcula manualmente la población acumulada (P.acum) y longitud real de tubería acumulada (Lr.acum) para cada tramo de tubería.

12) Se calcula el caudal de diseño en cada tramo de tubería. (Tabla 2.1)

Tabla 2.1

Fórmulas para cálculo de caudal de diseño

Parámetro		Valor	Unidad	Fórmula	Fuente
Dotación	Dot	110	l/hab*d		
Coefficiente de retorno	f	0.8			(ETAPA EP, 2020)
Caudal aparente	Qa			$\text{Dot} * P / 86400$	
Coefficiente de simultaneidad	M			$2.228 / (\text{Qa}^{0.073325})$ $\text{Qa} < 4 \text{ l/s (M=4)}$ $1.5 \leq M \leq 4$	(ETAPA EP, 2020) (RAS, 2000)
Caudal sanitario	Qs			$f * \text{Dot} * P * M / 86400$	
Factor por longitud de tubería	finf	1	l/s/km		(ETAPA EP, 2020)
Longitud tubería	L		km		
Caudal de infiltración	Qinf		l/s	$\text{finf} * L$	(SENAGUA, 2016)
Factor por conexiones ilícitas	fil	115	l/hab*d		(ETAPA EP, 2020)
Caudal conexiones ilícitas	Qil		l/s	$\text{fil} * P / 86400$	(SENAGUA, 2016)
Caudal de diseño	Qd			$\text{Qs} + \text{Qinf} + \text{Qil}$	(SENAGUA, 2016)

Fuente: (ETAPA EP, 2020) y (SENAGUA, 2016)

$$\text{Qd} = \text{Qs} + \text{Qinf} + \text{Qil}$$

Ecuación 7

En donde,

Qd: Caudal de diseño [l/s].

Qs: Caudal sanitario [l/s].

Qinf: Caudal de infiltración [l/s].

Qil: Caudal de conexiones ilícitas [l/s].

$$\text{Qs} = \frac{f * \text{Dot} * P.\text{acum} * M}{86400}$$

Ecuación 8

En donde,

Qs: Caudal sanitario [l/s].

Condición: $\text{Qs} > 2.2 \text{ l/s}$.

f: Coeficiente de retorno (0.8) (ETAPA EP, 2020).

Dot: 110 [l/hab*d] (Impuesta).

P.acum: Población acumulada.

M: Coeficiente de simultaneidad.

$$M = \frac{2.228}{Q_a^{0.073325}}$$

Ecuación 9

En donde,

M: Coeficiente de simultaneidad o mayoración ($1.5 \leq M \leq 4$).

Condición: Si $Q_a < 4$ l/s ($M=4$).

Qa: Caudal aparente [m³/s].

$$Q_a = \frac{\text{Dot} * P.\text{acum}}{86400}$$

Ecuación 10

En donde,

Qa: Caudal aparente [m³/s].

Dot: 110 [l/hab*d] (Impuesta).

P.acum: Población acumulada.

$$Q_{inf} = f.\text{inf} * L_r.\text{acum}$$

Ecuación 11

En donde,

Qinf: Caudal de infiltración [l/s].

f.inf: Factor por longitud de tubería (1 l/s/km) (ETAPA EP, 2020).

Lr.acum: Longitud real acumulada [m].

$$Q_{il} = f.\text{il} * P.\text{acum}$$

Ecuación 12

En donde,

Qil: Caudal de conexiones ilícitas [m³/s].

f.il: Factor por longitud de tubería (115 l/hab*d) (ETAPA EP, 2020).

P.acum: Población acumulada.

- 13) Se realiza el análisis hidráulico con base en que las tuberías de alcantarillado no deben trabajar a sección llena o a presión, ya que esto produce que los gases generados por el agua residual se expulsen al exterior. Por tal motivo se debe hacer el análisis hidráulico a sección parcialmente llena. Para realizar esto, se calcula el caudal a sección llena en cada tramo de tubería.

2.1.1. Ecuación de Manning

$$V = \frac{0.397}{n} * D^{2/3} * S_o^{1/2}$$

Ecuación 13

En donde,

V: Velocidad a sección llena [m/s].

n: Coeficiente de rugosidad de Manning adimensional (n=0.009 PVC, n=0.015 Hormigón).

D: Diámetro [m].

So: Pendiente de tubería.

2.1.2. Ecuación de continuidad

$$Q = V * A$$

Ecuación 14

$$A = \pi * D^2 / 4$$

Ecuación 15

En donde,

Q: Caudal a sección llena (m³/s).

A: Área de la sección (m²).

V: Velocidad a sección llena (m/s).

D: Diámetro (m).

14) Se obtiene la relación entre el caudal de diseño y el caudal a sección llena (Q_d/Q). Con esta relación, se obtienen las relaciones correspondientes a la capacidad (y/D) y velocidad (v/V). Se procede a despejar la velocidad real (v) que tiene la tubería con el caudal de diseño (Q_d).

15) Se procede a evaluar la pendiente, velocidad real, capacidad (calado), alturas de pozo y saltos en pozo en cada tramo de tubería del diseño inicial. Los valores permisibles de cada uno de estos parámetros se encuentran en la tabla 2.2.

Tabla 2.2*Parámetros de diseño a evaluarse en redes de alcantarillado sanitario*

Parámetro	Mínimo	Máximo	Unidad	Criterio / Fuente
Diámetro	300	-	mm	(ETAPA EP, 2020)
Velocidad	0.45	4.5 – 6	m/s	(SENAGUA, 2016)
Pendiente	0.5 (PVC)	-	%	
Capacidad (Calado)	-	0.75		
Profundidad (Rasante a clave tubería)	1	5	m	
Salto de tubería	-	0.6 - 1	m	(SENAGUA, 2016)

Fuente: Elaboración propia (2023), tomado de SENAGUA 2016 y ETAPA EP 2020.

- 16) De ser necesario se realizan correcciones en las alturas de los pozos, para solventar problemas tales como pendientes pequeñas, velocidades o capacidades altas que incumplan con los parámetros anteriormente indicados.

2.2. Observaciones y recomendaciones de los sistemas diseñados

En los sistemas de alcantarillado grupo U, Z, AF, AG y AI existe un predio dentro del buffer que, a causa de la contrapendiente y no puede ser alimentado dentro de la red de tuberías (Véase en el anexo 1).

Los sistemas de alcantarillado grupo W y grupo Y, alimentan a un predio que no se encuentra dentro del buffer. (Véase en el anexo 2).

Las tuberías principales del sistema AO ya no pueden abarcar el caudal calculado debido a que su diámetro no es el adecuado para soportar el caudal acumulado de las nuevas tuberías secundarias, por otro lado también alimenta a predios que no se encuentran dentro del núcleo. (Véase en el anexo 3).

CAPITULO 3

3. Propuesta de una planta de tratamiento

3.1 Diseño hidráulico de una planta de tratamiento de aguas residuales

La ingeniería sanitaria se encuentra en un franco proceso de desarrollo, en el que antiguas ideas vuelven a valorarse y se formulan nuevos conceptos. La implementación de sistemas de abastecimiento de agua y de saneamiento, son factores importantes en la conservación del bienestar de los pueblos y que en mayor grado disfrutan los países desarrollados (Rojas, 2002).

Las aguas residuales son aquellas que han sido utilizadas en diferentes actividades humanas y que han sido descargadas en alcantarillas, sistemas de drenaje, ríos o cuerpos de agua naturales. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021), las aguas residuales pueden contener una amplia variedad de contaminantes, como materia orgánica, nutrientes, productos químicos, patógenos y microplásticos. Estos contaminantes pueden ser perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente si las aguas no son tratadas adecuadamente antes de su descarga. Las fuentes comunes de aguas residuales incluyen el agua utilizada en hogares, la agricultura, la industria y la minería, por ello es importante tratar las aguas residuales de manera adecuada para proteger la salud pública y el medio ambiente.

Una planta de tratamiento de aguas residuales es una instalación diseñada para procesar las aguas residuales generadas por comunidades humanas, industrias y otros procesos. Según la *American Water Association* (2017), una planta de tratamiento de aguas residuales tiene como función principal “eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en las aguas residuales para hacerlas seguras para su descarga en cuerpos de agua naturales o para su reutilización en otros procesos”. Las plantas de tratamiento de aguas residuales pueden utilizar diferentes procesos para tratar el agua residual, como procesos físicos, químicos y biológicos.

La mayoría de las plantas de tratamiento de aguas residuales se componen de varias etapas de tratamiento que incluyen la eliminación de sólidos, la eliminación de materia orgánica, la eliminación de nutrientes y la desinfección. Los procesos de tratamiento pueden variar dependiendo del tipo y cantidad de contaminantes presentes en el agua residual, así como del tamaño de la planta y del caudal de agua que se está

tratando. En resumen, las plantas de tratamiento de aguas residuales son una parte esencial de la infraestructura de saneamiento de cualquier comunidad o industria, ya que ayudan a mantener la salud pública y proteger el medio ambiente.

. Las plantas de tratamiento de aguas residuales son esenciales para proteger la salud pública y el medio ambiente, ya que previenen la propagación de enfermedades y minimizan el impacto ambiental de la descarga de aguas residuales contaminadas. Además, la reutilización de agua tratada puede ayudar a conservar los recursos hídricos y reducir la demanda de agua fresca.

3.1.1. Pretratamiento de aguas residuales

El pretratamiento de aguas residuales para un sistema de alcantarillado es un proceso mediante el cual se eliminan los sólidos gruesos y otros materiales que podrían obstruir el sistema de tuberías de la red de alcantarillado. Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés), este proceso es esencial para garantizar el buen funcionamiento del sistema y evitar problemas de salud pública y ambientales (EPA, Pretratamiento de aguas residuales en sistemas de alcantarillado, 2016). El pretratamiento puede incluir la eliminación de materiales como piedras, arena, palos, trapos y otros objetos sólidos, así como la separación de aceites y grasas. Una vez que se ha realizado dicho proceso, las aguas residuales se pueden transportar de manera segura y eficiente a una PTAR para su posterior utilización adecuada.

3.1.2. Tratamiento primario de aguas residuales

Es la primera etapa del proceso para una planta de tratamiento de aguas residuales. Según la EPA (Tratamiento primario de aguas residuales en plantas de tratamiento de aguas residuales, 2016) el tratamiento primario es responsable de la eliminación de sólidos suspendidos y materiales que son sedimentables a través de procesos físicos de sedimentación y flotación. En esta etapa, las aguas residuales se dirigen a un tanque de sedimentación donde se produce la separación de los sólidos que son sedimentables, estos se depositan en el fondo, mientras que las grasas y aceites flotan en la superficie. Luego, el agua clarificada procede a la siguiente fase de tratamiento. Este proceso no elimina todos los contaminantes, sin embargo, reduce de

una manera significativa la carga orgánica y mejora la calidad de agua para ser tratada en las siguientes etapas.

3.1.3. Tratamiento secundario de aguas residuales

Es la segunda etapa del proceso para una planta de tratamiento de aguas residuales. Según EPA (Tratamiento secundario de aguas residuales en plantas de tratamiento de aguas residuales, 2016), el tratamiento secundario conlleva a la eliminación de contaminantes disueltos y partículas finas en el agua residual, mediante procesos biológicos de tratamiento aerobio o anaerobio. La calidad del agua tratada en esta etapa es significativamente mejor que la del tratamiento primario, aunque es posible que se requieran etapas adicionales para satisfacer los requisitos específicos de calidad del agua.

3.2. Cálculo de diseño hidráulico de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)

3.2.1. Canal de ingreso

Descripción del proceso

La entrada de aguas residuales a la planta de tratamiento suele llevarse a cabo a través de un canal de sección rectangular. Este canal de entrada, o de aproximación, establece el perfil del flujo antes de pasar por el proceso de cribado. Así, este canal con flujo libre, es diseñado utilizando la fórmula de Manning, que determina el ancho y la profundidad mínimos requeridos.

Criterios de diseño

Para el diseño de la estructura, es necesario escoger la forma y el ancho del canal, teniendo en cuenta factores como la simplicidad en la limpieza y el mantenimiento. Luego, el diseño se realiza con base en el cálculo de la altura máxima del agua considerada.

Altura de agua

La altura de agua o calado se obtiene a través de la ecuación 16 (Ecuación de Manning).

$$v = \frac{K_c}{n} R^{2/3} S_1^{1/2}$$

Ecuación 16

En donde,

v: Velocidad media de flujo [m/s].

K_c: Factor de conversión [-] (1 para SI de unidades o 1.49 para unidades inglesas).

n: Coeficiente de rugosidad de Manning [-] (entre 0.013 y 0.016 para hormigón).

R: Radio hidráulico [m].

S₁: Pendiente de la línea de energía [m/m] (si la altura de agua es constante corresponde a la pendiente del canal).

La velocidad media de flujo se determina mediante la ecuación 17.

$$Q = Av$$

Ecuación 17

En donde,

Q: Caudal de diseño [m³/s].

A: Área mojada [m].

El área mojada corresponde al área de la sección transversal de flujo perpendicular a la dirección de flujo, ecuación 18 (canales rectangulares).

$$A = by$$

Ecuación 18

En donde,

b: Ancho del canal [m].

y: Altura de agua o calado [m].

El radio hidráulico se define como la relación entre el área mojada y el perímetro mojado, ecuación 19 (canales rectangulares).

$$R = \frac{by}{b + 2y}$$

Ecuación 19

Finalmente, reemplazando estos parámetros en la ecuación 19, se obtiene una ecuación en función del caudal de diseño, ancho del canal y altura de agua.

Tablas de diseño

En esta sección, se muestran en formato tabular, los resultados obtenidos durante el proceso de dimensionamiento del canal de entrada. Se detallan tanto los parámetros individuales como las ecuaciones utilizadas para facilitar el seguimiento del proceso de cálculo. La tabla 3.1 expone los cálculos empleados para establecer la altura o calado del agua en el canal de acceso correspondiente al caudal de diseño.

Tabla 3.1

Determinación de la altura de agua en el canal de ingreso para el caudal.

Descripción	Abrev.	Unid.	Valor	Ecuación / Fuente
Caudal de diseño	Q _d	m ³ /s	0.00034	
Constante de unidades	K _c	-	1	
Sección	A	m ²	0.0011	$A = wh$
Rugosidad de Manning	n	m	0.013	Ven Te Chow (2004)
Pendiente	S ₁	%	1	
Velocidad	v	m/s	0.3069	$v = \frac{K}{n} R^{2/3} S^{1/2}$
Radio hidráulico	R	m	0.00797	$R = \frac{wh}{w + 2h}$
Ancho del canal	w	m	0.00919	
Altura de agua	y	m	0.12	

Fuente: Elaboración propia (2023)

En la tabla 3.1 se detallan los cálculos empleados para determinar la altura o calado de agua en el canal de entrada para el caudal de diseño.

3.2.2. Criba

Descripción del proceso

El cribado tiene la finalidad de interceptar partículas grandes que puedan afectar o ralentizar los procesos de purificación. La retención de estas partículas se realiza mediante cribas o rejillas. Las rejillas están formadas por barras metálicas de diversas secciones, generalmente de separación uniforme, diseñadas para retener sólidos de tamaño superior al espacio entre las barras. Todas las barras se fijan en un marco para dar rigidez al sistema.

Criterios de diseño

En el diseño de la criba se debe considerar las siguientes características, las cuales fueron tomadas del documento Metcalf & Eddy and AECOM; los criterios se pueden observar en la tabla 3.2 y en las fórmulas 20, 21, 22 y 23.

Tabla 3.2*Características de la criba*

Parámetro	Limpieza manual
Velocidad de aproximación	Mín 0.3 – 0.5 m/s Máx 0.6 – 1.0 m/s
Espesor de las barras	5-15 mm
Profundidad de las barras	25 - 38 mm
Espaciamiento	25 – 50 mm
Pendiente con la vertical	30° - 45°
Pérdida de energía permisible	0.15-0.60 m

Fuente: (Metcalf & Eddy and AECOM 2014)

Como se observa en la tabla, algunas de estas características varían en función del modo de remoción de los materiales retenidos (limpieza manual o limpieza mecánica).

Separación entre barras

Luego de seleccionado el espesor de barra, se propone el número de barras, utilizando la ecuación 20, de tal modo que el espaciamento o separación entre ellas se encuentre dentro del intervalo recomendado.

$$S_{bar} = \frac{w - B_{esp}}{N_{bar} + 1}$$

Ecuación 20

En donde,

S_{bar} : Separación entre barras [m].

w : Ancho del canal de aproximación [m].

B_{esp} : Espesor de la barra [m].

N_{bar} : Número de barras.

Pérdida de carga

El cálculo de la pérdida de carga está en función de las características del flujo en el canal de aproximación y de la disposición de las barras en la criba, ecuación 21.

$$h_L = \frac{1}{C} \left(\frac{V_{bL}^2 - V_{ap}^2}{2g} \right)$$

Ecuación 21

En donde,

h_L : Pérdida de carga entre barras [m].

C : Coeficiente de pérdida de carga (0.7 con criba limpia y 0.6 con criba taponada) [-].

V_{bL} : Velocidad de flujo entre barras [m/s].

V_{ap} : Velocidad media de flujo en el canal de aproximación [m/s].

g : Aceleración de la gravedad [m/s²].

La velocidad de flujo entre barras se obtiene a través de la ecuación 22.

$$V_{bL} = \frac{V_{ap} \cdot A_c \cdot bl}{A_{ac}}$$

Ecuación 22

En donde,

A_c : Área de la sección mojada en el canal de aproximación [m²].

bl : Porcentaje de taponamiento [%].

A_{ac} : Área de la sección abierta entre barras [m²].

El área de la sección abierta entre barras es calculada mediante la ecuación 23.

$$A_{ac} = \frac{A_c}{W} (B_{esp} \cdot N_{bar})$$

Ecuación 23

Tablas de diseño

A continuación, se presentan los valores obtenidos durante el dimensionamiento de la criba. Se describe cada uno de los parámetros y las ecuaciones usadas. En la tabla 3.3 se detallan las dimensiones seleccionadas para las barras que componen la criba y el cálculo de la separación entre ellas.

Tabla 3.3

Dimensionamiento de barras y cálculo de separación

Descripción	Abrev.	Unid.	Valor	Ecuación
Espesor de barra	B_{esp}	m	0.01	
Profundidad de barra	L_{bar}	m	0.03	
Ancho de canal	W	m	0.12	
Numero de barras	N_{bar}	-	4	
Separación entre barras	S_{bar}	m	0.0267	$Sep_{bar} = \frac{W - B_{esp}}{N_{bar} + 1}$
Ángulo criba	Ang	°	30	

Fuente: Elaboración propia (2023)

En la tabla 3.4 se puede ver la velocidad del flujo y la sección mojada en el canal de aproximación para el caudal (obtenidos previamente) y el cálculo de la sección mojada entre las barras.

Tabla 3.4

Características del flujo en el canal de aproximación para el caudal y sección mojada entre barras.

Descripción	Abrev.	Unid.	Valor	Ecuación
Caudal	Q	m ³ /s	0.00034	
Velocidad de aproximación	V _{ap}	m/s	0.30691	
Area mojada canal	A _c	m ²	0.0011	
Area abierta entre barras	A _{ac}	m ²	0.0004	$A_{ac} = \frac{A_c}{W} (B_{esp} \cdot N_{bar})$

Fuente: Elaboración propia (2023)

En la tabla 3.5 se muestra el cálculo de la pérdida de carga entre barras limpias para el caudal.

Tabla 3.5

Cálculo de pérdida de carga entre barras limpias para el caudal.

Descripción	Abrev.	Unid.	Valor	Ecuación
Coefficiente de pérdida carga (barras limpias)	C	-	0.7	
Velocidad entre barras limpias	V _{bl}	m/s	0.9207	$V_{bl} = \frac{V_{ap} \cdot A_c}{A_{ac}}$
Pérdida de carga entre barras limpias	h _L	m	0.0549	$h_L = \frac{1}{C} \left(\frac{V_{bl}^2 - V_{ap}^2}{2g} \right)$

Fuente: Elaboración propia (2023)

En la tabla 3.6 se muestra el cálculo de la pérdida de carga entre barras, con un 50 % de taponamiento para el caudal.

Tabla 3.6

Cálculo de pérdida de carga entre barras con 50 % de taponamiento para el caudal

Descripción	Abrev.	Unid.	Valor	Ecuación
Coefficiente de pérdida carga (barras limpias)	Cc	-	0.6	
Taponamiento	bl	%	50	
Velocidad entre barras 50% bloqueadas	V _{bb}	m/s	0.4604	$V_{bb} = \frac{V_{ap} \cdot A_c \cdot bl}{A_{ac}}$
Pérdida de carga entre barras limpias	h _L	m	0.01	$h_L = \frac{1}{C} \left(\frac{V_{bb}^2 - V_{ap}^2}{2g} \right)$

Fuente: Elaboración propia (2023)

3.2.3. Desarenador

Descripción del proceso

Los desarenadores son estructuras destinadas a separar partículas inorgánicas del flujo. Los desarenadores se diseñan empleando las teorías de sedimentación de partículas discretas, propuestas por Newton, Allen y Stokes.

El desarenador rectangular de flujo horizontal, es común en sistemas de tratamiento pequeños debido a su sencillez operativa, bajo costo de construcción y ausencia de requerimientos energéticos. Estos desarenadores se diseñan generalmente con un tiempo de retención hidráulico de 45 a 90 segundos y velocidades horizontales de flujo de 0,25 a 0,4 m/s. En estos desarenadores es necesario contar con una longitud horizontal adicional para controlar las turbulencias en la entrada y salida, que sirve para dos o más canales de desarenación. La eliminación del material separado puede realizarse manualmente cuando son sistemas pequeños.

En un sedimentador tradicional se distinguen cuatro zonas:

- Zona de entrada: tiene como función el conseguir una distribución uniforme de las líneas de flujo dentro de la unidad, uniformizando a su vez la velocidad del caudal.
- Zona de desarenación: parte de la estructura en la que se realiza el proceso de depósito de partículas por acción de la gravedad.
- Zona de salida: conformada por un vertedero de rebose gradual, diseñado para mantener una velocidad que no altere el reposo de la arena sedimentada.
- Zona de depósito y eliminación de la arena sedimentada: constituida normalmente por una tolva con pendiente mínima de 10 %, que permita el deslizamiento de la arena hacia el canal de limpieza de los sedimentos.

Criterios de diseño

A continuación, se presentan las normas y criterios sugeridos para el diseño, basados en los criterios del OPS/CEPIS/05.158.

➤ Velocidad de sedimentación

El diseño se basa en las leyes de sedimentación de Newton y Stokes. Para partículas en régimen laminar ($Re < 1$), la ecuación 24 es usada para determinar la velocidad de asentamiento o sedimentación de una partícula determinada.

$$v_s = \frac{g}{18} * \frac{(\rho_p - \rho)}{\mu} d^2$$

Ecuación 24

En donde,

v_s : Velocidad de sedimentación [m/s].

g : Aceleración de la gravedad [m/s²].

ρ_p : Peso específico de la partícula de arena (igual a 2.65).

μ : Viscosidad dinámica del fluido [N.s/m²].

d : Diámetro de la partícula [m].

De igual forma, para regímenes de transición o turbulento se emplea la siguiente ecuación 25.

$$v_s = \sqrt{\frac{4g}{3C_d} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right) d}$$

Ecuación 25

En donde,

C_d : Coeficiente de arrastre, el cual se calcula mediante la ecuación 26.

ϕ_s : Factor de forma o esfericidad.

Para el caso de arenas redondas y arenas angulares, el factor de forma es igual a 1,0 y 0,73 respectivamente.

$$C_d = \frac{24}{R_e} + \frac{3}{\sqrt{R_e}} + 0,34$$

Ecuación 26

En donde,

R_e : Número de Reynolds.

➤ Número de Reynolds

El cálculo del número de Reynolds depende de la velocidad a la que se mueve la partícula, de su forma, diámetro y de la viscosidad del fluido que le rodea, tal y como se detalla en la ecuación 27.

$$R_e = \frac{\phi_s v_s d}{\mu}$$

Ecuación 27

En donde,

ν : Viscosidad cinemática del fluido [m²/s].

➤ Velocidad horizontal

Se recomienda que esta velocidad debe mantenerse entre 0.25 y 0.4 m/s (Metcalf & Eddy and AECOM, 2014), La velocidad horizontal puede determinarse mediante la ecuación de la continuidad, ecuación 28.

$$v_h = \frac{Q}{St} \quad \text{Ecuación 28}$$

En donde,

St : Sección transversal mojada del desarenador [m²].

➤ Tiempo de retención hidráulica

El tiempo de retención hidráulica se determina mediante la ecuación 29

$$t_r = \frac{H_d}{v_s} = \frac{V_d}{Q} \quad \text{Ecuación 29}$$

En donde,

t_r : Tiempo de retención hidráulico [s].

H_d : Profundidad del desarenador [m].

V_d : Volumen del desarenador [m³].

Q : Caudal de diseño [m³/s].

➤ Vertedero proporcional

La velocidad horizontal del desarenador debe ser controlada sin importar el calado del flujo. Para esto, puede emplearse un vertedero proporcional, un dispositivo que permite regular el caudal de salida en función del nivel del flujo.

Las ecuaciones 30 y 31 se emplean para el dimensionamiento.

$$Q_d = \frac{L}{4.17H^{3/2}} \quad \text{Ecuación 30}$$

$$K_v = LH^{1/2} \quad \text{Ecuación 31}$$

Tablas de diseño

A continuación, se presentan en forma tabular los valores obtenidos durante el dimensionamiento del desarenador. Para un fácil seguimiento del proceso de cálculo se describe cada uno de los parámetros y las ecuaciones usadas. En la tabla 3.7 se detallan los cálculos empleados para estimar la velocidad de asentamiento para remover partículas inorgánicas mayores a 0.15 mm de diámetro.

Tabla 3.7

Cálculo de velocidad de asentamiento para dimensionamiento del desarenador

Descripción	Abr ev.	Unid.	Valor	Ecuación
Caudal	Q_{med}	m^3/s	0.00034	
Gravedad específica de la partícula	S	-	2.65	
Diámetro de partícula que será removida	d	m	0.00015	
Irregularidad de partículas	ϕ	-	0.85	
Viscosidad dinámica del agua a: 17 °C	μ	$N.s/m^2$	1.08E-3	
Aceleración de la gravedad	g	m/s^2	9.81	
Coefficiente de arrastre	C_D	-	12.457	$C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34$
Velocidad de asentamiento	V_s	m/s	0.016	$V_s = \sqrt{\frac{4gd(\rho_p - \rho)}{3C_D\rho}}$
Número de Reynolds	Re	-	1.903	$Re = \frac{\phi * V_s * d}{\mu}$

Fuente: Elaboración propia (2023)

En la tabla 3.8 se presentan los cálculos empleados para determinar las dimensiones del desarenador.

Tabla 3.8*Dimensionamiento de la estructura de desarenación.*

Descripción	Abrev.	Unid.	Valor	Ecuación
Factor de seguridad	FS	-	1.25	
Área superficial min. requerida	AS_{min}	m ²	0.026	$AS_{min} = \frac{Q \times FS}{v_s}$
Velocidad horizontal	v_h	m/s	0.25	
Ancho desarenador	W_p	m	0.30	
Largo desarenador propuesto	L_p	m	1.50	
Alto flujo desarenador Q	h_Q	m	0.005	$h_Q = \frac{Q}{v_h W_p}$
Área superficial calculada	AS_p	m ²	0.450	$AS_p = L_p \times W_p$
Volumen desarenación Q	Vd_Q	m ³	0.002	$Vd_Q = W_p \times L_p \times h_Q$
Profundidad para sedimentos	h_{sed}	m	0.02	
Altura de seguridad	h_s	m	0.10	
Profundidad desarenador	H_d	m	0.125	$H = h_Q + h_s + h_{sed}$
Porcentaje de transición	P_t	%	20.0	
Longitud de transición (recomendada)	L_t	m	0.30	$L_t = L_p \times P_t$
Largo min. desarenador	L_d	m	1.80	$L_d = L_t + L_p$
Relación Largo/Ancho	$R_{L/w}$	-	6	$R_{L/W} = L_p/W_p$

Fuente: Elaboración propia (2023)

En la tabla 3.9 se presentan los cálculos empleados para determinar el volumen en la zona de purga, y el tiempo resultante de retención hidráulica.

Tabla 3.9*Estimaciones del volumen en la zona de purga y tiempo de retención hidráulica*

Descripción	Abrev.	Unid.	Valor	Ecuación
Pendiente de purga	S_o	%	10.0	
Ángulo canal de purga	α	°	5.71	$\alpha = \text{atan}(S_o/100)$
Sección longitudinal Q (inc. zona purga)	SL_Q	m ²	0.089	$SL_Q = L \times h_Q + \frac{L^2}{4} \tan(\alpha)$
Vol. desarenador Q (inc. zona purga)	V_Q	m ³	0.027	$V_Q = SL_Q \times W_p$
Fracción de cortocircuito	F_{cc}	adim	0.6	
T. ret. hidráulica Q (inc. zona purga)	HRT_{eQ}	s	47.437	$HRT_{eQ} = V_Q \times F_{cc}/Q$

Fuente: Elaboración propia (2023)

La velocidad del flujo dentro del canal, se controla mediante un vertedero proporcional cuyos cálculos se presentan en la tabla 3.10.

Tabla 3.10*Dimensionamiento del vertedero proporcional*

Descripción	Abrev.	Unid.	Valor	Ecuación
Caudal	Q	m ³ /s	0.00034	
Altura de agua en canal	H	m	0.00451	
Velocidad horizontal en el canal	v _h	m/s	0.25	
Longitud max. de vertedero con Q	L _{max}	m	0.26786	$L = Q/4.17H^{3/2}$
Constante vertedero	K _v	m ^{3/2}	0.01799	$K = LH^{1/2}$

Fuente: Elaboración propia (2023)

3.2.4. Trampa de grasas

Descripción del proceso

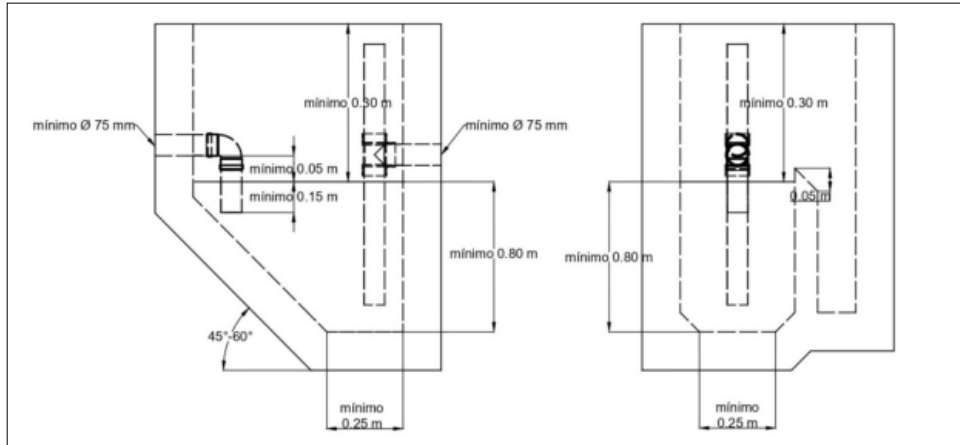
La finalidad de la trampa de grasas es facilitar la separación y recolección de las grasas y aceites presentes en las aguas residuales, impidiendo que estos elementos lleguen a las siguientes unidades de tratamiento y causen mal funcionamiento.

La trampa de grasas incluye una cámara pequeña que disminuye la velocidad del flujo, lo que provoca la separación de las grasas y el agua. Una vez separadas, las grasas flotan a la superficie y luego son almacenadas en un compartimento específico.

Criterios de diseño

El dimensionamiento de la trampa de grasas está basado en el tiempo de retención hidráulica, y debe cumplir con los criterios mostrados en la figura 3.1, y las fórmulas se obtuvieron de los datos entregados por ETAPA EP.

Figura 3.1. Criterio de dimensiones para el diseño de la trampa de grasas.



Fuente: (LLumiquina & Minta, 2018)

Tanque separador de grasas

El volumen mínimo requerido para el tanque de grasas, está en función del tiempo de retención hidráulica, y es calculado mediante la ecuación 32.

$$V_{rsg} = Q \times Tr \quad \text{Ecuación 32}$$

En donde,

V_{rsg} : Volumen separador de grasas requerido [m³].

Q : Caudal [m³/s].

Tr : Tiempo de retención hidráulica [15-30 min].

Luego se determina la geometría del tanque, a través de la ecuación 33 se calcula el volumen real del tanque, mismo que debe ser mayor al mínimo requerido.

$$V_{sg} \approx \left[\left(\frac{L_{base} + L_{TG}}{2} \right) h_1 + (h_{agua} - h_1)L \right] W \quad \text{Ecuación 33}$$

En donde,

V_{sg} : Volumen del tanque separador de grasas [m³].

L_{base} : Longitud de la base [m].

L_{TG} : Longitud total [m].

h_1 : Altura de la pared inclinada [m].

h_{agua} : Altura de agua sobre la base [m].

W: Ancho total [m].

Tanque de almacenamiento de grasas

El volumen requerido del tanque de almacenamiento está en función del volumen del tanque de grasas, y se determina con la ecuación 34.

$$V_{ar} = V_{sg}/3 \quad \text{Ecuación 34}$$

En donde,

V_{ar}: Volumen de almacenamiento de grasas requerido [m³].

V_{sg}: Volumen del tanque separador de grasas [m³].

Finalmente, mediante la ecuación 35, se verifica que el volumen real sea mayor al volumen requerido.

$$V_{ag} = L_{ag} \times W_{ag} \times h_{ag} \quad \text{Ecuación 35}$$

En donde,

V_{ag}: Volumen del tanque de almacenamiento de grasas [m³].

L_{ag}: Longitud de almacenamiento.

W_{ag}: Ancho de almacenamiento [m].

h_{ag}: Profundidad de almacenamiento de grasas [m].

Tablas de diseño

A continuación, se detalla el procedimiento de cálculo desarrollado para el dimensionamiento de esta unidad. En la tabla 3.11 se muestran los cálculos realizados en el diseño del tanque de grasa.

Tabla 3.11*Dimensionamiento del tanque de grasas*

Descripción	Abrev.	Unid.	Valor	Ecuación / Fuente
Tiempo de retención hidráulica	Tr	s	900	(Romero Rojas, 1999)
Volumen separador grasas requerido	V _{rgs}	m ³	0.3043	$V_{rgs} = Q \times Tr$
Ancho base	W _{base}	m	0.4	
Largo base	L _{base}	m	0.4	
Nivel de agua sobre base	h _{agua}	m	0.8	
Alto pared inclinada	h ₁	m	0.7	
Largo pared inclinada	L ₁	m	0.7	$L_1 = \frac{h_1}{\tan(A_{11})}$
Ancho trampa de grasas	W	m	0.6	
Largo trampa de grasas	L _{TG}	m	1.1	$L_{TG} = L_{base} + L_1$
Relación L/W	R _{L/W}	-	1.833	$R_{L/W} = L/W$
Volumen tanque separador grasas	V _{sg}	m ³	0.3570	$V_{sg} \approx \left[\left(\frac{L_{base} + L}{2} \right) h_1 + (h_{agua} - h_1) L \right]$
Diámetro tubería de ingreso	D _{ing}	mm	110	
Diámetro tubería de salida	D _{sal}	mm	110	

Fuente: Elaboración propia (2023)

En la tabla 3.12 se presenta el procedimiento de cálculo, seguido para el diseño del depósito o tanque de almacenamiento de grasas.

Tabla 3.12*Dimensionamiento del tanque de almacenamiento de grasas*

Descripción	Abrev.	Unid.	Valor	Ecuación
Volumen de almacenamiento grasas requerido	V _{ar}	m ³	0.119	$V_{ar} = V_{sg}/3$
Largo almacenamiento grasas	L _{ar}	m	1.10	$L_{ag} = L$
Ancho almacenamiento grasas	W _{ag}	m	0.20	
Profundidad almacenamiento grasas	h _{ag}	m	0.70	
Volumen tanque almacenamiento grasas	V _{ag}	m ³	0.154	$V_{ag} = L_{ag} \times W_{ag} \times h_{ag}$

Fuente: Elaboración propia (2023)

3.2.5. Tamiz estático

Descripción del proceso

El tamiz estático autolimpiante de reja acuñada, muy utilizado en plantas de tratamiento pequeñas y que no requiere energía externa.

El tamiz necesita limpieza periódica, debido a la posible obstrucción con grasas y fibras, para lo que se requiere una fuente cercana de agua caliente para realizar la tarea manualmente. Se optó por tener dos unidades que aseguren un funcionamiento sin interrupciones.

Criterios de Diseño

El flujo a través de un tamiz estático, se puede aproximar con la teoría de un flujo a través de un orificio, con la ecuación 36.

$$h_L = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{CA} \right)^2$$

Ecuación 36

En donde,

h_L : Pérdida de carga [m].

g : Aceleración de la gravedad [9,81 m/s²].

Q : Caudal que atraviesa el tamiz [m³/s].

C : Coeficiente de descarga a través del tamiz [-] que tiene un valor típico de 0,6 para un tamiz limpio.

A : Área efectiva de paso a través del tamiz [m²].

El área bruta de malla se define por la ecuación 37.

$$A_b = B * L$$

Ecuación 37

En donde,

A_b : Área bruta de malla [m²].

B : Ancho neto tamiz [m].

L : Largo tamiz [m].

Después se define el número de aperturas demostrado en la ecuación 38.

$$N = L / (B_p + a_m)$$

Ecuación 38

En donde,

N : Número de Aperturas [#].

L : Largo tamiz [m].

B_p : Ancho platina [m].

a_m : Apertura de malla[m].

Seguido de esto se calcula mediante la fórmula 39 el área neta del paso.

$$A_n = B * a_m * N$$

Ecuación 39

En donde,

A_n : Área neta del paso [m²].

B : Ancho neto tamiz [m].

a_m : Apertura de malla[m].

N : Número de Aperturas [#].

Para así usar la ecuación 40 para hallar el área efectiva de paso.

$$A_{ef} = A_n * OBS$$

Ecuación 40

En donde,

A_{ef} : Área de paso efectiva [m²].

A_n : Área neta del paso [m²].

OBS : Obstrucción [50%].

Y finalmente se encuentra la carga máxima efectiva mediante la ecuación 41.

$$C_{max} = Q * A_b$$

Ecuación 41

En donde,

Q : Caudal que atraviesa el tamiz [m³/s].

A_b : Área bruta de malla [m²].

Tablas de diseño

En la tabla 3.13, se muestra la planilla de cálculo del tamiz estático.

Tabla 3.13

Planilla de cálculo del tamiz estático en las condiciones más desfavorables

Descripción	Abrev.	Unid.	Valor	Ecuación
Ancho neto del tamiz	B_T	m	0.305	
Largo del tamiz	L_T	m	1	
Area bruta de malla	A_b	m^2	0.305	$A_b = B \times L$
Apertura de malla	a_m	m	0.001	
Ancho de platina	B_p	m	0.003	
Número de aperturas	N	#	250	$N = L / (B_p + a_m)$
Area neta de paso	A_n	m^2	0.0763	$A_n = B \times a_m \times N$
Obstrucción	Obs	%	50	
Area efectiva de paso	A_{ef}	m^2	0.0381	$A_{ef} = A_n \times Obs$
Coefficiente de descarga	C	-	0.5	
Caudal de diseño	Q	m^3/s	0.00034	
Aceleración de la gravedad	g	m/s^2	9.81	
Pérdida de carga	h_L	m	1.604E-05	$h_L = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{CA_{ef}} \right)^2$
Carga máxima efectiva	C_{max}	l/m^2 min	66.5209	$C_{max} = Q/A_b$

Fuente: Elaboración propia (2023)

Los tamices son fabricados en un solo bloque, con la malla filtrante (malla coanda, llamada también malla Jhonson o *wedge wire*), por lo que es necesario que el tamiz sea adquirido a una casa fabricante directamente e instalado en la configuración de la planta. Así entonces, se ha escogido entre varias opciones fabricantes el tamiz que ha sido incorporado al diseño y se expone en los planos correspondientes.

3.2.6. Humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial

Descripción del proceso

Los humedales artificiales se han convertido en una de las mejores alternativas en el mundo para el tratamiento de aguas residuales para pequeñas poblaciones.

El sistema se basa en biofiltros conteniendo en su interior un lecho poroso que suele ser grava o arena.

Un humedal tiene que garantizar la remoción de la demanda biológica de oxígeno (DBO), el nitrógeno total (NT), el fosforo total (PT) y los sólidos suspendidos totales (SST)

Se diseñó un humedal de flujo horizontal subsuperficial el cual es una concavidad que contiene arena, grava y vegetación. Las aguas residuales al pasar dentro de todo este proceso, son filtradas debido al material, esto significa que se elimina del agua las partículas, mientras que los microorganismos degradan la materia orgánica (Cuervo & Hernández, 2018).

Criterios de diseño

A continuación, se presentan la tabla 3.14 con los parámetros para el diseño del humedal horizontal subsuperficial.

Tabla 3.14

Parámetros de diseño para humedales de flujo horizontal subsuperficial

PARAMETROS A CONSIDERARSE	UNIDADES	VALOR	FUENTE
Tiempo de retención para remoción DBO	días	3-4(DBO) 6-10(N)	Larriva, J. y Gonzáles, O., (2017)
Carga hidráulica superficial	m ³ /Ha*día	470-1870	Rivera, D. (2015)
Carga orgánica de DBO	kg/Ha*día	< 112	Díaz C. y Romero J., (2013)
Carga de SST	kg/Ha*día	390,00	Díaz C. y Romero J., (2013)
Profundidad del agua	m	0,30 a 0,60	Díaz C. y Romero J., (2013)
Profundidad del medio (grava gruesa y arena)	m	0,5 a 0,8	Rivera, D. (2015)
Relación longitud/ancho	adim	2:1	Díaz C. y Romero J., (2013)
Control de mosquitos		no requiere	
Programa de cosecha		no requiere	
DBO esperada del efluente	mg/lt	< 20	Larriva, J. y Gonzáles, O., (2017)
SST esperado del efluente	mg/lt	< 30	Larriva, J. y Gonzáles, O., (2017)
NT esperado del efluente	mg/lt	<10	Morales, G.; Vera, I. y Vidal G. (2013)
PT esperado del efluente	mg/lt	<5	Morales, G.; Vera, I. y Vidal G. (2013)

Fuente: Elaboración propia (2023)

Sabiendo los parámetros se tomó los siguientes datos para el diseño del humedal de flujo horizontal subsuperficial, mostrándolo en la siguiente tabla 3.15.

Tabla 3.15

Criterios tomados para el diseño del humedal de flujo subsuperficial

DATOS DE DISEÑO	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR
Caudal de diseño	Q	m ³ /día	29.216
Tiempo de retención	T	días	3
DBO del afluente	DBO	mg/lt	78.4485
Medio del humedal			grava media
Profundidad del medio	hm	m	0.75
Profundidad del agua	h	m	0.6
Altura libre	hs	m	0.6
Talud muro del humedal	i	x:1	1
Pendiente del lecho	j	%	0.01

Fuente: Elaboración propia (2023)

En la siguiente tabla 3.16 se muestra los datos con los que se diseñó el medio del humedal de flujo subsuperficial.

Tabla 3.16*Características del medio para humedales de flujo horizontal subsuperficial.*

Tipo	Tamaño efectivo [mm]	Porosidad	Conductividad hidráulica [m/d]
grava media	25	0.38	6.000

Fuente: Elaboración propia (2023)

- Tiempo de retención: Periodo de tiempo en el cual el agua permanece en la unidad de tratamiento

$$T = \frac{V}{Q}$$

Ecuación 42

En donde,

T: Tiempo de retención [días].**V:** Volumen del Humedal [m³].**Q:** Caudal [m³/día].

- Área superficial: Para encontrar se utiliza la ecuación 43 donde el Volumen se divide para una profundidad del agua.

$$A = \frac{V}{h_a}$$

Ecuación 43

En donde,

h_a: Profundidad del agua [m].**V:** Volumen del Humedal [m³].**A:** Área Superficial [m²].

- Seguido a esto se saca el área de la sección transversal del lecho utilizando la ecuación 44.

$$At = \frac{Q}{K * \left(\frac{\Delta h}{\Delta L}\right)}$$

Ecuación 44

En donde,

Q: Caudal [m³/s].**K:** Conductividad eléctrica del lecho completamente desarrollado [m/día].

At: Área de la sección transversal del lecho [m²].

$\Delta h/\Delta L$: Pendiente del lecho

Con esto usando la ecuación 45 podemos sacar el ancho del humedal ya que depende de la sección transversal del lecho y la profundidad del agua.

$$a = \frac{At}{h_a}$$

Ecuación 45

Donde,

a: Ancho del humedal [m].

A su vez realizado esto se procede a la longitud del humedal el cual nos imponemos que será $L=3B$.

Por lo tanto la fórmula empleada es,

$$L = \frac{A}{a}$$

Ecuación 46

En donde,

L: Longitud del humedal [m].

A continuación con esto podemos obtener el área que sería implementando la ecuación 47.

$$Ah = \frac{a}{L}$$

Ecuación 47

En donde,

Ah: área del humedal [ha].

Obtenido esto procedemos a hallar la carga orgánica del humedal usando la ecuación 48 el cual podremos ver si el humedal podrá cumplir si el DBO es menor a 112 mg/l.

$$CO = \frac{DBO * Q}{Ah}$$

Ecuación 48

En donde,

DBO: Demanda bioquímica de oxígeno [mg/l].

CO: Carga Orgánica [kg DBO/Ha*día].

Procedemos de igual manera a encontrar la carga hidráulica que hace referencia al volumen del agua residual aplicada al área del humedal (Comisión Nacional del Agua, 2015), el cual tiene que estar entre 470 y 1870 m³/ (Ha*día); se usa la ecuación 49.

$$CHS = \frac{Q}{Ah}$$

Ecuación 49

En donde,

CHS: Carga Hidráulica [m³/Ha*día]

Una vez obtenido todo esto, se procede a calcular la concentración de la DBO en el afluente la cual se puede esperar que sea menor a 20 mg/l.

$$C_e = C_o * e^{-Kt}$$

Ecuación 50

En donde,

Ce: Concentración del efluente [mg/l]

Co: Concentración del Afluente [mg/l]

K: Constante de Remoción [d⁻¹]

T: Tiempo de retención [días]

Por lo tanto es necesario la constante de remoción el cual obtenemos con la siguiente ecuación.

$$K_{20} = K_o * (37,31 * e^{4,172})$$

Ecuación 51

En donde,

K20: Constante a 20°C

Ko: Constante optima de remoción

e: Porosidad total del medio

Tablas de diseño

En la tabla 3.17, se muestra la planilla de cálculo del humedal artificial de flujo subsuperficial.

Tabla 3.17*Cálculo de dimensiones del Humedal artificial*

Descripción	Abrev.	Unid.	Valor	Ecuación
Tiempo de retención	T	días	3.00	$T = \frac{V}{Q}$
Volumen del Humedal	V	m ³	87.65	
Caudal	Q	m ³ /día	29.22	
Profundidad del agua	h _a	m	0.60	
Área superficial del humedal	A	m ²	146.08	
Cunductividad eléctrica del Lecho completamente desarrollado	K	m/día	6000	
Área de la sección transversal del lecho	At	m ²	4.87	$At = \frac{Q}{K \cdot \left(\frac{\Delta h}{\Delta L}\right)}$
Pendiente del lecho	$\Delta h/\Delta L$	%	10	
Ancho del Humedal	a	m	8.5	$a = \frac{At}{h_a}$
Longitud del Humedal	L	m	24.10	$L = \frac{A}{a}$
Área del Humedal	Ah	Ha	0.020	$Ah = \frac{a}{L}$
Constante de remoción	K ₂₀	d ⁻¹	1.50	$K_{20} = K_0 \times (37,31 \times e^{4,75T})$
Concentración del efluente	C _e	Mg/lt	0.871	$C_e = C_0 \times e^{-Kt}$
Demanda bioquímica de oxígeno del efluente	DBO	Mg/lt	0.871	
Carga organica	CO	$\frac{(Kg}{DBO})(Ha \cdot día)}$	111.88	$CO = \frac{DBO \cdot Q}{Ah}$
Carga Hidraulica subsuperficial	CHS	m ³ /HA*día	1426.21	$CHS = \frac{Q}{Ah}$

Fuente: Elaboración propia (2023)

El valor de la carga orgánica del humedal que se encuentra en la tabla 3.17 tiene un valor de 111.88 kg DBO/Ha*día es menor a 112 mg/lt, por lo tanto cumple. Al igual que la carga hidráulica superficial cumple con el área por unidad de caudal al ser un valor de 1426.21 m³/Ha*día y encontrarse entre 470 y 1870 m³/Ha*día.

3.2.7. Lecho de Secado

Descripción del proceso

El lecho de secado se usa para la deshidratación de lodos, se usa con mayor frecuencia en planta de tratamiento de aguas residuales de un tamaño pequeño, de poblaciones menores a 20000 personas.

En estos se utilizan medios porosos como capa de soporte para la retención de sólidos que son separados, mientras que por la evaporación y percolación los lodos se separan del agua.

Después se depositan en el lecho con alturas de entre 20 y 30 cm. Una vez secados se retira de forma manual o mecánica (Alzate Lina, 2021).

Criterios de diseño

Todos los criterios utilizados se tomaron de la Municipalidad Distrital de Alonso de Alvarado. La carga de sólidos que ingresan a la planta es determinada por la ecuación 52.

$$C = \frac{N}{Cp \text{ ss}/1000}$$

Ecuación 52

En donde,

C: Carga de sólidos que ingresan a la planta [kgSS/d]

N: Población Servida [hab]

Cpss: Contribución per cápita de sólidos en suspensión [gSS/hab*d]

Obtenido esto se halla mediante la ecuación 53 la masa de sólidos que conforman los lodos.

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

Ecuación 53

En donde,

Msd: Masa de sólidos que conforman los lodos [kgSS/d]

Seguido se utiliza la ecuación 54 para el volumen diario de lodos digeridos

$$Vld = \frac{Msd}{p * \%solidos}$$

Ecuación 54

En donde,

Vld: volumen diario de lodos dirigidos [l/d]

P: Densidad de lodos [kg/l]

%sólidos: Porcentaje de sólidos contenidos en el lodo [%]

El porcentaje de sólidos varía de 8 a 12% y este indica los sólidos que se encuentran presentes en el lodo.

Y con la siguiente ecuación 55 se halla cuando se extrae del volumen anteriormente encontrado.

$$Vel = \frac{Vld}{Td}$$

Ecuación 55

En donde,

Td: Tiempo de digestión[d]

Vel: Volumen de lodos a extraerse [m3]

Para saber cuál es el tiempo de digestión se observa la temperatura en la siguiente tabla 3.18, se escoge el valor que más se acerca a la temperatura.

Tabla 3.18

Tiempo requerido para la digestión de lodos.

Temperatura °C	Tiempo de digestión (días)
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: CEPIS/OPS (2005)

Y finalmente se encuentra el área de lecho de secado usando la ecuación 56.

$$Als = \frac{Vel}{Ha}$$

Ecuación 56

En donde,

Ha: Profundidad[m] (varía entre 0.2 a 0.4)

Als: Área del lecho de secado [m2]

Para encontrar el largo del lecho de secado usando la siguiente ecuación 57.

$$L = \frac{Als}{W}$$

Ecuación 57

En donde,

W: Ancho [m] (3 a 6 metros según recomienda el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente)

L: Largo [m]

Tablas de diseño

A continuación, en la tabla 3.19 se muestra los cálculos de las dimensiones.

Tabla 3.19

Cálculo de dimensiones del Lecho de secado.

DATOS	ABREV.	VALOR	UNIDAD	FUENTE / ECUACIÓN
Población servida	N	332	hab	
Contribución per cápita de sólidos en suspensión	Cp. SS	90	gSS/hab*d	Norma OS.090
Carga de sólidos que ingresan a la planta	C	29.88	kgSS/d	$C = \frac{N}{Cp_{ss}/1000}$
Masa de sólidos que conforman los lodos	Msd	9.71	kgSS/d	$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$
Densidad de lodos	p	1.05	kg/l	Norma OS.090
Porcentaje de sólidos contenidos en el lodo	%sólidos	10	%	(OPS/CEPIS/05.163, 2005)
Volumen diario de lodos dirigidos	Vld	92.49	l/d	$Vld = \frac{Msd}{p * \%sólidos}$
Tiempo de digestión	Td	40	d	(OPS/CEPIS/05.163, 2005)
Volumen de lodos a extraerse	Vel	3.70	m3	$Vel = \frac{Vld}{Td}$
Profundidad	Ha	0.3	m	
Área del lecho de secados	Als	12.33	m2	$Als = \frac{Vel}{Ha}$
Ancho	W	3	m	(OPS/CEPIS/05.163, 2005)
Largo	L	4.11	m	$L = \frac{Als}{W}$

Fuente: Elaboración propia (2023)

3.2.8. Cajón de salida

Descripción del proceso

Un aforador de salida es esencial para supervisar la eficacia del sistema y controlar posibles filtraciones o intrusiones en las unidades que conforman la planta.

Se usó un vertedero rectangular que es el más sencillo de construir por lo tanto es el más utilizado.

Dimensionamiento

Para un vertedero de pared delgada, vertedero de libre airado se usa el caudal usado anteriormente. Pero para que el vertedero sea libre debe cumplir la condición de

$h < p$. Se calcula el coeficiente de gasto M_o mediante la ecuación de Konalov o Bazin. Ecuación 58 y 59 respectivamente.

$$M_o = \frac{(0,407+0,045H)+([1+0,285]+H^2)+((2g)^{1/2})}{(H+P)(H+P)^2}$$

Ecuación 58

$$M_o = \frac{(1,794+0,0133)*[1+0,55*H^2]}{H(H+P_1)^2}$$

Ecuación 59

En donde,

M_o : Coeficiente de gasto

H =Altura de agua sobre la cresta del vertedero [m]

P =Altura de Vertedero[m]

Se impone cierto valor de M_o y calculamos H utilizando la ecuación 60.

$$M_o * H^{\frac{3}{2}} = \frac{Q}{B}$$

Ecuación 60

En donde,

Q : Caudal de diseño

B : Ancho canal de aproximación

Con el valor obtenido de H se calcula un nuevo M_o utilizando nuevamente las ecuaciones 58 o 59.

Se repite este proceso pero en lugar de imponernos un M_o se usa el obtenido en el paso anterior. Se continúa este proceso hasta que los 2 valores de M_o coincidan. Siendo el último valor de H el real.

Tablas de diseño

En la tabla 3.20 se detalla el procedimiento de cálculo para obtener la carga sobre el vertedero para el caudal.

Tabla 3.20*Cálculo del coeficiente de gasto*

Descripción	Abrev.	Unid.	Valor	Ecuación
Caudal	Q	l/s	0.34	
Ancho del vertedero	B	m	0.12	
Coeficiente de gasto según Konovalov	Mo		1.81	$M_o = \frac{(0.407+0.045H) \cdot [(1+0.285) \cdot H^2] \cdot ((2g)^{1/2})}{(H+P)(H+P)^2}$
Alto agua sobre la cresta del vertedero según Konovalov	H	m	0.013	$M_o * H^{\frac{3}{2}} = \frac{Q}{B}$
Coeficiente de gasto según Bazin	Mo		3.27	$M_o = \frac{(1.794+0.0133) \cdot [1+0.55 \cdot H^2]}{H(H+P_s)^2}$
Alto agua sobre la cresta del vertedero según Bazin	H	m	0.009	$M_o * H^{\frac{3}{2}} = \frac{Q}{B}$

Fuente: Elaboración propia (2023)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En el presente estudio se propuso abordar el desafío del manejo de aguas residuales en la parroquia Quingeo, a través del diseño de núcleos de saneamiento, lo cual se ha podido cumplir de una manera técnica. Asimismo, se han alcanzado los objetivos secundarios, como identificar el radio de cobertura óptimo para el diseño de los núcleos de saneamiento, analizar el número de viviendas beneficiadas dentro del núcleo de saneamiento, plantear el sistema de alcantarillado y determinar la localización óptima para una planta de tratamiento. Gracias a todo esto, se ha podido diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales con base en un ejemplo existente en la zona.

En cuanto al primer objetivo, se llevó a cabo un análisis exhaustivo para determinar el radio de cobertura óptimo de los núcleos de saneamiento. Tras evaluar diferentes rangos de cobertura, se encontró que un radio de 50 metros resultaba ser el más adecuado. Este rango permitía abarcar un número considerable de viviendas, tanto desde una perspectiva económica, como en términos de beneficiarios. Se demostró que este radio de cobertura brindaba una solución eficiente y sostenible para proporcionar acceso al saneamiento básico a una amplia población dentro de la parroquia.

El segundo objetivo se centró en el análisis del número de viviendas beneficiadas dentro del núcleo de saneamiento. Mediante un análisis detallado de los terrenos incluidos en los núcleos, se proyectó un número de viviendas beneficiadas a futuro, obteniendo un resultado de 3131 viviendas. Este análisis permitió comprender el alcance y el impacto directo de las intervenciones en el manejo del agua residual, facilitando una asignación efectiva de recursos y una planificación adecuada.

En relación al tercer objetivo, se enfrentaron desafíos relacionados con la topografía del área de estudio, al plantear el sistema de alcantarillado. La existencia de pendientes pronunciadas y otras condiciones adversas dificultó la implementación del sistema a lo largo de las vías existentes. Por lo tanto, fue necesario identificar la mejor ruta alternativa para garantizar la cobertura de servicios a todas las viviendas dentro del radio de 50 metros. Se realizaron análisis detallados y minuciosos para atravesar los predios y lograr una distribución eficiente del sistema de alcantarillado. Este enfoque permitió superar los desafíos topográficos y asegurar que todas las viviendas dentro del radio de cobertura, tuvieran acceso adecuado al saneamiento.

En cuanto al cuarto objetivo, se diseñó una planta de tratamiento de aguas residuales, con base en un ejemplo existente en la zona. Siguiendo las pautas y las mejores prácticas establecidas por esta planta, se desarrolló un diseño integral que abarcaba los procesos necesarios para el tratamiento efectivo del agua residual. Cambiando un poco las partes de esta ya que es un sistema descentralizado y la PTAR es perfecta para pequeñas poblaciones por ende cuenta con un humedal por su costo reducido y por la población del sector es tan pequeña que no se necesitó un tratamiento terciario para el tratamiento del agua. El diseño propuesto garantizaba la eliminación adecuada de contaminantes y cumplía con los estándares de calidad necesarios para preservar el medio ambiente y proteger la salud pública.

En resumen, este estudio ha logrado establecer núcleos de saneamiento en la parroquia Quingeo, como medida para brindar un mejor manejo del agua residual. La combinación de un radio de cobertura óptimo, un sistema de alcantarillado bien diseñado y una planta de tratamiento eficiente, ha sido fundamental para abordar los desafíos asociados con el manejo del agua residual en la dicha parroquia. Este enfoque integral garantiza la provisión de servicios de saneamiento adecuados, mejora la calidad de vida de la comunidad y protege el medio ambiente. El éxito de este estudio servirá como un ejemplo para otras comunidades que enfrentan desafíos similares en el manejo del agua residual, demostrando que es posible alcanzar soluciones efectivas y sostenibles para garantizar un acceso adecuado al saneamiento y preservar los recursos hídricos. En última instancia, el estudio sienta las bases para un desarrollo sostenible y un futuro más saludable en la parroquia Quingeo.

Recomendaciones

- Realizar evaluaciones periódicas: es importante llevar a cabo evaluaciones periódicas del desempeño de los núcleos de saneamiento, el sistema de alcantarillado y la planta de tratamiento. Estas evaluaciones permitirán identificar posibles áreas de mejora, implementar soluciones correctivas y optimizar la eficiencia de los sistemas.
- La planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), que fue diseñada para el sistema descentralizado, se puede aplicar en las distintas zonas de la parroquia, notándose que es precisa para pequeñas poblaciones o buffer con núcleos de 50 metros de radio.
- Se cree considerable que en algunos predios se encuentran en contrapendiente dentro del sistema de alcantarillado y se debe utilizar un sistema de bombeo debido a la misma, esto ayudará a que dichos terrenos tengan acceso a la red de alcantarillado. Por otro lado, en otros predios que no se encuentran dentro del radio de 50 metros se tuvo que diseñar la red atravesando el predio debido a la topografía existente, por lo que se añadió a dichos predios en el diseño. Y finalmente se recomienda cambiar el diámetro de las tuberías principales del sistema ya existente, debido a que tiene una gran cantidad de tuberías secundarias que desembocan en dicha tubería y la capacidad de la misma no es apta para el caudal que va a recibir.
- Se recomienda a la empresa ETAPA-EP revisar y aplicar este proceso en la parroquia Quingeo, y replicar en diferentes parroquias rurales del cantón Cuenca, con el objeto de mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

BIBLIOGRAFÍA

- American Water Works Association . (2017). *American Water Works Association* .
<https://www.awwa.org/search/results?s=aguas%20residuales>
- Banco Mundial. (19 de marzo de 2020). *El agua residual puede generar beneficios para la gente, el medio ambiente y las economías*.
<https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/03/19/wastewater-a-resource-that-can-pay-dividends-for-people-the-environment-and-economies-says-world-bank>
- Chow, V. T. (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Santa Fé de Bogotá: McGRAW-HILL INTERAMERICANA S.A.
- Cruz, E., & Hernández, M. (2021). *Análisis a las etapas del ciclo presupuestario del GAD parroquial de Quingeo, periodo 2020 y sus efectos al Covid-19*. Cuenca.
- EPA. (2016). *Pretratamiento de aguas residuales en sistemas de alcantarillado*.
https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/2016_09_19_folleto_de_tratamiento_primario_de_aguas_residuales_en_plantas_de_tratamiento_de_aguas_residuales.pdf
- EPA. (2016). *Tratamiento primario de aguas residuales en plantas de tratamiento de aguas residuales*. https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/2016_09_19_folleto_de_tratamiento_primario_de_aguas_residuales_en_plantas_de_tratamiento_de_aguas_residuales.pdf
- EPA. (2016). *Tratamiento secundario de aguas residuales en plantas de tratamiento de aguas residuales*. https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/2016_09_19_folleto_de_tratamiento_secundario_de_aguas_residuales_en_plantas_de_tratamiento_de_aguas_residuales.pdf
- EPA. (2016). *Tratamiento terciario de aguas residuales en plantas de tratamiento de aguas residuales*. https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/2016_09_19_folleto_de_tratamiento_terciario_de_aguas_residuales_en_plantas_de_tratamiento_de_aguas_residuales.pdf

- Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (2022). *Sistema de Alcantarillado*. Aguas residuales - Definiciones: <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/sistemas-de-alcantarillado/>
- Gobierno parroquial de Quingeo. (2019-2023). *Quingeo*. https://www.quingeo.gob.ec/?page_id=29
- Irbi Laguna. (2022). *Enfermedades vinculadas al mas manejo de residuos*. <https://www.irbilaguna.com/blog/articulos/enfermedades-vinculadas-al-mal-manejo-de-residuos>
- Macián Pérez, J. F., Bayón, A., Vallés Morán, F. J., García Bartua, R., & López Jiménez, P. A. (2017). Caracterización experimental de resaltos hidráulicos estacionarios con alto numero de Reynolds. *V Jornadas de Ingeniería del Agua*, 11.
- Manrique Andrade, V. A. (2013). *Comportamiento del resalto hidráulico en canales con pendiente y sección rectangular*. Bogota D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Marbello Pérez, R. V. (2005). *Manual de prácticas de laboratorio de hidráulica*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Ministerio de Agua y Ambiente . (2020). *Senagua - Agua Potable y Saneamiento Rural*.
- Municipalidad Distrital de Alonso De Alvarado. (2019). *Lecho de secado de lodos*. Lima. <https://es.scribd.com/document/436353677/Lecho-de-secado-de-lodos>
- OMS. (2021). *Aguas Residuales*.
- Pérez, J., & Merino, M. (2021). *Definición.de*. Recuperado el 6 de octubre de 2022, de <https://definicion.de/recursos-hidricos/>
- Progresar E.S.P. (2018). *Qué es un pozo séptico?* <https://progresaresp.com/que-es-un-pozo-septico/>

R.A.E. (2022). *Diccionario panhispánico del español jurídico*.
<https://dpej.rae.es/lema/sistema-de-saneamiento>

Rojas, R. (2002). *“Gestión Integral de Tratamiento de Aguas Residuales”*. Lima.

Rotoplas. (24 de 11 de 2014). Biodigestor Autolimpiable.

SEDEMA . (2022). *Glosario Definición*. Secretaria Del Medio Ambiente, Gobierno de la Ciudad de México:
<http://www.sadsma.cdmx.gob.mx:9000/datos/glosario-definicion/Agua%20residual>

WeAreWaterFoundation. (2017 de marzo de 2017). *Aguas negras, el rastro de nuestra historia*. Recuperado el 6 de octubre de 2022, de
https://www.wearewater.org/es/aguas-negras-el-rastro-de-nuestra-historia_281141

OPS/CEPIS/05.163. (2005). Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoof y lagunas de estabilización. OPS-UNATSABAR.

https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005.%20Gu%C3%ADa%20para%20el%20dise%C3%B1o%20de%20tanques%20s%C3%A9pticos.pdf

OPS/CEPIS/05.169. (2005). Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado. UNATSABAR (Unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural).

Romero Rojas, J. A. (1999). Tratamiento de aguas residuales (Teoría y principios de diseño). Escuela Colombiana de Ingeniería.

https://www.academia.edu/41246680/Tratamiento_de_Aguas_Residuales_Romero_Rojas

Alzate Lina. (2021). *Evaluación del Dimensionamiento de los Lechos de Secado en Diferentes Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales del Oriente* [Universidad De

Antioquia].

https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/21603/5/AlzateLina_2021_DimensionamientoLechosSecado.pdf

Comisión Nacional del Agua. (2015). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Cuervo, D., & Hernandez, M. (2018). *Diseño y modelación de un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal para tratamiento de aguas residuales en la vereda Mancilla del municipio de Facatativá, Cundinamarca* [Universidad de Cundinamarca].

<https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/1422/DISE%C3%91O%20Y%20MODELACION%20DE%20UN%20HUMEDAL%20ARTIFICIAL%20SUBSUPERFICIAL%20DE%20FLUJO%20HORIZONTAL%20PARA%20TRATAMIENTO%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ETAPA	EP.	(2020).	No	Title.
-------	-----	---------	----	--------

<https://www.etapa.net.ec/informacion/saneamiento/plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-ucubamba>

LLumiquinga, K., & Minta, K. (2018). *Diseño de un sistema de tratamiento y recirculación del agua residual generada en la lubricadora JOB* [Universidad Politecnica Nacional].

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19474/1/CD-8871.pdf>

Ministerio del Medio Ambiente (MINAM). (2010). *Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*.

ANEXOS

Anexo 1. Sistemas de Alcantarillado (Observaciones)

(Grupo U, Z, AF, AG, AI)

Anexo 2. Sistema de Alcantarillado (Observaciones)

(Grupo W, Y)

Anexo 3. Sistema de Alcantarillado (Observaciones)

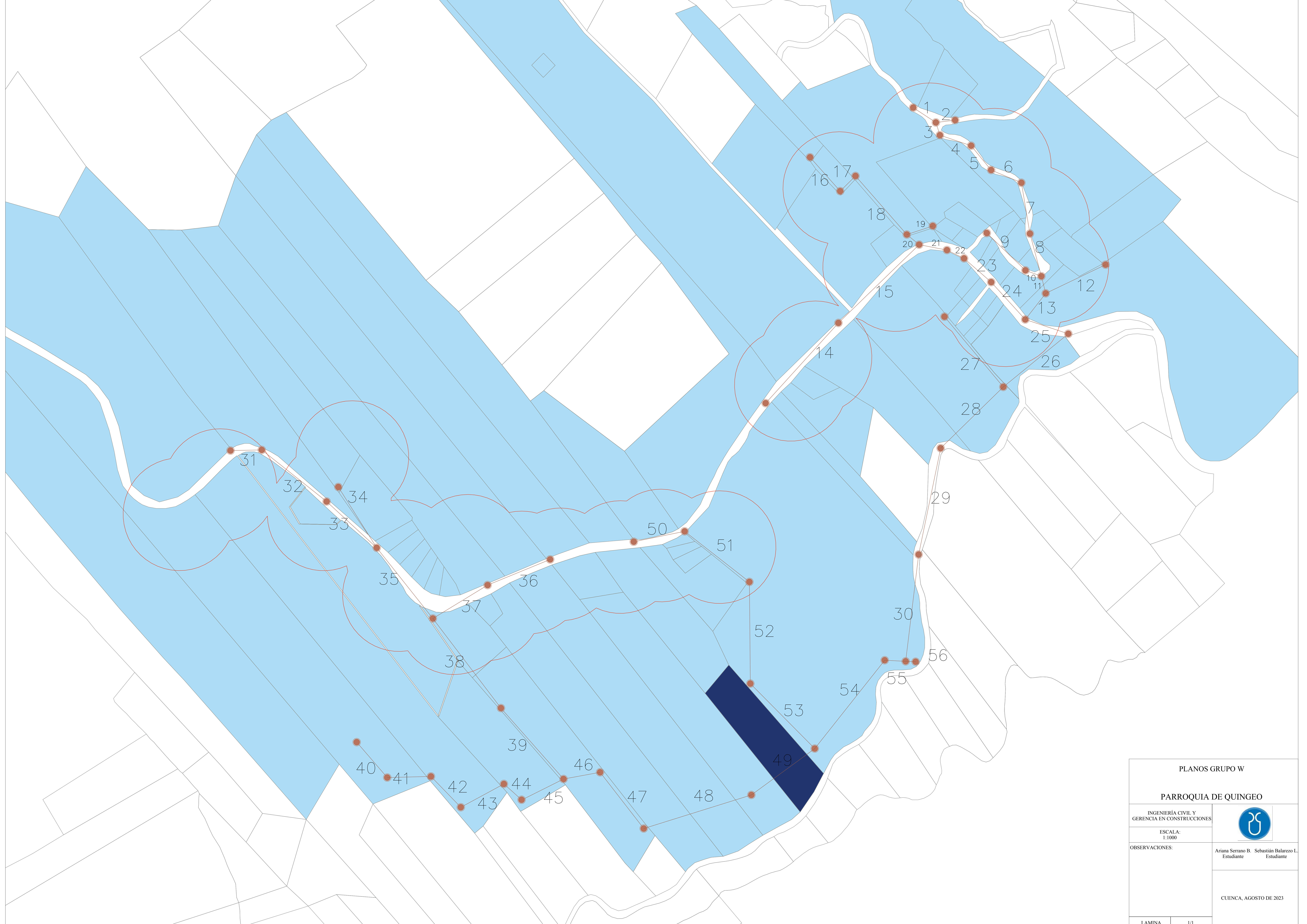
(Grupo AO)


Anexo 4. Planos del diseño del sistema de alcantarillado (Grupo J)

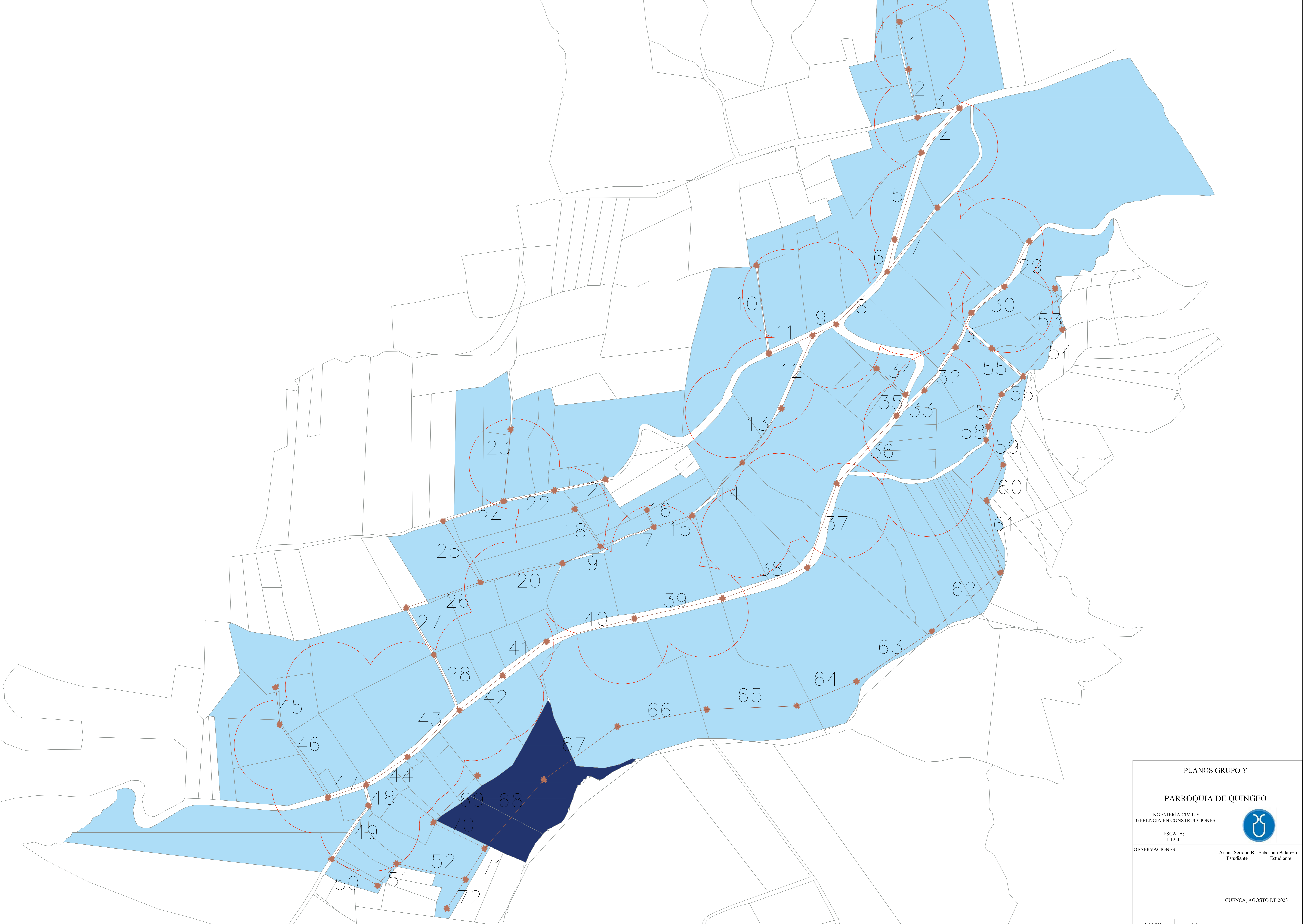
Lamina 1 hasta las 8


Anexo 5. Planos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Grupo J)

Lamina 9 hasta la 13




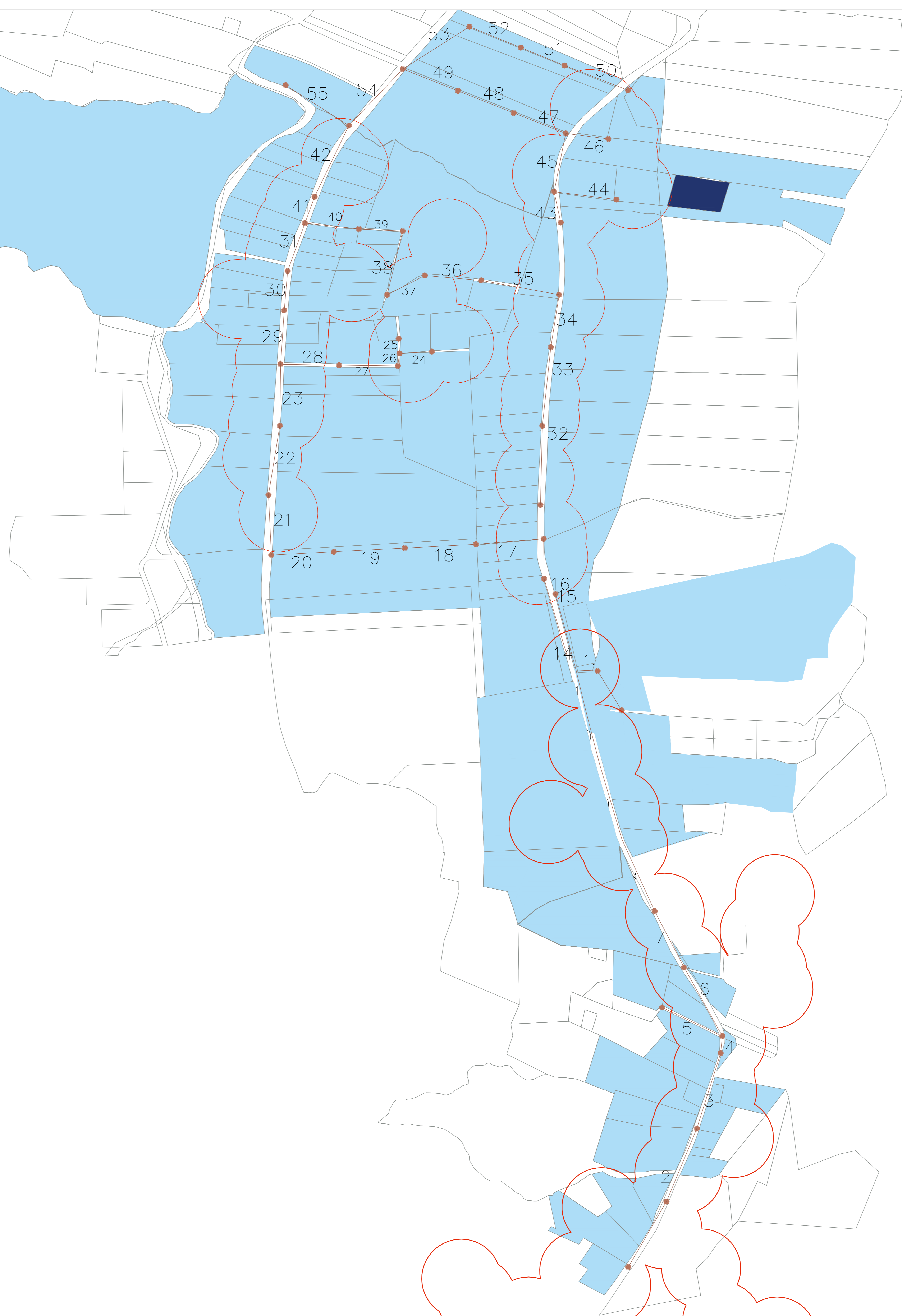
PLANOS GRUPO W	
PARROQUIA DE QUINGEO	
INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA EN CONSTRUCCIONES	
ESCALA: 1:1000	Ariana Serrano B. Sebastián Balcarzo L. Estudiante Estudiante
OBSERVACIONES:	
CUENCA, AGOSTO DE 2023	
LAMINA	1/1




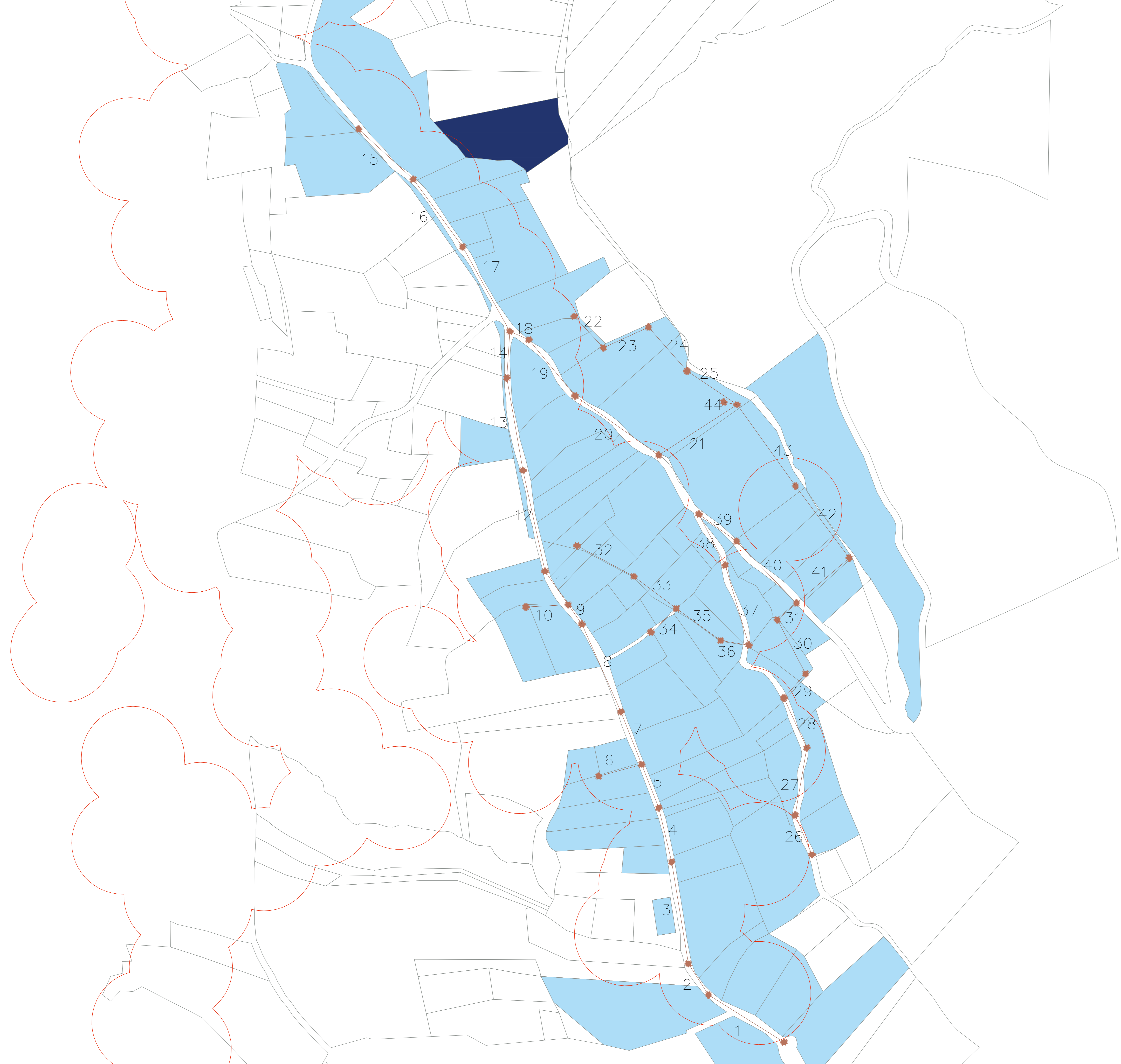
PLANOS GRUPO Y	
PARROQUIA DE QUINGEO	
INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA EN CONSTRUCCIONES	
ESCALA: 1:1250	Ariana Serrano B. Estudiante Sebastián Balarezo L. Estudiante
OBSERVACIONES:	CUENCA, AGOSTO DE 2023
LAMINA	1/1




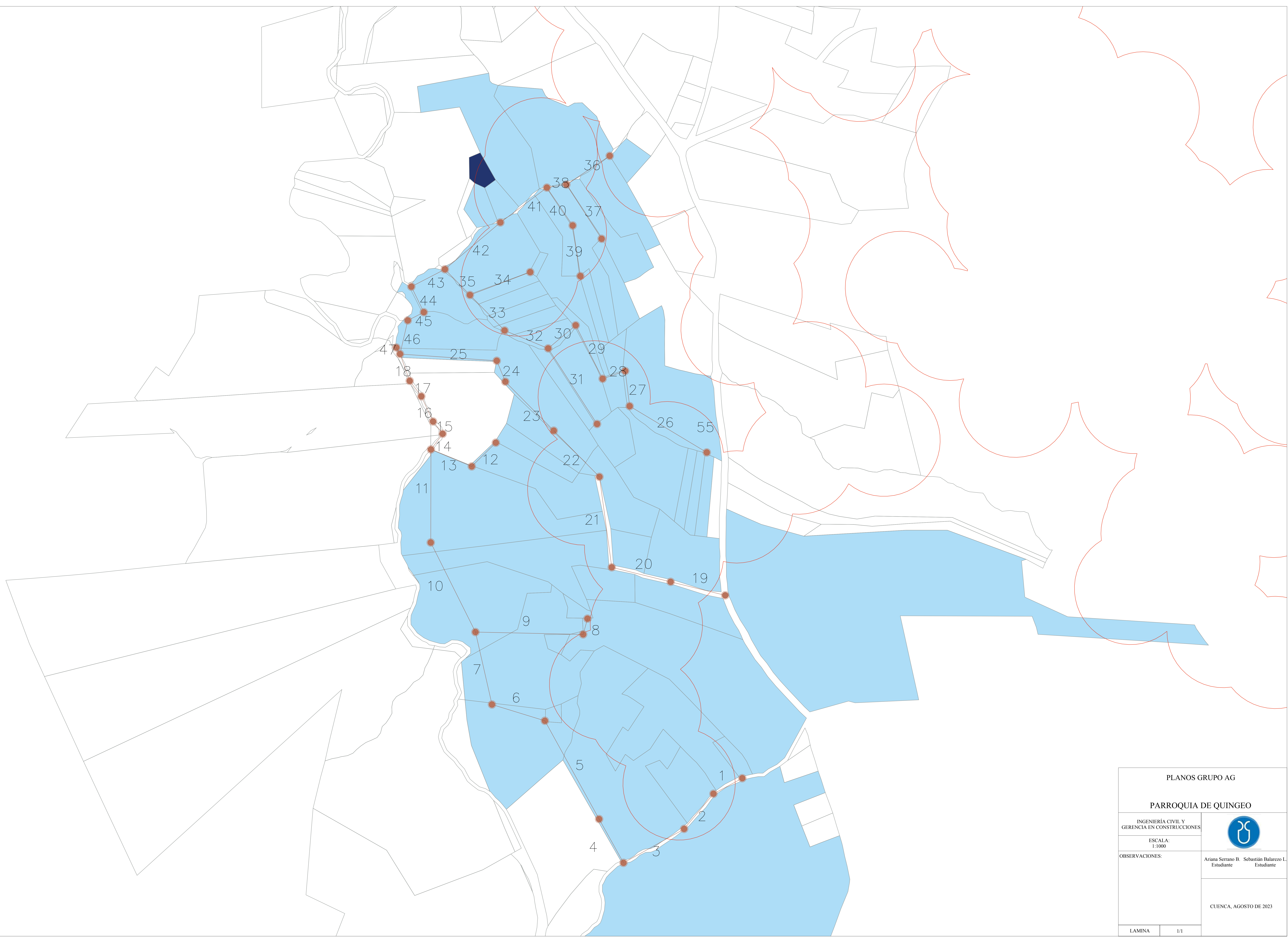
PLANOS GRUPO U	
PARROQUIA DE QUINGEO	
INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA EN CONSTRUCCIONES	
ESCALA: 1:1000	Ariana Serrano B. Sebastián Balarezo L. Estudiante Estudiante
OBSERVACIONES:	CUENCA, AGOSTO DE 2023
LAMINA	1/1




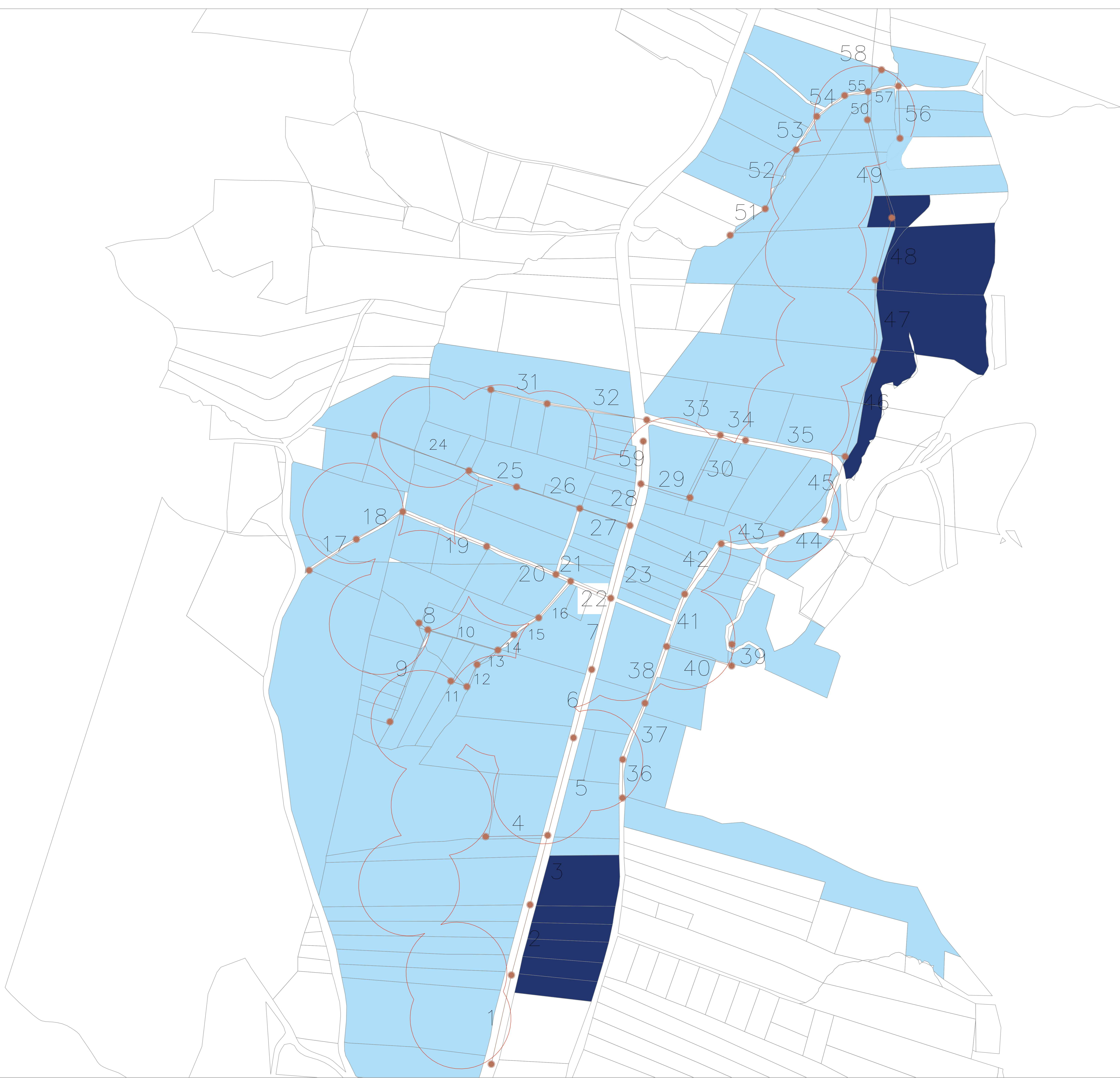
PLANOS GRUPO Z	
PARROQUIA DE QUINGEO	
INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA EN CONSTRUCCIONES	
ESCALA: 1:2000	
OBSERVACIONES:	Ariana Serrano B. Estudiante Sebastián Balarezo L. Estudiante
LAMINA	1/1
CUENCA, AGOSTO DE 2023	




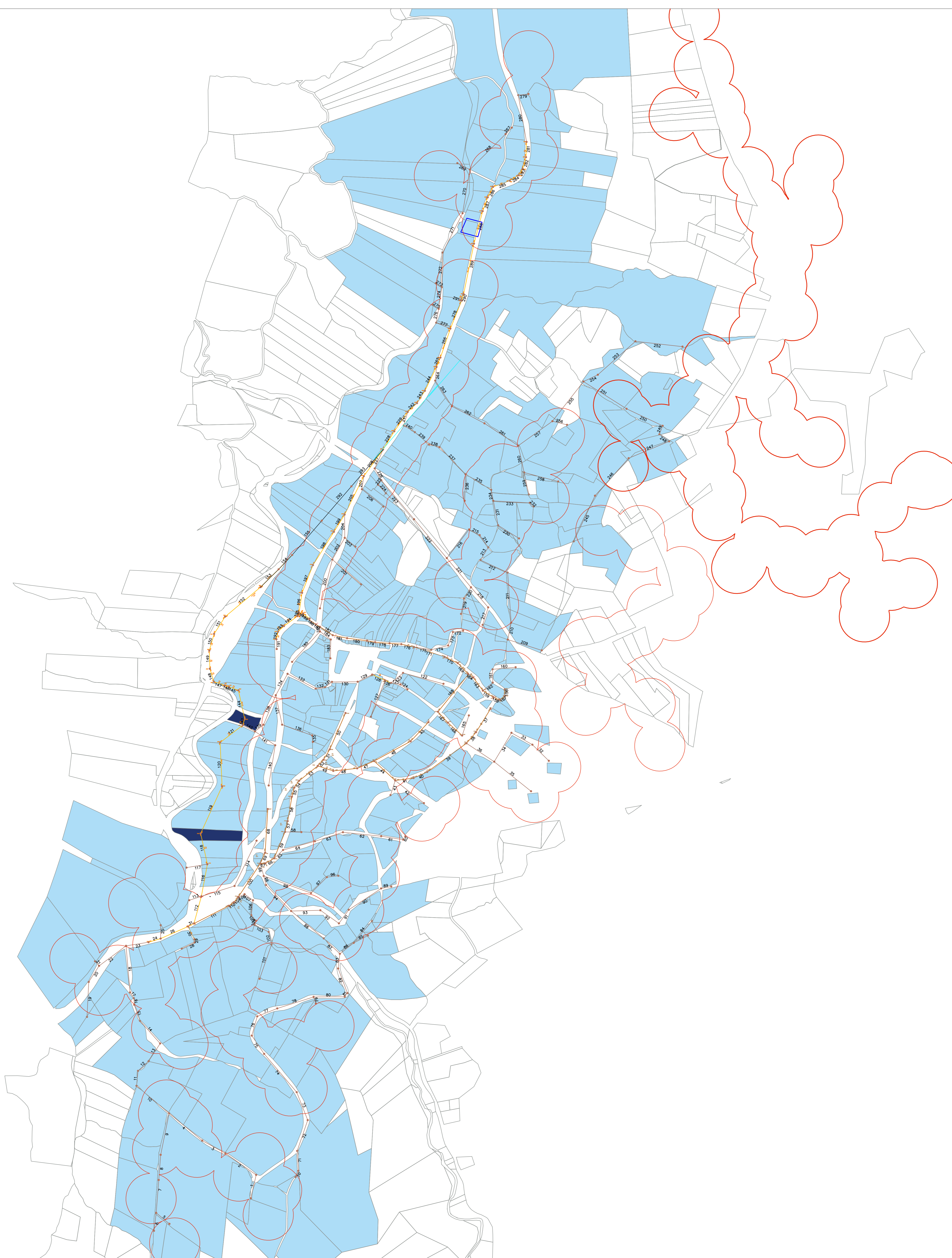
PLANOS GRUPO AF	
PARROQUIA DE QUINGEO	
INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA EN CONSTRUCCIONES	
ESCALA: 1:1250	Ariana Serrano B. Estudiante Sebastián Balarezo L. Estudiante
OBSERVACIONES:	
CUENCA, AGOSTO DE 2023	
LAMINA	1/1




PLANOS GRUPO AG	
PARROQUIA DE QUINGEO	
INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA EN CONSTRUCCIONES	
ESCALA: 1:1000	
OBSERVACIONES:	Ariana Serrano B. Estudiante Sebastián Balarezo L. Estudiante
CUENCA, AGOSTO DE 2023	
LAMINA	1/1



PLANOS GRUPO AI	
PARROQUIA DE QUINGEO	
INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA EN CONSTRUCCIONES	
ESCALA: 1:1250	Ariana Serrano B. Sebastián Balarezo L. Estudiante Estudiante
OBSERVACIONES:	
CUENCA, AGOSTO DE 2023	
LAMINA	1/1



PLANOS GRUPO AO	
PARROQUIA DE QUINGEO	
INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA EN CONSTRUCCIONES	
ESCALA: 1:2500	
OBSERVACIONES:	Ariana Serrano B. Estudiante Sebastián Balarezo L. Estudiante
CUENCA, AGOSTO DE 2023	
LAMINA	1/1



PLANOS SISTEMA DE ALCANTARILLADO
GRUPO J (PLANTA)

PARROQUIA DE QUINGEO

INGENIERÍA CIVIL Y
GERENCIA EN CONSTRUCCIONES



ESCALA: 1 / 1500

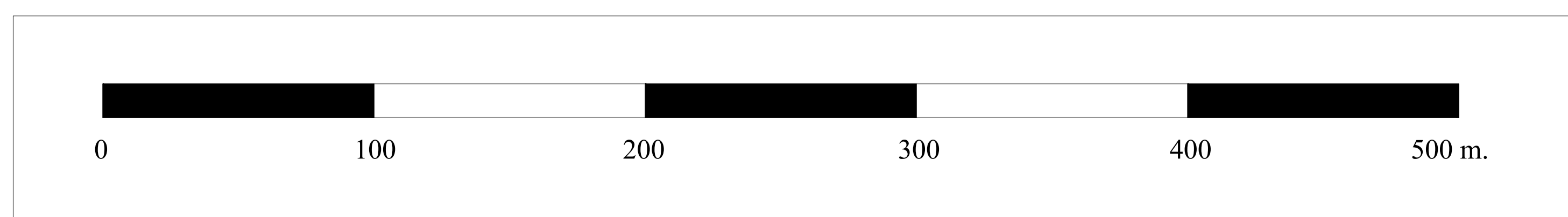
OBSERVACIONES:

Ariana Serrano B. Estudiante
Sebastián Balarezo L. Estudiante

CUENCA, AGOSTO DE 2023



Escala Gráfica



PLANOS SISTEMA DE ALCANTARILLADO
GRUPO J (PERFIL)

PARROQUIA DE QUINGEO

INGENIERÍA CIVIL Y
GERENCIA EN CONSTRUCCIONES

ESCALA: 1 / 1500

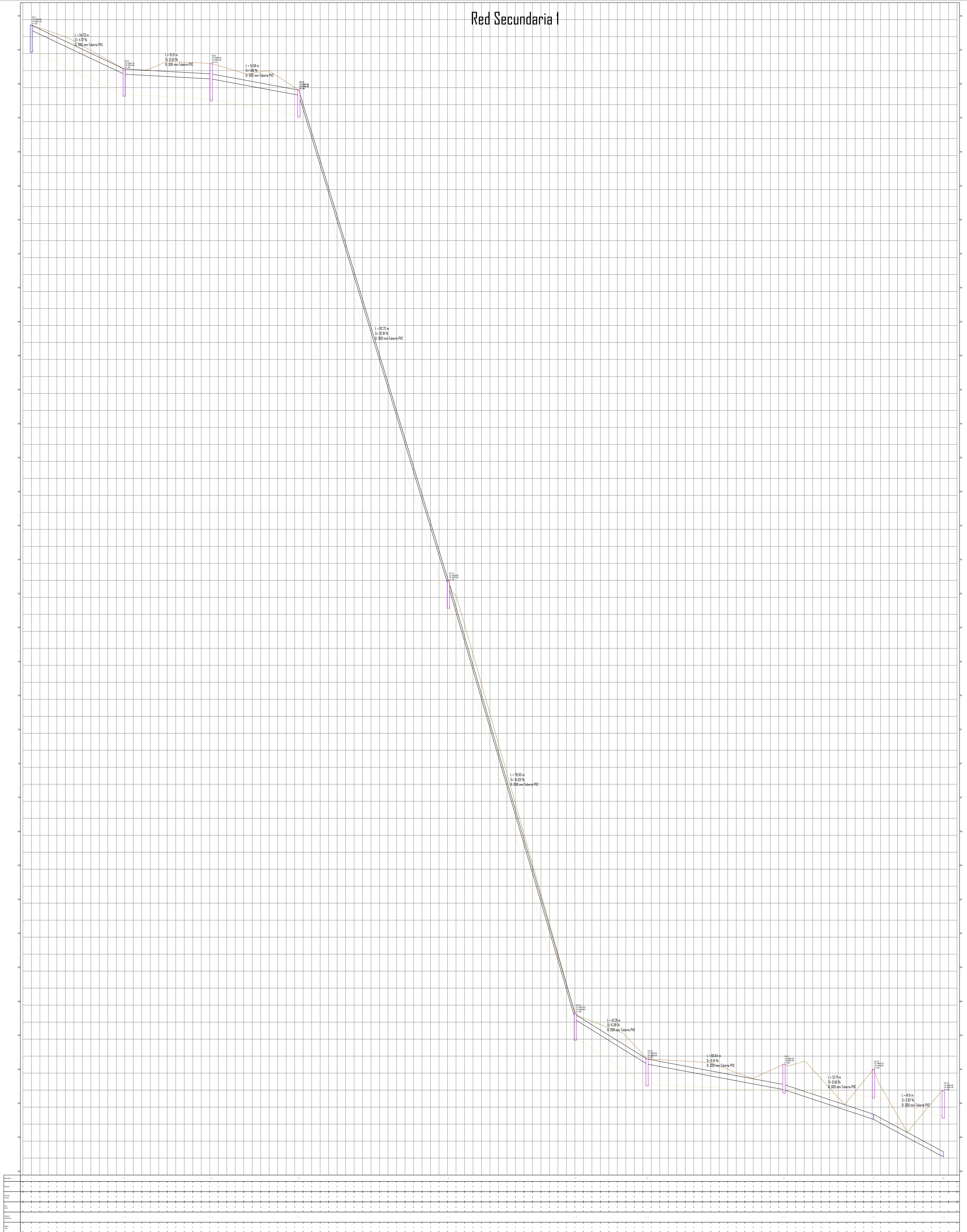
OBSERVACIONES:

Ariana Serrano B. Estudiante
Sebastián Balazero L. Estudiante



CUENCA, AGOSTO DE 2023

Red Secundaria I



Escala Gráfica



PLANOS SISTEMA DE ALCANTARILLADO
GRUPO J (PERFIL)

PARROQUIA DE QUINGEO

INGENIERÍA CIVIL Y
GERENCIA EN CONSTRUCCIONES

ESCALA: 1 / 750

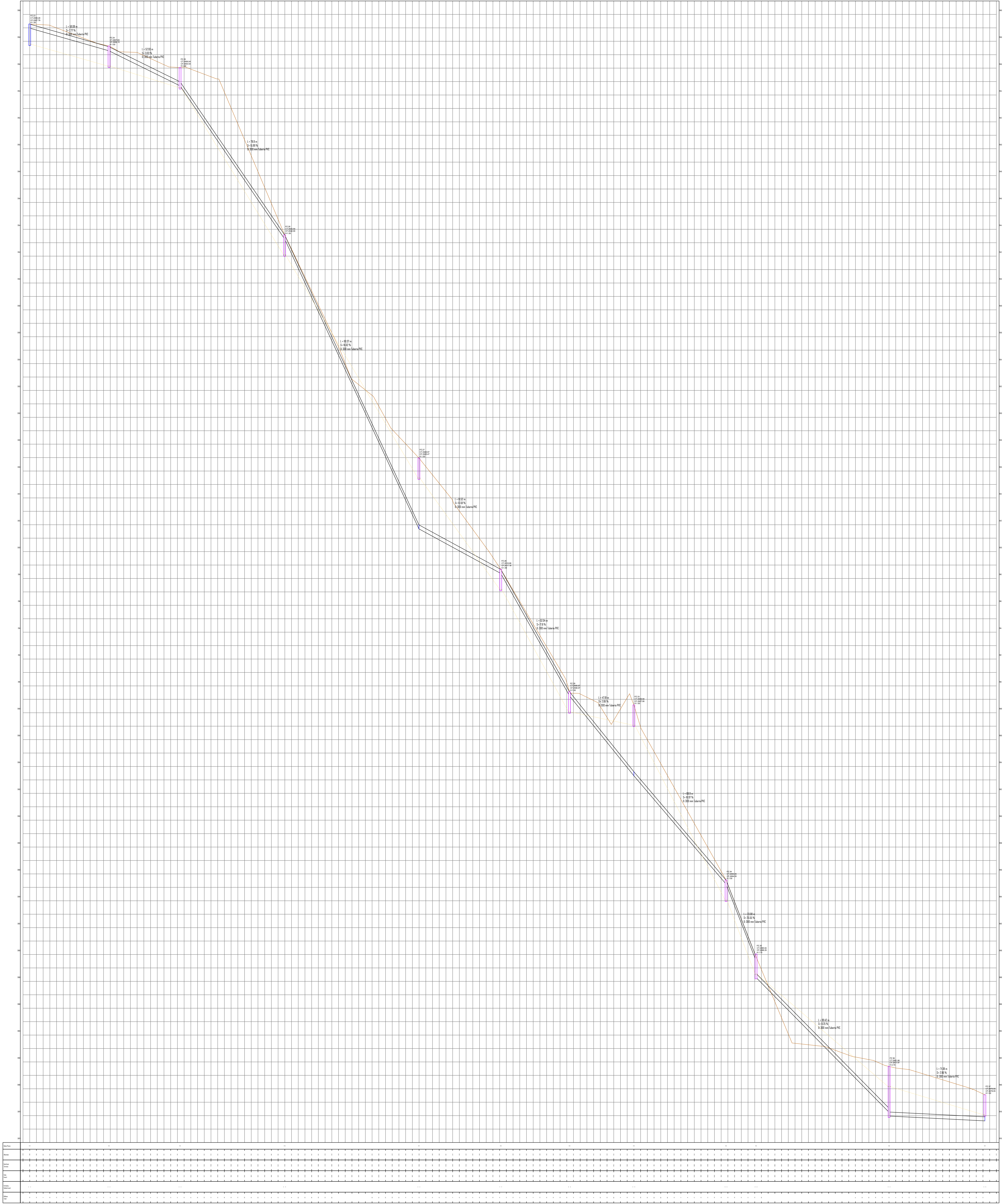
OBSERVACIONES:

Ariana Serrano B. Sebastián Balarezo L.
Estudiante Estudiante

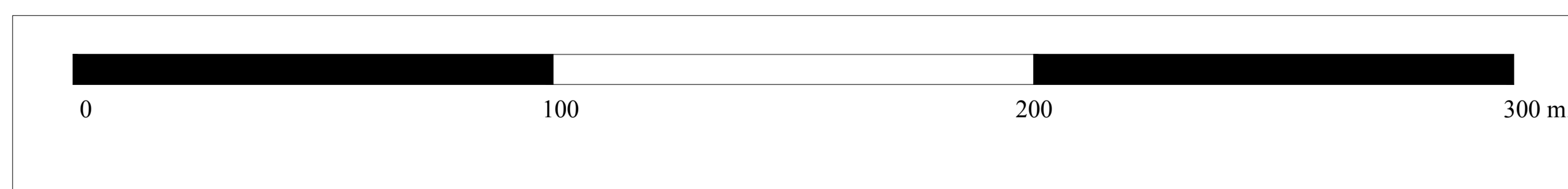
CUENCA, AGOSTO DE 2023

LAMINA 3/13





Escala Gráfica



PLANOS SISTEMA DE ALCANTARILLADO
GRUPO J (PERFIL)

PARROQUIA DE QUINGEO

INGENIERÍA CIVIL Y
GERENCIA EN CONSTRUCCIONES

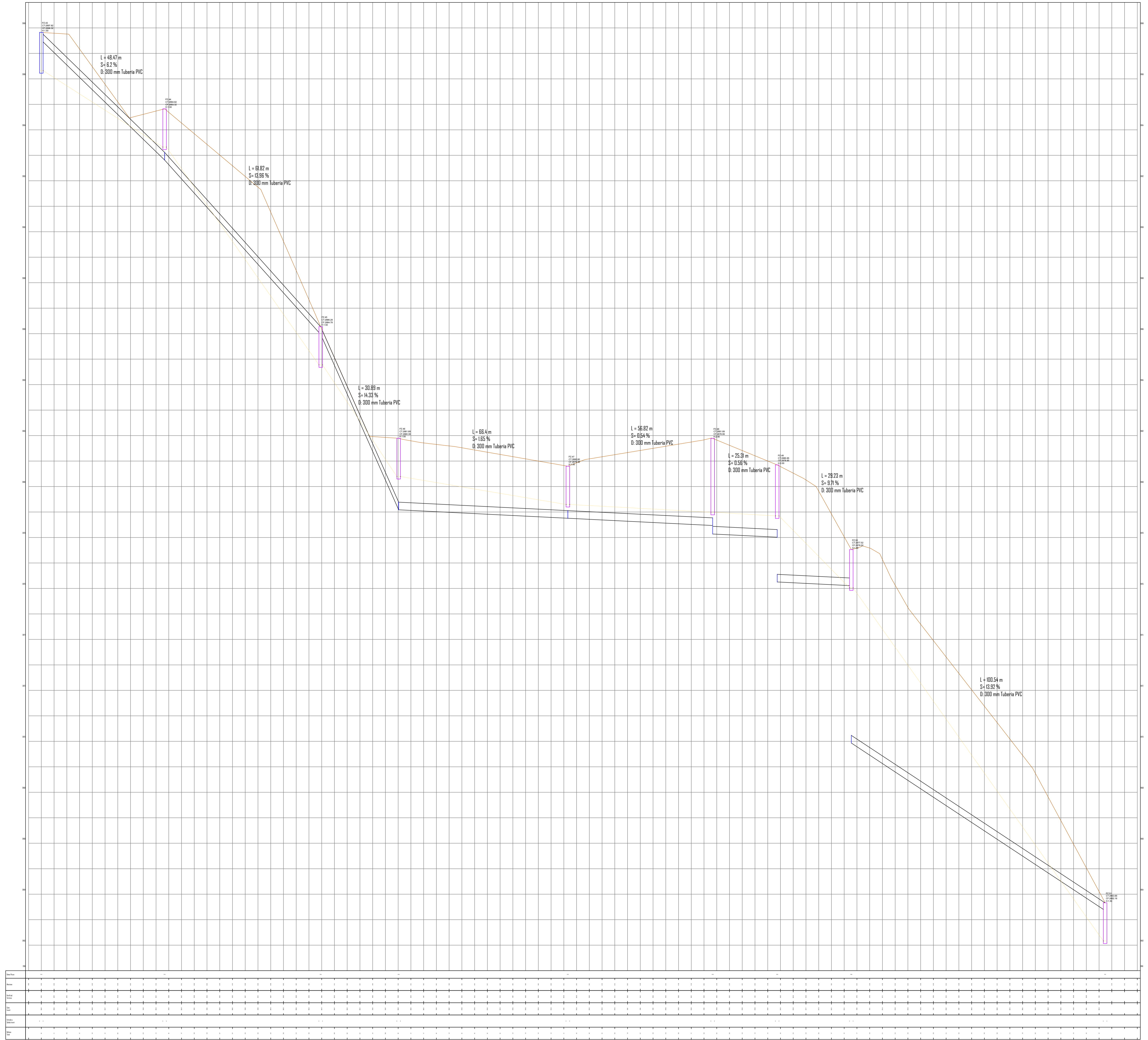
ESCALA: 1 / 1000

OBSERVACIONES:

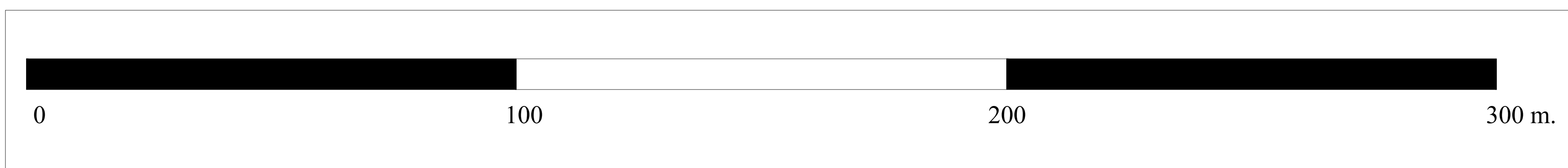


Ariana Serrano B. Sebastián Balarezo L.
Estudiante Estudiante

CUENCA, AGOSTO DE 2023



Escala Gráfica



PLANOS SISTEMA DE ALCANTARILLADO
GRUPO J (PERFIL)

PARROQUIA DE QUINGEO

INGENIERÍA CIVIL Y
GERENCIA EN CONSTRUCCIONES

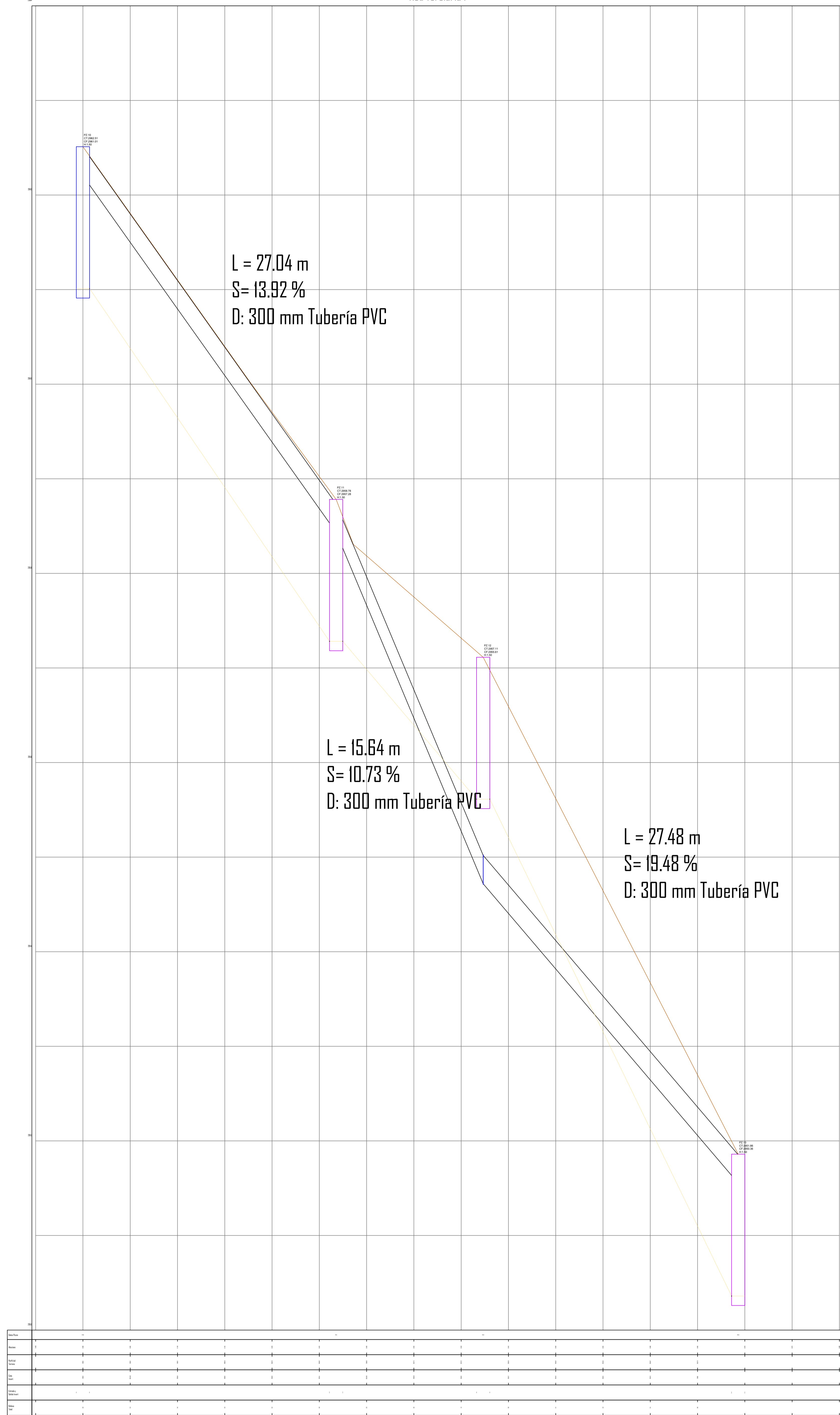


ESCALA: 1 / 600

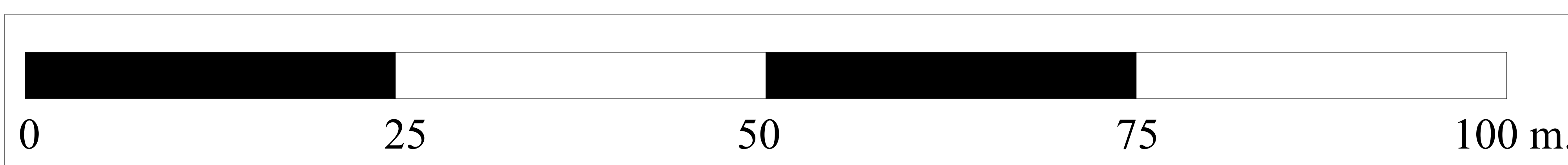
OBSERVACIONES:

Ariana Serrano B. Estudiante
Sebastián Balarezo L. Estudiante

CUENCA, AGOSTO DE 2023



Escala Gráfica



PLANOS SISTEMA DE ALCANTARILLADO
GRUPO J (PERFIL)

PARROQUIA DE QUINGEO

INGENIERÍA CIVIL Y
GERENCIA EN CONSTRUCCIONES

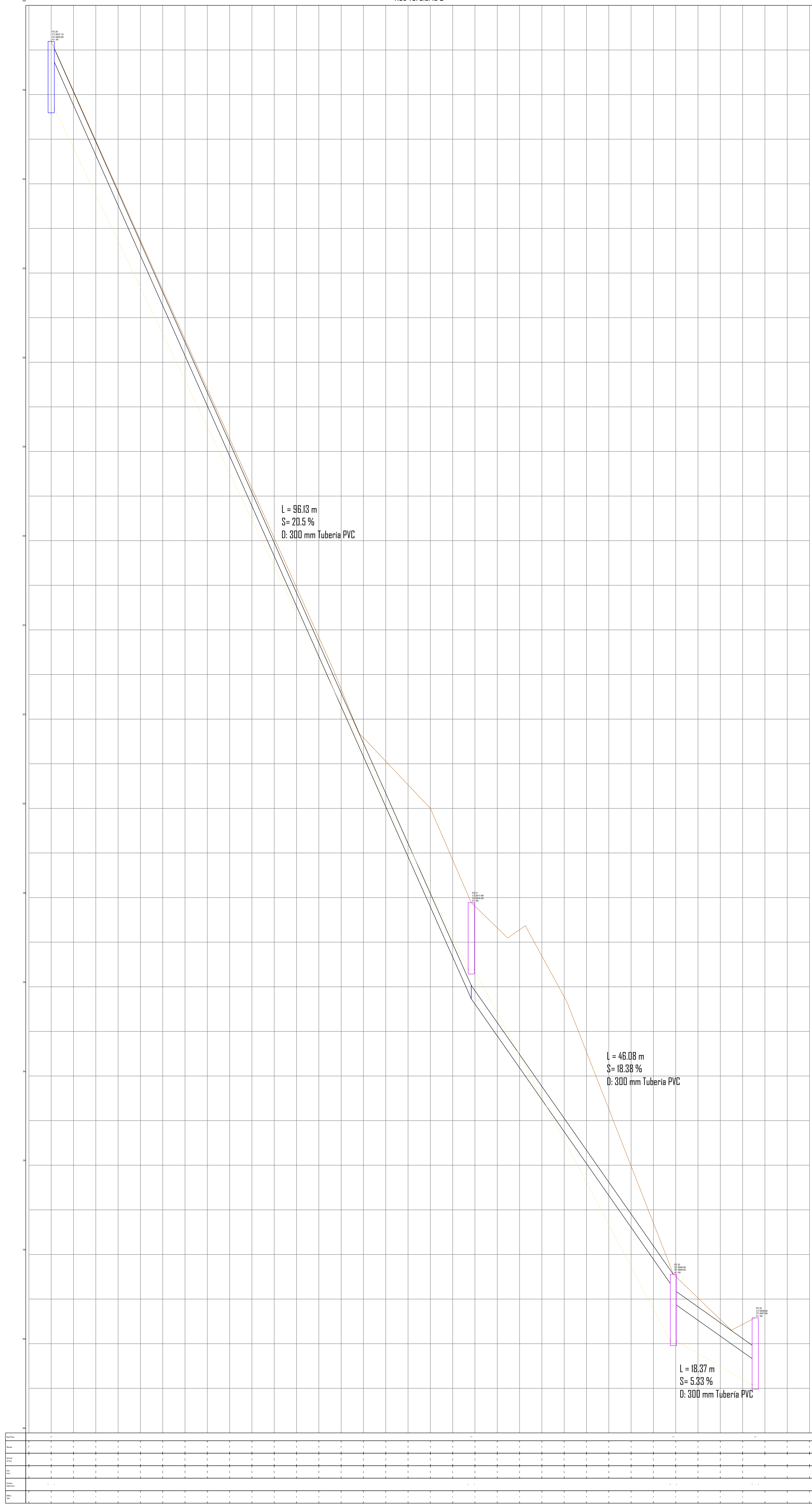
ESCALA: 1 / 200

OBSERVACIONES:

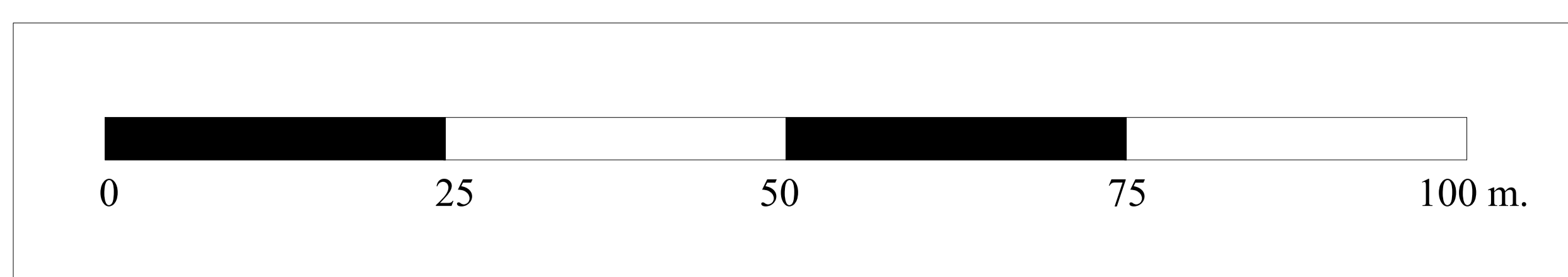


Ariana Serrano B. - Sebastián Balarezo L.
Estudiante Estudiante

CUENCA, AGOSTO DE 2023



Escala Gráfica



PLANOS SISTEMA DE ALCANTARILLADO
GRUPO J (PERFIL)

PARROQUIA DE QUINGEO

INGENIERÍA CIVIL Y
GERENCIA EN CONSTRUCCIONES

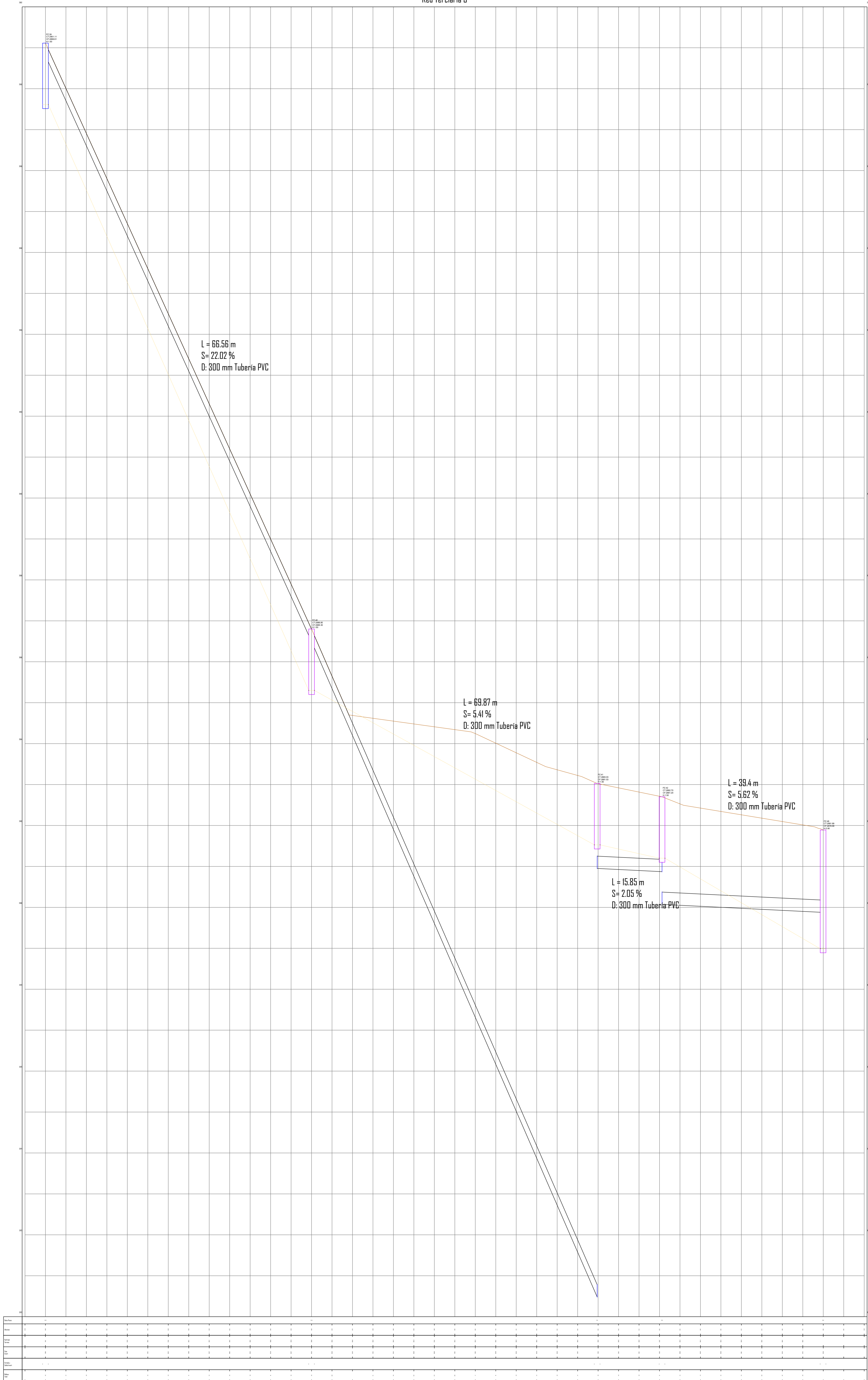


ESCALA: 1 / 350

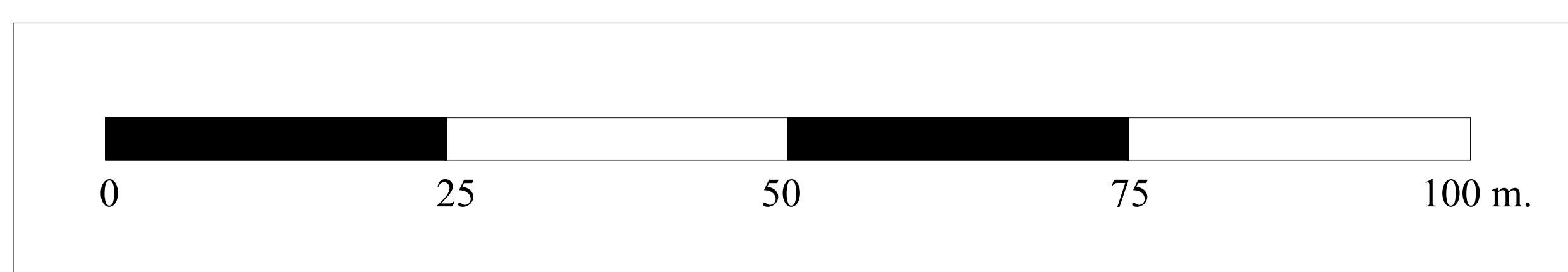
OBSERVACIONES:

Ariana Serrano B. Estudiante
Sebastián Balarezo L. Estudiante

CUENCA, AGOSTO DE 2023



Escala Gráfica



PLANOS SISTEMA DE ALCANTARILLADO
GRUPO J (PERFIL)

PARROQUIA DE QUINGEO

INGENIERÍA CIVIL Y
GERENCIA EN CONSTRUCCIONES



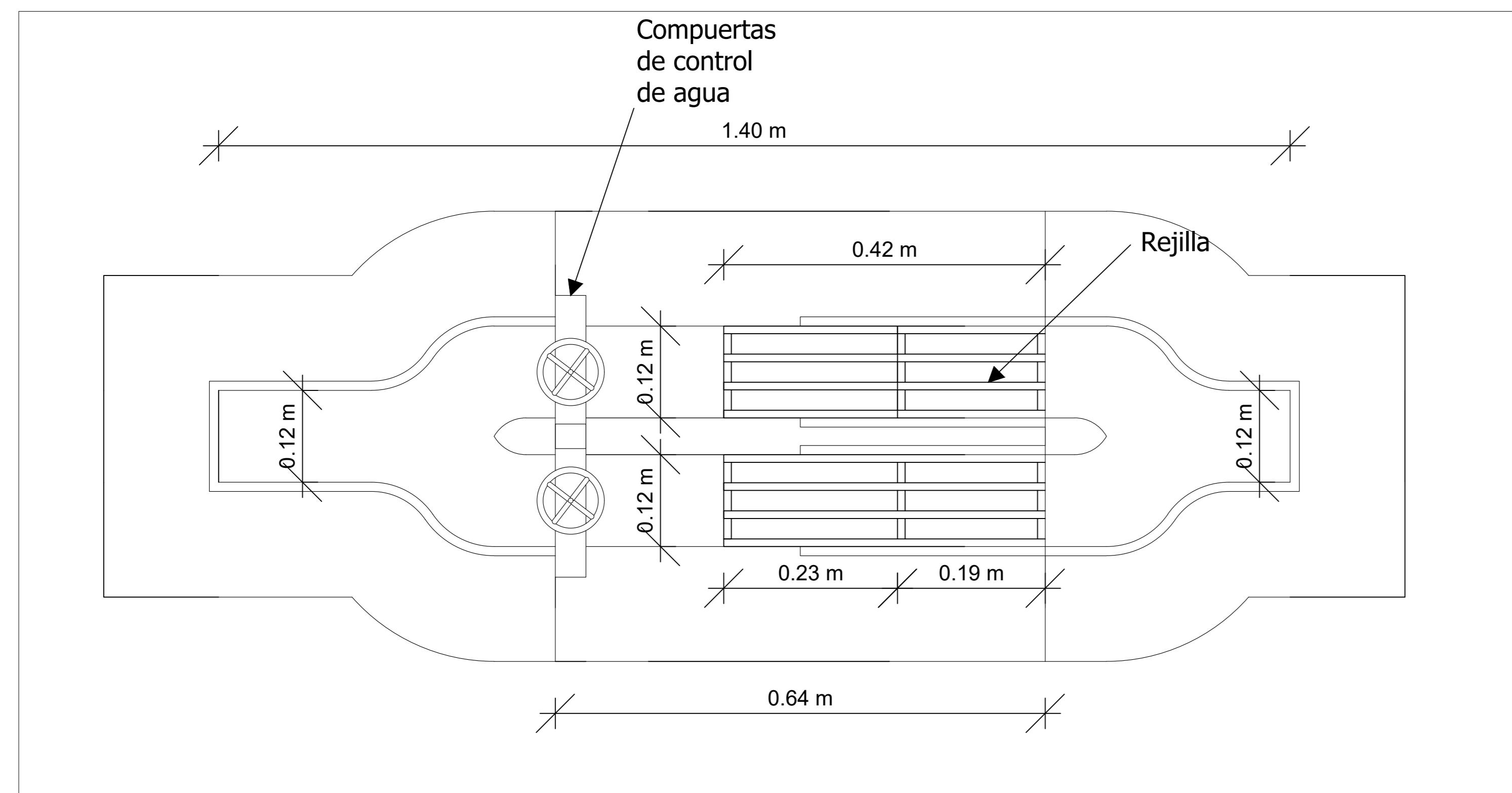
ESCALA: 1 / 350

OBSERVACIONES:

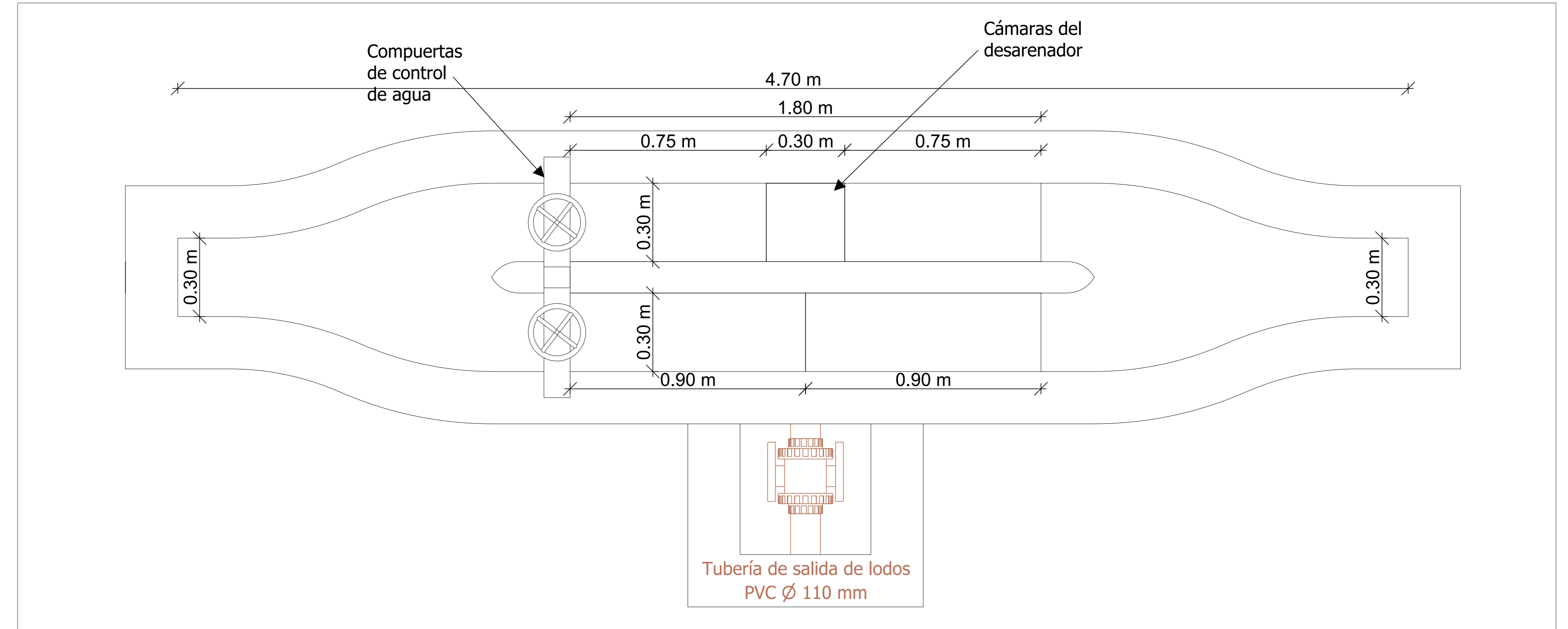
Ariana Serrano B. Estudiante
Sebastián Balarezo L. Estudiante

CUENCA, AGOSTO DE 2023

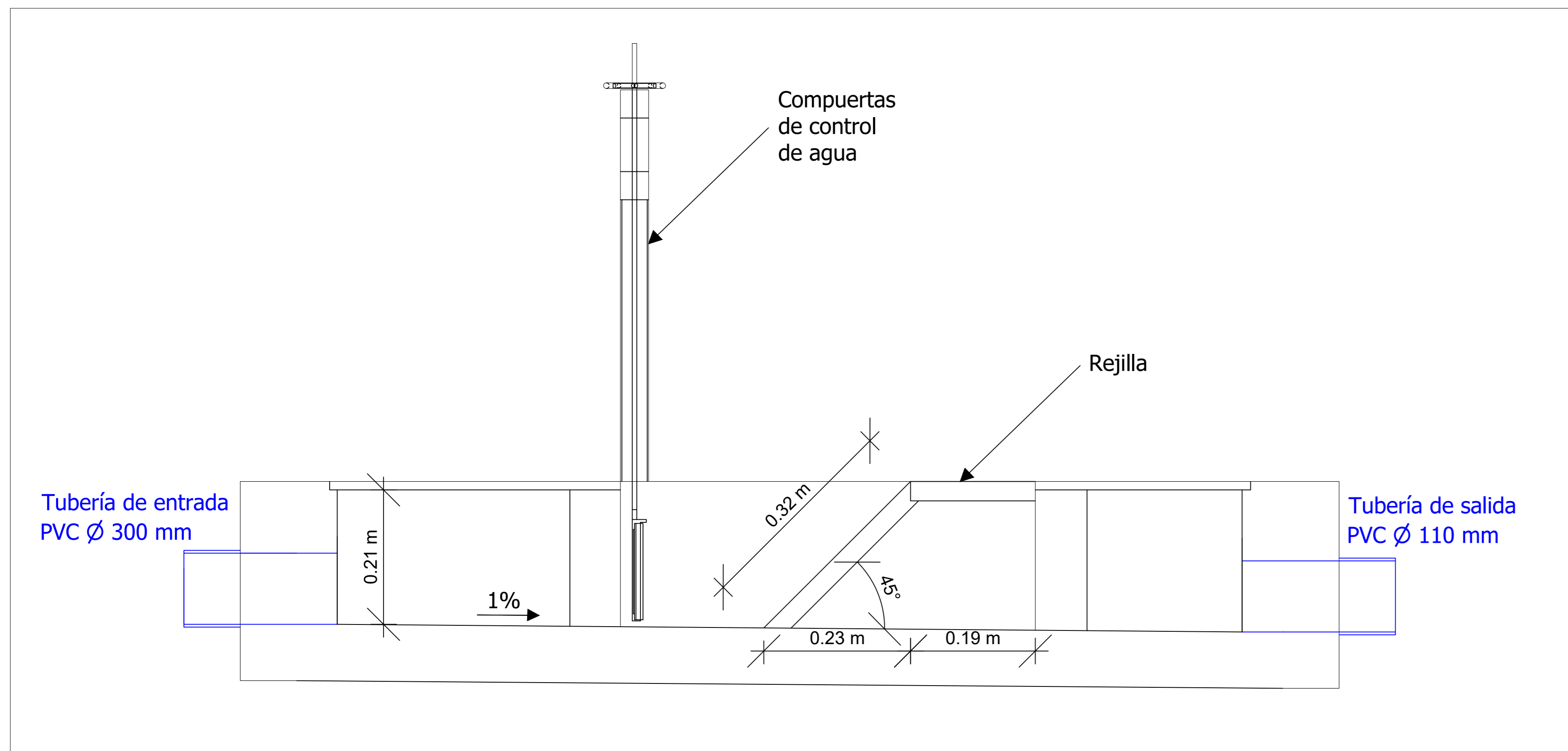
Criba
Planta
Escala 1:5



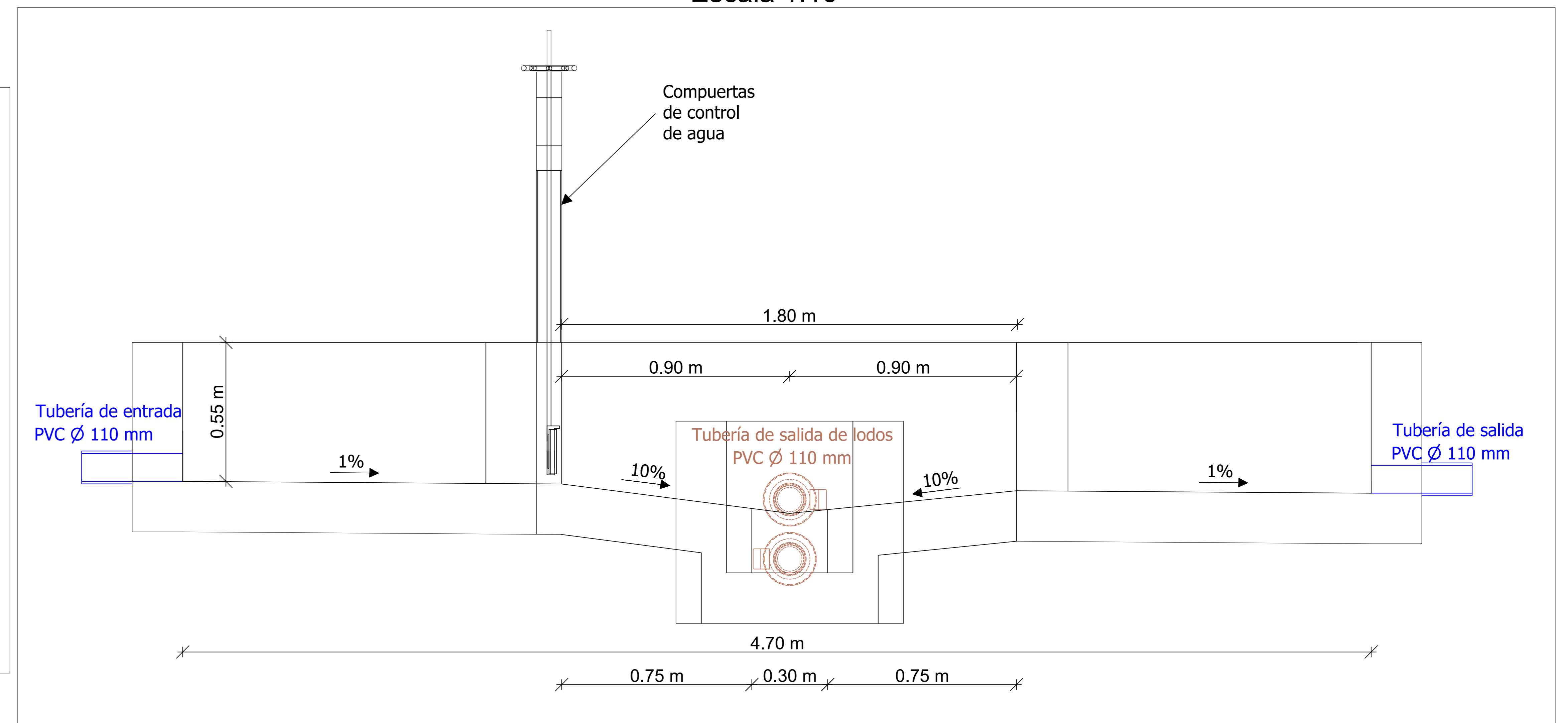
Desarenador
Planta
Escala 1:10



Criba
Perfil
Escala 1:5



Desarenador
Perfil
Escala 1:10



PLANOS DE CRIBA Y DESARENADOR PTAR

PARROQUIA DE QUINGEO

INGENIERÍA CIVIL Y
GERENCIA EN CONSTRUCCIONES



ESCALA:
INDICADAS

OBSERVACIONES:

Ariana Serrano B. Estudiante
Sebastián Balarezo L. Estudiante

CUENCA, AGOSTO DE 2023

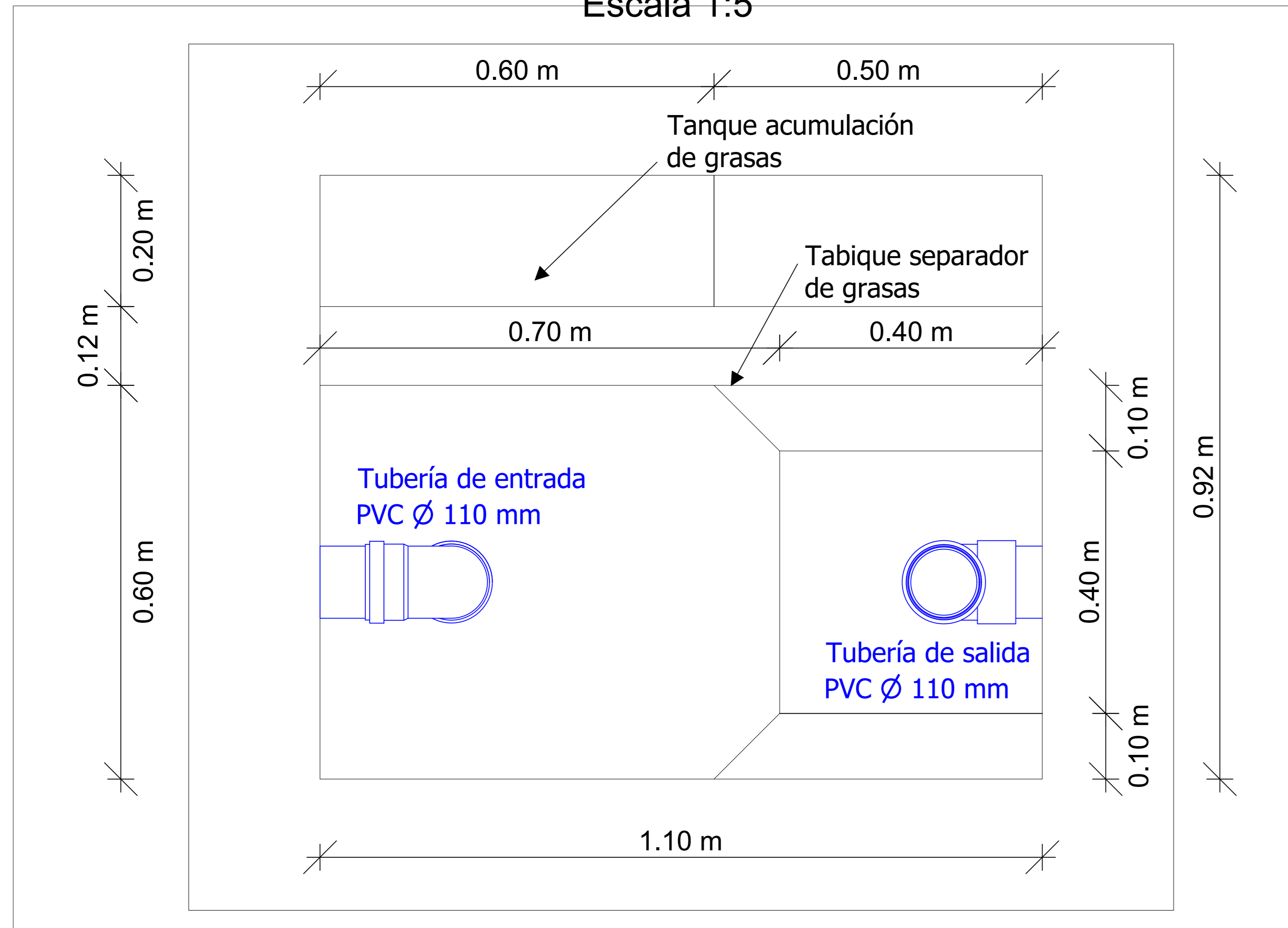
LAMINA

9/13

Trampa de grasas

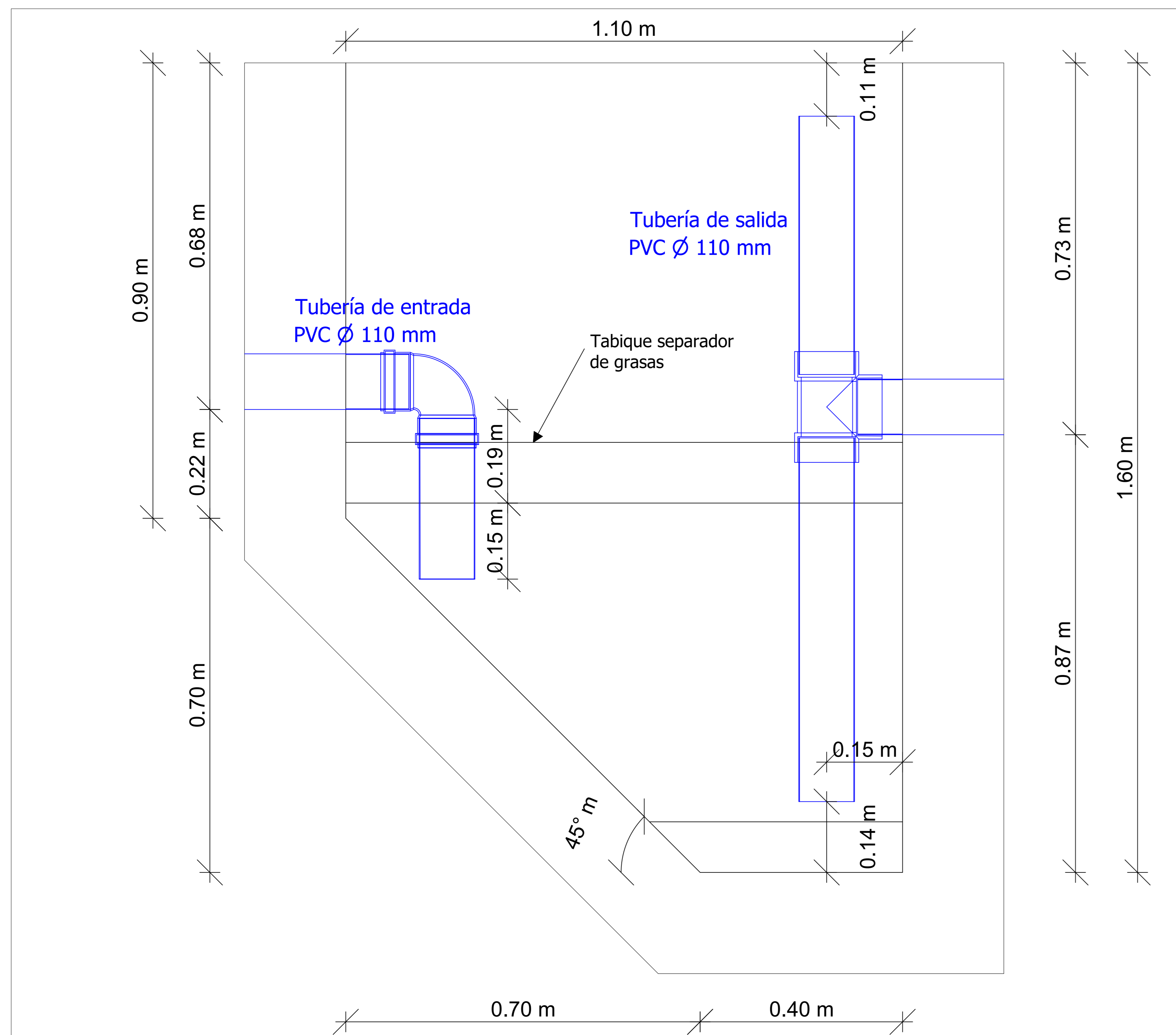
Planta

Escala 1:5



Perfil

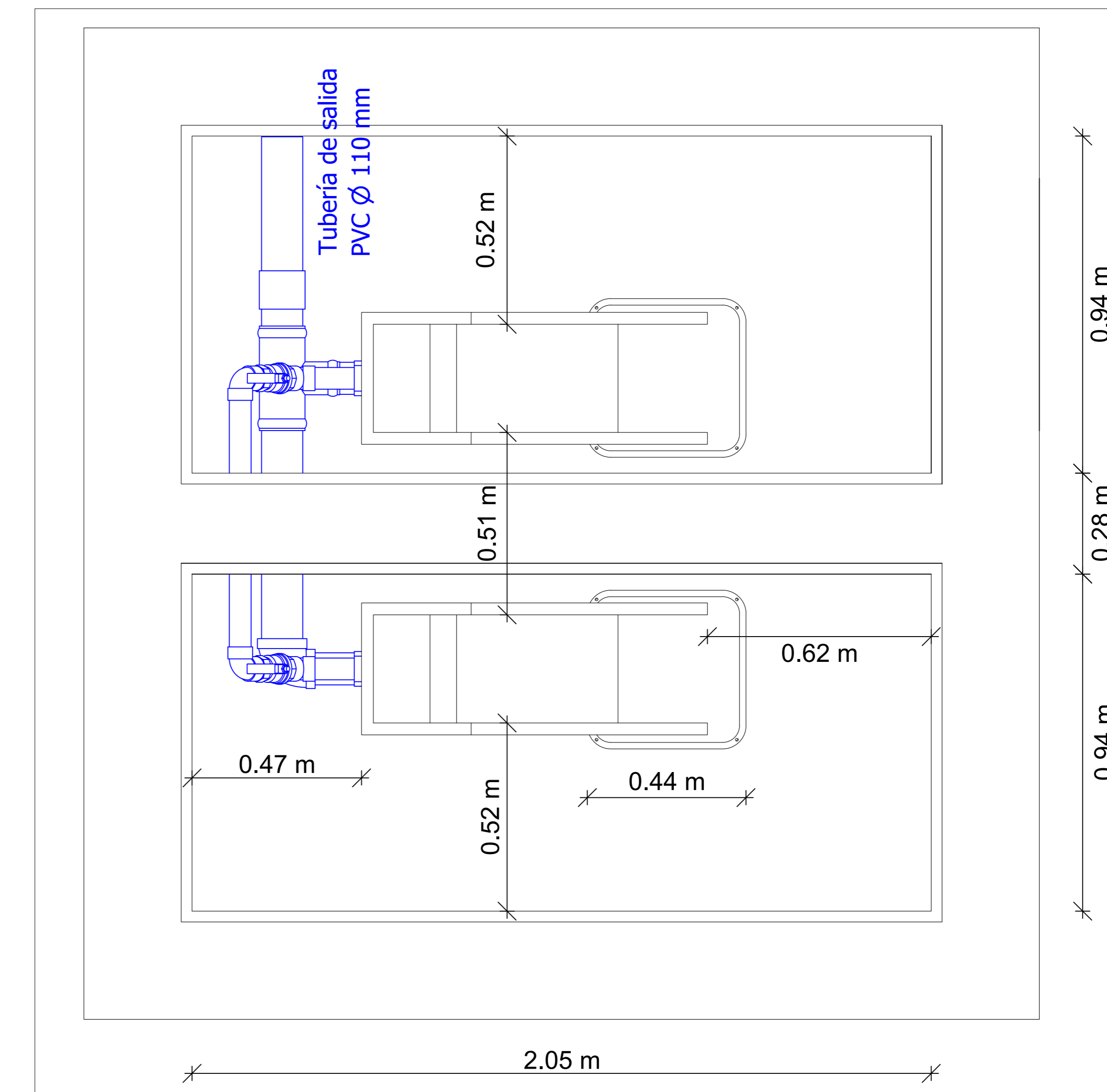
Escala 1:5



Tamiz estático

Planta

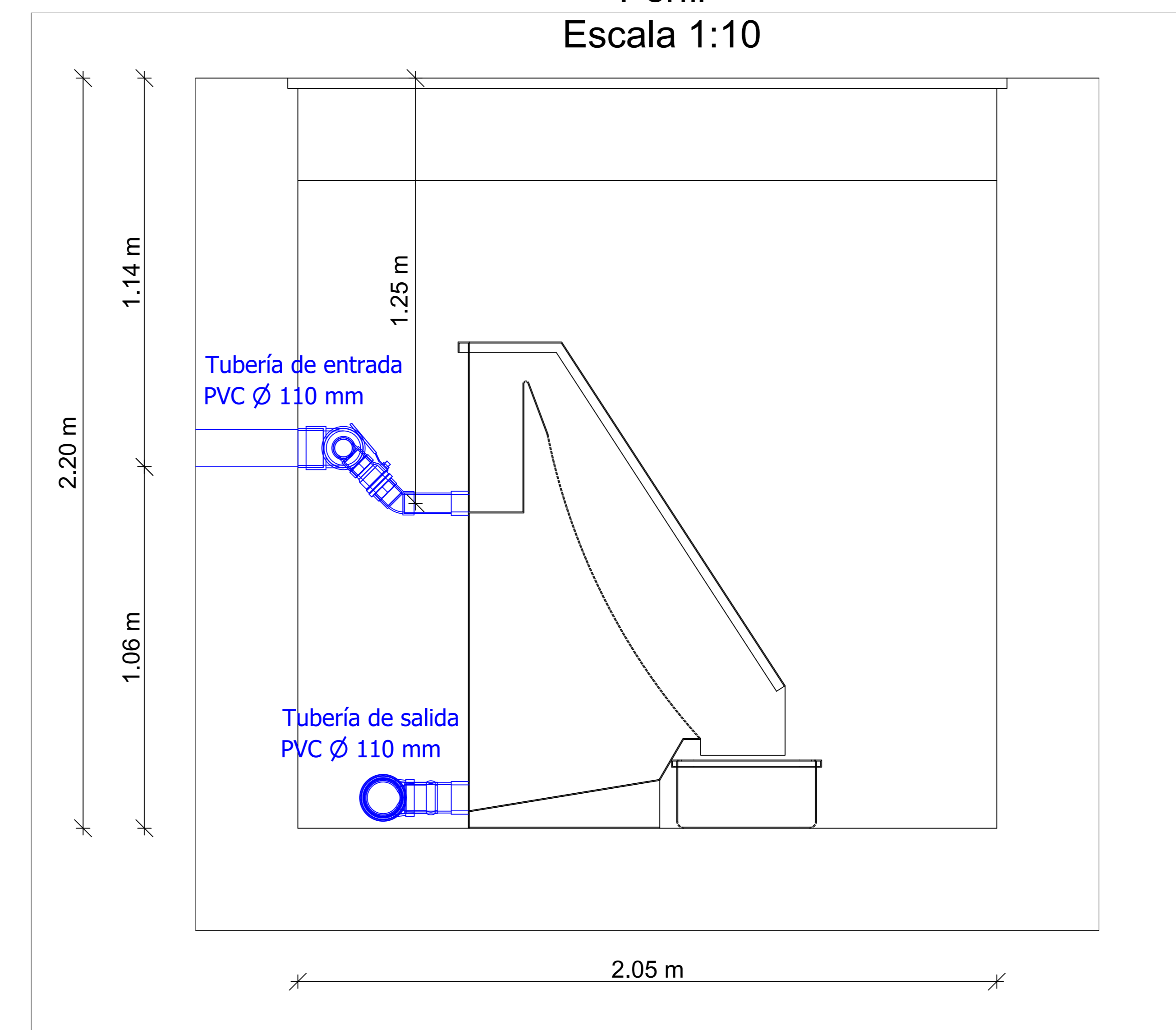
Escala 1:10




Tamiz estático

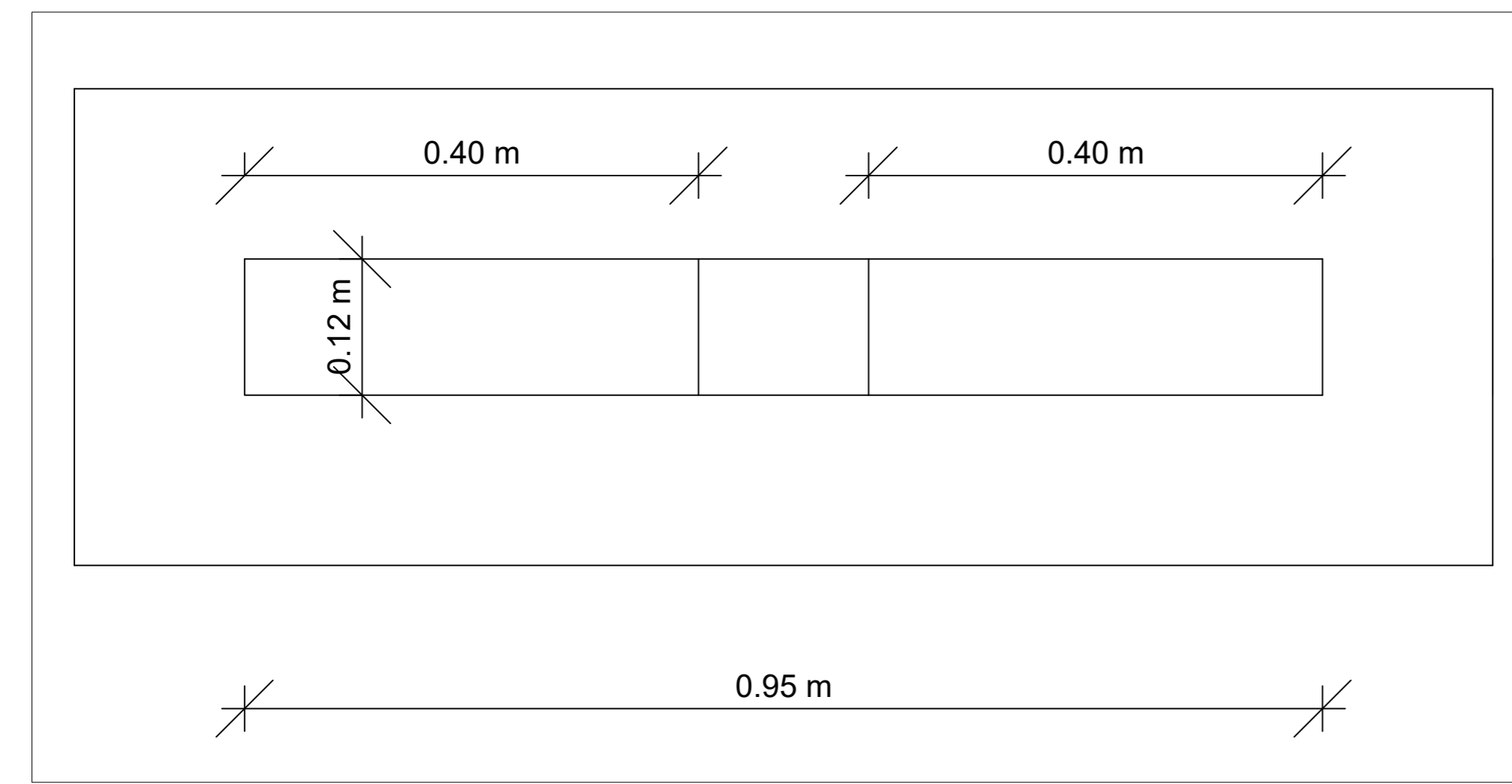
Perfil

Escala 1:10

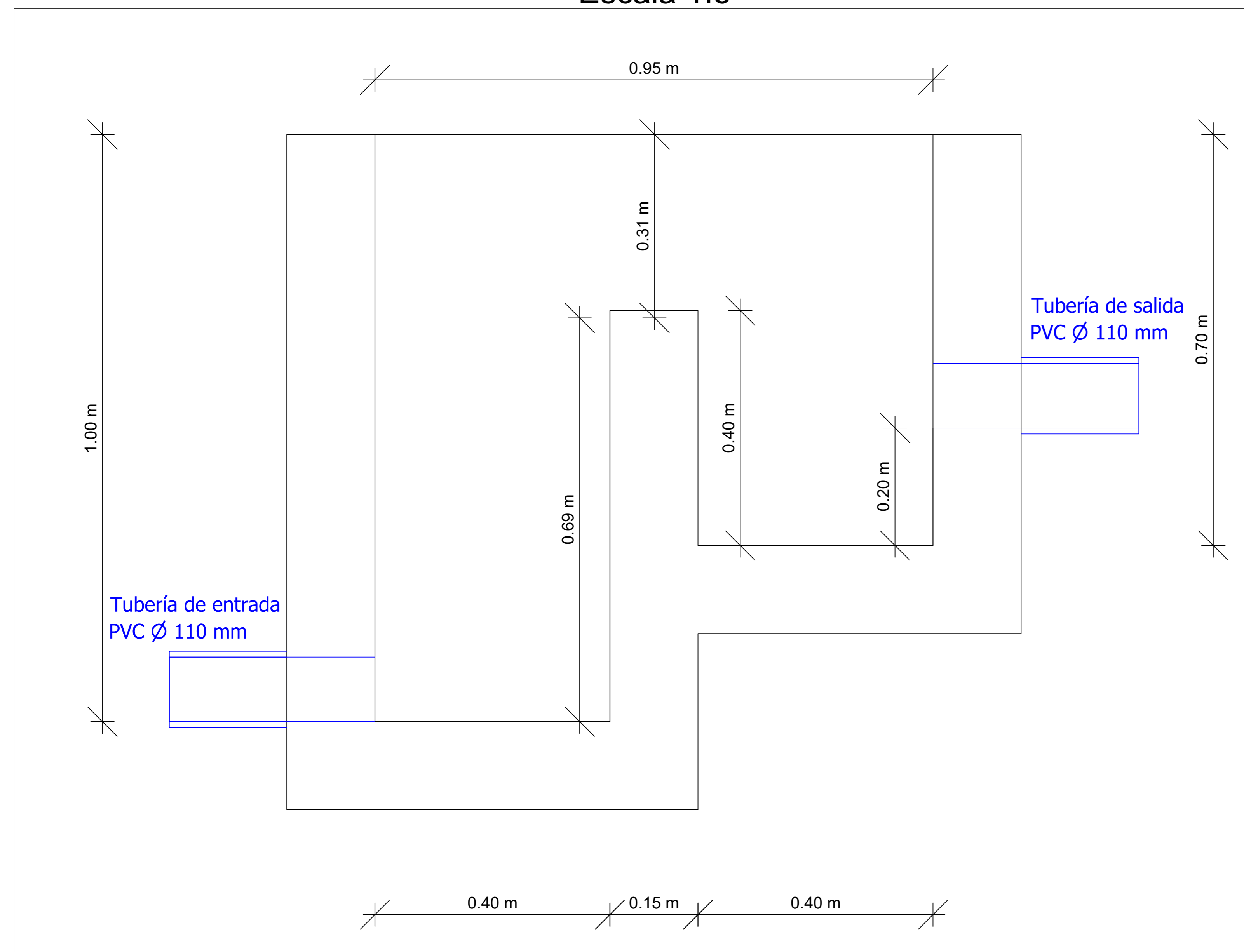


PLANOS TRAMPA DE GRASAS TAMIZ ESTÁTICO PTAR PARROQUIA DE QUINGEO	
INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA EN CONSTRUCCIONES	
ESCALA: INDICADAS	
OBSERVACIONES:	Ariana Serrano B. Estudiante Sebastián Balarezo L. Estudiante
LAMINA	10/13
CUENCA, AGOSTO DE 2023	

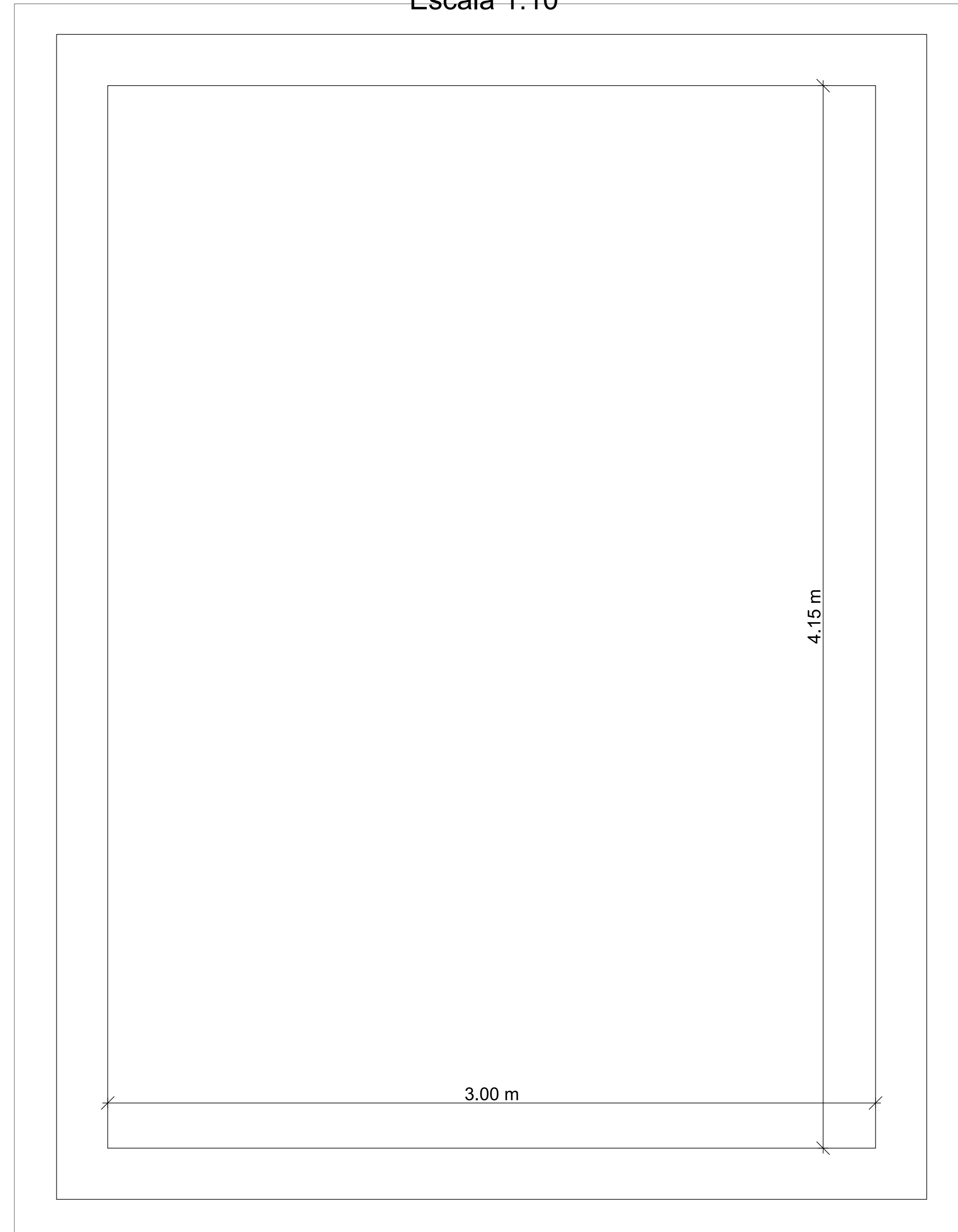
Cajón de salida
Planta
Escala 1:5



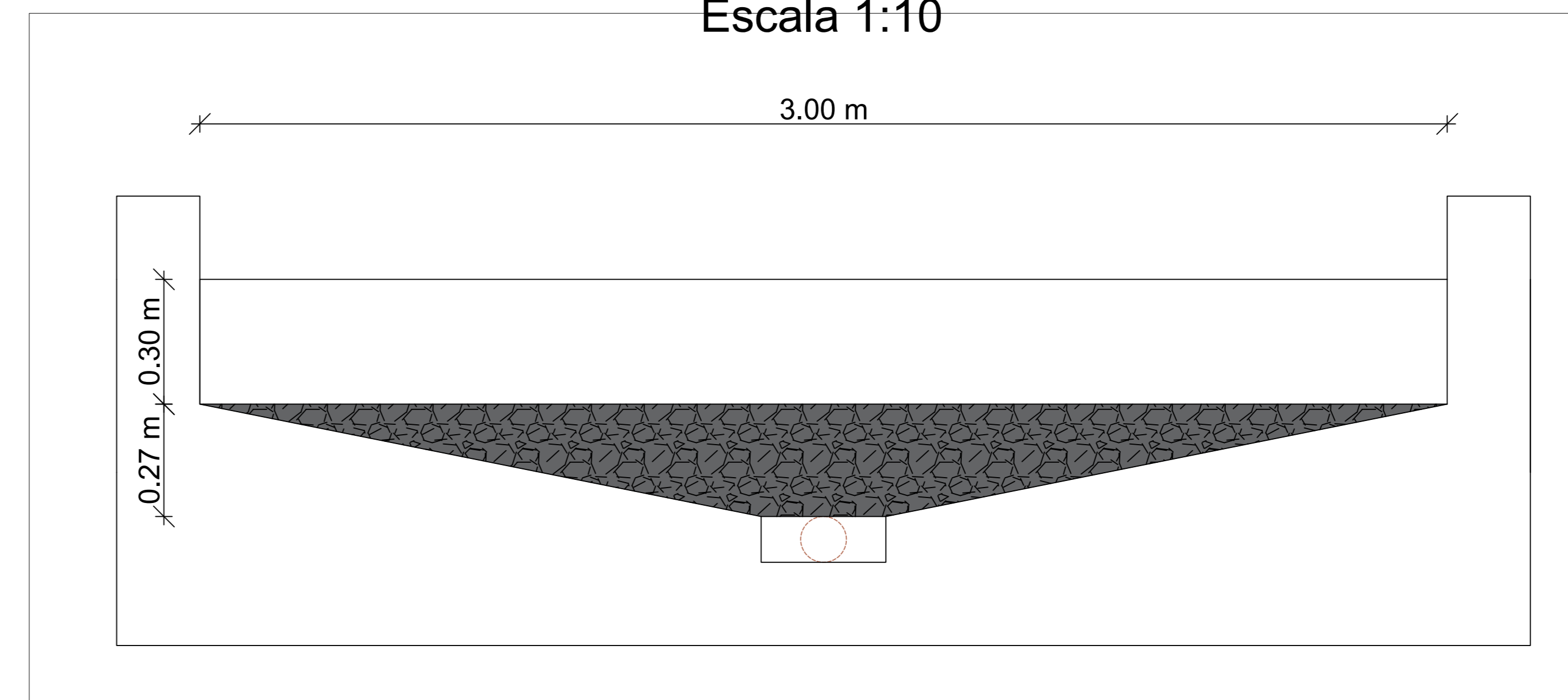
Cajón de salida
Perfil
Escala 1:5




Lecho de secado
Planta
Escala 1:10



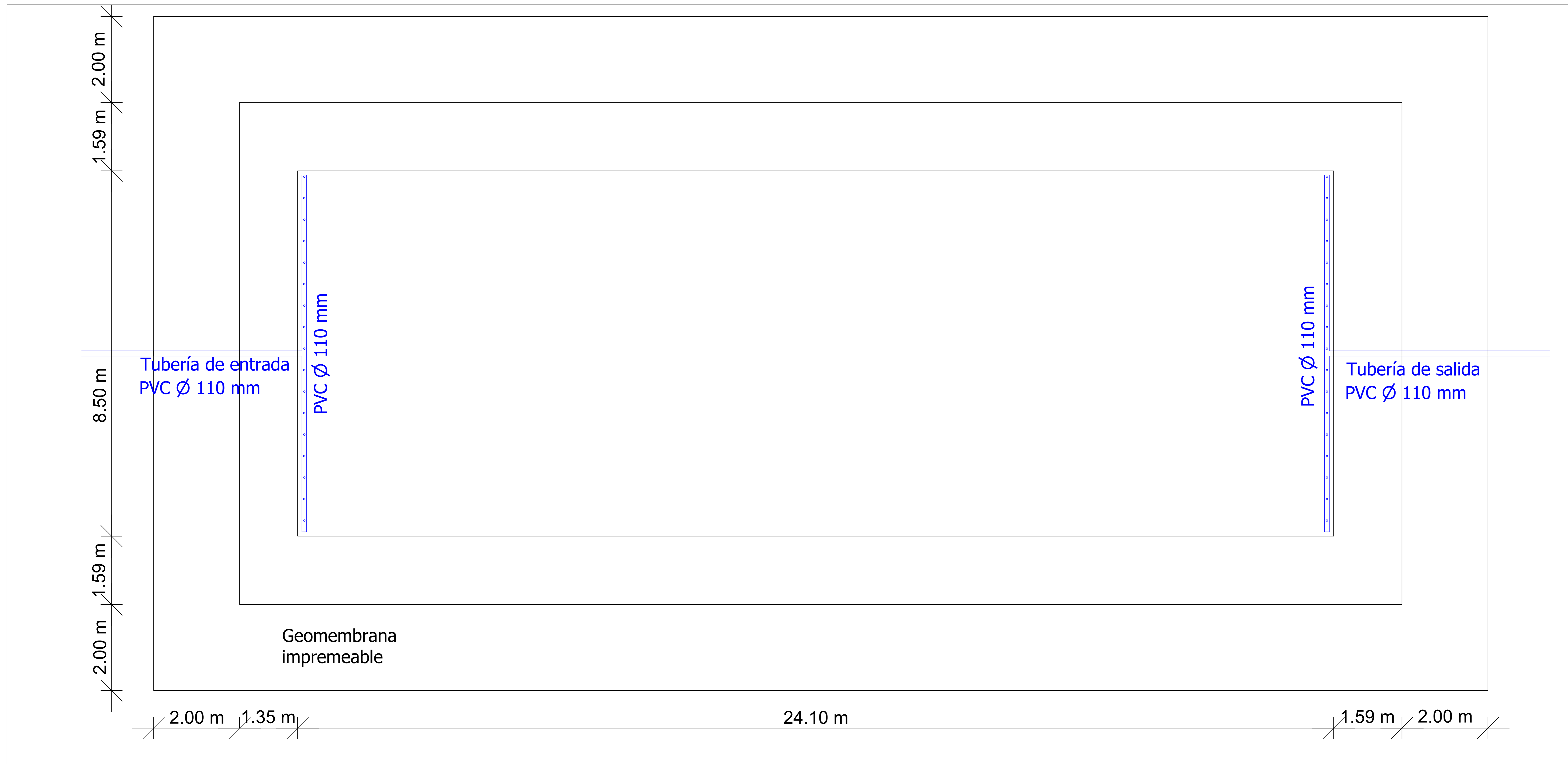
Lecho de secado
Corte
Escala 1:10



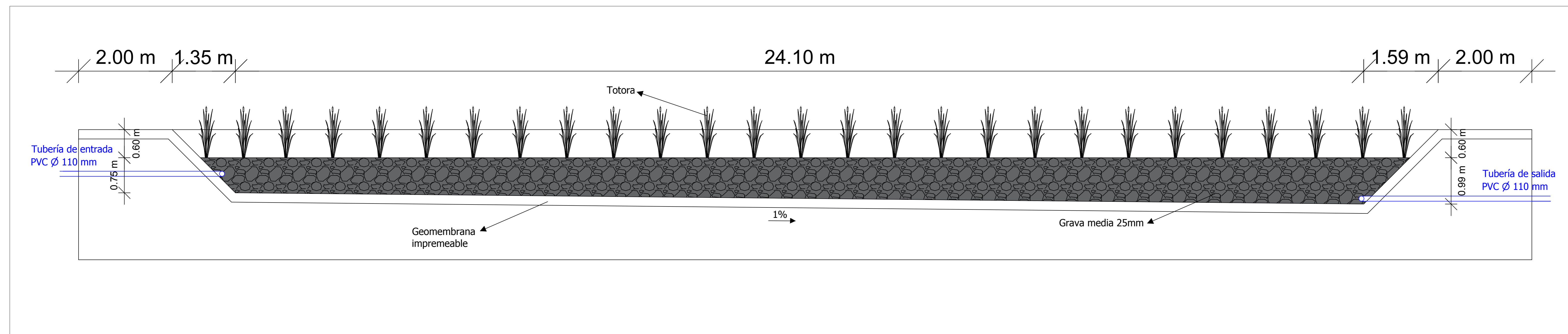
PLANOS CAJON DE SALIDA LECHO DE SECADO PTAR		
PARROQUIA DE QUINGEO		
INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA EN CONSTRUCCIONES		
ESCALA: INDICADAS		
OBSERVACIONES:	Ariana Serrano B. Estudiante Sebastián Balarezo L. Estudiante	
		CUENCA, AGOSTO DE 2023
LAMINA	11/13	

Humedal artificial de flujo subsuperficial

Planta

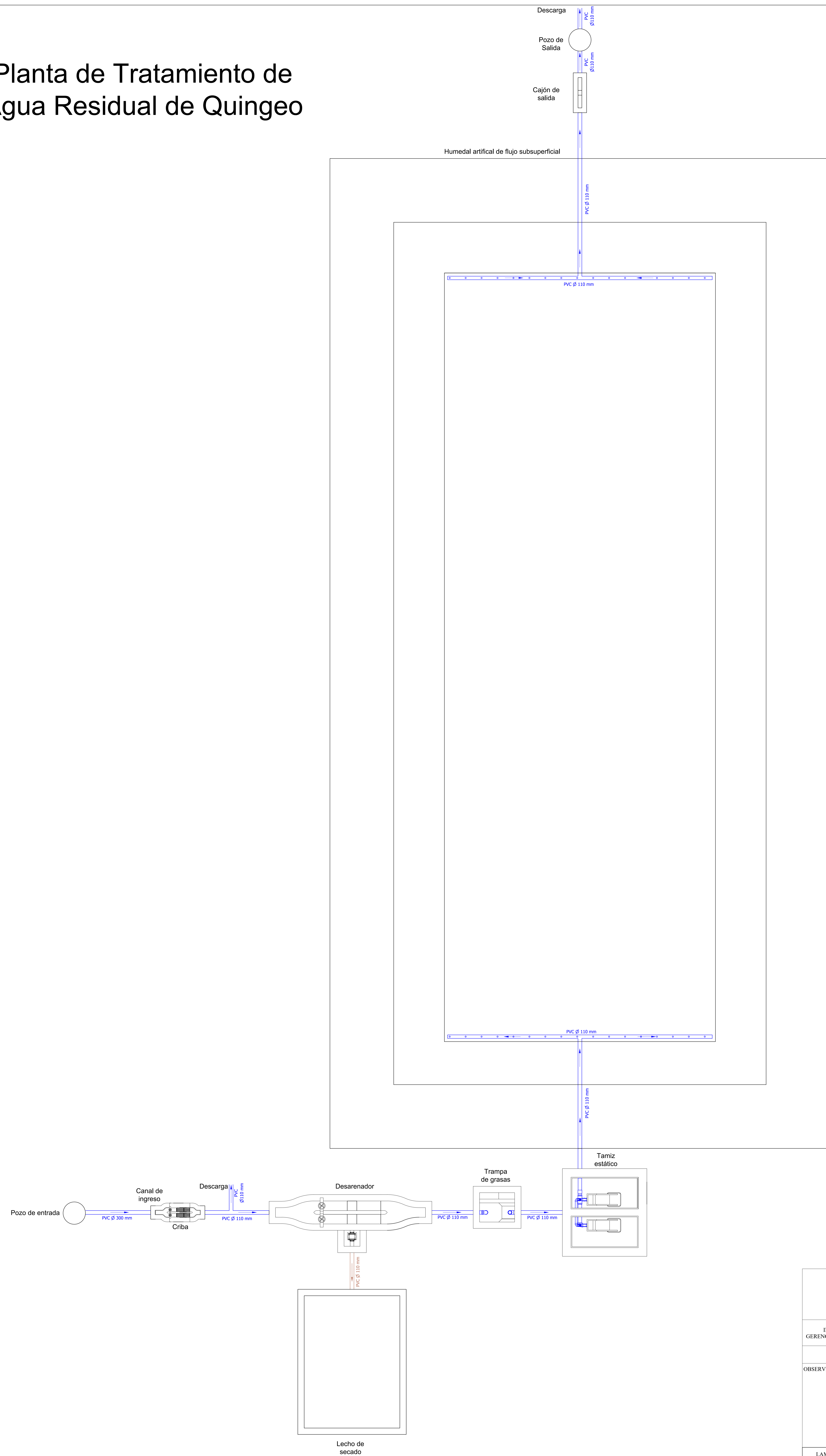



Perfil



PLANO HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PTAR PARROQUIA DE QUINGEO	
INGENIERIA CIVIL Y GERENCIA EN CONSTRUCCIONES	
ESCALA: 1:40	
OBSERVACIONES:	Ariana Serrano B. Estudiante Sebastián Balarezo L. Estudiante
CUENCA, AGOSTO DE 2023	
LAMINA	12/13

Planta de Tratamiento de Agua Residual de Quingeo



PLANTA DE TRATAMIENTO	
PARROQUIA DE QUINGEO	
INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA EN CONSTRUCCIONES	
ESCALA: 1:40	
OBSERVACIONES:	Ariana Serrano B. Estudiante Sebastián Balarezo L. Estudiante
	CUENCA, AGOSTO DE 2023
LAMINA	13/13