

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo

Económico del Litoral (ZEDE).

INGE-2689

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Carlos Alexander Román Quizhpe

Erick Joel Veas Sánchez

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

Dedicatoria

A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y los valores que me han inculcado, pilares fundamentales en mi vida.

A mi abuelita, cuyo ejemplo de fortaleza y ternura ha sido siempre una fuente de inspiración para seguir adelante.

A mis tías, por su cariño, consejos y por ser una presencia constante en mi camino, acompañándome con sus palabras de aliento.

Y en especial a mi novia Kerly Villamar, quien con su amor, comprensión y apoyo se ha convertido en mi mayor inspiración y fortaleza a lo largo de esta etapa de mi carrera. Su confianza en mí me ha dado el impulso necesario para superar cada desafío y alcanzar este logro.

A todos ustedes, dedico con gratitud y amor cada esfuerzo que me ha llevado hasta aquí.

Carlos Alexander Román Quizhpe

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte de este proceso. En primer lugar, agradezco a Dios por darme la fortaleza y perseverancia en esta etapa de vida. Agradezco a mi tutora M.Sc. Bethy Merchán, por su ejemplar guía y formación profesional, su paciencia, conocimiento y dedicación han sido esenciales para el desarrollo de este proyecto. A mi familia, gracias por su amor y paciencia, a mis padres por su apoyo incondicional, han motivado mis ánimos en los duros momentos. A mi compañero Carlos, por sobrellevar este proceso con responsabilidad.

Erick Joel Veas Sánchez

A mi tutora de tesis, M.Sc. Bethy Merchán, por su paciencia y guía invaluable, que fueron clave para culminar este proyecto. A mi compañero de tesis, Erick, por su dedicación y trabajo en equipo a lo largo de este proceso. Y a todos quienes contribuyeron a este logro, mi más profundo agradecimiento.

Carlos Alexander Román Quizhpe

Declaración Expresa

Nosotros **Erick Joel Veas Sanchez** y **Carlos Alexander Roman Quizhpe** acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá a los autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 18 de octubre del 2024.



Erick Joel Veas Sanchez



Carlos Alexander Roman Quizhpe

Evaluadores

MSc. Lenin Dender

Profesor de Materia

M.Sc. Bethy Merchán

Tutor de proyecto

Resumen

La Zona Especial de Desarrollo Económico (ZEDE) del Litoral está ubicada dentro del Campus de la ESPOL, con 131 ha. Se proyecta una población de 533 personas, de las cuales actualmente hay 108. Sin embargo, el sistema de alcantarillado sanitario (AASS) existente en la ESPOL, es insuficiente para satisfacer las necesidades sanitarias de la ZEDE del Litoral, cuyo único componente de alcantarillado disponible es una planta depuradora (PDAR) que recibe las aguas residuales del edificio Centro de Tecnologías de Información (CTI). En este contexto, el proyecto planteó diseñar el sistema de alcantarillado sanitario (redes de recolección y el sistema depurador), mediante un análisis técnico y con criterios de sostenibilidad, para la prevención de la contaminación por aguas residuales. Las actividades fueron: i) levantamiento y procesamiento de información; ii) análisis de la PDAR existente para su repotenciación; iii) propuesta y valoración de alternativas; iv) diseño del sistema; v) análisis de impacto ambiental, planos, manual de operación y mantenimiento (O&M), presupuesto y especificaciones técnicas. Los resultados muestran 1.63 km de tuberías con diámetros entre Ø100 a Ø200 mm, 35 pozos de inspección y 155 cajas domiciliarias. Para la repotenciación, los 2 tanques de aireación serán unificados (2.5m x 5m x 3.5m) y equipados con 16 difusores de burbuja fina; el clarificador tendrán dos módulos rectangulares (1.5m x 4m x 3.5m), con una bomba de impulsión de 1/4 HP. El digestor de lodos será cilíndrico, con Ø 4.5 m y una altura de 4.5 m, que generará 35 kWh/día de energía por la producción de biogás. El presupuesto referencial es de USD 210.950,72 + IVA. Para hacer frente al aspecto ambiental, se tiene un presupuesto de USD 8.763,21 + IVA para la fase constructiva (CAPEX). Por tanto, el valor total del proyecto en su fase constructiva es de USD 219.713,93 + IVA, mientras que los gastos de O&M es de USD 23.730,46 + IVA por año.

Palabras Clave: planta depuradora, industrias innovadoras, ZEDE del Litoral, AASS

Abstract

The Special Economic Development Zone (ZEDE) of Litoral is located within the ESPOL Campus, covering an area of 131 hectares. A population of 533 people is projected, with a current population of 108. However, the existing sanitary sewer system (AASS) at ESPOL is insufficient to meet the sanitary needs of ZEDE Litoral, whose only available sewer component is a treatment plant (PDAR) that receives wastewater from the Information Technology Center (CTI) building. In this context, the project aimed to design the sanitary sewer system (collection networks and the treatment system) through technical analysis and sustainability criteria to prevent wastewater pollution. The activities carried out included: i) data collection and processing; ii) analysis of the existing PDAR for its repowering; iii) proposal and evaluation of alternatives; iv) system design; v) environmental impact analysis, drawings, operation and maintenance (O&M) manual, budget, and technical specifications. The results include 1.63 km of pipelines with diameters ranging from Ø100 to Ø200 mm, 35 inspection wells, and 155 household connection boxes. For the repowering, the two aeration tanks will be unified (2.5m x 5m x 3.5m) and equipped with 16 fine-bubble diffusers; the clarifier will feature two rectangular modules (1.5m x 4m x 3.5m) with a 1/4 HP pumping system. The sludge digester will be cylindrical, with Ø4.5m and a height of 4.5m, generating 35 kWh/day of energy from biogas production. The reference budget is USD 210,950.72 + IVA. To address environmental considerations, a budget of USD 8,763.21 + IVA is allocated for the construction phase (CAPEX). Therefore, the total value of the project during its construction phase is USD 219,713.93 + IVA, while the O&M expenses are USD 23,730.46 + IVA per year.

Keywords: treatment plant, innovative industries, ZEDE Litoral, AASS

Índice general

Resumen.....	1
Abstract.....	2
Índice general.....	3
Abreviaturas.....	9
Simbología.....	10
Índice de figuras.....	11
Índice de tablas.....	12
Capítulo 1.....	15
1. Introducción.....	16
1.1 Antecedentes.....	16
1.2 Descripción del Problema.....	18
1.3 Justificación del Problema.....	19
1.4 Objetivos.....	20
1.4.1 Objetivo general.....	20
1.4.2 Objetivos específicos.....	20
1.5 Esquema metodológico.....	20
Capítulo 2.....	22
2. Materiales y métodos.....	23
2.1 Revisión de literatura.....	23

2.1.1	Cuenca hidrográfica	23
2.1.2	Periodo de diseño	23
2.1.3	Población futura	23
2.1.4	Red de alcantarillado sanitario	24
2.1.5	Criterios de diseño de la red de alcantarillado	25
2.1.6	Aguas residuales.	27
2.1.7	Planta depuradora de aguas residuales (PDAR)	27
2.1.8	PDAR de lodos activados	28
2.1.9	Operaciones y procesos unitarios.....	28
2.2	Zona de estudio	32
2.2.1	Justificación de terreno y topografía – verificación de puntos de control	37
2.2.2	Temperatura y precipitación	41
2.3	Trabajos de campo y laboratorio.....	42
2.3.2	Levantamiento de la infraestructura.....	45
2.4	Análisis y selección de alternativas	46
Capítulo 3.....		50
3.	Diseño y especificaciones	51
3.1	Normas, códigos y reglamentos	51
3.2	Diseño de la red de alcantarillado sanitario	51
3.2.1	Población de diseño	53

3.2.2	Densidad poblacional.....	54
3.2.3	Dotación.....	55
3.2.4	Caudales de diseño.....	56
3.2.5	Pendiente.....	59
3.2.6	Diámetro comercial.....	59
3.2.7	Velocidad a tubería llena	60
3.2.8	Caudal a tubería llena.....	60
3.2.9	Tiempo de flujo.....	61
3.2.10	Relaciones hidráulicas	61
3.2.11	Tirante de diseño.....	62
3.2.12	Velocidad de diseño.....	63
3.2.13	Tensión tractiva.....	63
3.3	Método constructivo del sistema de alcantarillado sanitario	64
3.3.1	Cota de terreno	64
3.3.2	Profundidad hidráulica.....	64
3.3.3	Número de Froude	64
3.3.4	Régimen supercrítico	65
3.3.5	Cota de proyecto	68
3.4	Criterios de evaluación de la PDAR - CTI	69
3.4.1	Definición de los parámetros de diseño	69

3.4.2	Justificación de los sólidos suspendidos volátiles en la entrada	69
3.4.3	Depuración preliminar	70
3.4.4	Depuración Primaria	72
3.4.5	Depuración Secundaria	72
3.4.6	Tratamiento de Lodos	75
3.5	Repotenciación de la PDAR - CTI.....	77
3.5.1	Rejillas Finas.....	77
3.5.2	Tanque de Aireación	77
3.5.3	Tanque Clarificador	80
3.5.4	Tanque Digestor de lodos	82
3.6	Dependencia de la red eléctrica nacional.....	85
Capítulo 4.....		87
4.	Análisis ambiental.....	88
4.1	Descripción del proyecto	88
4.2	Línea base ambiental.....	89
4.2.1	Medio físico	89
4.2.2	Medio socioeconómico	92
4.3	Actividades del proyecto.....	92
4.4	Identificación de impactos ambientales	94
4.4.1	Construcción	94

4.4.2	Operación y Mantenimiento	95
4.5	Valoración de impactos ambientales	97
4.6	Medidas de prevención/mitigación	100
4.6.1	Construcción	101
4.6.2	Operación y mantenimiento	102
4.6.3	Presupuesto referencial	102
4.7	Conclusiones	103
4.8	Recomendaciones	104
Capítulo 5	105
5.	Presupuesto	106
5.1	Estructura desglosada de trabajo.....	106
5.2	Rubros y análisis de precios unitarios.....	106
5.3	Especificaciones técnicas.....	108
5.4	Descripción de cantidades de obra.....	108
5.5	Valoración integral del costo del proyecto	110
5.6	Cronograma de obra.....	113
Capítulo 6	114
6.	Conclusiones y recomendaciones	115
6.1	Conclusiones	115
6.2	Recomendaciones	118

Referencias.....	120
ANEXO A: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS AASS.....	122
ANEXO B: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS REPOTENCIACION PDAR.....	144
ANEXO C: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA RED DE RECOLECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN ZEDE DEL LITORAL	163
ANEXO D: MANUAL DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES (PDAR) EN CTI.....	175
ANEXO E: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS Y PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LA OBRA.....	197
ANEXO F: DIAGRAMA DE GANTT	226
PLANOS AS BUILT DE LA PDAR.....	1
PLANOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.....	2
ANEXO DE CÁLCULOS	3

Abreviaturas

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
NACE	National Association of Corrosion Engineer
SSC	Electrodo de Plata Cloruro de Plata
CSE	Electrodo de Cobre Sulfato de Cobre
HWL	High Water Level
LWL	Low Water Level
CIS	Inspección pasó a paso, medición de potenciales de encendido
MPY	Milésimas de pulgadas por año
PDAR	Planta depuradora de aguas residuales
AR	Aguas residuales
ARD	Agua residual doméstica
AP	Agua potable

Simbología

mil	Milésima de pulgada
mg	Miligramo
pH	Potencial de Hidrógeno
m	Metro
mV	Milivoltio
Cu	Cobre
Ni	Níquel
C	Carbono
Mn	Manganeso
P	Fósforo

Índice de figuras

Figura 1 Ubicación de las ZEDES en el Ecuador	16
Figura 2 Zonificación General Campus Gustavo Galindo.....	17
Figura 3 Esquema metodológico	21
Figura 4 Digestor anaerobio de tasa alta de una sola etapa	32
Figura 5 Delimitación ZEDE del litoral.....	33
Figura 6 Propuesta de zonificación en la ZEDE.....	34
Figura 7 Bomba de aireación desconectada.....	35
Figura 8 Identificación predios de ZEDE	35
Figura 9 Identificación de la cuenca de descarga del agua residual tratada.	36
Figura 10 Planta depuradora de aguas residuales ubicadas a las afueras de CTI	36
Figura 11 Placas BM ESPOL, coordenadas geográficas y altitud.....	38
Figura 12 Nivelación, puntos de verificación, placa 3.....	39
Figura 13 Nivelación, puntos de verificación	40
Figura 14 Nivelación, puntos de verificación, oficina admisiones.....	40
Figura 15 Medición planta depuradora para realización de planos As-Built.....	41
Figura 16 Toma de muestras en el desarenador de la PDAR - MBR	42
Figura 17 Ensayo Imhoof a la muestra de aguas residuales en la entrada de la PDAR-MBR	44
Figura 18 Plano As Built de la PDAR actual.....	45
Figura 19 Distribución de las áreas de aportación hacia los pozos.....	52

	12
Figura 20 Rejillas existentes	70
Figura 21 Esquema del sistema de rejillas	71
Figura 22 Parámetros de flujo.....	74
Figura 23 Diseño obtenido del Tanque Digestor Anaerobio	84
Figura 24 Plano de ubicación de la PDAR	88
Figura 25 Mapa de ubicación que indica las zonas protegidas	89
Figura 26 Temperaturas máximas en la ciudad de Guayaquil	90
Figura 27 Microzonificación geotécnica de la ciudad de Guayaquil.....	91
Figura 28 Estructura desglosada de trabajo para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario.....	106
Figura 29 Presupuesto del proyecto	111

Índice de tablas

Tabla 1 Biodegradabilidad del agua	25
Tabla 2 Velocidades máximas a tubo lleno y coeficientes de rugosidad recomendados.....	26
Tabla 3 Coordenadas de ZEDE del Litoral.....	32
Tabla 4 Datos nivelación, verificación puntos de control.....	38
Tabla 5 Variación de temperatura, precipitación y humedad de Guayaquil.....	41
Tabla 6 Parámetros físico químicos de las aguas residuales en la PDAR-MBR.....	43
Tabla 7 Resultados de ensayos de laboratorio 2024 en CTI.....	44

Tabla 8 Matriz de Likert para valoración de alternativas de red de alcantarillado y planta depuradora.	47
Tabla 9 Comparativa entre las relaciones de dimensiones actuales de la planta y las relaciones	49
Tabla 10 Distribución de lotes según el área	52
Tabla 11 Población industrial existente y área de aportación.....	53
Tabla 12 Población de uso personal y procesos industriales/tecnológicos.....	53
Tabla 13 Dotaciones en función del área para nuevas industrias	55
Tabla 14 Dotación de las industrias existentes	55
Tabla 15 Coeficiente de Retorno	56
Tabla 16 Coeficiente K en pozos de unión con caída.....	68
Tabla 17 Actividades susceptibles a causar impactos ambientales	92
Tabla 18 Gases generados en la descomposición de lodos.....	97
Tabla 19 Ponderación de pesos para la evaluación de acciones	98
Tabla 20 Escala de valoración cualitativa.....	99
Tabla 21 Matriz de Leopold de impactos ambientales de la PDAR.....	100
Tabla 22 Valoración final- Fase constructiva, operación y mantenimiento	100
Tabla 23 Presupuesto referencial para la ejecución del plan de limpieza, seguridad y manejo ambiental.....	103
Tabla 24 Cantidades de obra del proyecto.....	109

Tabla 25 Costos de construcción, operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario.....	117
Tabla 26 Operación y mantenimiento - Materiales.....	196
Tabla 27 Operación y mantenimiento - Personal.....	196

Capítulo 1

1. Introducción

1.1 Antecedentes

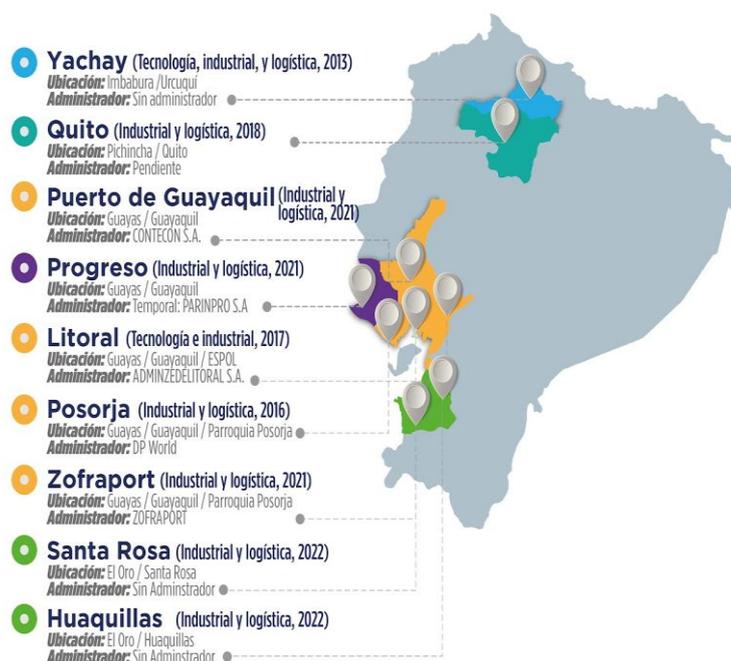
Las Zonas Especiales de Desarrollo Económico (ZEDE), son áreas geográficas especiales destinadas a fortalecer la economía del país mediante el intercambio comercial y la generación de empleo. Su concepto se estipula dentro de la constitución por primera vez en el año 2010 a través del Código Orgánico de Producción Comercio e Inversiones (COPSI).

(Gobierno de Ecuador, 2010)

Existen 9 ZEDEs a lo largo del territorio nacional ver Figura 1, entre la cuales se encuentra la ZEDE del Litoral, creada el 18 de abril del 2017 por el Consejo Sectorial de la Producción del Gobierno de Ecuador, ubicada dentro del Campus Gustavo Galindo.

Figura 1

Ubicación de las ZEDEs en el Ecuador



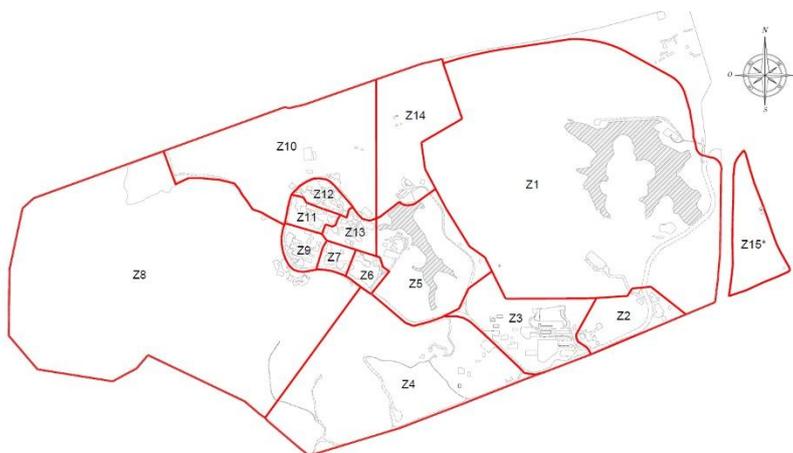
Nota: Recuperado de (Inteligencia Productiva, s.f)

La ESPOL tiene a su disposición 675.35 hectáreas distribuidas en diferentes zonas como se puede observar en la Figura 2 de las cuales donó inicialmente 200 hectáreas para el desarrollo de ZEDE del Litoral (Zona 1) con el fin de fortalecer los sectores industrial, tecnológico e innovador de Ecuador. Posteriormente, el área fue reducida a 131 hectáreas, de las cuales se destinan 46 hectáreas para el desarrollo de la ZEDE del Litoral (Merchán & Asociados, 2021).

En 2024, la ZEDE del Litoral cuenta con dos edificios operativos: el Centro de Tecnologías de Información (CTI) y el edificio de Bioconversión. Las aguas residuales generadas en estas instalaciones son gestionadas mediante diferentes sistemas. El CTI descarga sus aguas residuales hacia una planta depuradora, denominada “*planta de lodos activados*”, que actualmente opera únicamente para este edificio. Por otro lado, Bioconversión utiliza tanques sépticos con filtros anaerobios para almacenar sus aguas residuales. Según el testimonio de un trabajador, cuando estos tanques alcanzan su capacidad máxima, un hidrocleaner se encarga de retirar las aguas acumuladas.

Figura 2

Zonificación General Campus Gustavo Galindo



Nota: Tomado de (Cruz & Hidalgo, 2021).

1.2 Descripción del Problema

Actualmente, la ESPOL dispone de un sistema de alcantarillado sanitario con capacidad limitada, diseñado para abastecer únicamente a su comunidad interna. Según el Plan Maestro de ESPOL (Cruz & Hidalgo, 2021), esta infraestructura es insuficiente para satisfacer las necesidades de la ZEDE del Litoral, lo que hace evidente la necesidad de un sistema independiente que cubra la demanda sanitaria de la ZEDE del Litoral. Este sistema no solo debe garantizar un servicio adecuado para sus usuarios, sino también proteger la sostenibilidad ambiental de las zonas protegidas adyacentes, como el Bosque Protector Prosperina de la ESPOL.

En la ZEDE, el Centro de Tecnologías de Información (CTI) cuenta con una planta depuradora de aguas residuales que recibe las descargas sanitarias del edificio. Sin embargo, durante un recorrido de verificación, se constató que la planta no opera de manera óptima. Aunque el sistema fue encendido, el mecanismo de aireación no estaba activo, y se identificaron fallas significativas en la infraestructura, como la ausencia del tubo de Venturi en una de las líneas de retorno de aire del tanque de aireación. Además, solo una bomba estaba funcionando para la recirculación del flujo. También se evidenciaron incongruencias entre el diseño inicial, el final, y los planos técnicos proporcionados de la planta.

Esta situación agrava el riesgo de contaminación de cuerpos de agua cercanos, y compromete su gestión eficiente. Del trabajo de campo y de lo observado, se podría indicar que Ingeniería y Servicios Ambientales S.A., empresa encargada de la operación, no se ha asegurado un funcionamiento adecuado, lo que podría derivar en descargas de aguas residuales sin depurar. Esto no solo afectaría la calidad del agua y la vida acuática, sino que también supondría riesgos ambientales para el Bosque Protector Prosperina y sanitarios para la población de la ZEDE y la ESPOL.

1.3 Justificación del Problema

Un sistema adecuado de alcantarillado sanitario es esencial para evitar la acumulación de aguas residuales, lo que reduce el riesgo de enfermedades y protege tanto la salud de los habitantes de la ZEDE, la comunidad de ESPOL y la biodiversidad en esta zona protegida. La ausencia de una depuración eficaz de aguas residuales también puede contaminar recursos hídricos locales, afectando los ecosistemas y comprometiendo la calidad del agua para otros usos. La implementación de este sistema contribuirá a la sostenibilidad ambiental y la protección de los recursos naturales.

Un sistema de infraestructura adecuado, que incluya un alcantarillado sanitario eficiente, es esencial para atraer inversiones a la ZEDE del Litoral, ya que las empresas buscan ubicarse en zonas con servicios básicos confiables que respalden sus operaciones. La falta de un sistema de alcantarillado puede disuadir a posibles inversores, limitando así el crecimiento económico y la creación de empleo en la región.

La ZEDE del Litoral, al obtener la factibilidad de los servicios de agua y alcantarillado sanitario y pluvial por parte de Interagua, debe cumplir con los trámites y requisitos establecidos para el diseño e implementación de estos sistemas. Cumplir con estas normativas no solo es una obligación legal, sino que también demuestra el compromiso de la ZEDE con la responsabilidad social y ambiental.

Finalmente, la ZEDE del Litoral tiene el potencial de convertirse en un modelo a seguir para otras zonas de desarrollo económico en el país. Al implementar un sistema de alcantarillado sanitario eficiente y sostenible, la ZEDE puede demostrar su compromiso con la innovación y la sostenibilidad, sirviendo como ejemplo de buenas prácticas en infraestructura y gestión ambiental.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario, incluyendo las redes y el sistema depurador de la ZEDE-Litoral, mediante un análisis técnico y criterios de sostenibilidad, para la prevención de contaminación por aguas residuales en el Bosque Prosperina.

1.4.2 Objetivos específicos

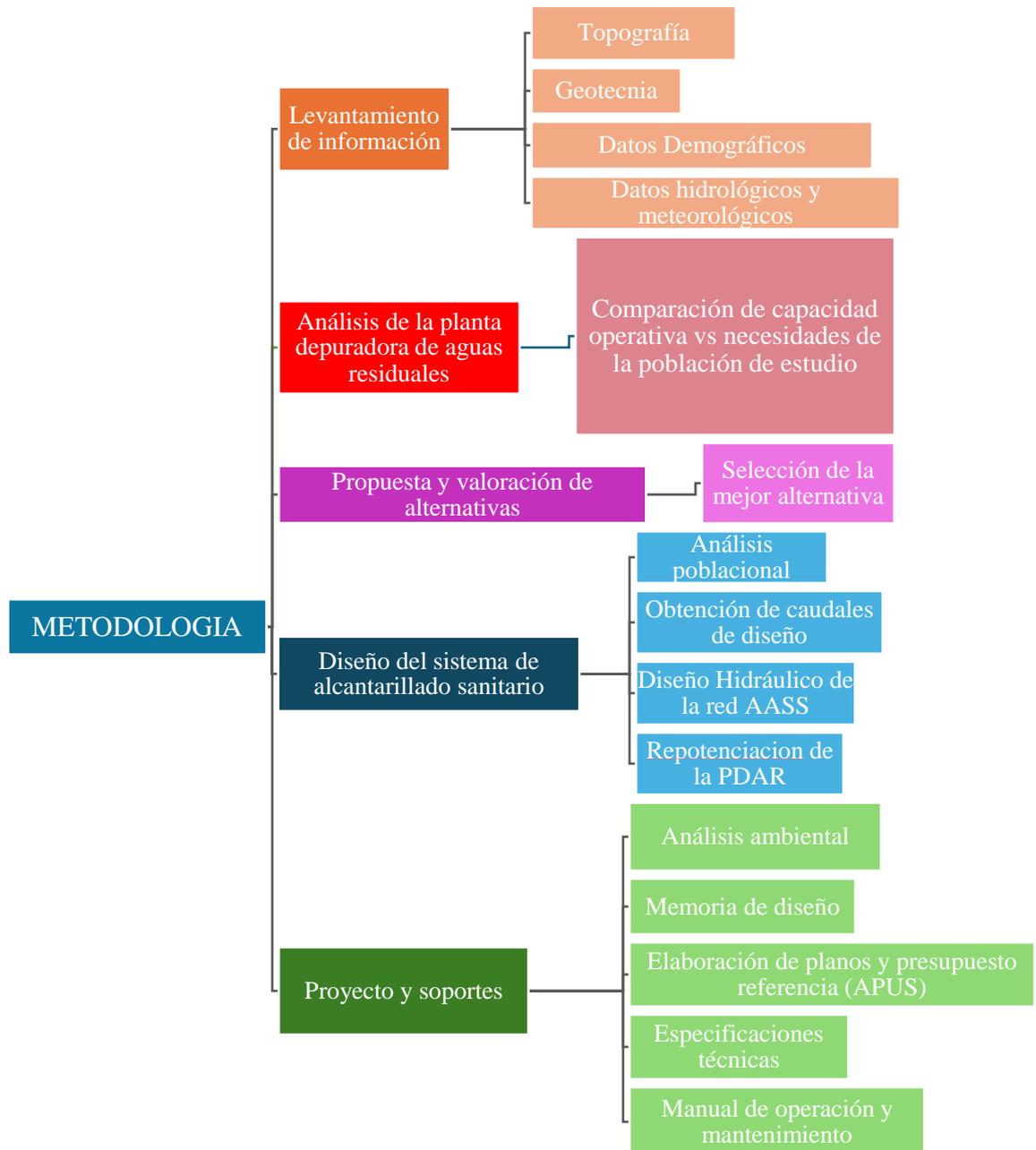
1. Evaluar el funcionamiento de la planta depuradora existente (PDAR - CTI), mediante trabajos de campo, análisis de información y la comparación de la capacidad operativa para la determinación del nivel de repotenciación requerido.
2. Proponer alternativas de solución mediante la aplicación de criterios de sostenibilidad y el apoyo de la matriz de Likert para la selección de la opción más viable en función de los resultados en la etapa de evaluación, y el cumplimiento de los ODS.
3. Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario (incluye redes de recolección y PDAR) mediante análisis poblacional, obtención de caudales de diseño, seguimiento de la normativa técnica vigente para la disminución de afectaciones al ambiente.
4. Desarrollar el análisis ambiental, planos, especificaciones técnicas, manual de Operación y Mantenimiento (O&M), y presupuesto referencial, utilizando criterios de ingeniería para el uso eficiente y sostenible del sistema en la ZEDE del Litoral.

1.5 Esquema metodológico

Para la ejecución del proyecto se plantea el siguiente esquema metodológico:

Figura 3

Esquema metodológico



Capítulo 2

2. Materiales y métodos

2.1 Revisión de literatura

2.1.1 Cuenca hidrográfica

De acuerdo con (Gaspari et al., 2019) una cuenca hidrográfica es un área geográfica definida por límites naturales, donde toda el agua de lluvia se dirige hacia un punto central, como un río, lago o mar. Este concepto es esencial para la gestión un proyecto de esta índole ya que con ello podemos comprender sobre los recursos hídricos, el movimiento del agua y los procesos hidrológicos presentes en la región de estudio.

2.1.2 Periodo de diseño

El período de diseño en ingeniería civil es el tiempo durante el cual una obra debe funcionar eficientemente para cumplir su propósito. Este período se determina considerando la vida útil de las estructuras y equipos, teniendo en cuenta su obsolescencia y desgaste. Se contemplan posibles ampliaciones futuras y planificación de las etapas de construcción del proyecto. Además, se analizan los cambios en el desarrollo social y económico de la población que puedan afectar la demanda de la obra. Finalmente, se considera el comportamiento hidráulico de las estructuras cuando no operan a plena capacidad, asegurando su eficiencia en diversas condiciones de uso (Ricardo Alfredo López Cualla, 1995, p. 33).

Según INEN (1992), “*el periodo de diseño es el lapso durante el cual una obra o estructura puede funcionar sin necesidad de ampliaciones*” (p. 34).

2.1.3 Población futura

La población futura es una estimación del número de habitantes proyectada en cierto periodo de diseño. Esta proyección es esencial para diseñar los sistemas de alcantarillado, asegurando que puedan satisfacer las necesidades de esta población futura. Se debe

considerar características sociales, culturales y económicas de la comunidad, basándose en factores como el crecimiento industrial y comercial, el turismo, la política y la macroeconomía.

Según (INEN, 1992), “*la población futura es el número de habitantes que se tendrá al final del período o etapa de diseño*” (p. 34).

Calcular el crecimiento poblacional es esencial para proyectos a largo plazo como el diseño de sistemas de alcantarillado. Sin embargo, la precisión de estas estimaciones es difícil de alcanzar debido a la incertidumbre generada por varios factores, incluyendo la actividad socioeconómica, las tasas de natalidad y mortalidad en la región, y la migración hacia las ciudades (Iza & Prieto, 2021).

2.1.4 Red de alcantarillado sanitario

Una red de alcantarillado sanitario es un sistema de disposición de residuos líquidos domésticos, conformado por una red de colectores (normalmente tuberías), que recolectan las aguas servidas de las viviendas y las conducen hasta un sistema de depuración y/o un cuerpo receptor (INEN, 1987).

Existen dos tipos principales de sistemas de alcantarillado: el alcantarillado combinado y el alcantarillado separado, cuya elección depende de las condiciones específicas del proyecto (EMAAP-Q, 2009). El sistema combinado transporta tanto las aguas pluviales como las aguas residuales a través de una misma red de tuberías, mientras que el sistema separado conduce cada tipo de agua mediante redes independientes. En este proyecto se ha optado por un sistema de alcantarillado separado, dado que este ofrece beneficios como la autolimpieza, al permitir mayores velocidades del fluido en diámetros de tubería más pequeños, y facilita un tratamiento más enfocado de las aguas residuales, lo cual reduce significativamente el impacto ambiental (De Toffol et al., 2007).

2.1.5 Criterios de diseño de la red de alcantarillado

2.1.5.1 Caudal de diseño

Será la suma de los caudales de aguas residuales domésticas e industriales afectados por sus respectivos coeficientes de retorno y mayoración, también se le adiciona los caudales de infiltración y conexiones ilícitas. Las poblaciones y dotaciones serán las correspondientes al final del período de diseño (INEN, 1992).

El alcance del presente proyecto excluye la depuración de aguas residuales industriales, puesto que son responsabilidad de cada una de las empresas, no obstante, se considera, de acuerdo con los criterios de diseño, el caudal industrial dentro del cálculo de las redes de alcantarillado, dado que, cada industria de ZEDE tiene la obligación de tratar el agua residual industrial de modo que la calidad de esta cumpla los parámetros fisicoquímicos del agua residual doméstica (Tabla 8 del libro VI Anexo 1 del TULSMA) y posteriormente sean enviadas a las redes de alcantarillado (Merchan & Asociados, 2021).

El tipo de proceso que debe aplicarse al agua residual puede determinarse con base en su biodegradabilidad o capacidad de biodegradación. Este término hace referencia a la descomposición de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos, cuerpos receptores o durante los procesos de depuración de aguas residuales (INEN, 1992). Además, está directamente relacionado con parámetros como la DQO y la DBO₅, véase Tabla 1.

Tabla 1

Biodegradabilidad del agua

Biodegradabilidad del Agua	DQO/DBO₅	DBO₅/DQO	Proceso Sugerido
Muy biodegradable	Menor de 2.5	Mayor de 0.4	Biológico
Biodegradable	Entre 2.5 y 5	Entre 0.2 y 0.4	Biológico – Físico Químico – Físico

Poco biodegradable	Mayor de 5	Menor de 0.2	Físico - Químico
--------------------	------------	--------------	------------------

Nota: Información tomada de la bibliografía de von Sperling (2007).

2.1.5.2 Velocidades mínimas y máximas

Según el código de práctica ecuatoriano CPE INEN 5 parte 9-1, es recomendable que la velocidad mínima no sea inferior a 0.45 m/s y sea preferentemente mayor a 0.6 m/s a fin de garantizar la autolimpieza de las tuberías. Por otra parte, el mismo código establece, en función del tipo de material, valores de velocidad máxima en la Tabla 2 del artículo 5.2.1.11.

Tabla 2

Velocidades máximas a tubo lleno y coeficientes de rugosidad recomendados

MATERIAL	Velocidad máxima m/s	Coefficiente de Rugosidad
Hormigón simple:		
Con uniones de mortero.	4	0,013
Con uniones de neopreno para nivel freático	3,5 - 4	0,013
Asbesto cemento	4,5 - 5	0,011
Plástico	4,5	0,011

Nota: Tomando de (INEN, 1992).

2.1.5.3 Pendientes mínimas y máximas

Las pendientes adecuadas serán aquellas inclinaciones en la red de alcantarillado que garanticen las velocidades mínimas (0.6 m/s) y no superen velocidades máximas (CEPIS, 2005).

2.1.5.4 Relaciones Hidráulicas

Las tuberías de alcantarillado sanitario se proyectan para funcionar a tubo parcialmente lleno, impidiendo así que esta trabaje a presión (CEPIS, 2005). Bajo la suposición de que el flujo es uniforme y permanente, se emplea la fórmula de Manning para

calcular los parámetros teóricos de caudal, velocidad, pendiente y radio hidráulico, que son esenciales en el diseño. Las relaciones hidráulicas permiten ajustar estos parámetros teóricos al caudal de diseño, asegurando un flujo turbulento controlado, con velocidades adecuadas para evitar tanto la sedimentación como la erosión en el sistema (Metcalf & Eddy, 2014).

2.1.6 Aguas residuales.

Las aguas residuales son en esencia el agua potable, después de haber sido utilizada por viviendas, instituciones y establecimientos comerciales o industriales. Estas aguas residuales necesitan depuración, dado que no solo generan malos olores, sino que propician la proliferación de microorganismos patógenos (provenientes del tracto intestinal del ser humano o ciertos desechos industriales), y a veces, pueden contener componentes tóxicos que perjudiquen al ecosistema en el que descargue (Metcalf & Eddy, 2014).

2.1.7 Planta depuradora de aguas residuales (PDAR)

Una planta depuradora de aguas residuales (PDAR) es una infraestructura diseñada para recibir y depurar aguas residuales provenientes de áreas urbanas, industriales o agrícolas, con el objetivo de reducir la carga de contaminante (Metcalf & Eddy, 2014), antes de descargarla al medio ambiente o reutilizarla en actividades específicas. Las PDAR eliminan o disminuyen las concentraciones de sólidos suspendidos, materia orgánica, nutrientes, patógenos y otros contaminantes, contribuyendo a la protección de los ecosistemas acuáticos y a la salud pública (Metcalf & Eddy, 2014).

Las PDAR generalmente operan a través de una serie de procesos físicos, químicos y biológicos, denominados procesos unitarios, estos están claramente definidos según sea el proceso de tratamiento que se le esté aplicando a las aguas residuales.

2.1.8 PDAR de lodos activados

La planta de lodos activados también conocida como “*depuración de aguas residuales por oxidación total*”, utiliza un proceso biológico de naturaleza aerobia, el cual consiste en mezclar las aguas residuales con una comunidad de microorganismos durante un proceso de aireación que permite la transformación de materia orgánica y nutrientes, en biomasa o lodo activado (Rittmann & Mc Carty, 2020).

El lodo activado se sedimenta en un tanque llamado “*clarificador*” y es recirculado al tanque de aireación para mejorar la eficiencia de degradación biológica (Rittmann & Mc Carty, 2020), mientras que el agua libre de sedimentos es apta para ser descargada a cuerpos de agua dulce, debido a que el porcentaje de remoción de este proceso puede llegar a ser del 95% para la DBO y los sólidos suspendidos (INEN, 1992).

2.1.9 Operaciones y procesos unitarios

Según (Universidad Tecnológica Nacional, s.f.), las operaciones unitarias son etapas en la que se producen cambios netamente físicos, y las etapas donde se produce una reacción química se denomina procesos unitarios.

Estas operaciones y procesos se aplican a la depuración del agua residual. (Universidad de las Américas Puebla, s.f.)

2.1.9.1 Pretratamiento

Consiste en la eliminación de sólidos gruesos, arena y grasas mediante procesos físicos como cribado y desarenado. Esta etapa permite proteger los equipos de bombeo (INEN, 1992).

Se utilizan rejillas gruesas y finas en el tratamiento preliminar de aguas residuales, y su diseño debe garantizar que la velocidad del flujo se mantenga dentro del rango recomendado de **0.6 a 0.9 m/s**. Velocidades menores a este rango pueden provocar la sedimentación de

sólidos antes de alcanzar las rejillas, mientras que velocidades mayores podrían generar el arrastre de sólidos ya retenidos, disminuyendo la eficacia del sistema (Metcalf & Eddy, 2014).

2.1.9.2 Depuración Primaria

Es una etapa clave que consiste en la sedimentación de sólidos suspendidos en un Tanque denominado Sedimentador Primario, para reducir la carga orgánica que no es eliminada en el tratamiento preliminar mediante rejillas gruesas y finas (Metcalf & Eddy, 2014). El ensayo del cono de Imhoff es un método ampliamente utilizado para medir los sólidos sedimentables, expresando los resultados en mL/L, lo cual permite estimar la carga orgánica y diseñar tanques sedimentadores de manera adecuada (APHA, AWWA, & WEF, 2017).

Según las Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2017), *"el procedimiento volumétrico (cono de Imhoff) generalmente tiene un límite de medición inferior práctico entre 0,1 y 1,0 mL/L, en función de la composición de la muestra"*. Esto implica que los resultados obtenidos mediante este método son esenciales para evaluar la viabilidad técnica y económica de implementar un sedimentador primario.

2.1.9.3 Depuración Secundaria

Se realizará con un sistema de lodos activados, donde se realiza la degradación biológica de la materia orgánica por vía aerobia en un tanque de aireación, seguido de un decantador secundario, con recirculación incluida y extracción de lodos.

2.1.9.3.1 Tanque de Aireación (T.A)

En el tanque de aireación, los microorganismos metabolizan la materia orgánica bajo condiciones aeróbicas, generando nueva biomasa, dióxido de carbono y agua como productos del proceso.

Los difusores de burbujas finas son utilizados para mejorar la eficiencia de transferencia de oxígeno al agua residual, manteniendo las condiciones aeróbicas necesarias para el crecimiento y la actividad de los microorganismos que metabolizan la materia orgánica, favoreciendo así la formación de flóculos biológicos (lodos).

2.1.9.3.2 *Tanque Clarificador Secundario (T.C)*

Conocido también como sedimentador secundario, donde los flóculos biológicos formados en el tanque de aireación se sedimentan y se separan del efluente depurado. El lodo activado se recircula al tanque de aireación y el exceso es extraído para su disposición final o tratamiento de lodos y posterior lechos de secado.

2.1.9.4 *Tratamiento de lodos por digestión anaerobia*

Consiste en un proceso biológico en el que los microorganismos descomponen la materia orgánica en ausencia de oxígeno, generando productos como biogás (principalmente metano y dióxido de carbono). Es ampliamente utilizada en el tratamiento de lodos provenientes de plantas de aguas residuales, residuos sólidos orgánicos y otros desechos orgánicos. (Rojas, 2001)

2.1.9.4.1 *Lodos primarios*

Son sólidos sedimentados en el tanque clarificador primario previo al tratamiento biológico. Son inestables, es decir, de deben disponer para el relleno sanitario de la ciudad, no se pueden mezclar con los lodos secundarios.

2.1.9.4.2 *Lodos secundarios*

Son lodos sedimentados en el tanque clarificador secundario, compuesto por biomasa microbiana formada durante el proceso de degradación de materia orgánica en el proceso de aireación. Son más estables (Metcalf & Eddy, 2014).

2.1.9.4.3 Lodos mixtos

Es la mezcla entre lodos primarios y lodos secundarios, esta mezcla se principalmente en el tanque digestor anaerobio, cuando se realiza la línea de fangos o lodos. (Metcalf & Eddy, 2014)

2.1.9.4.4 Lodo estabilizado

Es el lodo primario, secundario o mixto, dispuesto en tanques digestores con la finalidad de reducir la materia orgánica que contienen. Existen tanques digestores aerobios y anaerobios. (Metcalf & Eddy, 2014)

Los **digestores aerobios** precisan de difusores de aire (alto consumo energético) para garantizar la transferencia de oxígeno eficiente para la descomposición orgánica por parte de microorganismos aerobios, la temperatura adecuada está entre 20 y 35°C y el proceso tiene una duración entre 15 y 20 días, se genera abundante biomasa que precisa de tratamientos adicionales para ser aprovechados como abono natural.

Los **digestores anaerobios** realizan la estabilización de lodos en ausencia de oxígeno, donde los microorganismos anaerobios descomponen la materia orgánica. La temperatura adecuada está entre 20 y 35°C y el proceso tiene una duración entre 15 y 20 días, se genera abundante biomasa que precisa de tratamientos adicionales para ser aprovechados como abono natural. (Rojas, 2001)

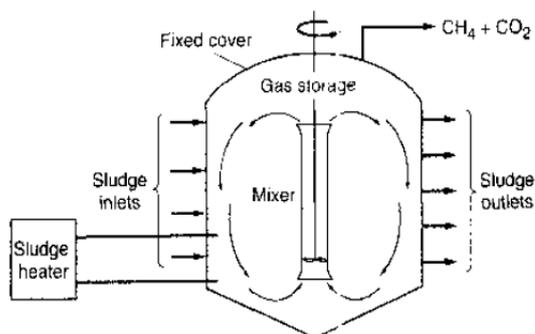
2.1.9.4.5 Tanque Digestor anaerobio

En el tanque digestor anaerobio convencional los lodos son retenidos entre 30 a 60 días, sin embargo, este tiempo de retención hidráulica puede reducirse de 10 a 15 días si se mantiene condiciones controladas de temperatura entre 35-38°C, además se favorece la producción de biogás ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2$) como se puede observar en la Figura 4, y una mezcla lenta

contaste tanto para mantener una temperatura uniforme, como para mantener una mezcla homogénea. (Metcalf & Eddy, 2014)

Figura 4

Digestor anaerobio de tasa alta de una sola etapa



Recuperado de (Metcalf & Eddy, 2014)

2.2 Zona de estudio

Se realizaron algunos trabajos de campo. Este consistió en un recorrido detallado por los predios de ZEDE para identificar rutas tentativas por donde podría pasar el sistema de alcantarillado (ver Figura 8). La ZEDE del Litoral se encuentra ubicado en el campus Gustavo Galindo – ESPOL, a continuación, detalles de su ubicación en la Tabla 3 y su delimitación de la zona en Figura 5.

Tabla 3

Coordenadas de ZEDE del Litoral

Norte:	9763225,01	Calles:	Vía Perimetral y calle 18I N.O.
Este:	617065,35	Parroquia:	Tarqui
Sistema de referencia:	UTM WGS84 17S	Sector:	97
Provincia:	Guayas	Manzana:	80

Cantón:	Guayaquil	Solar:	0
----------------	-----------	---------------	---

Nota. Datos tomados del informe de factibilidad de agua potable y alcantarillado en la ZEDE (2021).

La propuesta arquitectónica de la ZEDE (Figura 6) incluye 61 terrenos organizados en 5 subzonas, numeradas del 1 al 5. Cada terreno varía en tamaño, abarcando áreas que oscilan entre los 726 m² y los 2904 m². Estos terrenos están destinados a tres tipos principales de uso: administrativo, servicios de apoyo y operadores de industrias tecnológicas y de manufactura, tales como las industrias alimenticia, agroindustrial, farmacéutica y electrónica (Merchán & Asociados, 2021).

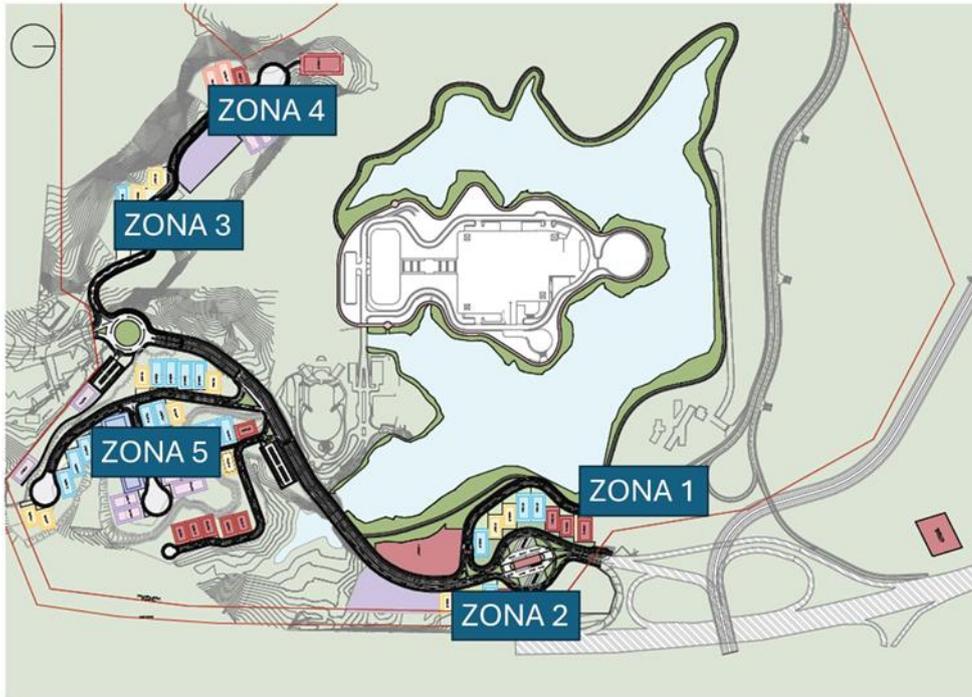
Figura 5

Delimitación ZEDE del Litoral



Nota. ZEDE del Litoral (2024). [Delimitación área ZEDE]. <https://zedelitoral.ec/es/location>

Al mostrar la zonificación de la ZEDE del Litoral, se podrá trazar en los respectivos planos, las líneas por donde pasarán las tuberías del diseño de la red de alcantarillado.

Figura 6*Zonificación prevista en la ZEDE*

Nota. “Diagramación ZEDE” proporcionado por CTI.

Durante estos recorridos, se verificó la información proporcionada en los planos sobre las infraestructuras existentes y las edificaciones futuras. Entre ellas, se encuentra la planta depuradora de lodos activados de CTI (ver Figura 10), la cual actualmente (2024), recibe las descargas residuales del edificio CTI y descarga sus aguas depuradas a una cuenca inmediata (ver Figura 9). Sin embargo, esta planta presenta un irregular funcionamiento, especialmente en el tanque de aireación y el clarificador. El tanque de aireación se encuentra cerrado (ver Figura 10), lo cual, impide que la bomba de aireación introduzca el oxígeno del aire circundante en el agua residual, además la bomba de aireación suele estar no operativa, o en mantenimiento la mayor parte del tiempo, por ende, el proceso anaerobio no se desarrolla adecuadamente Figura 7.

Figura 7

Bomba de aireación desconectada



Los operadores encienden las bombas cada 8 días, por ende, no existe continuidad en el proceso biológico de formación de lodos, un proceso que debe ser continuo las 24 horas los 365 días del año. Además, la falta de planos actualizados y un manual de operaciones que indique el mecanismo de funcionamiento de una planta de lodos activados, dificultan la operación adecuada de cada operación y proceso unitario. Actualmente, las descargas de aguas residuales del edificio de CTI se dirigen a esta planta, pero se prevé que en el futuro todas las descargas de ZEDE deberían ser canalizadas hacia esta instalación.

Figura 8

Identificación predios de ZEDE



Figura 9

Identificación de la cuenca de descarga del agua residual tratada.

**Figura 10**

Planta depuradora de aguas residuales ubicadas a las afueras de CTI



2.2.1 Justificación de terreno y topografía – verificación de puntos de control

La justificación para la selección del terreno se fundamenta en su capacidad para soportar la infraestructura de alcantarillado sanitario y gestionar las aguas residuales sin comprometer el medio ambiente ni la estabilidad estructural del sistema. La ubicación en el campus Gustavo Galindo de la ESPOL es particularmente adecuada debido a su estabilidad topográfica relativa y la ausencia de riesgos geológicos significativos. Además, la pendiente natural del terreno facilita un diseño de alcantarillado por gravedad en la mayoría de las zonas, se debe considerar una estación de bombeo para la zona 1 y 2 que van a la planta depuradora. El sistema de alcantarillado debe cumplir con las normas locales y nacionales sobre los límites máximos permisibles de descarga, específicamente los establecidos en la Tabla 9 del TULSMA, Libro VI Anexo 1, incluyendo la implementación de una planta depuradora de aguas residuales domésticas (PDARD) para garantizar que la depuración de las aguas cumpla con los estándares ambientales antes de su disposición final.

A partir de la información topográfica y planos proporcionados de la ZEDE del Litoral por parte de la ESPOL y CTI, para el trazado de líneas por donde pasará la red de alcantarillado sanitario, al analizar las posibles rutas que van desde las edificaciones hasta la ubicación de la planta depuradora, los planos evidenciaron que la planta se encontraba a una cota de 54.87 m, y la cota más baja del puente ubicada entre la zona 2 y la zona 5 está a una cota de 41 m, lo que teóricamente impedía que la zona 1 y 2 de la ZEDE se pueda transportar las aguas residuales por gravedad a la planta depuradora, ver (Figura 4) de la zonificación.

Por lo que procedimos a comprobar estos puntos haciendo una altimetría en principio desde el edificio de Admisiones ESPOL hasta el puente, partiendo de una cota arbitraria, pero luego nos proporcionaron información sobre las placas BM existentes en la ESPOL por parte del Centro de Tecnologías de Información (CTI), la placa de nuestro interés es la placa 3

PC8	1,018	67,021	3,453	66,003
I		2,535		64,486
PC9	1,198	63,601	4,618	62,403
J		2,703		60,898
PC10	0,68	60,591	3,69	59,911
K		2,355		58,236
PC11	0,762	57,485	3,868	56,723
L		2,14		55,345
PC12	1,02	54,735	3,77	53,715
M		2,58		52,155
PC13	0,66	51,638	3,757	50,978
N		2,309		49,329
Ñ0 (puente baranda)			5,08	46,558
C14	2,128	53,083	0,683	50,955
O (planta depuradora)			1,297	51,786

Nota. Datos obtenidos de la medición de cotas desde la placa 3 a la cota del puente y la cota de la planta depuradora.

Figura 12

Nivelación, puntos de verificación, placa 3

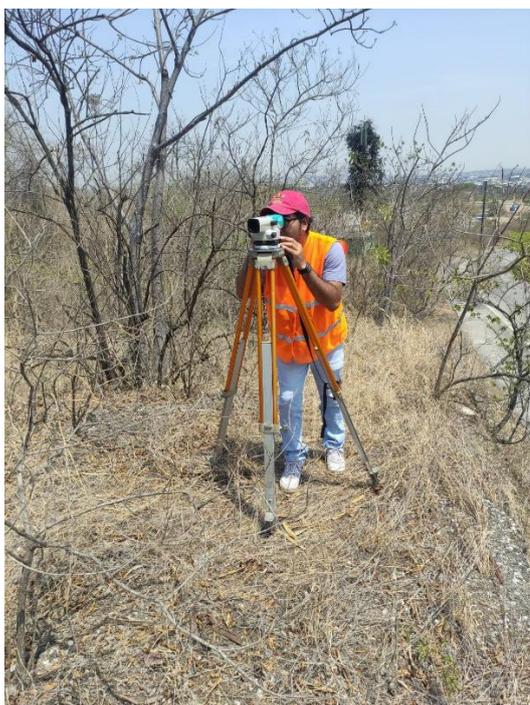


Figura 13

Nivelación, puntos de verificación

**Figura 14**

Nivelación, puntos de verificación, oficina admisiones

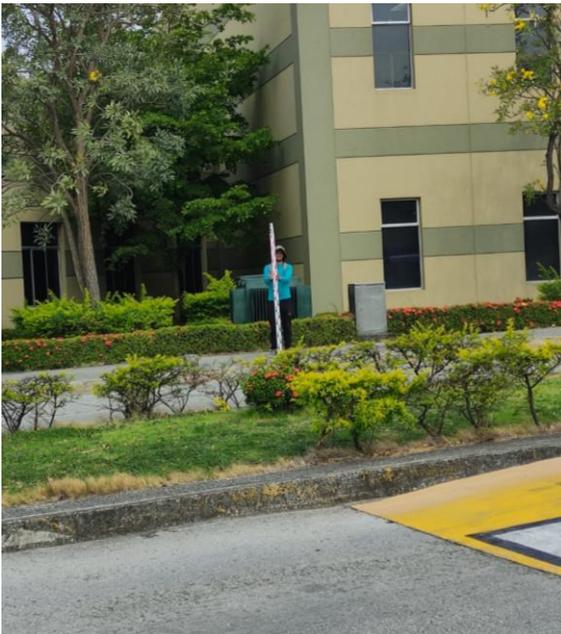


Figura 15

Medición planta depuradora para realización de planos As-Built



2.2.2 Temperatura y precipitación

Según (Climate Data.org, 2021) en la ciudad de Guayaquil se registra una temperatura media anual de 24.1°C y precipitación anual en la localidad de 2321 mm, Tabla 5.

Tabla 5

Variación de temperatura, precipitación y humedad de Guayaquil

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura media [°C]	25	25	25	25	25	24	23	23	23	23	24	25
Temperatura mín [°C]	23	23	23	23	23	22	21	21	21	21	21	22
Temperatura máx [°C]	28	28	29	29	28	27	27	27	28	28	28	29
Precipitación	253	390	395	323	239	155	124	89	101	73	57	122

Humedad [%]	84	87	85	85	85	85	83	81	81	80	78	79
Días de lluvia [días]	17	19	19	18	17	15	13	11	12	10	7	11
Horas de sol [hor]	5,8	5,9	6,5	6,5	5,7	5,0	4,7	4,9	4,8	4,4	5,0	6,0

Nota: Datos obtenidos de Climate Data.org (2021)

2.3 Trabajos de campo y laboratorio

La PDAR – CTI recibe un caudal muy pequeño y no fue posible tomar la cantidad de muestra necesaria para realizar ensayos de laboratorio. Por lo tanto, para la **entrada** se tomaron muestras de las aguas residuales del área de ingenierías que desembocan en la PDAR-MBR Figura 16, debido a que es una población de características similares o análogas, tal como lo permiten los criterios de ingeniería. Para la **salida** se obtuvo ensayos de laboratorio proporcionados por la empresa *Ingeniería y Servicios Ambientales (ISA)* Tabla 7, quienes aceptaron contrato con la ESPOL por la operación y el mantenimiento de las plantas depuradoras del campus ESPOL Prosperina.

Figura 16

Toma de muestras en el desarenador de la PDAR - MBR



2.3.1.1 Entrada (PDAR - MBR)

Las muestras de aguas residuales recolectadas fueron ensayadas en el laboratorio (ver Figura 17) y se obtuvo los resultados descritos en la Tabla 6.

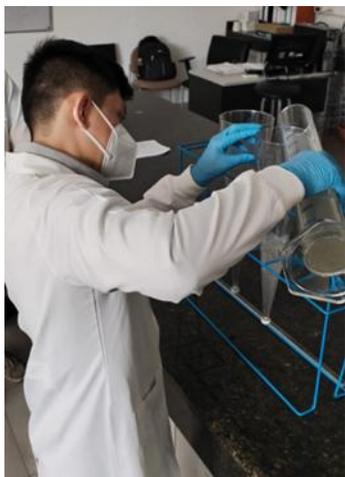
Tabla 6

Parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales en la PDAR-MBR

Ensayo	Unidad		PE
Sólidos Sedimentables	SS	mL/L	0,45
Sólidos Disueltos Totales	SDT	mg/L	336
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/L	230
Sólidos Suspendidos Fijos	SSF	mg/L	225
Sólidos Suspendidos Volátiles	SSV	mg/L	5
Sólidos Totales	ST	mg/L	566
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	485
Coliformes Totales	NMP	NMP/100mL	3920
Turbidez		NTU	240

Figura 17

Ensayo Imhoof a la muestra de aguas residuales en la entrada de la PDAR-MBR



2.3.1.2 Salida (PDAR - CTI)

Los ensayos de laboratorio proporcionados por ISA, contenían 4 ensayos trimestrales y entre los parámetros físicos que fueron determinados, están: el potencial de Hidrógeno, la DBO₅, la DQO, los sólidos totales (ST) y los Coliformes Fecales.

Se elaboró una tabla comparativa (Tabla 7) entre los resultados trimestrales tomados y los límites permisibles de la Tabla 9 de la TULSMA (Descargas en Cuerpos de Agua Dulce).

Tabla 7

Resultados de ensayos de laboratorio 2024 en CTI.

PARAMETROS	RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO 2024 EN CTI					LIMITES PERMISIBLES
	UNIDAD	16-ene	09-abr	22-jul	09-oct	
<i>Potencial de Hidrogeno</i>	pH	6.85	7.37	7.53	7.57	5 a 9
<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)</i>	mg/L	62	9	16	12	100
<i>Demanda Química de Oxígeno</i>	mg/L	130	19	34	25	250
<i>Solidos Totales</i>	mg/L	532	268	316	192	3000

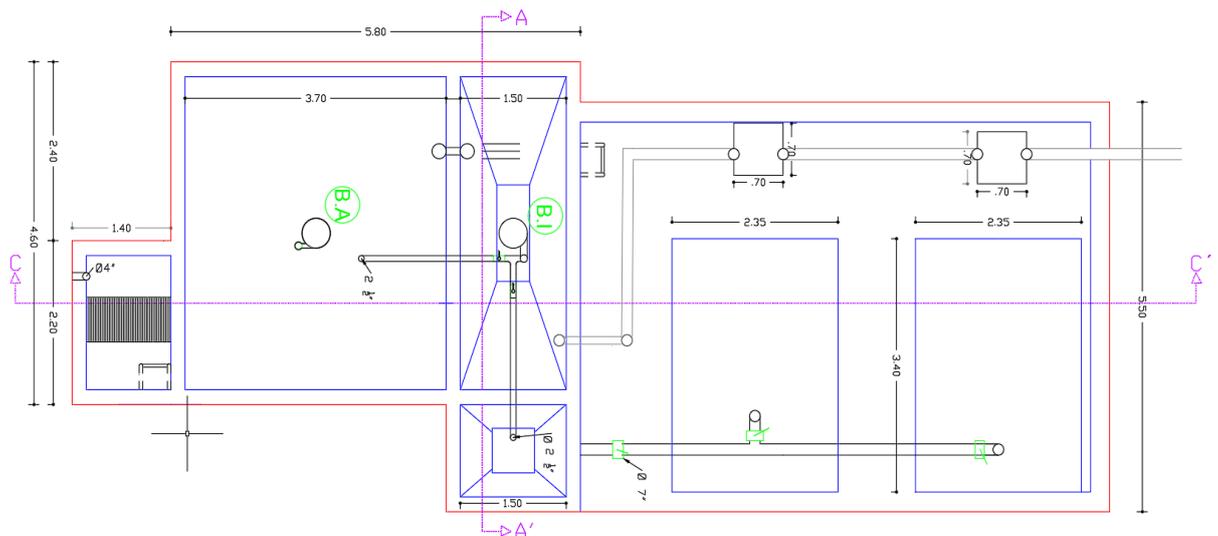
<i>Coliformes Fecales</i>	NMP/100	4900	1700	2800	6300	2000
---------------------------	---------	------	------	------	------	------

2.3.2 Levantamiento de la infraestructura

El levantamiento de la infraestructura se lo realizó utilizando una cinta métrica y flexómetro cuyo objetivo es la elaboración de los planos As - Built del lugar como se puede observar en la Figura 18, donde se determinó que existe un área de cribado, un tanque destinado a la aireación, un tanque clarificador, un tanque digestor de lodos y dos lechos secados.

Figura 18

Plano As Built de la PDAR actual



2.4 Análisis y selección de alternativas

Una vez realizado los trabajos de campo, en conjunto con el análisis de datos, se procede a plantear las alternativas, las cuales serán evaluadas y se escogerá aquella que mejor se ajuste a las necesidades actuales de la planta. El método para realizar la valoración de cada alternativa será la matriz de Likert.

Las restricciones que se considerarán para la repotenciación serán:

- a) Falta de control y monitoreo continuo de cada módulo de depuración.
- b) Falta de información técnica y operativa de la PDAR.
- c) Limitación de ensayos de laboratorio.

Se plantean las alternativas del proyecto:

- i. Alternativa 1: Repotenciación de la planta
- ii. Alternativa 2: Construir una planta nueva
- iii. Alternativa 3: Estación de Bombeo para llevar las AASS al alcantarillado público

La alternativa 1 es económica debido al aprovechamiento de infraestructura existente, tiene un mínimo impacto ambiental e incluso puede llegar a ser autosustentable si los gases generados en la descomposición de lodos se transforman en energía eléctrica.

La alternativa 2 a pesar de ser más costosa que otras alternativas, permite concebir el diseño desde cero de forma que se resuelvan en su totalidad los problemas presentes en la planta existente, esta alternativa permite respetar el sentido hidráulico del sistema, logrando ser más eficiente que su repotenciación.

La alternativa 3 tiene reduce por completo el impacto ambiental en el lago de ESPOL, siendo este una de las fortalezas de esta alternativa para su implementación. Además, requiere personal menos especializado para la operación y el mantenimiento de esta, sin embargo, el consumo energía eléctrica es mayor, de forma que lo que no se gasta en personal, se lo gasta en energía eléctrica.

Se plantea la valoración de las alternativas del proyecto en Tabla 8.

Tabla 8

Matriz de Likert para valoración de alternativas de red de alcantarillado y planta depuradora.

VALORACION 1-5								
	FACTOR	A1		A2		A3		
CONSIDERACIONES TECNICAS								
EFICIENCIA DE LA DEPURACIÓN	10%	4	0,4	4	0,4	5	0,5	
FACILIDADES CONSTRUCTIVAS	25%	4	1	2	0,5	3	0,75	
TOTAL PONDERADO	35%		1,4		0,9		1,25	
CONSIDERACIONES SOCIALES								
APLICADO A POBLACION PEQUEÑA	5%	5	0,25	5	0,25	3	0,15	
ACEPTACION POR PARTE DE LA COMUNIDAD	10%	4	0,4	4	0,4	2	0,2	
TOTAL PONDERADO	15%		0,65		0,65		0,35	

CONSIDERACIONES ECONOMICAS							
COSTO DE IMPLEMENTACION	10%	4	0,4	2	0,2	4	0,4
COSTO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO	15%	4	0,6	4	0,6	3	0,45
TOTAL PONDERADO	25%		1		0,8		0,85
CONSIDERACIONES AMBIENTALES							
IMPACTO EN FAUNA Y FLORA SILVESTRE ESPOL	15%	3	0,45	3	0,45	5	0,75
GENERACION DE DESECHOS Y RESIDUOS	10%	3	0,3	2	0,2	4	0,4
TOTAL PONDERADO	25%		0,75		0,65		1,15
TOTAL	100%		3,80		3,00		3,60

Una vez hecha la matriz de LIKERT, podemos seleccionar la alternativa 1, la cual se convierte en la solución más económica y amigable con el ambiente.

De la evaluación de estado y diagnóstico, se elaboró un cuadro resumen de las dimensiones de los tanques existentes para determinar si son satisfactorios para la repotenciación, se presenta en la siguiente Tabla 9:

Tabla 9

Comparativa entre las relaciones de dimensiones actuales de la planta y las relaciones

UNIDADES	EXISTENTE					REQUERIDO		Cumple Volumen de diseño?	Cumple Area de diseño?	L/H	L/A Requerida	cumple L/A?
	Ancho (A) (m)	Largo (L) (m)	H (m)	Area (m2) A X L (m2)	Volumen (V) (m3)	Volumen diseño (m3)	Área diseño (m2)					
Tanque Aireacion	3,7	4,2	3,1	15,54	48,174	74,95		NO	"	1,14	2	NO
Tanque - Clarificacion	4,2	1,5	3,1	6,3	19,53	"	12,12	"	NO	0,36	3	NO
Tanque - Digestion	1,24	1,5	1,5	1,86	2,79	59,97	"	NO	"	0,42	1	NO

Capítulo 3

3. Diseño y especificaciones

3.1 Normas, códigos y reglamentos

Para realizar los diseños finales y la memoria de cálculo que abarca todos los criterios, recomendaciones y especificaciones, se utilizó una variedad de normativas y manuales técnicos. Entre ellos se encuentran la Norma Ecuatoriana CO 10.7 – 602, las secciones 9.1 y 9.2 de la Norma CPE INEN 5, el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la Comisión Nacional del Agua, las Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de la EMMAAP-Q, y las Normas para el Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Además, se consultaron las regulaciones de INTERAGUA, las Especificaciones Técnicas para el Diseño de Tanques Sépticos del CEPIS, la Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores (CEPIS), así como las Especificaciones Técnicas para el Diseño de Zanjias y Pozos de Infiltración del mismo organismo.

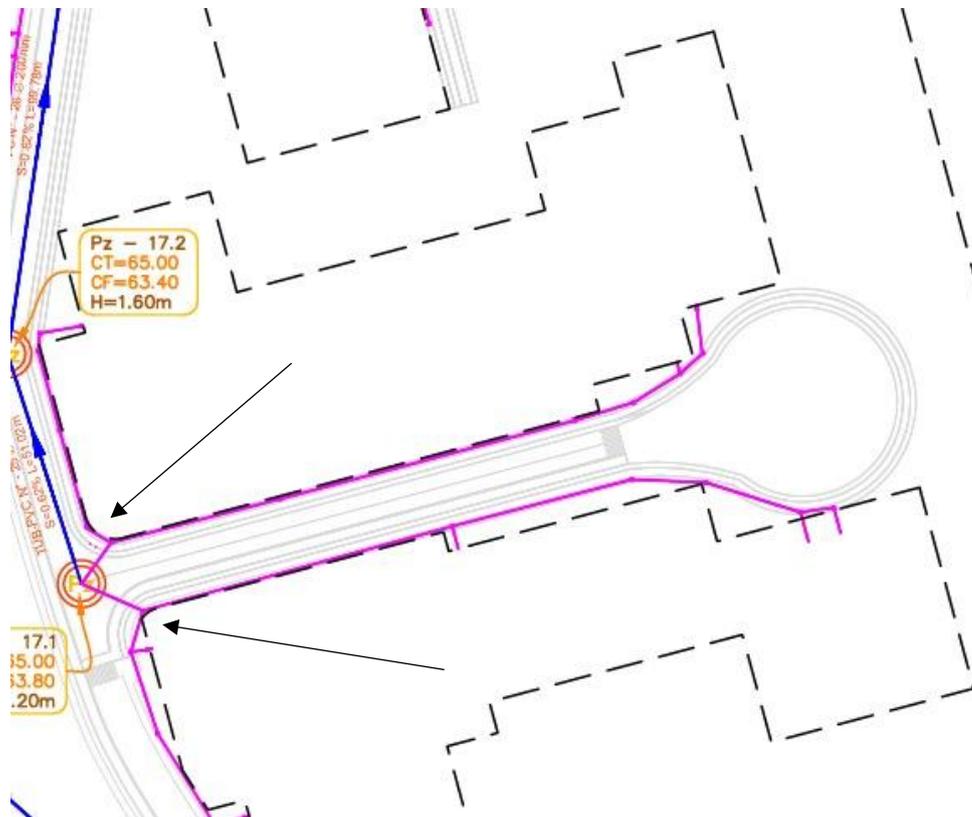
3.2 Diseño de la red de alcantarillado sanitario

Como parte del diseño de la red de recolección de aguas residuales, se realizará el diseño de un sistema de redes de alcantarillado del tipo no convencional. Primero se realizó el trazado de las redes primarias, secundarias y terciarias de la red de aguas servidas. Para ello se va considerando la topografía natural que favorece el movimiento de las aguas servidas de arriba hacia abajo, impulsadas por la gravedad.

Las áreas de aportación para el proyecto van variando según el informe de zonificación de ZEDE, desde 726 a 2904 m². En la Figura 19 se puede observar la distribución de los lotes por cada zona a proyectarse.

Figura 19

Distribución de las áreas de aportación hacia los pozos



Existen en total 61 lotes utilizables para el proyecto, de los cuales están distribuidos tal como se observa en la Tabla 10.

Tabla 10

Distribución de lotes según el área

Rango m2	Cantidad de Lotes	Área m2
[726 - 1000]	46	39567
[1000 - 1500]	9	11220,85
Mayor a 1500	6	13173,71
Total	61	63961.56

Nota: Datos proporcionado por el jefe de Operaciones de ZEDE.

3.2.1 Población de diseño

Es necesario definir la población a proyectarse para el final del periodo de diseño del proyecto. En este caso, se proyecta para 15 años. La jefa de Operaciones de ZEDE del Litoral, la economista Manuela Velastegui, proporcionó vía digital los datos poblacionales actuales de las empresas ubicadas en la zona, tal como se observa en la Tabla 11.

Tabla 11

Población industrial existente y área de aportación

Empresas	Población hab	Área m2
Bioconversión	30	6 000,00
Canotaje	24	5 218,94
CTI	32	3 5287,58
Cirion	22	5 450,86
Total	198	51 957,38

Nota: Datos proporcionado por la Jefa de Operaciones de ZEDE.

Además, se señaló que las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo el estudio de factibilidad no han cambiado, por tanto, la proyección del crecimiento poblacional establecida en dicho análisis permanece vigente.

En el Estudio de Factibilidad de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado del 2021 para ZEDE, establece una proyección de la población según la ocupación del lugar, véase la Tabla 12.

Tabla 12

Población de uso personal y procesos industriales/tecnológicos

Uso	Población hab
Personal	67

Proceso industrial/tecnológico	268
Total	335

Nota: Datos tomados del Estudio de factibilidad de los servicios de agua potable y alcantarillado (2021).

Por lo tanto, el total de población de diseño será de 533 habitantes (335 por parte de las industrias proyectadas y 198 por las empresas que están operando actualmente), en donde 335 será la población del área de aportación de los lotes de 6.40 hectáreas. Los habitantes de las empresas existentes en los últimos años se han mantenido por lo que se tomará como invariantes para este estudio.

3.2.2 Densidad poblacional

Para realizar la distribución uniforme de la población a lo largo de toda la lotización que permita diseñar la red de alcantarillado, se determina:

$$D_p = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

En donde,

D_p es la densidad poblacional.

P la población de diseño

A el área de aportación total

Por lo tanto, reemplazando los valores se obtiene:

$$D_p = \frac{335 \text{ hab}}{6.40 \text{ ha}} = 52.38 \frac{\text{hab}}{\text{ha}}$$

Sin embargo, este valor de densidad es bajo, por lo cual se tomará como referencia para una urbanización cuya área de ocupación por familias es de 105 m² y en ella habitan 3

personas, El lote más pequeño a proyectarse es de 726 m², entonces el número de personas a ocupar serán de 21 aproximadamente. Por esta razón, se tomará:

$$D_p = \frac{21 \text{ hab}}{726 \text{ m}^2} = 0.028 \frac{\text{hab}}{\text{m}^2} = 280 \frac{\text{hab}}{\text{ha}}$$

Con este valor, se obtiene una población final de 1899 habitantes (108 por parte de las empresas actuales y 1791 proyectados), ya con este dato se procede a determinar los aportes de caudal.

3.2.3 Dotación

De acuerdo con lo establecido en la sección 3.4 de la Quinta Parte de la norma CPE INEN 5, la dotación se describe como la "*Cantidad promedio de agua potable consumida diariamente por cada habitante*". Las dotaciones correspondientes a los distintos usos se detallan en las Tabla 13 y Tabla 14.

Tabla 13

Dotaciones en función del área para nuevas industrias

Rango m2	Dotación L/m2/día
[726 - 1000]	3
[1000 - 1500]	1,5
Mayor a 1500	1

Nota: Datos tomados del Estudio de factibilidad de los servicios de agua potable y alcantarillado (2021).

Tabla 14

Dotación de las industrias existentes

Empresas	Dotación L/hab/día
Bioconversión	70

Canotaje	80
CTI	80
Cirion	80

Nota: Datos tomados del Estudio de factibilidad de los servicios de agua potable y alcantarillado (2021).

3.2.4 Caudales de diseño

Para diseñar el sistema de la red de alcantarillado sanitario, es necesario considerar el caudal promedio de aguas residuales, el caudal máximo horario, así como los caudales provenientes de actividades industriales, comerciales, institucionales, ilícitas y de infiltración.

3.2.4.1 Estimación del Coeficiente de Retorno

Según la normativa EMAAP-Q, define rangos de coeficiente de retorno en función del nivel de complejidad del sistema, véase la Tabla 15.

Tabla 15

Coeficiente de Retorno

Coeficiente de retorno de aguas servidas domésticas	
Nivel de complejidad	Coefficientes de retorno
Bajo y medio	0,7 - 0,8
Medio alto y alto	0,8 - 0,85

Nota: Extraído de (RAS, 2000).

Para este proyecto, se ha considerado tomar un valor medio del 80%.

3.2.4.2 Caudal medio de aguas residuales

Para determinar el aporte doméstico, el caudal se determina como:

$$Q_{med-d} = \frac{D_p \cdot Dot \cdot Cr \cdot A}{86400 \text{ seg}} \quad (3.2)$$

Tomando como ejemplo el pozo 12.1, cuya área de aporte es de 968 m², se tiene:

$$Q_{med-d} = \frac{\left(280 \frac{hab}{ha}\right) \left(80 \frac{L}{hab * día}\right) (0.85) \left(\frac{968 ha}{10000}\right)}{86400 \text{ seg}} = 0.20 \frac{L}{s}$$

3.2.4.3 Caudal máximo horario

Para el caudal máximo horario se emplea el coeficiente M de mayoración:

$$Q_{máx-h} = M * Q_{med-d} \quad (3.3)$$

Donde:

$Q_{máx-h}$, es el caudal máximo horario (l/s)

M, es el coeficiente de Babbit:

$$M = \frac{5}{P^{0.2}} \quad (3.4)$$

Q_{med-d} , es el caudal medio diario doméstico (L/s)

P, es la población (hab)

Tomando de ejemplo el mismo pozo 12.1, el caudal doméstico es de 0.20 L/s y 27 habitantes aportantes, entonces:

$$M = \frac{5}{27^{0.2}} = 1.93$$

$$Q_{máx-h} = (1.93) \left(0.20 \frac{L}{s}\right) = 0.386 \frac{L}{s}$$

3.2.4.4 Caudal industrial

El caudal industrial corresponde al caudal establecido para las actividades de cada industria, el cual varía según el área (Ver Tabla 13).

3.2.4.5 Caudal comercial

Para este caso, no se tiene proyectado tener zonas comerciales, por lo cual este aporte es descartado.

3.2.4.6 Caudal institucional

De igual manera que el caudal comercial, no se considera aporte institucional en ZEDE.

3.2.4.7 Caudal por conexiones ilícitas

El caudal asociado a conexiones ilícitas fluctúa entre 0,1 y 3 l/ha. Para este caso específico, al tratarse de un sistema de baja a mediana complejidad, se adopta un valor de 0,1 l/ha, conforme al RAS (2000).

3.2.4.8 Caudal de infiltración

Dada la ubicación geográfica del proyecto, no existe presencia del nivel freático en la zona, por lo cual no existe aporte de este tipo de caudal.

3.2.4.9 Caudal de diseño

$$Q_{dis} = Q_{m\acute{a}x-h} + Q_{ind} + Q_{com} + Q_{ins} + Q_{il\acute{i}} + Q_{inf} \quad (3.5)$$

Tomando como ejemplo el mismo pozo, el caudal aportante por industrial es 0.027 L/s, y por conexiones ilícitas es de 0.01 L/s entonces el caudal de diseño será:

$$Q_{dis} = 0.0517 \frac{L}{s} + 0.027 \frac{L}{s} + 0 + 0 + 0.01 \frac{L}{s} + 0 = 0.0887 \frac{L}{s}$$

Dado que el caudal es menor que 1.5 L/s, se adoptará como caudal mínimo para el pozo de 1.5 L/s.

3.2.5 *Pendiente*

Debe cumplir con los requisitos de diseño que garanticen velocidades mínimas de 0.6 m/s y máxima de 2 m/s, además de respetar el tirante máximo permitido de 75% y la tensión tractiva mínima de 1 Pa, permitiendo así la limpieza de la tubería. De esa forma, se calcula la pendiente entre las cotas del terreno con el objetivo de establecer una referencia sobre el posible incremento de esta.

$$S = \frac{C_{Ti} - C_{Tf}}{L} \quad (3.6)$$

Donde:

S , pendiente

C_{Ti} , cota de terreno inicial

C_{Tf} , cota de terreno final

L , longitud de la tubería

Realizando como ejemplo el cálculo para la tubería 19, donde la cota inicial y final del terreno son de 75 m, por lo cual la pendiente de terreno será nula. Esto significa que la pendiente de la tubería se adopta el mínimo que satisfaga la velocidad mínima del flujo y la fuerza tractiva mínima, es decir 1%.

3.2.6 *Diámetro comercial*

Las especificaciones de las tuberías, como el diámetro nominal, el diámetro interno y el espesor, se determinan utilizando los catálogos de diferentes fabricantes de sistemas de alcantarillado.

Para todos los tramos, se optó por un diámetro interno de 200 mm, correspondiente a un diámetro nominal de 220 mm, en donde se fue verificando que cumpliera con los parámetros de velocidad mínima y máxima de diseño, así como con la proporción del tirante máximo y la tensión tractiva mínima.

3.2.7 *Velocidad a tubería llena*

Es necesario calcular la velocidad asumiendo que la tubería opera con un flujo completamente lleno (CEPIS, 2005). Este cálculo se realiza utilizando la fórmula de Manning

$$V_0 = \frac{0.397}{n} D^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (3.7)$$

Donde,

V_0 , velocidad a tubería llena (m/s)

n , número de Manning

D , diámetro de la tubería

S , pendiente (m/m)

Realizando el cálculo para la tubería 1 con pendiente 1.10%, diámetro de 200 mm y coeficiente de Manning de 0.011 (para tubería PVC) se obtiene:

$$V_0 = \frac{0.397}{0.011} \left(\frac{200}{1000} m \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{1.10}{100} \right)^{\frac{1}{2}} = 1.29 \frac{m}{s}$$

3.2.8 *Caudal a tubería llena*

Después de determinar la velocidad con la tubería completamente llena, es necesario proceder al cálculo del caudal correspondiente bajo esas condiciones:

$$Q_0 = \frac{\pi}{4} D^2 V_0 \quad (3.8)$$

Donde, Q_0 es el caudal a tubería llena (L/s)

Realizando los cálculos con la velocidad obtenida previamente:

$$Q_0 = \frac{\pi}{4} \left(\frac{200}{1000} m \right)^2 \left(1.29 \frac{m}{s} \right) = 40.65 \frac{L}{s}$$

3.2.9 Tiempo de flujo

Se establece que el flujo debe atravesar las tuberías entre pozos en un tiempo inferior a 5 minutos, calculado mediante la siguiente ecuación.

$$t_f = \frac{L}{V_0} \quad (3.8)$$

Donde, L es la longitud de la tubería.

Tomando los valores de la tubería 1, con una longitud de 65.22 m, se obtiene:

$$t_f = \frac{65.22 m}{0.97 \frac{m}{s} * 60 \frac{s}{min}} = 0.84 min \rightarrow Cumple$$

Es un tiempo de retención razonable, por lo que cumple el criterio.

3.2.10 Relaciones hidráulicas

Para continuar con el diseño, es necesario elaborar una tabla de relaciones hidráulicas que contemple una relación d/D que varíe entre 0.001 y 1. Esta tabla es fundamental para calcular las relaciones hidráulicas en condiciones de tubo parcialmente lleno, que incluyen: q/Q , V/V_0 , d/D y el ángulo θ .

En donde,

q , caudal de diseño (L/s)

Q , caudal a tubería llena (L/s)

V, velocidad de diseño (m/s)

d, tirante de diseño (mm)

D, diámetro interior de tubería (mm)

θ : ángulo teta

Para utilizar la tabla que establece las relaciones hidráulicas para tuberías con sección parcialmente llena, es necesario calcular la relación entre el caudal de diseño y el caudal en condiciones de tubería llena, la cual se obtiene mediante la ecuación.

$$\frac{Q_{dis}}{Q_0} \quad (3.9)$$

Realizando un ejemplo para la tubería 1, el caudal de diseño es de 1.5 L/s y el caudal a tubo lleno es de 30.52 L/s por lo cual se obtiene que:

$$\frac{q}{Q_0} = 0.037$$

Entonces se obtiene:

$$\theta = 84.88^\circ$$

$$\frac{v}{V_0} = 0.48$$

$$\frac{d}{D} = 0.13$$

3.2.11 Tirante de diseño

Para determinar el tirante de diseño, se emplea la relación d/D , asegurándose de que el resultado sea inferior a 0.75. Si este valor es superior, será necesario incrementar el diámetro de la tubería. El tirante de diseño para este tramo fue el siguiente:

$$\frac{d}{D} = 0.15 \rightarrow d = 0.15 \cdot 200 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

3.2.12 Velocidad de diseño

La velocidad de diseño se calcula de manera similar al tirante de diseño, teniendo en cuenta que la velocidad mínima es de 0.60 m/s, mientras que la velocidad máxima es de 2 m/s tomando en cuenta el material. El cálculo se expresa de la siguiente forma:

$$\frac{v}{V_0} = 0.48 \rightarrow v = 0.48 \cdot 1.29 \frac{m}{s} = 0.62 \frac{m}{s}$$

Es importante destacar que, aunque existen tramos con pendientes muy pronunciadas debido a las condiciones del terreno, todos ellos cumplen con las velocidades máximas permitidas.

3.2.13 Tensión tractiva

De acuerdo con la (EMAAP-Q, 2009), el valor mínimo de la tensión tractiva es de 1 N/m² = 1 Pa, por lo que es fundamental que todos los tramos de tubería cumplan con este requisito. La ecuación a utilizar es la siguiente:

$$\tau = S \cdot \gamma \cdot \frac{D}{4} \left(1 - \frac{360 \cdot \sin \theta}{2\pi \cdot \theta} \right) \quad (3.10)$$

Donde,

τ , tensión tractiva (Pa)

γ , peso específico del líquido (N/m³)

Para el tramo de ejemplo, la tensión tractiva es el siguiente:

$$\tau = \left(\frac{0.62}{100} \right) \left(9810 \frac{N}{m^3} \right) \left(\frac{200}{4 \cdot 1000} \right) \left(1 - \frac{360 \cdot \sin(84.88^\circ)}{2\pi \cdot 84.88^\circ} \right) = 1.77 \text{ Pa} \rightarrow \text{Cumple}$$

El tramo evaluado cumple con todos los requisitos de diseño, por lo que se procede a efectuar los cálculos necesarios para definir las cotas de proyecto o cotas invertidas. Es importante señalar que todos los tramos se encuentran dentro de los rangos de diseño permitidos, garantizando así las velocidades, el tirante, el tiempo de flujo y la tensión tractiva adecuados.

3.3 Método constructivo del sistema de alcantarillado sanitario

3.3.1 Cota de terreno

El equipo de Gerencia de Administración Física (GIF) proporcionó la topografía del lugar para poder obtener las cotas del terreno, que se ajusta con los trabajos de campo descrita en el Capítulo 2.

3.3.2 Profundidad hidráulica

La profundidad hidráulica se determina utilizando la siguiente fórmula:

$$H = \frac{D}{8} \left(\frac{\theta - \sin \theta}{\sin \frac{\theta}{2}} \right) \quad (3.11)$$

Por lo tanto, para el caso de la tubería 1:

$$H = \frac{0.2}{8} \left(\frac{91.5^\circ - \sin 84.88^\circ}{\sin \frac{84.88^\circ}{2}} \right) = 0.018 \text{ m}$$

3.3.3 Número de Froude

El número de Froude nos ayudará a identificar si el flujo es subcrítico o supercrítico, utilizando la siguiente relación:

$$\text{Subcrítico } 0.9 \leq NF \leq 1.1 \text{ Supercrítico}$$

Cuya ecuación viene siendo:

$$NF = \frac{v}{\sqrt{g \cdot H}} \quad (3.12)$$

Por lo que continuando con el cálculo previo de la tubería 1:

$$NF = \frac{0.62 \frac{m}{s}}{\sqrt{9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 0.018 m}} = 1.46 \rightarrow \textit{Supercrtico}$$

Cabe señalar que los tramos que no presenten un régimen definido se clasificarán como flujos supercríticos, adoptando un enfoque conservador. Por lo tanto, se considera que todos los tramos de este sistema de alcantarillado son supercríticos.

3.3.4 Régimen supercrítico

En el régimen supercrítico, existen dos metodologías de cálculo: sin caída y con caída. Se optó por la segunda, ya que no se dispone del espacio necesario en el terreno para aplicar la primera opción. Dentro de la metodología elegida, el diseño puede llevarse a cabo considerando si la entrada de la tubería de salida está sumergida o no, en función del diámetro y el caudal de la tubería (Lopez Cualla, 2003). Para verificar si la tubería no está sumergida, se emplea la siguiente ecuación:

$$\frac{Q}{D_s^2 \sqrt{g \cdot D_s}} \leq 0.62 \quad (3.13)$$

Donde,

D_s , diámetro de la tubería de salida (m)

Continuando, utilizando los datos de la tubería anterior y se mantiene el mismo diámetro de tubería de salida:

$$\frac{1.5 \frac{L}{s}}{\left(\frac{200}{1000} m\right)^2 \sqrt{9.81 \frac{m}{s^2} \cdot \left(\frac{200}{1000} m\right)}} = 0.027 \leq 0.62 \rightarrow \text{Cumple}$$

Se verifica que la tubería no está sumergida, por lo que se continuará con el cálculo para un flujo en régimen supercrítico con una tubería de salida no sumergida. Esta metodología es válida para todos los tramos diseñados.

3.3.4.1 Entrada de tubería de salida no sumergida

3.3.4.1.1 Parámetros preliminares

Es necesario obtener el ángulo θ_c que cumpla con la ecuación:

$$\frac{Q}{\sqrt{g}} = \frac{\sqrt{2} (\theta_c - \sin \theta_c)^{1.5}}{32 \sin^{0.5} \frac{\theta_c}{2}} D^2 \quad (3.14)$$

Para obtener el parámetro θ_c es necesario despejarlo de la ecuación implícita, para ello se utilizó la herramienta Solver de Excel para determinarlo:

$$\frac{0.0015 \frac{m^3}{s}}{\sqrt{9.81 \frac{m}{s}}} = \frac{\sqrt{2} (\theta_c - \sin \theta_c)^{1.5}}{32 \sin^{0.5} \frac{\theta_c}{2}} (0.2 m)^2 \rightarrow \theta_c = 1.32643606 \text{ rad}$$

Con este parámetro se obtiene los demás valores de las siguientes ecuaciones:

$$y_c = \frac{D}{2} \left(1 - \cos \frac{\theta_c}{2}\right) \quad (3.15)$$

Por lo cual se obtiene:

$$y_c = \frac{0.2 m}{2} \left(1 - \cos \frac{1.32643606 \text{ rad}}{2}\right) = 0.02120 m$$

$$A_c = \frac{D^2}{8} (\theta_c - \sin \theta_c) \quad (3.16)$$

Se obtiene:

$$A_c = \frac{(0.2 \text{ m})^2}{8} (1.32643606 \text{ rad} - \sin 1.32643606 \text{ rad}) = 0.00178 \text{ m}^2$$

Y, por último:

$$V_c = \frac{Q}{A_c} \quad (3.16)$$

Reemplazando valores:

$$V_c = \frac{0.0015 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.00178 \text{ m}^2} = 0.84 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow \text{es aceptable}$$

3.3.4.1.2 Energía específica y altura por pérdidas

Se determina la energía específica para condiciones de flujo crítico y el incremento de altura debido a las pérdidas, por medio de:

$$H_c = Y_c + \frac{V_c^2}{2g} \quad (3.17)$$

$$H_e = 0.589 \cdot D_s \left(\frac{Q}{D_s \sqrt{g \cdot D_s}} \right)^{2.67} \quad (3.18)$$

Continuando con los cálculos con los parámetros de la sección anterior:

$$H_c = 0.02120 \text{ m} + \frac{(0.84 \text{ m/s})^2}{2(9.81 \text{ m/s}^2)} = 0.0574 \text{ m}$$

$$H_e = 0.589(0.2 \text{ m}) \left(\frac{0.0015 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{(0.2 \text{ m}) \sqrt{(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0.2 \text{ m})}} \right) = 1 \times 10^{-7} \text{ m} \approx 0 \text{ m}$$

3.3.4.1.3 Caída en el pozo

Recopilando los cálculos realizados, se calcula la caída dentro del pozo, donde se rige la siguiente ecuación:

$$\frac{H_w}{D_s} = K \left(\frac{H_c}{D_s} + \frac{H_e}{D_s} \right) \quad (3.19)$$

El parámetro K viene dado por Tabla 16, en donde relaciona el diámetro del pozo (0.9 m) con diámetro de la tubería de salida (0.2 m).

Tabla 16

Coefficiente K en pozos de unión con caída

Dp/Ds	K
>2,0	1,2
1,6-2,0	1,3
1,3-1,6	1,4
<1,3	1,5

Nota: extraído de Acueductos y Alcantarillados (Lopez, 2003).

De modo de ejemplo, se obtiene:

$$\frac{D_p}{D_s} = 4.5 > 2 \rightarrow K = 1.2$$

Entonces se determina la caída del pozo con la ecuación (3.19):

$$\frac{H_w}{0.2 \text{ m}} = 1.2 \left(\frac{0.0574 \text{ m}}{0.2 \text{ m}} + \frac{1 \times 10^{-7} \text{ m}}{0.2 \text{ m}} \right) = 0.0688 \text{ m}$$

3.3.5 Cota de proyecto

Corresponde a la altura con respecto al nivel del mar que tendrá el pozo de inspección. Se determina con la pendiente de la tubería, las cotas del terreno y la cota de proyecto del tramo anterior.

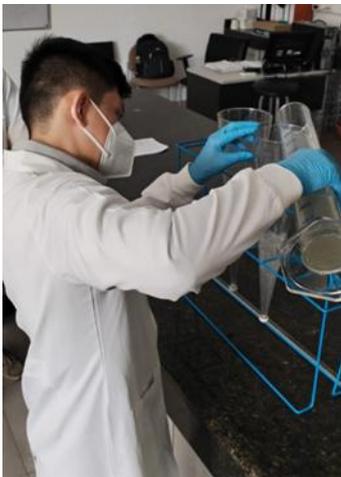
3.4 Criterios de evaluación de la PDAR - CTI

En el siguiente apartado se definirán bajo criterios técnicos, si la infraestructura actual es suficiente para manejar el caudal medio (Q_m) y el caudal pico (Q_{max}) de la población proyectada a 15 años (533 habitantes).

3.4.1 Definición de los parámetros de diseño

Según la Figura 17

Ensayo Imhoof a la muestra de aguas residuales en la entrada de la PDAR-MBR



. en la entrada la concentración de sólidos totales (ST) es 566 mg/L, los sólidos suspendidos totales (SST) 230 mg/L, y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) 242.5 mg/L.

Dentro del reactor, se proyecta una densidad de sólidos totales de (X) igual 2500 mg/L, y se calculara la densidad de solidos totales de recirculación (X_r) considerando un porcentaje de recirculación del 45% según datos tomados de Metcalf & Eddy (2013).

En la salida, se proyecta una DBO de 60 mg/L y SST igual al 15% de los SST en la entrada (SST_e), es decir, se considera una eficiencia de remoción del 85%. Además, de los ensayos se obtuvo que la cantidad de sólidos suspendidos volátiles (SSV) es igual a 5 mg/L

(equivalente al 2.1% de los SST), lo cual se considera un **dato aberrante** ya que los sólidos suspendidos volátiles (SSV) conforman entre el 40-70% de los sólidos suspendidos totales (SST).

3.4.2 *Justificación de los sólidos suspendidos volátiles en la entrada*

Según (Romero, 2004), es posible asumir que la cantidad de sólidos suspendidos volátiles (SSV) equivale a la totalidad de los sólidos suspendidos totales (SST). Por lo tanto, debido a que se obtuvo un dato aberrante $SSV=5$ mg/L (ver Tabla 6), se considera que en la entrada $SST = SSV$

Por lo tanto, los sólidos suspendidos volátiles en la salida:

$$SST_e = SSV_e = 34.5$$

3.4.3 *Depuración preliminar*

3.4.3.1 *Rejillas finas*

La velocidad a través de barras limpias debe mantenerse entre 0.4 y 0.75 m/s para caudal medio (INEN, 1992). Según la RAE la velocidad máxima permisible es de 1.2 m/s para caudal máximo.

Figura 20

Rejillas existentes



Dimensiones:

$B = 84 \text{ cm}$, $H = 40 \text{ cm}$, Profundidad = 56 cm

$Q_{\text{max}} = 0.00422 \text{ m}^3/\text{s}$

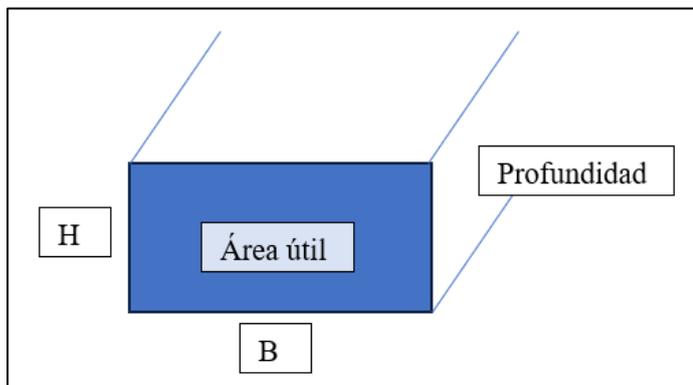
$Q_{\text{m}} = 0.003923 \text{ m}^3/\text{s}$

Área malla = $B \times H = 3280 \text{ cm}^2$

Porosidad = 62%

Figura 21

Esquema del sistema de rejillas



3.4.3.2 Caudal Máximo

Por cada segundo:

Área útil = $\text{Vol}_{\text{max}} / \text{Profundidad} = 0.007534 \text{ m}^2$

Área libre = Área útil * porosidad = 0.00467

Velocidad malla = $Q_{\text{max}} / \text{Área libre} = 0.9 \text{ m/s}$

La velocidad máxima en rejillas es menor a 1.2 m/s por lo tanto cumple con las velocidades permisibles.

3.4.3.3 Caudal Medio

Por cada segundo:

$$\text{Área útil} = \text{Volm} / \text{Prof} = 0.00707 \text{ m}^2$$

$$\text{Área libre} = \text{Área útil} * \text{Porosidad} = 0.004384$$

$$\text{Velocidad malla} = Q_m / \text{Área libre} = 0.9 \text{ m/s}$$

La velocidad en las rejillas debe estar entre 0.4 y 0.75 m/s como lo establece (INEN, 1992), por lo tanto, **No cumple** con las velocidades permisibles.

3.4.4 *Depuración Primaria*

Dado que en los ensayos de sólidos sedimentables con cono Imhoff se obtuvo un valor de 0.45 mL/L,

3.4.5 *Depuración Secundaria*

3.4.5.1 *Tanque de Aireación*

3.4.5.1.1 *Capacidad de retención hidráulica*

DBO corregida (S_e).- La DBO menos el 63% de los sólidos suspendidos en el efluente.

$$S_e = DBO_e - 0.63 SST_e$$

$$S_e = 60 - 0.63 (34.5) = 38.265 \frac{mg}{L}$$

Retención celular (θ_c).- También conocida como edad de lodo, indica el tiempo promedio que un microorganismo permanece en el sistema antes de ser retirado. Según Metcalf & Eddy (2013), varía entre 3 y 10 días. Para el cálculo de la biomasa del reactor, se asumirá un θ_c de 8 días.

$$\text{Coeficiente de descomposición endógena (kd)} = 0.06$$

$$\text{Coeficiente de producción de crecimiento en la fase logarítmica (Y)} = 0.5$$

Biomasa del reactor:

$$XV = \frac{\theta_c Y Q_m (DBO_e - S_e)}{1 + k_d \theta_c}$$

$$XV = \frac{(8) \text{ día} (0.5) (364.52) \frac{\text{m}^3}{\text{día}} (60 - 38.265) \frac{\text{g}}{\text{m}^3}}{1 + 0.06(8) \text{ día}} = 195857.7 \text{ gSSV} = 195.86 \text{ kgSSV}$$

Se determina el volumen necesario:

$$V_{T.A \text{ diseño}} = \frac{XV}{X} = \frac{195.86 \text{ kg}}{2.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 74.95 \text{ m}^3$$

El mismo cálculo se realiza para Q_{max} a fin de generar un borde libre para evitar rebose:

$$V_{T.A \text{ diseño}} = \frac{XV}{X} = \frac{201.41 \text{ kg}}{2.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 80.48 \text{ m}^3$$

Tiempo de retención hidráulica

$$TRH_{T.A} = \frac{V_{T.A \text{ diseño}}}{Q \text{ max}} = 5.3 \text{ horas}$$

Volumen del tanque de aireación existente:

$$L = 4.2 \text{ m}, A = 3.7 \text{ m}, H = 3.15 \text{ m}$$

$$\text{Volumen T.A} = L \times A \times H = 48.17 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, la capacidad de retención hidráulica del tanque de aireación existente **es insuficiente.**

Relación Largo/Ancho

Esta debe estar entre 2:1 y 5:1

$$L/A = 4.5/3.7 = 1.14$$

Por lo tanto, el tanque de aireación existente **NO cumple** con la relación largo/ancho

3.4.5.2 Tanque Clarificador

Para el diseño del tanque Clarificador, se seleccionaron parámetros de la tabla 8-7 (ver) del libro de (Metcalf & Eddy, 2014).

Figura 22

Parámetros de flujo

Type of treatment	Overflow rate				Solids loading				Depth, m ^b
	gal/ft ² -d		m ³ /m ² -d		lb/ft ² -h		kg/m ² -h		
	Average	Peak	Average	Peak	Average	Peak	Average	Peak	
Settling following air-activated sludge (excluding extended aeration)	400-700	1000-1600	16-28	40-64	0.8-1.2	1.6	4-6	8	3.5-6
Selectors, biological nutrient removal	400-700	1000-1600	16-28	40-64	1.0-1.5	1.8	5-8	9	3.5-6
Settling following oxygen-activated sludge	400-700	1000-1600	16-28	40-64	1.0-1.4	1.8	5-7	9	3.5-6
Settling following extended aeration	200-400	600-800	8-16	24-32	0.2-1.0	1.4	1.0-5	7	3.5-6
Settling for phosphorus removal; effluent concentration, mg/L									3.5-6
Total P = 2		600-800		24-32					
Total P = 1 ^c		400-600		16-24					
Total P = 0.2-0.5 ^d		300-500		12-20					

Nota: Recuperado de (Metcalf & Eddy, 2014)

3.4.5.2.1 Densidad de Recirculación X_R

Dado que se estableció en los parámetros de diseño un porcentaje de recirculación de 45%, entonces la densidad de los sólidos en la recirculación se calcula con la siguiente ecuación.

$$X_R = \frac{X}{\%Recirculacion} + X$$

$$X_R = \frac{2500}{0.45} + 2500 = 8055.56 \frac{mg}{L}$$

3.4.5.2.2 Área Requerida

Se estableció un límite de carga superficial de **28 m³ /m²-dia**, valor seleccionado dentro del rango recomendado de **(16 - 28) m³ SS/m²-dia** para caudal medio (Q_m), según la .

$$A_{\text{req}} = \frac{Q_m}{C_{su}} = \frac{(339.46) \frac{m^3}{\text{día}}}{28 \frac{m^3}{m^2 \text{ día}}} = 12.124 m^2$$

El área mínima requerida de diseño

$$A_{T.C} = 12.12 m^2$$

Como las dimensiones del tanque clarificador son: L = 1.5 m y A = 4.2 m, el área del T.C existente:

$$A_{T.C} = L \times A = 6.3 m^2$$

Como el área del clarificador existente es menor al área mínima requerida, la capacidad del tanque clarificador existente **es insuficiente**.

3.4.5.2.3 Relación L/A

La relación largo-ancho debe estar entre 3:1 y 5:1 en un tanque clarificador (Rojas, 2001).

$$L/A = 1.5/4.2 = 0.36$$

Por lo tanto: El tanque clarificador existente **NO** cumple con la relación largo/ancho.

3.4.6 Tratamiento de Lodos

Debido a que el tanque digestor de la PDAR – CTI, es un tanque digestor anaerobio convencional, se establece un tiempo de retención hidráulica de 30 días para la evaluación del mismo.

3.4.6.1 Capacidad de retención hidráulica

Dimensión del tanque digestor de lodos:

$$L = 1.5 m, A = 1.24 m, H = 1.5 m$$

Volumen T.D = L x A x H = 2.79 m³

Producción de lodo:

$$P_x = \frac{Y \cdot Q \cdot (DBO_e - S_e)}{1 + kd(\theta_c)}$$

$$P_x = \frac{0.5(339.46) \frac{m^3}{día} (242.5 - 34.5) \frac{g}{m^3}}{1 + 0.06(8)día}$$

$$P_x = 22799 \frac{g}{m^3} = 22.799 \frac{kg}{m^3}$$

Determinamos la cantidad de lodos seco generado por día, considerando el 80% es agua y 20% es lodo seco:

$$\frac{P_x}{0.8} = \frac{22.799 \frac{kg}{m^3}}{0.8} = 28.45 \frac{kg}{m^3}$$

Caudal de lodos

$$Q_{lodos} = \frac{lodos\ seco}{Xr} = \frac{28.45 \frac{kg}{día}}{8.055 \frac{kg}{m^3}} = 3.54 \frac{m^3}{día}$$

Caudal de recirculación

$$Q_R = \frac{Q \cdot X}{Xr - \bar{X}} = \frac{(339.46) \frac{m^3}{día} (2.5) \frac{kg}{m^3}}{(8.055 - 2.5) \frac{kg}{m^3}} = 152.75 \frac{m^3}{día}$$

Entonces el volumen del tanque digestor de lodos será:

$$V_{T.D} = (\%remocion)(TRH_{digestor})(Q_{lodos})$$

$$V_{T.D} = (0.55)(30)día(3.54) \frac{m^3}{día}$$

$$V_{T.D} = 64.13 \text{ m}^3$$

Donde el porcentaje de remoción corresponde al caudal de lodos total menos el porcentaje que se destina para la recirculación, es decir:

$$\%remocion = 100\% - \%R = 55\%$$

Por lo tanto, la **capacidad del tanque** digestor de lodos existente **es insuficiente** para la carga orgánica que debe almacenar

3.4.6.2 Relación Largo/Ancho

Esta debe estar entre 1:1 y 2:1

$$L/A = 1.5/1.24 = 1.2$$

Por lo tanto, el tanque digestor existente **SI cumple con la relación largo/ancho**.

3.5 Repotenciación de la PDAR - CTI

3.5.1 *Rejillas Finas*

Del cálculo anterior se evidencia que la velocidad se mantiene constante, aunque disminuya el caudal, esto se debe a que la profundidad existente impide que la altura del volumen de agua desaproveche el área de rejillas disponible. Entonces, se propone disminuir la profundidad de 56 cm a 40 cm:

$$Q_m = 0.003923 \text{ m}^3/\text{s}$$

Por cada segundo:

$$\text{Área útil} = Q_m / \text{Profundidad} = 0.0098225 \text{ m}^2$$

$$\text{Área libre} = \text{Área útil} * \text{porosidad} = 0.00608$$

$$\text{Velocidad malla} = Q_m / \text{Área libre} = 0.645 \text{ m/s}$$

La velocidad máxima en rejillas es mayor a 0.45 m/s y menor a 0.75 m/s por lo tanto **cumple con las velocidades permisibles** según la normativa ecuatoriana.

3.5.2 Tanque de Aireación

Se establecen **dos módulos** con relación Largo-Ancho de 2:1 con los siguientes propósitos:

- Aprovechar el **ancho (B)** del terreno subterráneo existente (área de lechos de secado), minimizando costos de excavación y relleno en **largo**.
- Minimizar el uso de energía en los periodos iniciales de operación.
- Se optimiza de mejor manera la transferencia de oxígeno de los difusores.

En este sentido:

El largo de cada módulo:

$$L = \frac{B}{2} * 2$$

De la fórmula de volumen se tiene que:

$$V_{T.A \text{ diseño}} = L^2 * H$$

Como se conoce que el volumen de diseño es de 78.34 m³ y estableciendo un B = 5 m, como aprovechamiento del ancho de la infraestructura existente, la altura que alcanza el espejo de agua para caudal máximo es:

$$H = \frac{V_{T.A \text{ diseño}}}{L^2} = \frac{80.48 \text{ m}^3}{(5)^2 \text{ m}^2} = 3.21 \text{ m}$$

Imponemos H = 3.5 metros, a fin de garantizar que el licos mezclado se conduzca a gravedad hacia el tanque clarificador.

Cantidad de Oxígeno Requerido en cada módulo:

$$DO = 1.5Q_m(DBO_e - S_e) - 1.42X_R \cdot Q_{lodos}$$

DO = Demanda de Oxígeno kgO₂/día

DBO_e = DBO en la entrada g/m³

S_e = DBO corregida g/m³

X_R = Densidad de Recirculación g/m³

Q_{lodos} = caudal de lodos m³/día

$$DO_{Q_m} = 1.5(339.46)(242.5 - 38.265) - 1.42(2500)(3.538)$$

$$DO_{Q_m} = 120425.545 \frac{gO_2}{dia} = 62.42 \frac{kgO_2}{dia}$$

$$DO_{Q_{max}} = 1.5(364.52)(242.5 - 38.265) - 1.42(2500)(3.8)$$

$$DO_{Q_{max}} = 67 \frac{kgO_2}{dia}$$

3.5.2.1 Difusores de burbuja fina

Según las especificaciones técnicas del fabricante, el difusor escogido maneja un caudal de 1.2-8.5 m³/h. por lo que escogemos 3 m³/h, para el diseño, considerando que la eficiencia disminuirá a lo largo del tiempo por taponamiento, desgaste, etc.

La SOTE se obtiene de las especificaciones técnicas y varia de acuerdo a la altura que la burbuja fina tiene que recorrer hacia el espejo de agua, para 3 m³/h y 3.5 m de altura, se tiene una SOTE = 7.5%.

$$SOTE_{ajustada} = SOTE \times H$$

$$SOTE_{T.A Q_m} = 7.5 \frac{\%}{m} \times 3.5 m = 26\%$$

$$\text{Flujo de aire necesario en } Qm = \frac{DO}{\rho O_2 * SOTE_{T.A} * \%O_{2\text{aire}}}$$

$$\text{Flujo de aire necesario en } Qm = 42.23 \frac{m^3}{h}$$

Como son dos líneas, a cada línea le corresponde un caudal de (21.117 m³/h)

Numero de difusores:

$$\#difusores_{Qm} = \frac{\text{Flujo de aire necesario en } Qm}{\text{Flujo por difusor}} = 7.04 \approx 8 \text{ difusores}$$

Se escogen 8 difusores por línea de proceso.

3.5.2.2 Soplador de aire

La potencia del compresor se calcula con la siguiente ecuación:

$$P(kW) = \frac{Q \cdot P_G}{\eta \cdot 102}$$

Donde:

- P_G = presión de operación del compresor (0.8 bar para aireación típicamente)
- Q = caudal de aire requerido = 54.1 m³/h
- η = 0.85 (compresores modernos)

$$P(kW) = \frac{54.1 \cdot 0.8}{0.85 \cdot 102}$$

$$P(kW) = 0.114 \text{ kW} = 0.499 \text{ HP}$$

Consumo energético diario:

$$P(kWh) = 0.114 \text{ kW} \cdot 24 \text{ h}$$

$$P(kWh) = 11.98 \text{ kWh}$$

3.5.3 Tanque Clarificador

Se establece una relación largo-ancho mínima de 3:1. Además se lo divide en **dos módulos** separados con una pantalla de H.A de 15 cm, con la finalidad de no ocupar demasiado espacio en **largo**, dado que en ese sentido la infraestructura existente tiene un límite de expansión de 3.5 metros.

El largo de cada módulo:

$$L = \frac{B}{2} * 3$$

De la fórmula de área se tiene que:

$$A_{\min T.C} = \left(\frac{3B}{2}\right) \times B$$

Dado que el $A_{\min} = 29.23 \text{ m}^2$, despejando se obtiene el ancho:

$$B_{\text{Teorico}} = \sqrt{\frac{2(A_{\min T.C})}{3}} \text{ m} = \sqrt{\frac{2(12.2)}{3}} \text{ m} = 2.85 \text{ m}$$

$$B_{T.C \text{ practico}} = 3 \text{ m}$$

Como se conoce que el ancho de diseño es 4.42 m y usando una altura mínima de 3.5 m (para clarificadores secundarios según (Metcalf & Eddy, 2014)), las dimensiones finales son:

El volumen final será:

$$A = 4.42 \text{ m}, L = \frac{3}{2} * A = 6.63 \text{ m}, H = 3.5 \text{ m}$$

$$V_{T.C \text{ diseño}} = A \times L \times H = 29.3046 \text{ m}^3$$

Cada módulo tendrá un volumen:

$$V_{T.C \text{ modulo}} = \frac{V_{T.C \text{ diseño}}}{2} = 14.6523 \text{ m}^3$$

3.5.3.1 Bomba de recirculación y disposición de lodos

La potencia de la bomba se calcula con la siguiente ecuación:

$$P(kW) = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta \cdot 1000}$$

Donde:

- ρ = densidad del lodo (1070 kg/m³)
- g = gravedad (9.81 m/s²)
- Q = caudal lodo + caudal recirculación = 6.51 m³/h = 0.00181 m³/s
- H = altura total = altura vertical + pérdida en horizontal.
- η = (0.7 - 0.75) típicamente

La altura total a vencer está dada por la elevación para recircular al clarificador (3.5 m) y para su disposición en el tanque digester anaerobio (6 m), y se considera una pérdida por accesorios, longitud de tubería perdida localizada por bifurcación de 1.25 m.

$$P(kW) = \frac{(1070)(9.81)(0.00181)(7)}{0.7 * 1000}$$

$$P(kW) = 0.2 \text{ kW} = 0.27 \text{ HP}$$

Lo que representa un consumo energético diario de:

$$P(kWh) = 0.114 \text{ kW} * 24 \text{ h} = 4.89 \text{ kWh}$$

3.5.4 Tanque Digestor de lodos

Para su repotenciación, se considerará un tanque digestor anaerobio con calentador y paletas de mezclado (35-38°C constante y uniforme), por lo que se reduce su tiempo de retención hidráulica (a 15 días) para el cálculo de su volumen.

Del cálculo de la evaluación del tanque digestor (véase 3.4.6.1):

$$V_{T.D} = (\%remocion)(TRH_{digestor})(Q_{lodos\ max})$$

$$V_{T.D} = (0.55)(15\ dia)(3.8) \frac{m^3}{dia}$$

$$V_{T.D} = 31.34\ m^3$$

Además, se calcula la generación de gas diaria y se considera un volumen adicional para el almacenamiento del mismo.

$$V_{CH_4} = 0.35[Q_m(DBO_e - DBO_s)10^{-3} - 1.42P_x]$$

$$V_{CH_4} = 13.195\ m^3$$

Se considera que el 60% del biogás es metano y el 40% restante es CO₂, por ende, se considera esto para el gas total.

$$V_{gas} = \frac{13.195\ m^3}{0.6} = 22\ m^3$$

Finalmente, el volumen total para el tanque digestor será:

$$V_{total} = V_{gas} + V_{T.D} = 53.34\ m^3$$

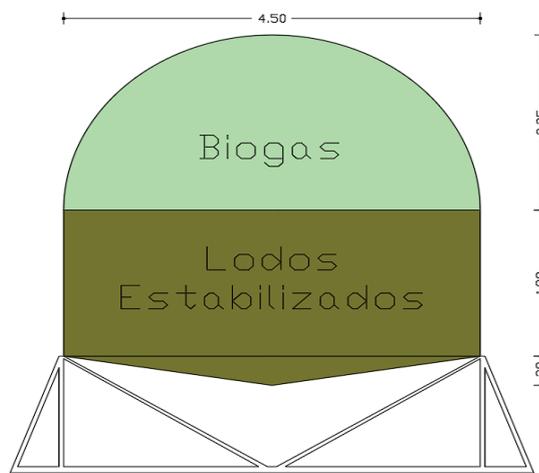
Se establece un digestor de lodos cilíndrico eliminar zonas muertas en las esquinas, con una pendiente de 1:6 para facilidad de extracción de lodos, y un sistema de paletas

mecánicas que maximizan el mezclado y la generación de biogás. La relación profundidad/diámetro va de 0.3 a 0.7 para facilitar la mezcla.

Entonces considerando una pendiente en el fondo del tanque del (1/6) y restableciendo una geometría esférica en la parte superior del tanque se obtuvo un tanque digestor de volumen de 55.05 m³ (ver Figura 23).

Figura 23

Diseño obtenido del Tanque Digestor Anaerobio



El diseño obtenido cumple con los parámetros de diseño:

- Relación h/d:

$$\frac{\text{profundidad cilindro}}{\text{diametro cilindro}} = \frac{1.875}{4.5} = 0.416$$

- Pendiente del fondo del tanque:

$$s\% = \frac{0.375}{4.5} \times 100 = 6\%$$

Nota: Los ajustes geométricos del tanque se detallan en la hoja de cálculo.

3.5.4.1 Biogás requerido para calentamiento

$$Q_{paredes} = U \cdot A_{tanque} \cdot \Delta T$$

Donde:

A_{tanque} = área superficial del tanque digestor (74.43 m², obtenido de la hoja de cálculo)

ΔT = temperatura del tanque - temperatura ambiente (35 - 25°C = 10°C)

U = coeficiente de transferencia de calor para acero con aislamiento 2.5 W/m²°C

$$Q_{paredes} = 2.5 \cdot 74.43 \cdot 10 = 1860.75 \text{ Watt}$$

$$Q_{paredes} = 1.86 \text{ kW}$$

$$Q_{paredes} = 1.86 \text{ kW} \cdot 24 \text{ h} = 44.64 \text{ kWh}$$

biogás requerido considerando un poder calorífico de 22MJ/m³=6.11 kW/:

$$V_{Biogas\ requerido} = \frac{Q}{\text{poder calorifico biogas}} = 44.64 \text{ kWh}$$

$$V_{Biogas\ requerido} = \frac{44.64 \text{ kWh}}{6.11 \text{ kWh/m}^3} = 7.3 \text{ m}^3/\text{día}$$

3.5.4.2 Motor de mezcla lenta

Para los sistemas de mezcla lenta, (Rojas, 2001) establece estándares de diseño para sistemas de mezcla de digestores anaerobio, entre éstos, el nivel de potencia del equipo por unidad de volumen del reactor en un rango que va de 5 a 8 W/m³.

Elegimos 7 W/m³, entonces la potencia requerida del equipo:

$$P(kW) = \frac{V_{T.D} \cdot 7}{1000}$$

$$P(kW) = \frac{31.34 \cdot 7}{1000} = 0.2194 \text{ kW}$$

Consumo energético diario:

$$\frac{P(kW)}{\text{dia}} = (0.2194 \text{ kW}) \cdot 24 \text{ h}$$

$$\frac{P(kW)}{dia} = 5.26kWh$$

3.6 Dependencia de la red eléctrica nacional

Una vez determinada la energía diaria requerida en el compresor (12 kWh), las bombas de succión (2.736 kWh), el sistema de mezcla lenta (5.26 kWh) y el biogás requerido para el calentamiento del tanque digester anaerobio (7.3 m³), podemos determinar si somos capaces de prescindir de la red eléctrica nacional.

$$E_{\text{eléctrica requerida}} = 12kWh + 2.736kWh + 5.26kWh = 19.996 kWh$$

Ahora se calcula la energía eléctrica producida:

$$V_{\text{biogás disponible para proceso eléctricos}} = 20.48 - 7.3 = 13.18 m^3$$

De este biogás, 60% corresponde a metano.

$$V_{CH_4} = 0.6V_{\text{biogás}} = 7.908 m^3$$

Esto representa en kW:

$$E_{\text{química}} = V_{CH_4} * 39.82 \left(\frac{MJ}{m^3} \right) * 0.2778 \left(\frac{kWh}{MJ} \right)$$

$$E_{\text{química}} = 7.908 * 39.82 * 0.2778$$

$$E_{\text{química}} = 87.478 kWh$$

$$E_{\text{eléctrica}} = E_{\text{química}} * \text{Eficiencia}$$

La eficiencia en la combustión interna va de 0.3 a 0.5, usamos el promedio (0.4).

$$E_{\text{eléctrica producida}} = 87.478 * (0.4) = 34.99 kWh/dia$$

$$E_{\text{eléctrica excedente}} = E_{\text{eléctrica producida}} - E_{\text{eléctrica requerida}}$$

$$E_{\text{eléctrica excedente}} \approx 15 kWh$$

La energía eléctrica producida es mayor que la necesaria para la operación de los equipos mecánicos de todos los procesos y operaciones unitarias en cada etapa de la depuración. Por lo tanto, se afirma que la planta de tratamiento es independiente de la red eléctrica nacional.

Capítulo 4

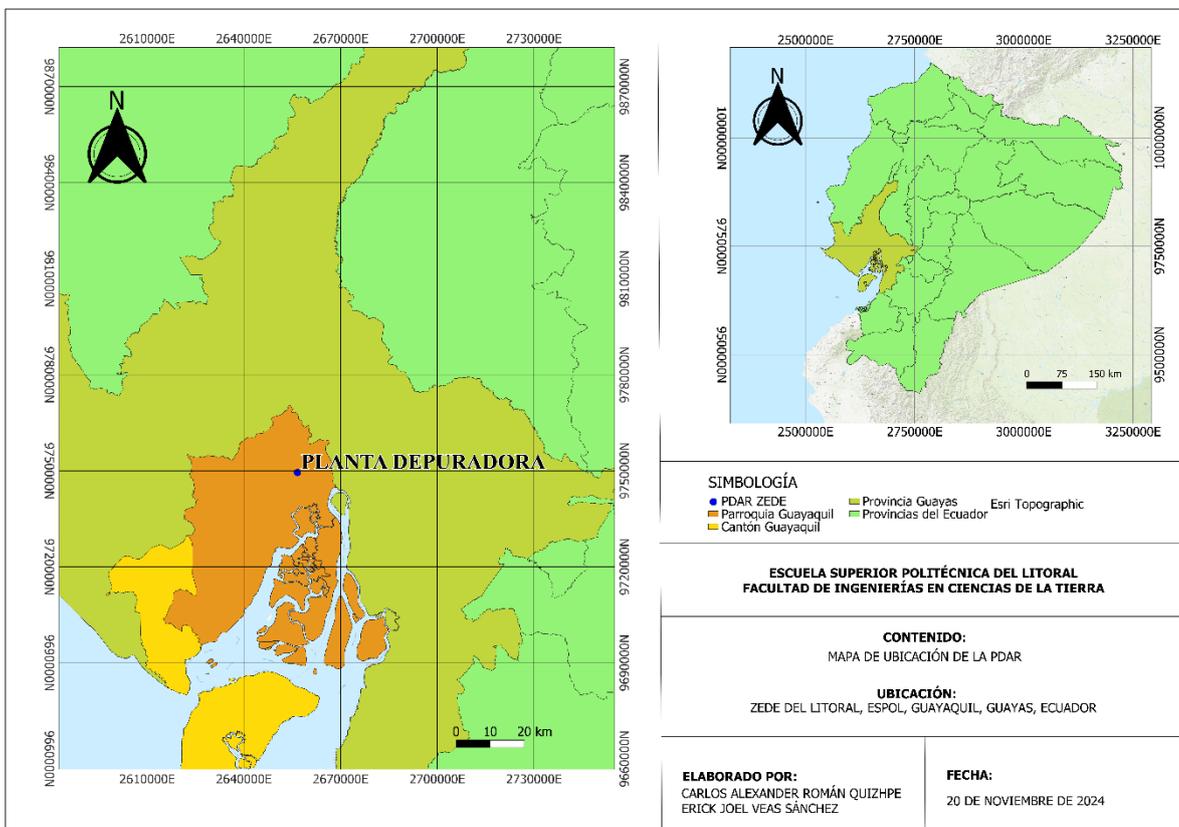
4. Análisis ambiental

4.1 Descripción del proyecto

El alcance del análisis ambiental tiene como objetivo principal examinar los posibles efectos ambientales provocados por la implementación del sistema de alcantarillado sanitario doméstico, que incluye las redes de alcantarillado y la repotenciación de la Planta Depuradora de Aguas Residuales (PDAR) existente, ubicada en CTI - ESPOL, (ver Figure 19). En este contexto, resulta necesario evaluar los ecosistemas, la calidad del agua en el efluente de la planta depuradora y el tipo de población futura, para poder identificar los posibles impactos negativos causados por el proceso constructivo y el funcionamiento operativo a largo plazo del sistema de alcantarillado sanitario.

Figura 24

Plano de ubicación de la PDAR



Según (Protected Planet, 2024) la zona de estudio no es un área protegida de tipo terrestre ni de aguas continentales (ver Figura 25).

Figura 25

Mapa de ubicación que indica las zonas protegidas



Nota: Recuperado de (Protected Planet, 2024)

4.2 Línea base ambiental

La línea base es la descripción del medio en su condición actual. Abarco los elementos y factores afectados por el proyecto.

Lo que se detalla a continuación son las características actuales de la zona de estudio donde el proyecto se va a desarrollar de acuerdo con el medio biofísico y el medio socioeconómico.

4.2.1 Medio físico

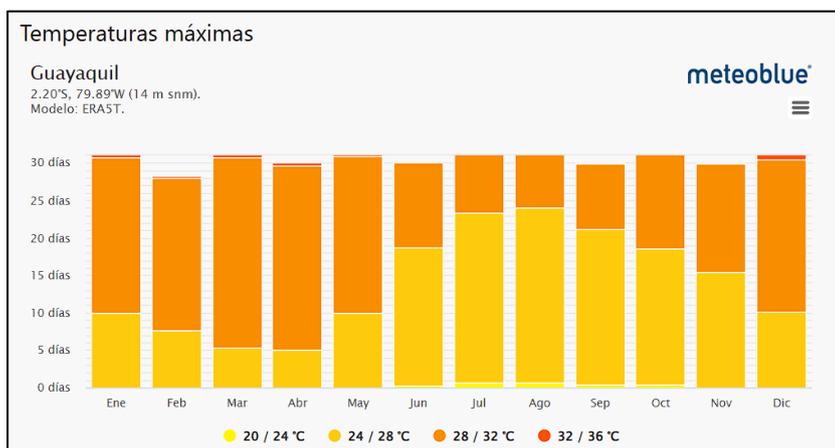
4.2.1.1 Clima

El clima en Guayaquil es considerado “*Tropical Húmedo*” y su temperatura durante los últimos 30 años es de 24° a 28°C durante los meses de junio a octubre típicamente y

temperaturas 28° y 30°C entre diciembre y mayo (Meteoblue, s.f.), velocidad de viento de 10 km/h en promedio, véase Figura 26.

Figura 26

Temperaturas máximas en la ciudad de Guayaquil



Nota: Recuperado de (Meteoblue, s.f.)

4.2.1.2 Suelo

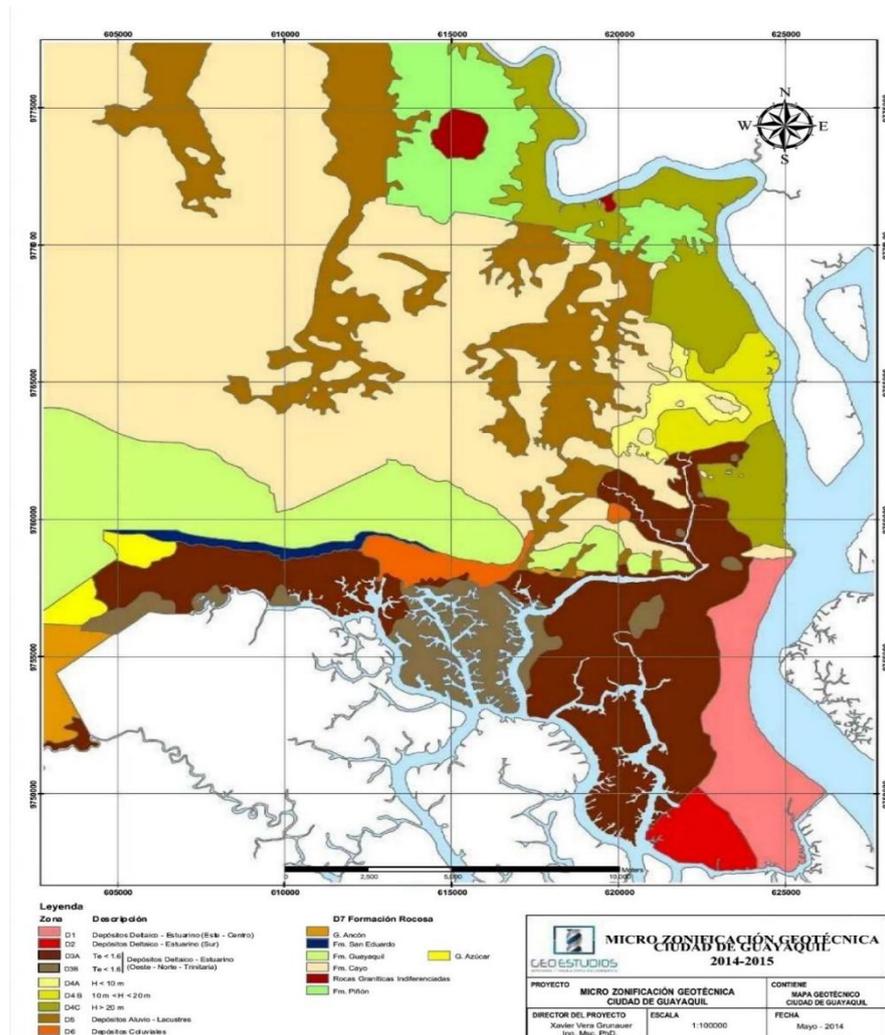
La Provincia del Guayas pertenece a la costa ecuatoriana ubicada al oeste de la cordillera de los Andes, donde se han depositado rocas sedimentarias, transportadas por el cauce natural y depositados en la cuenca del río Guayas. La provincia del Guayas se caracteriza por presentar en su litología rocas de edad terciaria, asentadas sobre el basamento de rocas volcánicas y rocas volcano-sedimentarias de edad cretácica (Sánchez, Rivadeneira, & Lucas, 2017).

En ocasiones, para cimentar estructuras en estos suelos, puede llegar a ser necesario un mejoramiento de suelo, debido a que casi el 80% de la ciudad posee una primera capa de relleno de espesores que van de 0.5 a 1.5 m (Terreros de Varela, 2019).

En la Figura 27 se detalla el mapa de la microzonificación geotécnica de la ciudad de Guayaquil.

Figura 27

Microzonificación geotécnica de la ciudad de Guayaquil



Nota: Recuperado de (Vera Grunauer, 2013)

4.2.1.3 Agua

El golfo de Guayaquil constituye un sistema acuático acoplado Rio Guayas y Estero Salado, que forman al estuario del rio Guayas (ASOTEP, 2016).

La falta de control y planificación en Guayaquil, permiten que se incumplan con los límites permisibles para descarga de aguas residuales en cuerpos de agua dulce, como

evidencia de esto se encuentra actualmente las aguas de la ciudad están siendo descargadas con niveles 40 veces mayores al río Daule. (PRIMICIAS, 2024)

4.2.1.4 Flora y Fauna

El área de estudio se encuentra cercana a la reserva natural Bosque Protector Prosperina, que alberga una gran variedad de flora y fauna, incluyendo especies nativas de la región costera de Ecuador. En él se pueden encontrar árboles como el guayacán, balsa, ceibo, palo santo, entre otros, así como una diversidad de aves, mamíferos, reptiles e insectos. (Sostenibilidad ESPOL, s.f.)

4.2.2 Medio socioeconómico

4.2.2.1 Población futura

Se proyecta la población considerando un periodo de 15 años, para 533 habitantes según el informe de factibilidad (Merchán & Asociados, 2021).

4.3 Actividades del proyecto

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario consiste en instalar una red de distribución de aguas residuales que recolecte las aguas residuales domésticas de ZEDE y el rediseño de la planta PDAR – CTI tiene como finalidad optimizar los procesos y operaciones unitarias realizados en la depuración del agua mediante su ampliación y modificación de infraestructura existente, a fin de que sea capaz de recibir el caudal de agua proveniente de ZEDE, obsérvese en la Tabla 17.

Tabla 17

Actividades susceptibles a causar impactos ambientales

A)	Construcción
1.	Movimiento de tierras

- 1.1 Producción de desechos provenientes de actividades constructivas.
- 1.2 Liberación de partículas suspendidas en el aire
- 1.3 Generación de contaminación acústica.
- 1.4 Potencial contaminación del suelo debido a actividades asociadas.
- 2. Transporte y almacenamiento de materiales
 - 2.1 Liberación de gases de efecto invernadero asociados al transporte.
 - 2.2 Posibilidad de derrames de materiales peligrosos durante su almacenamiento.
- 3. Instalación de equipos y tuberías
 - 3.1 Uso de recursos naturales.
 - 3.2 Producción de desechos clasificados como peligrosos.

B) Operación y Mantenimiento

- 4. Operación de equipos
 - 4.1 Uso intensivo de energía eléctrica
 - 4.2 Producción de niveles de ruido
 - 4.3 Emisión de contaminantes al aire
 - 5. Mantenimiento de equipos
 - 5.1 Producción de desechos peligrosos
 - 5.2 Posible contaminación por vertidos de aguas residuales
 - 6. Gestión de lodos
 - 6.1 Disposición final de lodos generados
 - 6.2 Calidad del aire
 - 7. Manejo de productos químicos
 - 7.1 Riesgo de derrames accidentales
 - 7.2 Exposición del personal a sustancias químicas peligrosas
-

4.4 Identificación de impactos ambientales

4.4.1 Construcción

4.4.1.1 Movimiento de tierras

a) ***Producción de desechos provenientes de actividades constructivas:*** Las labores de excavación, nivelación y remoción de terreno generan una gran cantidad de residuos sólidos, tales como tierra, rocas y escombros, los cuales requieren una adecuada gestión y disposición final.

b) ***Compactación y nivelación del terreno para evitar asentamientos:*** Las actividades de construcción, demolición, movimientos de tierra y excavación producen emisiones de polvo y partículas finas, lo que deteriora la calidad del aire en la zona donde se lleva a cabo el proyecto.

c) ***Generación de contaminación acústica:*** El funcionamiento de maquinaria pesada y equipos de construcción genera altos niveles de ruido, lo que provoca incomodidades y afecta a las comunidades cercanas.

d) ***Potencial contaminación del suelo debido a actividades asociadas:*** En las etapas de construcción, pueden ocurrir derrames accidentales de combustibles, aceites, lubricantes u otras sustancias peligrosas utilizadas por la maquinaria, lo que contamina tanto el suelo como las aguas subterráneas.

4.4.1.2 Transporte y almacenamiento de materiales

a) ***Liberación de gases de efecto invernadero asociados al transporte:*** En ciertos proyectos, el transporte de materiales, equipos y personal hacia y desde el sitio de construcción ocasiona emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente debido al uso de combustibles fósiles.

b) Posibilidad de derrames de materiales peligrosos durante su

almacenamiento: El almacenamiento y transporte inadecuado de sustancias químicas, combustibles y otros materiales peligrosos puede provocar la contaminación del suelo, el agua y el aire.

4.4.1.3 Instalación de equipos y tuberías

a) Uso de recursos naturales: En el proceso de instalación de tuberías y equipos, se utilizan recursos naturales como agua, materias primas y energía.

b) Producción de desechos clasificados como peligrosos: La instalación de equipos y tuberías implica el uso de aceites, solventes o pinturas que requieren una gestión adecuada, ya que estos materiales son tóxicos y, además de representar un riesgo para la salud de quienes los manipulan, pueden contaminar el suelo a causa de derrames o residuos.

4.4.2 Operación y Mantenimiento

4.4.2.1 Operación de equipos

a) Uso intensivo de energía eléctrica: La instalación y operación de los diversos equipos dentro de la PDAR implica un consumo significativo de energía eléctrica, lo que genera un impacto ambiental asociado a la producción de energía, sin importar si esta proviene de fuentes renovables o no renovables.

b) Producción de niveles de ruido: El uso de equipos como bombas, compresores y maquinaria durante la operación produce niveles elevados de ruido, lo que genera molestias tanto a los trabajadores como a las comunidades cercanas. Es crucial emplear el equipo de protección adecuado para los trabajadores y operadores, a fin de protegerlos de la contaminación sonora.

c) ***Emisión de contaminantes al aire:*** En función del tipo de equipos y procesos utilizados en las diferentes etapas del proyecto, se producen emisiones de contaminantes atmosféricos, como gases de combustión, partículas o vapores, los cuales deterioran la calidad del aire.

4.4.2.2 Mantenimiento de equipos

a) ***Producción de desechos peligrosos:*** Las actividades de mantenimiento, como el cambio de aceites, lubricantes, filtros o reparaciones de equipos como bombas, compresores y motores, pueden generar residuos peligrosos, como el aceite usado, que deben ser gestionados de manera adecuada para prevenir la contaminación.

b) ***Posible contaminación por vertidos de aguas residuales:*** Durante las labores de mantenimiento, se generan aguas residuales contaminadas con sustancias químicas, aceites o detergentes, las cuales deben ser depuradas antes de su disposición final para asegurar que la carga contaminante esté dentro de los límites permisibles establecidos por la normativa vigente.

4.4.2.3 Gestión de lodos

a) ***Disposición final de lodos generados:*** En los procesos de depuración de aguas residuales, además de realizar la limpieza y el mantenimiento de los equipos, se generan lodos que deben ser dispuestos de forma adecuada y segura.

b) ***Calidad del aire:*** La descomposición o el manejo inadecuado de los lodos puede dar lugar a la emisión de olores desagradables y gases tóxicos, lo que afecta negativamente las áreas cercanas a la PDAR, tal como se describe en la Tabla 18.

Tabla 18*Gases generados en la descomposición de lodos*

NOMBRE	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S	Gas incoloro, inflamable y altamente tóxico
Metano	CH ₄	Gas incoloro, inodoro e inflamable, contribuye al calentamiento global
Dióxido de carbono	CO ₂	Gas incoloro, inodoro y no tóxico, en altas concentraciones desplaza el oxígeno, provocando asfixia
Amoniaco	NH ₃	Gas incoloro con un olor fuerte.
Monóxido de carbono	CO	Gas incoloro, inodoro y tóxico.

4.4.2.4 Manejo de productos químicos

a) Riesgo de derrames accidentales: El almacenamiento, manipulación y uso de productos químicos empleados en los distintos procesos de depuración de la planta, como lubricantes y aceites para maquinaria, pueden contaminar el suelo y el agua si se derraman. Además, los floculantes y coagulantes utilizados en los procesos de separación de sólidos en el agua residual pueden alterar el pH del agua si no se dosifican adecuadamente.

b) Exposición del personal a sustancias químicas peligrosas: El personal encargado de la PDAR maneja productos químicos que pueden poner en riesgo su salud y seguridad si están expuestos durante períodos prolongados sin las medidas y equipos de protección adecuados.

4.5 Valoración de impactos ambientales

Los impactos ambientales serán valorados a través de la matriz de Leopold, para poder jerarquizar y resumir los impactos ambientales provocados por la construcción, operación y mantenimiento de obras civiles, haciendo hincapié en aquellos que tienen gran

magnitud. Cada uno de los parámetros se califica mediante una escala de valoración cualitativa (Leopold et al., 1971).

De acuerdo con (Boris, 2020) para estimar la importancia se emplea la ecuación (4.1)

$$Imp = We * E + Wd * D + Wr * R \quad (4.1)$$

Donde:

Imp= Valor de importancia del impacto ambiental

E= Criterio de extensión

We= Peso del criterio de extensión

D= Criterio de duración

Wd= Peso del criterio de duración

R= Criterio de reversibilidad

Wr= Peso del criterio de reversibilidad

En la Tabla 19, se muestran los pesos para cada uno de los criterios de evaluación donde la sumatoria de estos debe ser igual a 1.

Tabla 19

Ponderación de pesos para la evaluación de acciones

CARACTERÍSTICA	PESO
Extensión	0,4
Duración	0,35
Reversibilidad	0,25
Total	1

La matriz de valoración cualitativa de Leopold se estima mediante la ecuación:

$$IA = \pm\sqrt{I \times |M|} \quad (4.2)$$

Donde:

IA= Valor de impacto ambiental

I= impacto generado

M= Magnitud del impacto

La valoración del impacto ambiental se categoriza a través de su repercusión como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20

Escala de valoración cualitativa

CALIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	VALOR DEL ÍNDICE DE IMPACTO AMBIENTAL (IA)
Altamente significativo	$IA \geq -6.5$
Significativo	$-4.5 \leq IA \leq -6.5$
Despreciable	$0 \leq IA \leq -4.5$
Benéfico	$IA > 0$

Nota: Datos tomados de Boris (2020)

Se asignaron los valores de impacto y magnitud en un rango de 1 a 10, además si la magnitud lleva un signo si el impacto es negativo, este proceso se realizó para cada actividad del proyecto (Tabla 21), para luego obtener la valoración final en la Tabla 22.

4.6.1 Construcción

Aire: Para optimizar el tratamiento y aprovechamiento eficiente de los diversos residuos y desechos generados, se deben establecer sitios de depósito designados dentro del marco logístico para su manejo.

Para mitigar el levantamiento de polvo ocasionado por el tránsito de maquinaria pesada en los accesos a la planta depuradora, se debe implementar el riego periódico con agua.

Agua: Controlar el proceso de generación de residuos evitando que emisiones de polvo o escombros se depositen en los tanques, usando carpas que cubran los tanques durante el proceso.

Suelo: Formular e implementar prácticas de conservación apropiadas en las áreas circundantes a la planta depuradora y el lugar de instalación de tuberías. Los residuos generados durante el proceso de construcción deben ser depositados en vertederos autorizados para tal fin. Limpieza y gestión de residuos para el cierre de la obra.

Flora; Se debe reforestar otras zonas aledañas, para así recuperar vegetación alterada, producto de la actividad constructiva en el área de estudio.

Fauna: Capturar y trasladar especies animales presentes en la zona antes del inicio de las obras, en colaboración con biólogos especializados. Además, usar barreras especializadas para evitar que animales ingresen al área de trabajo a fin de preservar la vida de estos.

Social: Establecer señalización clara y letreros informativos para comunicar a los residentes de la comunidad, así como a todos los involucrados en la obra, como trabajadores y conductores de vehículos, que el área está restringida debido a trabajos de mantenimiento, mejora o construcción. Implementar charlas de capacitación en seguridad y salud ocupacional

para los trabajadores, con el fin de que puedan identificar, evaluar y mitigar los riesgos potenciales asociados al proceso de construcción de la obra.

4.6.2 Operación y mantenimiento

Aire: Monitorear la calidad del aire realizando mediciones de las emisiones de forma regular para identificar y controlar posibles emisiones contaminantes

Suelo: Establecer medidas para el manejo de residuos sólidos para evitar su disposición en el suelo.

Agua y Flora: Realizar monitoreos que permitan controlar vertidos, detectando fugas no controladas de aguas residuales. Garantizar la depuración del agua residual para que su carga contaminante se encuentre dentro de los límites permisibles conforme a las normativas vigentes. Implementar un sistema de reutilización de aguas depuradas para irrigación de áreas verdes, lo cual disminuiría la demanda de agua potable.

Fauna: Garantizar que el agua depurada se encuentre dentro de los límites permisibles de la TULSMA para descarga en cuerpos de agua dulce, para que no afecte la salud y bienestar de la fauna. Realizar revisiones periódicas antes posibles fugas, en las redes AASS, para poder proteger la fauna de contaminación con aguas residuales.

Comunidad: Gestionar un espacio de comunicación con la comunidad donde se anuncie acerca de las operaciones y sus posibles impactos. Inspeccionar el impacto social mediante la evaluación de la percepción de la comunidad acerca de la planta, si es necesario ajustar sus prácticas

4.6.3 Presupuesto referencial

Para la implementación del proyecto, respecto al plan de limpieza, seguridad y manejo ambiental se estima un costo de USD 8 763, 21 + IVA (Tabla 23).

Tabla 23

Presupuesto referencial para la ejecución del plan de limpieza, seguridad y manejo ambiental

PLAN DE LIMPIEZA, SEGURIDAD Y MANEJO AMBIENTAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Cinta de advertencia y señalización	u	2	\$69,09	\$138,18
Letreros informativos	u	5	\$36,68	\$183,40
Control y monitoreo de ruido	u	3	\$70,83	\$212,49
Control y monitoreo de material particulado	u	3	\$447,60	\$1.342,80
Charlas de mediación con la comunidad	u	3	\$18,75	\$56,25
Charlas de seguridad y salud ocupacional	u	2	\$18,75	\$37,50
Plan de manejo de desechos	u	1	\$3.670,61	\$3.670,61
Plan de prevención y mitigación de impactos	u	1	\$2.737,72	\$2.737,72
Limpieza y cierre de obra	u	1	\$384,26	\$384,26
SUBTOTAL (sin IVA):				\$8.763,21

4.7 Conclusiones

La construcción, operación y mantenimiento de la PDAR implican actividades que pueden generar impactos ambientales. Sin embargo, estas actividades son esenciales para la preservación del recurso hídrico y para evitar la descarga de aguas residuales altamente contaminadas, lo cual sería perjudicial para el medio ambiente.

Utilizando la Matriz de Leopold, se realizó una valoración de los impactos ambientales, lo que reveló que el mayor impacto se dará en el medio físico, particularmente en los componentes del aire, agua y suelo.

Se identificaron los posibles impactos ambientales derivados del proyecto. Sin embargo, estos no se prevé que sean de gran escala, ya que el proyecto consiste en un rediseño y el medio ya ha sido alterado previamente.

La repotenciación de la planta de tratamiento permite abastecer la población futura de la ZEDE del Litoral cumpliendo con los límites permisibles de descarga a cuerpos de agua dulce, usando el espacio ocupado por la infraestructura actual.

El uso del tanque anaerobio de alta tasa como parte del tratamiento de lodos, permitió que la planta de depuradora de agua residual sea independiente de la red eléctrica nacional, garantizando el aprovechamiento del biogás generado como fuente de energía renovable para su operación. Esto no solo redujo significativamente los costos operativos asociados al consumo eléctrico, sino que también contribuyó a la sostenibilidad ambiental del sistema, minimizando las emisiones de gases de efecto invernadero y fomentando la economía circular al valorizar los subproductos del proceso de depuración.

4.8 Recomendaciones

Se debe seguir el Manual de Operación y Mantenimiento de la planta para garantizar su funcionamiento óptimo, asegurándose de que este manual esté siempre actualizado.

Es fundamental aplicar las medidas de prevención y mitigación ambiental, ya que estas permiten contrarrestar los impactos ambientales generados durante las actividades de construcción, operación y mantenimiento de la PDAR.

Capítulo 5

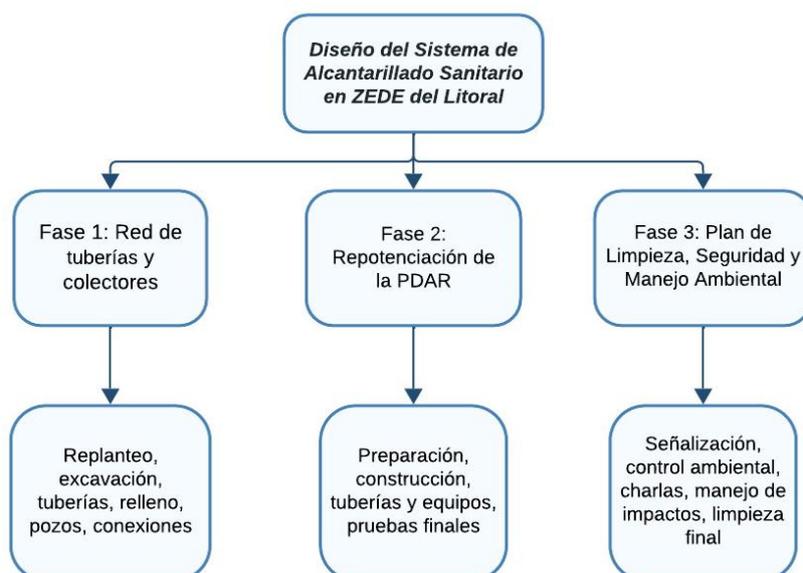
5. Presupuesto

5.1 Estructura desglosada de trabajo

La Figura 28 detalla los entregables del proyecto, se ha optado en dividirlo en 3 fases a ejecutarse: Red de tuberías y colectores, Repotenciación de la PDAR y Plan de limpieza, seguridad y manejo ambiental.

Figura 28

Estructura desglosada de trabajo para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario.



5.2 Rubros y análisis de precios unitarios

La descripción de los rubros se los puede apreciar en 5.1. Los detalles de los APU se encuentran en Anexo E: Análisis de precios unitarios.

El proyecto se dividirá en 3 fases:

Fase 1: red de tuberías y colectores.

- Replanteo y nivelación

- Excavación manual de zanjas
- Excavación a máquina en zanja 0.00 a 2.00m
- Excavación a máquina en zanja 2.00 a 4.00m
- Excavación a máquina en zanja $h > 4.00m$
- Rasanteo de zanjas
- Colchón de arena para tubería $h=0.10m$
- Sum. Inst. Y prueba de tubería perfilada $d_i=200mm$
- Relleno compactado en zanja con material del sitio
- Pozo de revisión hormigón armado $h=0.80m-2.00m$, incluye tapa hf.
- Pozo de revisión hormigón armado $h=2.01 - 4.00 m.$, incluye tapa hf
- Pozo de revisión hormigón armado $h >4.00m$ incluye tapa hf
- Entibado de zanjas
- Conexión domiciliaria (caja-tapa-accesorios) no incluye tubería.
- Suministro e instalación tubería pvc 110mm para domiciliaria y secundarias.

Fase 2: Repotenciación PDAR.

- Desinstalación de bombas
- Extracción de aguas residuales
- Demolición de elementos estructurales, inc desalojo
- Preparación de superficies

- Armado y colocación de acero inc escalera de seguridad
- Muros y tapa h.a de rejillas finas (encofrado y hormigonado) inc.

Epóxico estructural

- Retiro e instalación de nueva cubierta de policarbonato
- Revestimiento con impermeabilizante anticorrosivo
- Reubicación de tuberías e instalación de nuevas tuberías inc válvulas con sistema de extensión de eje (extensiones de vástago)
- Instalación de bombas de succión, compresores y difusores
- Instalación de tanque digestor anaerobio, inc. Mecanismos de mezcla y calentador 50 m³
- Instalación del generador de biogás
- Pruebas finales

Fase 3: Plan de limpieza, seguridad y manejo ambiental

5.3 Especificaciones técnicas

El detalle de las especificaciones técnicas se las puede revisar en el Anexo A AASS y Anexo B Repotenciación PDAR.

5.4 Descripción de cantidades de obra

Para la determinación de las cantidades de obra, por parte de la red de recolección de aguas residuales, el tema de las longitudes de tuberías se las tomó con ayuda del AutoCAD Civil 3D acotando desde el dibujo. El detalle de volúmenes de excavación y relleno se los aprecia en (3.2 Excavaciones). De igual manera, se cuantificó los materiales de construcción

y obra gris de la PDAR por medio de los planos generados de la repotenciación. Se observa las cantidades de obra generadas en Tabla 24:

Tabla 24

Cantidades de obra del proyecto.

ITEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD
FASE 1	RED DE TUBERÍAS Y COLECTORES		
1	REPLANTEO Y NIVELACION	km	1,62982
2	EXCAVACION MANUAL DE ZANJAS	m3	207,80
3	EXCAVACIÓN A MÁQUINA EN ZANJA 0.00 A 2.00m	m3	352,24
4	EXCAVACIÓN A MÁQUINA EN ZANJA 2.00 A 4.00m	m3	1827,99
5	EXCAVACIÓN A MÁQUINA EN ZANJA H > 4.00m	m3	1814,03
6	RASANTEO DE ZANJAS	m	1629,82
7	COLCHÓN DE ARENA PARA TUBERÍA H=0.10M	m3	127,82
8	SUM. INST. Y PRUEBA DE TUBERÍA PERFILADA Di=200MM	m	1629,82
9	RELLENO COMPACTADO EN ZANJA CON MATERIAL DEL SITIO	m3	5779,06
10	POZO DE REVISIÓN HORMIGÓN ARMADO H=0.80M-2.00M, INCLUYE TAPA HF.	u	7
11	POZO DE REVISION HORMIGÓN ARMADO H=2.01 - 4.00 M., INCLUYE TAPA HF	u	21
12	POZO DE REVISION HORMIGÓN ARMADO H >4.00M INCLUYE TAPA HF	u	7
13	ENTIBADO DE ZANJAS	m2	2424,57
14	CONEXIÓN DOMICILIARIA (caja-tapa-accesorios) no incluye tubería.	u	155
15	SUMINISTRO E INSTALACIÓN TUBERIA PVC 110MM PARA DOMICIALIARIA Y SECUNDARIAS.	m	2231
FASE 2	REPOTENCIACION DE LA PLANTA DEPURADORA		
16	DESINSTALACION DE BOMBAS	u	2

17	EXTRACCION DE AGUAS RESIDUALES	m3	50
18	DEMOLICION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES, INC DESALOJO	m3	56,486
19	PREPARACION DE SUPERFICIES	m2	317,3823
20	ARMADO Y COLOCACION DE ACERO INC ESCALERA DE SEGURIDAD	kg	819,1645
21	MUROS Y TAPA H.A DE REJILLAS FINAS (ENCOFRADO Y HORMIGONADO) INC. EPOXICO ESTRUCTURAL	m3	25,784
22	RETIRO E INSTALACION DE NUEVA CUBIERTA DE POLICARBONATO	m2	68
23	REVESTIMIENTO CON IMPERMEABILIZANTE ANTICORROSIVO	m2	306,1823
24	REUBICACION DE TUBERIAS E INSTALACION DE NUEVAS TUBERIAS INC Válvulas con sistema de extensión de eje (extensiones de vástago)	m	23
25	INSTALACION DE BOMBAS DE SUCCION, COMPRESORES Y DIFUSORES	u	1
26	INSTALACION DE TANQUE DIGESTOR ANAEROBIO, INC. MECANISMOS DE MEZCLA Y CALENTADOR 50 M3	u	1
27	INSTALACION DEL GENERADOR DE BIOGAS	u	1
28	PRUEBAS FINALES	u	2
FASE 3 PLAN DE LIMPIEZA, SEGURIDAD Y MANEJO AMBIENTAL			

El detalle de los rubros de la Fase 3, véase en 4.6.3 Presupuesto referencial del capítulo de impacto ambiental.

5.5 Valoración integral del costo del proyecto

Para este proyecto, se lo divide en dos partes el costo del proyecto, la primera parte enfocado en la red de recolección de AASS, el costo total fue de USD 160 450.87 + IVA y la longitud total de tramos de tubería es de 1 629.82 mL. Entonces se obtiene un costo de USD 98.45 por mL.

Se presenta el presupuesto total del proyecto sin incluir IVA, véase en Figura 29:

Figura 29

Presupuesto del proyecto

ITEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
FASE 1 RED DE TUBERÍAS Y COLECTORES					
1	REPLANTEO Y NIVELACION	km	1,62982	\$ 390,45	\$ 636,36
2	EXCAVACION MANUAL DE ZANJAS	m ³	207,80	\$ 7,44	\$ 1.546,05
3	EXCAVACIÓN A MÁQUINA EN ZANJA 0.00 A 2.00m	m ³	352,24	\$ 3,23	\$ 1.137,74
4	EXCAVACIÓN A MÁQUINA EN ZANJA 2.00 A 4.00m	m ³	1827,99	\$ 3,52	\$ 6.434,52
5	EXCAVACIÓN A MÁQUINA EN ZANJA H > 4.00m	m ³	1814,03	\$ 6,08	\$ 11.029,30
6	RASANTEO DE ZANJAS	m	1629,82	\$ 0,53	\$ 863,80
7	COLCHÓN DE ARENA PARA TUBERÍA H=0.10M	m ³	127,82	\$ 21,56	\$ 2.755,80
8	SUM. INST. Y PRUEBA DE TUBERÍA PERFILADA Di=200MM	m	1629,82	\$ 16,10	\$ 26.240,10
9	RELLENO COMPACTADO EN ZANJA CON MATERIAL DEL SITIO	m ³	4202,06205	\$ 8,92	\$ 37.482,39
10	POZO DE REVISIÓN HORMIGÓN ARMADO H=0.80M-2.00M, INCLUYE TAPA HF.	u	7	\$ 428,75	\$ 3.001,25
11	POZO DE REVISION HORMIGÓN ARMADO H=2.01 - 4.00 M., INCLUYE TAPA HF	u	21	\$ 698,29	\$ 14.664,09
12	POZO DE REVISION HORMIGÓN ARMADO H >4.00M INCLUYE TAPA HF	u	7	\$ 1.132,72	\$ 7.929,04
13	ENTIBADO DE ZANJAS	m ²	2424,57	\$ 6,10	\$ 14.789,88
14	CONEXIÓN DOMICILIARIA (caja-tapa-accesorios) no incluye tubería.	u	155	\$ 98,98	\$ 15.341,90
15	SUMINISTRO E INSTALACIÓN TUBERIA PVC 110MM PARA DOMICIALIARIA Y SECUNDARIAS.	m	2231	\$ 7,44	\$ 16.598,64

FASE 2 REPOTENCIACION DE LA PLANTA DEPURADORA						
16	DESINSTALACION DE BOMBAS	u	2	\$	4,05	\$ 8,10
17	EXTRACCION DE AGUAS RESIDUALES	m3	50	\$	46,22	\$ 2.311,00
18	DEMOLICION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES, INC DESALOJO	m3	56,486	\$	3,07	\$ 173,41
19	PREPARACION DE SUPERFICIES	m2	317,3823	\$	4,76	\$ 1.510,74
20	ARMADO Y COLOCACION DE ACERO INC ESCALERA DE SEGURIDAD	kg	819,1645	\$	2,59	\$ 2.121,64
21	MUROS Y TAPA H.A DE REJILLAS FINAS (ENCOFRADO Y HORMIGONADO) INC. EPOXICO ESTRUCTURAL	m3	25,784	\$	149,33	\$ 3.850,32
22	RETIRO E INSTALACION DE NUEVA CUBIERTA DE POLICARBONATO	m2	68	\$	4,48	\$ 304,64
23	REVESTIMIENTO CON IMPERMEABILIZANTE ANTICORROSIVO	m2	306,1823	\$	4,48	\$ 1.371,70
24	REUBICACION DE TUBERIAS E INSTALACION DE NUEVAS TUBERIAS INC Válvulas con sistema de extensión de eje (extensiones de vástago)	m	23	\$	2,92	\$ 67,16
25	INSTALACION DE BOMBAS DE SUCCION, COMPRESORES Y DIFUSORES	u	1	\$	1.408,90	\$ 1.408,90
26	INSTALACION DE TANQUE DIGESTOR ANAEROBIO, INC. MECANISMOS DE MEZCLA Y CALENTADOR 50 M3	u	1	\$	23.175,24	\$ 23.175,24
27	INSTALACION DEL GENERADOR DE BIOGAS	u	1	\$	7.032,06	\$ 7.032,06
28	PRUEBAS FINALES	u	2	\$	100,57	\$ 201,14
FASE 3 PLAN DE LIMPIEZA, SEGURIDAD Y MANEJO AMBIENTAL						

El costo de operación y mantenimiento (OPEX), considerando personal, materiales y equipo de protección personal (EPP) es de USD 16.031,03 + IVA para la PDAR sin incluir el costo energético que lo solventa la producción del biogás. Para la operación y mantenimiento

de la Red de recolección de aguas servidas, se determinó un costo anual de USD 3.892,41 + IVA.

5.6 Cronograma de obra

Se elabora el cronograma de obra, donde se visualiza todos los rubros del proyecto, donde previamente se estimaron el tiempo de ejecución de cada rubro por medio de los rendimientos (horas/u). Se presenta la información por medio de un Diagrama de Gantt, en donde se observa la fecha de inicio y fin de cada actividad, junto con las respectivas dependencias entre otras tareas. Revisar Anexo F.

Capítulo 6

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

- 1) Se evaluó la capacidad y eficiencia del sistema de la planta de depuración de aguas residuales existente en la ZEDE del Litoral, mediante la recopilación y análisis de información técnica disponible en sitio, complementada con ensayos de laboratorio (obtenidos del área de ingenierías de ESPOL) y análisis de parámetros de calidad del agua. Este proceso permitió identificar la carga contaminante, el desempeño operativo y la eficiencia de las distintas operaciones y procesos unitarios de la planta, como parte del diagnóstico previo a su repotenciación:
 - a) La planta recibe el agua residual de 108 habitantes. La caracterización del agua residual proveniente del área de ingenierías de ESPOL muestra valores de carga contaminante en SST de 336 mg/L y de DQO de 485 mg/L. Con este valor, y de acuerdo con la literatura revisada, las aguas residuales domésticas se relacionan con el valor de 2 y se obtuvo la DBO₅ igual a 243 mg/L por tratarse de aguas muy biodegradables.
 - b) En la fase del pretratamiento, se determinó que las velocidades de flujo entre las rejillas supera el máximo permisible, lo que significa que requiere rediseñarse. Para ello se cambió la profundidad (véase Figura 21) de 56 cm a 40 cm, lo cual produce una velocidad de 0.64 m/s que cumple con los límites permisibles.
 - c) Con los resultados de los ensayos de laboratorio y siguiendo la metodología propuesta por (Rojas, 2001). Se determinó que las dimensiones del tanque de

aireación, el tanque clarificador y el tanque biodigestor son insuficientes y requieren ser ampliados.

- 2) Se propuso alternativas de solución mediante la aplicación de criterios de sostenibilidad y el apoyo de la matriz de Likert para la selección de la opción más viable en función de los resultados en la etapa de evaluación, y el cumplimiento de los ODS.
 - a) La alternativa 3 (Repotenciación de la PDAR), obtuvo un valor de 3.8 según la matriz de Likert, el cual fue la mayor ponderación de todas las alternativas propuestas porque cumple con todos los criterios de sostenibilidad definidos (Véase Capítulo 2).
- 3) Se diseñó el sistema de alcantarillado sanitario (que incluyó redes de recolección y PDAR) mediante análisis poblacional, obtención de caudales de diseño y seguimiento de la normativa técnica vigente para la disminución de afectaciones al ambiente.
 - a) La población de diseño es de 533 habitantes, con un periodo de diseño de 15 años. Lo que dio un caudal de diseño medio diario de 3.93 L/s y un caudal máximo horario de 4.22 L/s.
 - b) La red de alcantarillado sanitario diseñada tiene una longitud total de 1.63 km, compuesta por tuberías de $\varnothing 200$ mm de diámetro, 35 pozos de inspección ubicados según Normativa, y 155 conexiones domiciliarias, lo que asegura la recolección eficiente de aguas residuales domésticas de la ZEDE-Litoral.
 - c) Para el tanque de aireación se obtuvo 2 módulos de longitud 5 m, ancho de 2.5 m y altura de 3.5 m, obteniendo un volumen útil de 80.48 m^3 . El tiempo de retención hidráulico es de 5.3 horas y el tiempo de retención celular es de 8

días. Adicional se emplea un sistema de aireación con 8 difusores de burbuja fina en cada módulo.

- d) En el tanque clarificador se dividió en dos líneas donde la longitud es de 4.5 m, ancho 1.5 m y altura de 3.5 m, en donde el volumen útil es 42.33 m³.
- 4) Se desarrolló el análisis ambiental, considerando las actividades que pueden causar un impacto ambiental, se elaboraron los planos con respecto a la repotenciación y la red de recolección de aguas residuales en conjunto de su presupuesto referencial con sus respectivas especificaciones técnicas.
- a) La construcción de la red de alcantarillado sanitario tiene un costo total de construcción de USD 160.450, 87 + IVA, eso significa USD 310/por persona beneficiada. Adicional OPEX alcanza un valor de USD 3.892,41/año.
- b) La repotenciación de la planta depuradora tiene un costo de construcción de USD 50.499,85 + IVA, eso significa USD 95/por persona beneficiada. Además, OPEX alcanza un valor de USD 20.700,00 + IVA anual, se puede reducirse a USD 16.031,03 + IVA por la generación de energía eléctrica del biogás.
- c) Por parte del aspecto ambiental, se tiene un presupuesto de USD 8.763,21 + IVA para la fase constructiva (CAPEX). Toda esta información se la resumen en Tabla 25.

Tabla 25

Costos de construcción, operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario.

COSTOS DE CONSTRUCCIÓN - CAPEX - NO INCLUYE IVA

Red de recolección de aguas servidas	USD 160.450,87
Repotenciación de la PDAR	USD 50.499,85
Plan de Limpieza, Seguridad y Manejo Ambiental	USD 8.763,21
<hr/>	
Costo total	USD 219.713,93
<hr/>	
GASTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO - OPEX - NO INCLUYE IVA	
<hr/>	
Operación y mantenimiento (anual de la red de alcantarillado sanitario) (personal, materiales, EPP)	USD 3.892,41
Operación y mantenimiento (mensual de la PDAR) (personal, material, EPP)	USD 16.031,03
<hr/>	

6.2 Recomendaciones

1. Las industrias de ZEDE son empresas especializadas cuyo proceso industrial requiere la transformación de la materia prima, por lo tanto, las aguas residuales producidas y descargadas a la red de recolección de agua residual, deberán cumplir con los límites máximos permisibles de la tabla 8 del TULSMA para garantizar el funcionamiento eficiente de la PDAR.
2. Cumplir con los procedimientos establecidos en los manuales de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario. Esto permitirá garantizar un funcionamiento eficiente y prolongar la vida útil de la infraestructura, minimizando fallas y costos asociados a reparaciones imprevistas.
3. Prever el presupuesto asignado para los costos operativos y de mantenimiento (OPEX) del sistema de alcantarillado sanitario. Una gestión financiera adecuada asegurará la continuidad operativa del sistema, evitando interrupciones que puedan afectar la sostenibilidad del proyecto y la calidad del servicio.

4. Asegurar que la red opere en sincronía con la planta depuradora verificando que las descargas lleguen en condiciones óptimas para su depuración y evitando que ingresen materiales que puedan afectar los procesos unitarios de la planta.

Referencias

- Bergkamp, G., Acreman, M., Córdoba, R., & Lahmann, E. (2001). Funcionamiento de ecosistemas de agua dulce: clave para la gestión sostenible del recurso hídrico. *Revista De Ciencias Ambientales*, 47-59. doi:<https://doi.org/10.15359/rca.21-1.8>
- Callata Barrantes, L. (2021). *Tratamiento biológico de aguas residuales*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Cárdenas Calvachi, G. L., & Sánchez Ortiz, I. A. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el. *Revista Universidad y Salud*, 17.
- Castañeda Villanueva, A. A., & Flores López, H. E. (2013). *Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en Los México*: Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad.
- Flores Granados, M. G., Cuevas Rodríguez, G., & Gonzalez Sánchez, G. (2019). Comparación entre un biorreactor con membranas sumergidas y un sistema convencional de lodos activados para el tratamiento de aguas residuales. *Revista Internacional De Contaminación Ambiental*, 57-64. doi:<https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.esp03.07>
- G.L., K., R.A., C., & Namrata D., J. (2023). *Wastewater Treatment: Concepts and Design Approach* (Third Edition ed.).
- INEN. (1992). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICION DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Merchan, B., & Asociados. (2021). *MEMORIA DE FACTIBILIDAD DE ZEDE*. Guayaquil.
- Metcalf, & Eddy. (2014). *WASTEWATER ENGINEERING: COLLECTION AND PUMPING OF WASTEWATER*. McGraw-Hill Book Company.
- Meteoblue. (s.f.). *Meteoblue*. Obtenido de https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/guayaquil_ecuador_3657509

- Mishra, R., & Dubey, S. (2015). Fresh Water Availability and It's Global Challenge. *International Journal of Engineering Science Invention Research & Development*. 2, 351- 407.
- Mulford López, A. (2023a). *Tratamiento primario de aguas residuales*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Osorio Rivera, M. A. (01 de marzo de 2021). La calidad de las aguas residuales domésticas. *Polo del Conocimiento*, 18. doi: 10.23857/pc.v6i3.2360
- Rittman, B., & McCarty, P. (2001). *The activated sludge process. Environmental Biotechnology: Principles and Applications*. Nueva York.: Mc Graw Hill.
- Rojas, J. (2001). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Bogota: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Sanchez, C., Rivadeneira, J., & Lucas, N. (2017). *LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO EN EL CAMPUS GUSTAVO*. Guayaquil.
- Sánchez, J. G., Saltos, L. D., Obando, M. B., & Rizo, H. A. (2020). *Alternativas* .
- Terreros de Varela, C. (2019). *Caracterización Estratigráfica de los Suelos de Guayaquil*. Guayaquil: UESS.
- Torres, P. (2012). Perspectivas Del Tratamiento Anaerobio De Aguas Residuales. *Revista EIA*, 115–129. doi:<https://doi.org/10.24050/reia.v9i18.264>
- TULSMA. (2015). Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Medio Ambiente. Libro VI: De la Calidad Ambiental. ANEXO 2. Norma de la calidad ambiental del recurso del suelo y criterios de remediación para suelos contaminados.

ANEXO A: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS AASS

1. Replanteo y nivelación

Descripción

El replanteo consiste en el trazado y marcado de puntos importantes, trasladando los datos de los planos al terreno y marcándolos adecuadamente, tomando como referencia las bases para las medidas (BMs). En el terreno se realizará el replanteo de todas las obras de movimientos de tierras, estructuras y albañilería señaladas en los planos, así como su nivelación. Estos trabajos deberán efectuarse con aparatos de precisión como teodolitos, niveles y cintas métricas.

Se colocarán hitos de ejes que no serán removidos durante el proceso de construcción y serán comprobados por Fiscalización.

Unidad de medición:

Kilómetro (km) con dos decimales.

Equipo mínimo:

- Estación Total.
- Nivel Automático o Digital.
- Prismas Reflectantes y Bastones.
- Cinta Métrica.
- Trípodes.
- Estacas y Cinta Marcador.

Mano de obra:

- Topógrafo
- Ayudante de Topografía
- Supervisor de Obra
- Obreros Generales

2. Excavación manual de zanjas.

Descripción

La excavación manual consiste en remover y quitar tierra u otros materiales para conformar espacios destinados a alojar mamposterías, canales, drenes, elementos estructurales, tuberías y colectores. Incluye las operaciones necesarias para compactar o limpiar el fondo de la excavación, retirar el material producto de las excavaciones y conservar las mismas hasta culminar satisfactoriamente la actividad.

Se llevará a cabo siguiendo las especificaciones señaladas en los planos en cuanto a alineaciones, pendientes y niveles. El fondo de las zanjas será suficientemente ancho para permitir el trabajo de los obreros y un adecuado relleno, respetando dimensiones mínimas establecidas:

Sin entibados: ancho mínimo = diámetro exterior del tubo + 0.50 m.

Con entibados: ancho máximo = diámetro exterior del tubo + 0.80 m.

La profundidad mínima será de 1.20 m más el diámetro exterior del tubo. En ningún caso se excavará tan profundo que se afloje o remueva la base natural de apoyo.

Si el fondo de las zanjas se encuentra inestable, se realizará una sobreexcavación y se reemplazará con material adecuado según las indicaciones del Ingeniero

Fiscalizador. Las excavaciones deberán ser afinadas para que las paredes no difieran en más de 5 cm respecto al diseño.

Unidad de medición:

Metro cúbico (m³), con aproximación a dos decimales.

Equipo mínimo:

- Herramientas Menores.
- Cinta Métrica.
- Nivel de Mano o Plomada.
- Carretillas.
- Equipo de Señalización

Mano de obra:

- Obreros
- Capataz

3. Excavación a máquina en zanja 0.00m a 2.00m.

Descripción

La excavación a máquina consiste en remover y quitar tierra u otros materiales con el empleo de equipos mecanizados y maquinaria pesada para conformar espacios destinados a alojar mamposterías, canales, drenes, elementos estructurales, tuberías y colectores.

Esta actividad incluye las operaciones necesarias para compactar o limpiar el replantillo, retirar el material producto de las excavaciones y conservar las zanjas por el tiempo necesario hasta completar satisfactoriamente la actividad.

Unidad de medición:

Metro cúbico (m³), con aproximación a dos decimales.

Equipo mínimo:

- Retroexcavadora o Excavadora Hidráulica.
- Volquetas.
- Placa Vibratoria o Compactadora.
- Señalización Vial y Cinta de Precaución.

Mano de obra:

- Operador de Maquinaria Pesada.
- Obreros.
- Capataz.

4. Excavación a máquina en zanja 2.00m a 4.00m.

Descripción

La excavación a máquina consiste en remover y quitar tierra u otros materiales con el empleo de equipos mecanizados y maquinaria pesada para conformar espacios destinados a alojar mamposterías, canales, drenes, elementos estructurales, tuberías y colectores.

Esta actividad incluye las operaciones necesarias para compactar o limpiar el replantillo, retirar el material producto de las excavaciones y conservar las zanjas por el tiempo necesario hasta completar satisfactoriamente la actividad.

Unidad de medición:

Metro cúbico (m³), con aproximación a dos decimales.

Equipo mínimo:

- Retroexcavadora o Excavadora Hidráulica.
- Volquetas.
- Placa Vibratoria o Compactadora.
- Señalización Vial y Cinta de Precaución.

Mano de obra:

- Operador de Maquinaria Pesada.
- Obreros.

Capataz.

5. Excavación a máquina en zanja H>4.00m.

Descripción

Para zanjas con profundidad mayor a 4.00 m, se utilizará maquinaria especializada, cumpliendo con estrictas medidas de seguridad para evitar derrumbes o inestabilidad del terreno.

La excavación se realizará siguiendo los datos indicados en los planos. Si se encuentran condiciones imprevistas, se tomarán medidas correctivas bajo el criterio del Ingeniero Fiscalizador.

Unidad de medición:

Metro cúbico (m³), con aproximación a dos decimales.

Equipo mínimo:

- Excavadora de Gran Capacidad o Dragalina.
- Entibados o Taludes Estabilizados.
- Volquetas de Alta Capacidad.
- Niveladora o Compactadora

Mano de obra:

- Operador de Maquinaria Pesada.
- Obreros.
- Capataz.

6. Rasanteo de Zanjas.

Descripción

Se entiende por rasanteo de zanja a mano la conformación manual del fondo de la zanja para adecuar la estructura del lecho, de tal manera que la tubería quede asentada sobre una superficie uniforme y consistente.

Especificación general

El arreglo del fondo de la zanja se realizará manualmente en una profundidad mínima de 10 cm, garantizando que la estructura quede apoyada adecuadamente para resistir los esfuerzos exteriores, considerando la clase de suelo de la zanja y las indicaciones de los planos o del Ingeniero Fiscalizador.

El fondo de la zanja deberá estar libre de escombros, raíces, agua acumulada o cualquier material que pueda afectar la estabilidad. Si el terreno no es adecuado, se utilizará material de mejoramiento como grava o arena, aprobado por el Ingeniero Fiscalizador.

Medición y forma de pago

La unidad de medida de este rubro será el metro lineal (m). Se medirá con aproximación a dos decimales toda la longitud de la zanja conformada para asentar la tubería.

El pago se realizará de acuerdo al precio unitario estipulado en el contrato y previa aprobación del Ingeniero Fiscalizador.

7. Colchón de arena para tuberías H=0.1m.

Descripción

Se entiende por suministro y colocación de material fino para tuberías el conjunto de operaciones necesarias para disponer y colocar el material fino que servirá como base de apoyo para las tuberías de alcantarillado sanitario.

Especificación general

El material fino deberá ser de excelente calidad, homogéneo, resistente y durable, sin grietas ni alteraciones, y cumplir con las características expresamente señaladas en el proyecto. Podrá provenir de explotación de cantera o banco de recolección, y su uso deberá ser aprobado previamente por la fiscalización de la obra.

El espesor del colchón de arena será de 0.1 m, debiendo colocarse de manera uniforme en el fondo de la zanja y compactarse adecuadamente para garantizar la estabilidad de las tuberías.

El Constructor será responsable de garantizar que el material sea adecuado y que cumpla con las propiedades técnicas requeridas. Cualquier material que no cumpla con las especificaciones será rechazado.

Medición y forma de pago

El suministro y colocación del colchón de arena se medirá en metros cúbicos (m^3), con aproximación a dos decimales.

No se pagará por desperdicios, exceso de material o trabajos que no hayan sido ejecutados conforme al proyecto o aprobados por el Ingeniero Fiscalizador. El pago se realizará únicamente por el volumen de material realmente colocado y compactado según las especificaciones.

8. Suministro, instalación y prueba de tubería perfilada $D_i=200\text{mm}$.

Definición

El suministro, instalación y prueba de tubería de PVC perfilada $D_i=200\text{ mm}$ comprende el conjunto de operaciones necesarias para colocar y garantizar el correcto funcionamiento de la tubería de alcantarillado según el proyecto, especificaciones técnicas y órdenes de Fiscalización.

Especificaciones generales

Instalación de la tubería:

Trazado y pendiente: Las tuberías deberán instalarse siguiendo los trazados y pendientes indicados en los planos. La pendiente será marcada con estacas laterales o un sistema de estacas unidas por una pieza rígida. Cualquier modificación deberá ser aprobada por la Fiscalización.

Alineación y soporte:

- La desviación máxima permitida es de 5 mm para diámetros hasta 600 mm, y de 10 mm para diámetros mayores.
- La desviación vertical no debe exceder el 10% del diámetro de la tubería. Cada tubo de contar con un apoyo completo en su longitud; no se permitirá el uso de piedras, madera u otros soportes.

Verificación del material:

- Se revisará cuidadosamente cada tubo antes de colocarlo, rechazando los que presenten defectos.
- Entre bocas de vista consecutivas, la tubería deberá quedar recta, salvo excepciones especificadas.

Empotramientos y condiciones de trabajo:

- Se preverán empotramientos antes de la colocación.
- No se permitirá agua en la zanja durante la instalación.

Prueba de tuberías:

Prueba hidrostática accidental: Se realizará cuando se sospeche de defectos en las juntas o cuando las condiciones de trabajo lo exijan.

- Se aplicará una carga de agua no mayor a un tirante de 2 metros en la parte más baja de la tubería.
- Si hay fugas, se repararán las juntas defectuosas y se repetirá la prueba hasta su aprobación.

Requisitos de aceptación:

- La tubería será recibida únicamente cuando los tramos entre pozos o estructuras estén limpios, sin escombros ni obstrucciones, y tras superar la prueba de impermeabilidad.

Medición y forma de pago:

La instalación de la tubería se medirá en metros lineales (m), con aproximación de dos decimales. La longitud medida será la correspondiente a la tubería instalada según el proyecto y aprobada por Fiscalización, excluyendo las longitudes de tubo que penetren en las uniones. El pago se realizará con base en la cantidad instalada y el precio unitario estipulado en el contrato.

9. Relleno compactado en zanja con material del sitio.

Definición

El relleno compactado implica restituir con material adecuado las excavaciones realizadas para tuberías o estructuras auxiliares, hasta el nivel original del terreno o el indicado en el proyecto, cumpliendo con las normas establecidas.

Especificaciones Técnicas

Relleno

- ***Aprobación previa:*** Ningún relleno puede iniciarse sin autorización del Fiscalizador. De lo contrario, podría exigirse la extracción total del material.
- ***Material y procedimiento:*** Deben ser aprobados previamente. El Constructor es responsable de prevenir desplazamientos o daños a la tubería debido a procedimientos inadecuados.
- ***Material inicial:*** La primera capa se hará con tierra fina seleccionada, libre de piedras u otros objetos duros, relleno cuidadosamente los espacios alrededor de las tuberías.
- ***Protección de la tubería:*** No se permite el tránsito ni trabajos sobre la tubería hasta que haya un mínimo de 30 cm de material de relleno sobre esta.
- ***Terrenos en pendiente:*** Se utilizarán piedras grandes en la capa superficial para evitar erosión por agua de lluvia.
- ***Uso de tablaestacas:*** Si se emplean, estas se cortarán y se dejarán en el lugar hasta 40 cm sobre el tope de la tubería, o se reemplazarán con material granular adecuado.

Compactación

Grados de compactación:

- **Calles pavimentadas:** 95% de la densidad máxima de laboratorio.

- **Zonas no pavimentadas:** 90%.

Capas: El relleno se realizará en capas sucesivas no mayores de 20 cm.

Control de humedad:

- Si el material está seco, se añade agua.
- Si tiene exceso de humedad, se seca extendiéndolo en capas finas.

Métodos según material:

- **Material cohesivo:** Compactadores neumáticos o rodillos pata de cabra.
- **Material no cohesivo:** Vibradores mecánicos, chorros de agua o compactación por inundación.

Limpieza final

El Constructor debe retirar los excedentes de material al finalizar el relleno y compactación. Si no lo hace, el Fiscalizador puede paralizar los trabajos restantes.

Medición

El relleno compactado será medido en metros cúbicos, con aproximación a dos decimales.

10. Pozo de revisión Hormigón Armado H=0.8m-2.00m, incluye tapa HF.

11. Pozo de revisión Hormigón Armado H=2.01m-4.00m, incluye tapa HF.

12. Pozo de revisión Hormigón Armado H>4.00m, incluye tapa HF.

Los tres rubros de pozos de revisión se detallan las mismas especificaciones técnicas:

Definición

Los pozos de revisión son estructuras esenciales para el acceso a las tuberías de alcantarillado, con la principal función de permitir la inspección, limpieza y mantenimiento de las mismas. Son fundamentales para asegurar el buen funcionamiento y la durabilidad del sistema de alcantarillado, al proporcionar puntos de acceso periódicos a lo largo de las redes.

Especificaciones

Ubicación y Construcción

- Los pozos deben ser ubicados de acuerdo con el proyecto técnico y/o indicaciones de fiscalización durante la instalación de las tuberías.
- La distancia máxima entre pozos no debe exceder los 100 metros bajo condiciones normales, aunque esta distancia puede aumentar en situaciones donde sea técnicamente justificado.
- Es crucial que la construcción de la cimentación de los pozos sea realizada antes de la colocación de las tuberías para evitar movimientos o desplazamientos de las tuberías durante la excavación de los pozos.

Cimentación y Materiales

La fundación de los pozos debe estar construida con materiales adecuados para resistir las cargas generadas por la estructura del pozo y las condiciones del terreno. En terrenos débiles, se recomienda reemplazar la subrasante con piedra picada, cascajo o hormigón para garantizar una base estable.

Hormigón de base y zócalo: Se utilizará hormigón simple con la mezcla estándar de 1:2:3 (cemento, arena y grava), siguiendo los estándares de la especificación técnica correspondiente.

Diseño de los Pozos

La base del pozo debe estar construida con hormigón armado, y debe tener un canal o "*media caña*" en la parte inferior. El canal puede formarse directamente al realizar el fundido de la base utilizando cerchas o, en su defecto, insertando tuberías cortadas a "*media caña*" en el proceso de colocación del hormigón.

Los canales deben ser perfectamente acabados y pulidos para evitar obstrucciones y asegurar que el agua fluya correctamente hacia las tuberías.

Revestimiento y Acabado

Las paredes interiores de los pozos deben ser revestidas con mortero de cemento y arena en una proporción de 1:3, con un espesor de 2 cm, para garantizar una superficie lisa y fácil de limpiar.

El revestimiento debe llegar como mínimo hasta 0.80 m de altura desde la base del pozo, aunque este detalle puede variar según los planos específicos del proyecto.

Acceso al Pozo

Peldaños o estribos deben ser instalados dentro del pozo para facilitar el acceso. Estos peldaños deben estar hechos de varilla de hierro de 12 mm de diámetro, con recortes en las extremidades para permitir que se empotren de manera segura en la estructura del pozo. La separación entre peldaños debe ser de 35 cm, y los peldaños deben ser pintados con pintura anticorrosiva para evitar el deterioro debido a la humedad.

Tapas y Cercos

Los cerco y tapa deben ser de hierro fundido gris (tipo Mahole), con las siguientes especificaciones:

- Diámetro exterior del cerco: 0.73 m.
- Diámetro interior del cerco: 0.51 m.
- Altura del cerco: 0.13 m.
- Diámetro superior de la tapa: 0.56 m.
- Grosor de la tapa: 0.03 m, con nervios radiales.
- Peso de la tapa: Entre 110 y 115 libras.
- Peso del cerco: Entre 110 y 115 libras.

La sujeción de la tapa debe realizarse mediante una cadena de hierro galvanizado, de 1/4" de diámetro y 0.50 m de largo, que esté soldada tanto a la tapa como al gancho empotrado en el pozo.

Pozos de Salto

Se construirán pozos de salto cuando la diferencia de altura entre las acometidas laterales y el fondo del pozo sea mayor a 0.90 m. Esta medida es importante para prevenir la erosión en las paredes del pozo debido al flujo de agua, especialmente en zonas donde las pendientes de las tuberías son pronunciadas.

Medición y Forma de Pago

La construcción de pozos de revisión se medirá por unidades, y la cantidad a pagar será determinada por la fiscalización conforme a las especificaciones y profundidades de los pozos construidos:

Profundidades de los pozos

- Pozo de revisión de $H=0.8\text{m}-2.00\text{m}$.
- Pozo de revisión de $H=2.01\text{m}-4.00\text{m}$.
- Pozo de revisión de $H>4.00\text{m}$.

Los pozos de salto se construyen cuando la diferencia de altura entre las acometidas y el fondo del pozo supera los 0.90 m, conforme a los planos del proyecto.

13. Entibado de zanjas.

Definición

El entibado de zanjas es un trabajo diseñado para evitar el socavamiento o derrumbamiento de las paredes de una zanja, así como para impedir o retardar la penetración de agua subterránea durante las excavaciones para estructuras o en zanjas para otros fines. Es una medida preventiva de seguridad y estabilidad en las excavaciones, que garantiza la integridad tanto de los trabajadores como de la estructura que se está excavando.

Especificaciones Técnicas

Protección Apuntalada

Las tablas verticales se colocan contra las paredes de la excavación y se fijan en su lugar mediante puntales transversales ajustados directamente en la zanja.

Las tablas sirven para sostener la tierra y evitar que el puntal se hunda. Este sistema es adecuado para zanjas relativamente estrechas con paredes de materiales coherentes (como arcilla compacta), pero no se recomienda en zanjas con tendencia pronunciada a la socavación o deslizamientos.

Este sistema es peligroso cuando hay deslizamientos en curso, ya que puede generar una falsa sensación de seguridad.

Protección en Esqueleto

Similar al sistema anterior, pero con largueros horizontales que van de tabla a tabla y que se mantienen en posición por travesaños ajustados con cuñas. Si no se dispone de puntales metálicos, se pueden utilizar puntales roscados extensibles.

Esta protección es adecuada para suelos inseguros que parecen necesitar solo un ligero sostén, pero que pueden mostrar tendencia a sufrir socavaciones. Si se identifica el peligro, se puede colocar rápidamente una tabla detrás de los largueros y añadir puntales transversales si es necesario.

El tamaño de las piezas y su disposición deben ser iguales a los de la protección vertical completa.

Protección en Caja

Se forma con tablas horizontales sostenidas contra las paredes de la zanja por piezas verticales, sujetas a su vez por puntales. Este tipo de protección se utiliza cuando el material de la zanja no es suficientemente coherente para soportar el uso de tablonos o cuando las condiciones no permiten la colocación de protección vertical sobresaliente.

Se instala conforme avanza la excavación y no debe haber una longitud no protegida mayor a la anchura de tres o cuatro tablas en cualquier momento.

Protección Vertical

Este es el método más completo y seguro de entibado, que utiliza largueros y puntales transversales dispuestos para sostener una pared sólida y continua de tablas

verticales contra las paredes de la zanja. El revestimiento puede hacerse impermeable al agua utilizando tablas machihembradas, tablaestacadas o incluso láminas de acero.

Requerimientos: La ranura de protección debe contar con un puntal transversal en el extremo de cada larguero y otro en el centro. Si los largueros están sujetos por el mismo puntal transversal, cualquier movimiento de un larguero afectará al resto, lo que puede generar desplazamientos a lo largo de la zanja.

Medición

El entibado de zanjas se medirá en metros cuadrados (m²), con una precisión de dos decimales. Se medirá la superficie de las tablas que se hayan instalado y que forman parte del sistema de protección de la zanja.

14. Conexión domiciliaria (caja-tapa-accesorios) no incluye tubería.

Definición

La conexión domiciliaria se refiere al conjunto de acciones que el constructor debe ejecutar para instalar la caja de revisión que se conectará mediante una tubería a la red de alcantarillado. Esta conexión es necesaria para permitir el flujo de aguas residuales desde cada propiedad hacia el sistema de alcantarillado municipal.

Especificación

- **Material de las Cajas:** Las cajas domiciliarias estarán construidas en hormigón simple con una resistencia de 210 kg/cm². Estas se fabricarán en el sitio de la obra.
- **Dimensiones de la Caja:** La profundidad de las cajas domiciliarias puede variar entre 0,60 m y 1,50 m, en función de la ubicación y la

necesidad. Deben colocarse frente a cada casa o lote donde exista una construcción o donde el fiscalizador lo indique.

- **Colocación en Propiedades sin Edificar:** Para propiedades que aún no cuenten con edificaciones, la caja domiciliaria también debe instalarse a la profundidad adecuada. En estos casos, la guía de la caja que conecta con la red debe taparse con un bloque o ladrillo y mortero pobre de cemento Portland.
- **Conexión de la Propiedad:** Cada propiedad debe tener su propia acometida al sistema de alcantarillado, lo que implica la instalación de la caja domiciliaria y una tubería con un diámetro mínimo de 110 mm. Si por razones topográficas no es posible garantizar una salida independiente al alcantarillado para cada propiedad, se permite que uno o varios lotes se conecten a través de un ramal auxiliar.
- **Tapa de la Caja:** La caja domiciliaria debe llevar una tapa de hormigón armado, cuyo diseño estará determinado en los planos de diseño correspondientes.
- **Accesorios de Unión:** El rubro comprende también el suministro y colocación del accesorio necesario para la unión entre la tubería de 110 mm y la red matriz de alcantarillado sanitario.

Medición y Forma de Pago

Las cantidades a pagar por las conexiones domiciliarias se medirán en unidades efectivamente realizadas. Es decir, se pagará por cada conexión domiciliaria que haya

sido completada y verificada en la obra, sin tener en cuenta la longitud de las tuberías, ya que esta no está incluida en este rubro.

El pago se realizará según la cantidad de unidades de conexión domiciliaria ejecutadas, siguiendo las condiciones acordadas en el contrato.

15. Suministro e instalación tubería PVC 110mm para domiciliaria y secundarias.

Definición

El suministro e instalación de tubería PVC de 110 mm se refiere a la provisión, transporte, y colocación de las tuberías necesarias para conectar las propiedades al sistema de alcantarillado, tanto en ramales domiciliarios como en redes secundarias. Estas tuberías serán utilizadas para el transporte de aguas residuales desde las propiedades hasta el sistema principal de alcantarillado sanitario.

Especificación

- **Tipo de Tubería:** La tubería debe ser de PVC (Policloruro de vinilo), de 110 mm de diámetro. Este tipo de tubería es resistente a las sustancias químicas presentes en las aguas residuales y ofrece una instalación eficiente, rápida y duradera.
- **Condiciones de Suministro:** La tubería debe ser suministrada conforme a las especificaciones técnicas del proyecto y en las cantidades necesarias para la ejecución de las conexiones domiciliarias y las redes secundarias. Además, debe cumplir con los estándares de calidad establecidos para asegurar su buen desempeño y resistencia a largo plazo.

- **Instalación:** La instalación de la tubería debe ser realizada siguiendo las normativas y especificaciones técnicas vigentes, asegurando que se realice de manera adecuada, con las pendientes necesarias para el flujo adecuado de las aguas residuales.
- **Profundidad de Colocación:** Las tuberías deben ser colocadas a una profundidad adecuada que garantice la protección contra daños mecánicos y temperaturas extremas. La instalación debe cumplir con las especificaciones del diseño y la topografía del área.
- **Unión de Tuberías:** Las tuberías de PVC se conectarán mediante accesorios de unión adecuados, asegurando que no haya fugas y que se mantenga la eficiencia del sistema. Estos accesorios incluyen codos, tees, uniones y otros elementos necesarios según los requerimientos del proyecto.
- **Protección y Seguridad:** Durante la instalación, se deben tomar las medidas necesarias para evitar daños a la tubería, como asegurar que se realice en zanjas adecuadamente preparadas y protegidas. Las tuberías deben ser alineadas y niveladas según los planos de diseño.
- **Revisión de Instalación:** Una vez instalada la tubería, se debe realizar una revisión final para verificar que la alineación, pendiente y conexiones sean correctas. Además, se debe asegurar que no haya obstrucciones ni defectos que puedan afectar el flujo de aguas residuales.

Medición y Forma de Pago

La cantidad de tubería PVC de 110 mm instalada se medirá en metros lineales (m), según la longitud total de la tubería colocada de acuerdo con los planos y especificaciones del proyecto.

El pago se realizará de acuerdo a la cantidad de metros lineales de tubería PVC de 110 mm instalada y verificada en obra, conforme a las condiciones acordadas en el contrato. Las mediciones deben ser exactas, con un margen de tolerancia en función de las variaciones del terreno y el diseño.

ANEXO B: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS REPOTENCIACION PDAR

1 Desinstalación de Bombas

Descripción:

Consistirá en realizar la desconexión de todo equipo eléctrico del tablero, así como el retiro de las bombas instaladas, en este caso 2 bombas: una de agitación de 1.5 hp y una de succión de 0.5 hp.

Unidad de medición:

u (por bomba)

Equipo mínimo:

Para efectos de este trabajo se requerirá:

- Herramienta menor (5% M.O)

Mano de obra:

El personal requerido para este trabajo estará constituido por las siguientes categorías:

- Electricista

2 Extracción de Aguas Residuales

Descripción:

Consiste en la extracción de aguas residuales de cada uno de los tanques existentes usando motobombas debido a que no existe facilidad de acceso para el retiro manual, estas deberán disponerse de acuerdo a los criterios de cuidado ambiental del presente proyecto, bajo supervisión continua del residente de obra a fin de evitar filtración que se traduzcan en contaminación por aguas residuales

Unidad de medición:

Alquiler de Bomba

Equipo mínimo:

Para efectos de este trabajo se requerirá:

- Herramienta menor (5% M.O)

Mano de obra:

El personal requerido para este trabajo estará constituido por las siguientes categorías:

- Peón
- Inspector de Obra

3 Demolición de elementos estructurales

Se realiza la demolición de los muros que dividen los tanques existentes, también se realiza la demolición de la losa en el área de lechos de secado (la demolición se da hasta llegar a 2.5 m medidos desde el suelo. Además, **se retira la escalera de acceso** presente en el área de rejillas finas.

Este apartado incluye el desalojo de los mismos, la recolección y disposición de escombros se hará de forma manual

Unidad de medición:

m²

Equipo mínimo:

Para efectos de este trabajo se requerirá:

- Herramienta menor (5% M.O)

Mano de obra:

El personal requerido para este trabajo estará constituido por las siguientes categorías:

- 1 maestro de obra
- 2 ayudantes de albañil

4 Preparación de Superficies

Consiste en limpiar con chorro de arena las paredes y pisos interiores del tanque (los que contienen aguas residuales), a fin de que la superficie presente rugosidad necesaria para la adherencia del impermeabilizante anticorrosivo que debe aplicarse para proteger la infraestructura.

Esta actividad también involucrar el hecho de picar las superficies de hormigón existente sobre las cuales se vaya a colocar hormigón fresco, a fin de generar adherencia y evitar juntas frías.

Unidad de medición:

m²

Equipo mínimo:

Para efectos de este trabajo se requerirá:

- Herramienta menor (5% M.O)

Mano de obra:

El personal requerido para este trabajo estará constituido por las siguientes categorías:

- 1 maestro de obra
- 2 ayudantes de albañil

Servicio externo:

Servicio de chorro de arena

- equipos
- personal especializado

5 Armado y Colocación de acero

Consiste en realizar el armado de las parillas de acero de los muros de los tanques de cada proceso unitario, así como la parrilla de la tapa de H.A del área de rejillas se harán parrillas simples dado que el requerimiento estructural no requiere doble parrilla. Se usarán varillas de 12 mm en sentido vertical, y varillas 8 mm en sentido horizontal con un espaciamiento mínimo de 20 cm.

Para la escalera de seguridad se empleará varillas de 12 mm.

Unidad de medición:

kg

Equipo mínimo:

Para efectos de este trabajo se requerirá:

- Herramienta menor (5% M.O)

Mano de obra:

El personal requerido para este trabajo estará constituido por las siguientes categorías:

- 1 fierro
- 1 ayudante de fierro

6 Muros y tapa H.A de rejillas finas (encofrado y hormigonado) incluido epóxico estructural.

Consiste en la elaboración de encofrados de madera in situ, una vez terminado se deberá **calafatear el interior del encofrado** a fin de evitar pérdida de agua en el vaciado del hormigón.

Se debe considerar que aquellas **áreas de hormigón existentes requieren la aplicación del epóxico** para mejorar la adherencia entre el hormigón existente y el que se va a verter.

Se utilizará un mixer pequeño para agilizar los tiempos constructivos.

Unidad de medición:m³**Equipo mínimo:**

Para efectos de este trabajo se requerirá:

- Herramienta menor (5% M.O)

Mano de obra:

El personal requerido para este trabajo estará constituido por las siguientes categorías:

- 1 carpintero
- 2 ayudantes de carpintero
- 1 ayudante de albañil

7 Retiro e instalación de cubierta de policarbonato

Consiste en retirar la cubierta existente (dado que presenta múltiples desperfectos, y esto conlleva filtraciones no deseadas dentro de la depuración de las aguas residuales), e instalar la nueva cubierta, se utilizarán andamios de manera obligatoria como medida de protección a la integridad física de los trabajadores.

Unidad de medición:m²**Equipo mínimo:**

Para efectos de este trabajo se requerirá:

- Herramienta menor (5% M.O)

Mano de obra:

El personal requerido para este trabajo estará constituido por las siguientes categorías:

- 1 maestro de obra
- 1 ayudante de albañil

8 Revestimiento de Impermeabilizante anticorrosivo

Se debe aplicar el impermeabilizante anticorrosivo Sika 62, a toda las paredes y pisos interiores de los tanques. En el Clarificador (2 módulos 6x2x3.5) Se deberá aplicar 2 capas en el fondo del tanque y en las paredes interiores a 1.5 m del fondo (dado que estas se encontrarán en contacto continuo a la acción corrosiva del agua residual), y en las paredes interiores por encima de los 1.5 metros (respecto al fondo del tanque), es suficiente aplicar 1 sola capa de impermeabilizante, dado que esta tendrá mucho menor tiempo de contacto con el agua residual.

Unidad de medición:

m²

Equipo mínimo:

Para efectos de este trabajo se requerirá:

- Herramienta menor (5% M.O)

Mano de obra:

El personal requerido para este trabajo estará constituido por las siguientes categorías:

- 1 pintor
- 1 ayudante de albañil

NOTA: La utilización de dos capas de impermeabilizante en superficie interior por encima de los 1.5 m especificados, puede incurrir en costos adicionales a lo proyectado.

9 Reubicación de Tuberías existentes e instalación de nuevas tuberías

Consiste en la instalación de tuberías de paso entre los tanques colocadas como se encuentra especificado en los planos, incluye además los accesorios como codos y válvulas. La válvula

colocada entre el tanque de aireación y el tanque clarificador deberá tener **palanca de accionamiento remoto**, dado el difícil acceso.

Unidad de medición:

m

Equipo mínimo:

Para efectos de este trabajo se requerirá:

- Herramienta menor (5% M.O)

Mano de obra:

El personal requerido para este trabajo estará constituido por las siguientes categorías:

- 1 tubero
- 1 ayudante de albañil

Material:

- Tubería PVC 51 mm
- Tubería PVC 100 mm
- Válvula mariposa
- Válvula con palanca de accionamiento extendida

10 Instalación de bombas centrífugas, soplador y difusores de burbuja fina.

Descripción:

Incluye Instalación de compresor y 8 difusores de burbuja fina tanque de aireación rediseñado:

- Potencia de soplador de aire de lóbulos rotativos de 2 HP
- Difusor tubular Burbujas fina con capacidad máxima de 8.5 m³/h por difusor.

Incluye Instalación de 2 bombas centrífugas (una por cada módulo) de acuerdo con los planos:

- Potencia de 1/8 HP, voltaje de 220V-3F. Se usarán para los difusores la recirculación y la disposición en tanque digestor anaerobio.

La instalación del sistema incluye tubería de succión y descarga, válvula check, manómetros, radar, accesorios de conexión y montaje.

Ejecución y complementación:

Debe estar definido y preparado el sitio en que se va a instalar el equipo de bombeo, para la instalación se deberá facilitar su maniobrabilidad, así como su eventual reparación o mantenimiento, no se realizará ajustes excesivos que puedan dañar sus elementos de entrada y salida del líquido.

Unidad de medición:

Unidad (u).

Equipo mínimo:

- Herramienta menor

Mano de obra:

Se requiere la participación al menos de la siguiente mano de obra:

- Plomero
- Eléctricista o Instalador de revestimiento en general

11 Instalación de tanque digestor anaerobio

Descripción:

Consiste en el transporte de las piezas de acero, llevarlas a campo y realizar soldadura in situ.

Se debe garantizar que la mezcla del tanque digestor se dé a 40 RPM, y comprobar que la temperatura sea de 35°C.

Deberán estar presentes los siguientes elementos

Unidad de medición:

Unidad (u).

Equipo mínimo:

- Herramienta menor

Mano de obra:

Se requiere la participación al menos de la siguiente mano de obra:

- Plomero
- Electricista o Instalador de revestimiento en general

12 Instalación de generador de Biogás**Descripción:**

Consiste en la configuración y calibración del generador, adaptado a la generación de 28 m³ de gas realizada por el especialista en esta área.

Unidad de medición:

Unidad (u).

Equipo mínimo:

Herramienta menor

Mano de obra:

Se requiere la participación al menos de la siguiente mano de obra:

7. Electricista
8. Ingeniero mecánico
9. Técnico en Biogás

Pruebas

Consiste en realizar pruebas piloto del funcionamiento total de la planta, usando agua limpia, se deberá garantizar el cumplimiento de cada una de las especificaciones técnicas citadas en este apartado.

13 Filtros para lecho de secado

Descripción:

La arena deberá ser limpia, libre de materia orgánica, silícica (cuarzosa o granítica), de mina o de otro material inerte con características similares. Deberá estar constituida por granos duros, angulosos, ásperos al tacto, fuertes y libres de partículas blandas, materias orgánicas, esquistos o pizarras. Se prohíbe el empleo de arenas arcillosas, suaves o disgregables. El ripio se lo empleará en los trabajos de hormigón y deberá ser producto de banco natural o de trituración de piedras sanas.

Especificaciones:

El ripio y la arena que servirán como filtro para el lecho de secado serán colocados en los dos lechos de secado diseñados, cada filtro tendrá un espesor de 30 cm, se colocara el ripio y luego el área, estos materiales deben ser distribuidos en toda el área del lecho de secado.

Unidad de medición:

Metro cúbico (m³)

Equipo mínimo:

Equipos de protección personal, palas y carretilla.

Mano de obra:

Peón (Estr. Ocup. E2), maestro mayor (Estr. Ocup. C1).

14 Instalación de Geotextil

Descripción:

El Geotextil tejido, se fabrica con un proceso de fibras de polipropileno tejidas entre sí, lo cual tiene como resultado un tejido altamente resistente. Este tipo de geotextil se usa principalmente para refuerzo de suelos y vías, refuerzo de muros de contención, entre otros. De igual manera se usa para separación de suelos.

Especificaciones:

El geotextil tejido, servirá como filtro para la percolación del líquido que contienen los lodos en los lechos de secado diseñados, este geotextil será colocado antes de la capa de filtro de arena, esto facilitará la limpieza y el mantenimiento de los lechos de secado y la extracción de los lodos de manera eficiente.

Unidad:

Metro cuadrado (m²)

Equipos mínimos:

Equipos de protección personal.

Materiales:

Geotextil tejido, tijeras, estacas.

Mano de obra:

Peón (Estr. Ocup. E2), maestro mayor (Estr. Ocup. C1).

15 Cinta de advertencia y señalización

Descripción:

Comprende todas las actividades requeridas para el suministro y colocación de un cerco provisional que cumpla la función de delimitar un área restringida, peligrosa o de riesgo, sitios de construcción, advertencia en zonas de trabajo, etc. con la finalidad de prever accidentes vehiculares o peatonales. El objetivo de este rubro es la colocación de cinta delimitadora del área de construcción con leyenda "*peligro*", fabricado en polietileno resistente a la intemperie. Cinta reflectiva. Fácil manejo. Altamente visible y ligera.

Unidad de medición:

Metro lineal (m)

Materiales mínimos:

Cinta reflectiva

Equipo mínimo:

Herramienta menor como tijeras o navaja. Mano de obra:

Mano de obra:

Peón (Estr. Ocup. E2)

16 Letreros informativos

Descripción:

Este rubro consiste en el suministro e instalación de letreros metálicos informativos, que servirá como señal reglamentaria, ubicados en los sitios estratégicos. El objetivo de este rubro es colocar la señalética necesaria, en las áreas indicadas, será fabricado con tubo de poste galvanizado. Las uniones soldadas serán con soldadura moderna, presentando las superficies soldadas siempre firmes y uniformes en toda su extensión. No deben existir porosidades ni grietas en la superficie soldada.

Unidad de medición:

Unidad (u)

Materiales mínimos:

Señales de precaución y advertencia.

Equipo mínimo:

Herramientas menores tales como playo de corte, tijera, navaja.

Mano de obra:

Peón (Estr. Ocup. E2)

17 Control y monitoreo de ruido**Descripción:**

Este rubro se refiere al control y monitoreo de ruido que es todo sonido indeseable percibido por el receptor y que al igual que las vibraciones, si no se implementan las medidas de prevención y control adecuadas pueden generar importantes repercusiones negativas en la salud de los obreros y operarios por las fuentes generadoras del ruido.

Especificación:

Este rubro consiste en controlar los niveles de ruido y vibraciones generados en los diversos frentes de trabajo que deberán ser controlados a fin de evitar perturbar a las poblaciones humanas y faunísticas de la zona de la obra. El nivel de ruido será determinado mediante la utilización de un Sonómetro Clase 11, con ponderación de frecuencia y ponderaciones de tiempo: S (slow), F (fast), 1 (impulsive) y Peak (pico). El sonómetro deberá poseer una capacidad de almacenamiento de hasta 500 archivos, con fecha, hora de inicio, configuración y datos de calibración.

- Frecuencia de la medición de los niveles de ruido: semanal
- Número de estaciones de muestreo: 1
- Ubicación de las estaciones: uno en receptores (interior de viviendas, escuelas, colegios, INNFA) y uno en fuentes de ruido, incluido volquetas y maquinaria escogidas mensualmente al azar.
- Duración del monitoreo: lo que indique el estudio
- Tiempo de duración de las mediciones: quince minutos

El Contratista deberá realizar periódicamente el monitoreo de los niveles de ruido, cuyas fuentes principales serán: uso de los equipos de construcción, maquinarias, transporte, utilización de explosivos y demás actividades que provocan niveles de ruidos superiores a los establecidos serán movilizadas desde los sitios de obra a los talleres para ser reparados y retornarán al trabajo una vez que éstos cumplan con los niveles admisibles y se haya asegurado que las tareas de construcción que realizarán se efectuarán dentro de los rangos de ruido estipulados en la Ley de Prevención y Control de la Contaminación.

- Reglamento referente al ruido, en las Normas Ambientales Ecuatorianas, en especial los Límites Permisibles de Niveles de Ruido Ambiente para Fuentes Fijas y Móviles, de la Ley de Gestión Ambiental, promulgado el 16 de diciembre del 2002.

El Contratista como control y corrección del ruido y/o vibraciones puede ejecutar algunas de las siguientes acciones:

1. Reducir la causa, mediante la utilización de silenciadores de escape, para el caso de vehículos, maquinaria o equipo pesado y de amortiguadores para mitigar las vibraciones.
2. Aislamiento de la fuente emisora mediante la instalación de locales cerrados y de talleres de mantenimiento de maquinaria revestidos con material absorbente de sonido.
3. Control y eliminación de señales audibles innecesarias tales como sirenas y pitos.
4. Absorción o atenuación del ruido entre la fuente emisora y el receptor mediante barreras o pantallas.

Unidad de medición:

Unidad (u)

Equipo mínimo:

El sonómetro deberá poseer una capacidad de almacenamiento de hasta 500 archivos, con fecha, hora de inicio, configuración y datos de calibración.

Mano de obra:

Residente de Obra (Ambiental)

Peón

18 Control y monitoreo de material particulado**Descripción:**

Se realizará el monitoreo y control de emisiones de polvo (PM10) generadas por actividades de la obra, recolectando muestras, efectuando mediciones y registrando características ambientales. Las mediciones se enfocarán en frentes de obra, conforme a medidas ambientales o requerimientos específicos de entidades como la Autoridad Ambiental o el GADM de Guayaquil.

El material particulado comprende partículas sólidas o líquidas suspendidas en la atmósfera, como PM10 (diámetro menor a 10 micrones) y PM2.5 (diámetro menor a 2.5 micrones). Estas emisiones, provenientes de actividades humanas o procesos naturales, pueden contener contaminantes que afectan negativamente al ambiente y a la salud. Su concentración se mide como la relación entre el peso o volumen de las partículas y el volumen de aire.

Los datos que se obtengan se compararán con la normativa ambiental vigente y aplicable a la obra

ejecución correcta de los trabajos obedeciendo los aspectos de control ambiental

Unidad de medición:

Unidad (u)

Equipo mínimo:

Indicadores: Niveles de concentración de PM10 vs. Límite Máximo Permisible
Medidor de partículas de polvo.

Mano de obra:

Maestro mayor

Técnico obras civiles

Peón

19 Charlas de mediación con la comunidad

Descripción:

Este rubro se ejecuta en el caso de presentarse problemas entre la población y la construcción de la obra, mediante charlas de mediación con la comunidad para llegar a un acuerdo y continuar con la ejecución de obra.

Unidad de medición:

Unidad (u)

Materiales:

Pancartas, carteles, folletos.

Equipo mínimo:

Ninguno

Mano de obra:

Residente de obra.

20 Charlas de seguridad y salud ocupacional**Descripción:**

Este rubro trata acerca de brindar charlas de capacitación en seguridad del personal, tanto en información sobre letreros, uso de los EPPs y del botiquín de primeros auxilios con la finalidad de tomar medidas de seguridad y estar preparados ante cualquier posible accidente laboral.

Unidad de medición:

Unidad (u).

Equipo mínimo:

Equipos de protección personal (EPP).

Mano de obra:

Residente de obra.

21 Plan de manejo de desechos**Descripción:**

Este rubro trata acerca de manejo de desechos que se puedan generar durante la construcción. Incluye el control, gestión y disposición final de los mismos. Se debe considerar el uso de los EPPs, medidas de seguridad, normas ambientales vigentes o cualquier reglamento en función del caso y actividad a ejecutarse.

Unidad de medición:

Unidad (u).

Equipo mínimo:

Equipos de protección personal (EPP).

Mano de obra:

Residente de obra.

Supervisor eléctrico general/ Supervisor sanitario general

22 Plan de prevención y mitigación de impactos

Descripción:

Este rubro trata acerca de prevenir y mitigar las posibles actividades que puedan generar impacto ambiental producto de los trabajos a realizarse en la construcción. Se debe realizar un análisis de las actividades identificadas que pueden causar impacto ambiental, detallado en el Plan de Manejo Ambiental (Capítulo 4)

Unidad de medición:

Unidad (u).

Equipo mínimo:

Equipos de protección personal (EPP).

Mano de obra:

Residente de obra.

Supervisor eléctrico general/ Supervisor sanitario general

23 Limpieza y cierre de obra

Descripción:

Este rubro comprende la finalización de obra, se limpian los escombros del lugar en el que se realizó la construcción y se entrega la obra al cliente.

Unidad de medición:

Unidad (u)

Equipo mínimo:

Herramienta menor tales como, palas, recogedores de basura, costales, fundas

Mano de obra:

Peón

Albañil

Maestro de obra

**ANEXO C: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA RED DE
RECOLECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN ZEDE DEL LITORAL**

1. PRESENTACIÓN DEL MANUAL

Este manual proporciona directrices para la operación y mantenimiento de la red de alcantarillado sanitario de la ZEDE del Litoral. La red está diseñada para recolectar de manera eficiente las aguas residuales domésticas mediante un sistema de tuberías por gravedad, asegurando su transporte adecuado hacia los procesos de depuración, en cumplimiento con las normativas técnicas y ambientales vigentes.

2. OBJETIVOS

2.1 GENERAL

Asistir como guía para el personal encargado de la operación y mantenimiento de la red de alcantarillado sanitario de la ZEDE del Litoral, proporcionando herramientas y procedimientos que permitan conservar la funcionalidad de la infraestructura, garantizar la recolección eficiente de aguas residuales domésticas y asegurar su transporte hacia los procesos de depuración, en cumplimiento con las normativas técnicas y ambientales vigentes.

2.2 ESPECÍFICOS

- 1) Documentar procedimientos de operación de la red de recolección mediante la elaboración de una guía detallada para la orientación del personal en el uso adecuado de la infraestructura y su funcionamiento eficiente.
- 2) Establecer directrices de mantenimiento preventivo para la red de recolección de aguas residuales mediante la identificación de tareas específicas y su frecuencia, con el fin de maximizar la vida útil de la infraestructura.
- 3) Servir de guía para la mejorar permanente de cada una de las actividades que involucran la operación y mantenimiento de la planta depuradora, mediante la

disposición de información ordenada y sistemática referente a la planta para su repotenciación.

3. ALCANCE

Este manual abarca todas las actividades relacionadas con la operación, mantenimiento y limpieza de la red de recolección de aguas residuales de la ZEDE-Litoral, incluyendo:

- 1) **Descripción general de la red:** Diseño de la red de alcantarillado, los componentes principales (tuberías, pozos de inspección y redes terciarias), y las conexiones de la red con la planta depuradora de aguas residuales.
- 2) **Procedimiento de operación:** Supervisión y control del flujo de aguas residuales en la red, manejo de eventos de obstrucción, y operaciones de apertura, pozos de inspección y conexiones domiciliarias.
- 3) **Mantenimiento preventivo:** Tareas de mantenimiento programadas que se realizan en intervalos regulares para prevenir obstrucciones y asegurar un funcionamiento continuo y eficiente. Incluye la inspección de tuberías, pozos de inspección, y conexiones.
- 4) **Mantenimiento correctivo:** Acciones a tomar para reparar partes de la red que presenten fallos o daños, incluyendo la reparación de tuberías rotas, desatasco de colectores, y otros ajustes necesarios para asegurar la correcta recolección de aguas residuales.
- 5) **Seguridad industrial:** Normas de seguridad para la operación de la red, uso de equipos de protección personal (EPP) y medidas preventivas para evitar accidentes y riesgos asociados al trabajo en la red de alcantarillado.

- 6) **Gestión de desechos y aprovechamiento de residuos:** Manejo y disposición de los residuos recolectados durante las actividades de mantenimiento y limpieza, asegurando el cumplimiento con la normativa ambiental vigente.
- 7) **Registro y documentación:** Registro de actividades de operación y mantenimiento, incluyendo informes de inspecciones, reportes de incidentes, y el cumplimiento de las normativas vigentes.

4. DESCRIPCIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO

La red de alcantarillado sanitario de la ZEDE del Litoral tiene una longitud de 1.63 km, con tuberías de PVC de 200 mm de diámetro, operando de manera completamente gravitacional. El sistema incluye 35 pozos de inspección y 155 cajas domiciliarias, conectando a una población de 533 personas. Esta infraestructura está diseñada para recolectar y transportar aguas residuales domésticas de manera eficiente.

5. PREPARACIÓN Y OPERACIÓN

5.1 Trabajos preliminar

Una vez que la red de alcantarillado sanitario esté instalada, con las conexiones domiciliarias, colectores y las cámaras de inspección debidamente conectadas, se deberá realizar una verificación exhaustiva para asegurar el correcto funcionamiento del sistema antes de su puesta en marcha. Considerando que la ZEDE es un sistema cerrado, sin ampliaciones futuras, el caudal proyectado está diseñado para satisfacer las necesidades actuales de la zona sin modificaciones. Es fundamental que el sistema sea operado y mantenido siguiendo las siguientes directrices para evitar fallas y garantizar su eficiencia a largo plazo.

Consideraciones:

- a) **Revisión de conexiones domiciliarias:** Es vital inspeccionar las conexiones domiciliarias al menos una vez al año. Esto incluye revisar las cámaras de inspección intradomiciliarias para evitar taponamientos en las tuberías que descargan en la red de colectores.
- b) **Revisión de redes de colectores e interceptores:** Verificar el estado de las tuberías, observando posibles hundimientos, erosión y asentamientos del terreno. En caso de detectarse algún problema, se debe realizar una limpieza adecuada y, si es necesario, hacer reparaciones para evitar taponamientos y garantizar la integridad de la red. Es importante asegurar que la tubería esté correctamente alineada y que cuente con la inclinación suficiente para evitar depósitos de sedimentos.
- c) **Inspección y limpieza de tuberías:** Las tuberías deben limpiarse regularmente para eliminar arenas, sustancias orgánicas y raíces que puedan acumularse y generar bloqueos. La limpieza debe hacerse con la frecuencia necesaria, sobre todo en las secciones bajas donde tienden a acumularse estos materiales.
- d) **Revisión de la infraestructura:** Comprobar que las tuberías no estén sometidas a sobrecarga o presión innecesaria. El paso de vehículos sobre las tuberías debe evitarse asegurándose de que se encuentren a la profundidad correcta, con un buen soporte y compactación del terreno. En zonas donde exista riesgo de asentamientos, se deben realizar refuerzos para evitar el hundimiento.
- e) **Mantenimiento de equipos:** Las bombas de impulsión y válvulas deben ser revisadas y lubricadas de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. También se deben verificar los motores de estos equipos, asegurándose de que el sentido de rotación sea el correcto.

6. ACTIVIDADES DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA.

6.1 Operación y Mantenimiento de las Conexiones Domiciliarias

El mantenimiento de las instalaciones sanitarias internas y las conexiones domiciliarias es esencial para evitar taponamientos y problemas operativos. A continuación, se detallan las actividades recomendadas para asegurar la correcta operatividad de las instalaciones:

- a) **Inspección periódica de las conexiones domiciliarias:** Al menos una vez al año, se deben revisar las conexiones domiciliarias, especialmente las cajas de inspección intradomiciliarios, para verificar su estado y evitar posibles taponamientos en la red de colectores.
- b) **Revisión de funcionamiento:** En cada inspección, se debe preguntar a los habitantes si las instalaciones sanitarias funcionan correctamente y si detectan algún problema. En caso de que se presenten fallas, estas deben repararse inmediatamente para evitar complicaciones futuras.

6.2 Revisión de los Pozos de Inspección

Deben ser inspeccionados regularmente para prevenir fallas como hundimientos, erosión o taponamientos. El procedimiento para llevar a cabo la inspección es el siguiente:

- a) Se debe identificar el tramo de la red a ser inspeccionado en los planos del sistema, localizando los pozos de inspección de las aguas arriba y aguas abajo del tramo a analizar.
- b) Antes de ingresar a los pozos de inspección, se debe ventilar adecuadamente el espacio. Para ello, se deben abrir las tapas de los pozos aguas arriba y aguas abajo del tramo que se inspeccionará al menos dos horas antes del ingreso, lo que permitirá la circulación de aire y la disipación de gases peligrosos.

- c) La entrada a los pozos de inspección debe realizarse con equipos de protección adecuados, como botas, guantes, mascarilla y casco. Además, es importante contar con una cuerda de salvamento y un operario fuera del pozo que pueda asistir en caso de emergencia. En caso de que se detecten pozos inundados, se debe usar una bomba de succión para extraer el agua.
- d) Los pozos de inspección deben ser revisados cuidadosamente para detectar posibles obstrucciones, erosión o daños en las estructuras. Si se encuentra alguna anomalía, debe repararse de inmediato utilizando materiales adecuados como cemento para sellar fisuras o grietas.

6.3 Mantenimiento Preventivo de la Red de Colectores

Las principales tareas a realizar:

- a) **Limpieza anual de las tuberías:** Debe limpiarse al menos una vez al año, preferentemente antes del inicio de la temporada de lluvias (meses de septiembre a octubre). Esta limpieza debe hacerse de manera preventiva, sin esperar a que ocurran obstrucciones. Un mantenimiento regular puede prevenir reparaciones costosas en el futuro.
- b) **Método de limpieza con balde:** Para la limpieza de las tuberías, se utiliza un balde atado a un cable de acero, que se pasa por la tubería para extraer sedimentos y lodos. El balde debe ser de un diámetro ligeramente menor al de la tubería para permitir que los materiales extraídos se desborden sin obstruir la red. Si el balde se bloquea, se debe retroceder con cuidado y reemplazarlo por otro más pequeño o utilizar una barrena.
- c) **Uso de barrenas:** En caso de que la obstrucción sea más severa y no se pueda limpiar con el balde, se puede utilizar una barrena para perforar y desalojar los sólidos. La

barrena se hace girar mediante manivelas que propulsan las barras de acero inoxidable, ayudando a romper los sedimentos y facilitar su remoción.

- d) **Reparación de pozos de inspección y cajas de revisión:** Los pozos de inspección y las cajas de revisión que presenten daños deben ser reparadas de inmediato. Las reparaciones pueden incluir el uso de cemento para sellar grietas y fisuras. Además, se recomienda tener tapas de repuesto disponibles para reemplazarlas de manera inmediata y garantizar la seguridad del sistema.

7. HERRAMIENTAS Y MATERIALES DE TRABAJO

- a) **Balde de limpieza:** Se utiliza para extraer sedimentos, lodos y otros materiales sólidos que se encuentren en el interior de las tuberías. El balde se fija a un cable de acero y se arrastra a lo largo de la red de colectores y cajas de revisión para limpiar los conductos.
- b) **Cable de acero (con cable de paso):** Se usa para tirar y jalar el balde de limpieza a lo largo de la red de alcantarillado. El cable debe tener suficiente longitud para cubrir el tramo entre los pozos de inspección y las cajas de revisión. El diámetro del cable debe ser adecuado para soportar el peso del balde y los sedimentos extraídos sin romperse.
- c) **Cuerda de salvamento:** Garantiza la seguridad de los operarios durante la inspección y el mantenimiento en pozos de inspección y cajas de revisión. En caso de emergencia, la cuerda permite extraer rápidamente a los operarios de la zona de trabajo.
- d) **Bomba de succión (tipo excavadora):** Se emplea para extraer agua acumulada en pozos de inspección o cajas de revisión inundadas. Esta bomba permite evacuar rápidamente el agua para que los operarios puedan proceder con las labores de limpieza e inspección de la red de alcantarillado.

- e) **Barrena manual o mecánica:** Se utiliza para perforar y desalojar obstrucciones o materiales sólidos que bloquean las tuberías del sistema de alcantarillado. La barrena es especialmente útil cuando los sedimentos y lodos no pueden ser extraídos con el balde.
- f) **Carro de herramientas o caja de herramientas:** Es un recipiente portátil que contiene las herramientas esenciales para las labores de mantenimiento y reparación de la red. Generalmente incluye llaves, destornilladores, martillos, entre otros, que son necesarios para ajustar o reemplazar piezas como tapas de pozos de inspección y componentes de las cajas de revisión.
- g) **Tapas de repuesto para pozos de inspección:** Se mantienen como repuesto para reemplazar las tapas de pozos de inspección dañadas, ya sea por el paso de vehículos o por el desgaste natural del material. Estas tapas deben ser resistentes a las cargas de tráfico y a la intemperie.
- h) **Equipo de protección personal (EPP):** Incluye botas, guantes, casco, mascarilla, y ropa de trabajo resistente, que protegen al operario de riesgos potenciales como caídas, exposición a gases nocivos, y contacto con sustancias peligrosas o materiales contaminados presentes en la red de alcantarillado.
- i) **Mascarillas respiratorias (con filtro):** Protegen al operario de inhalar gases tóxicos o vapores nocivos durante la inspección y el mantenimiento de las redes de alcantarillado, especialmente en lugares cerrados donde pueden acumularse gases como el metano.
- j) **Equipo de ventilación portátil:** Utilizado para ventilar los pozos de inspección y cajas de revisión antes de que los operarios ingresen a ellos. Este equipo permite la

circulación de aire fresco, reduciendo el riesgo de acumulación de gases peligrosos como el sulfuro de hidrógeno y el metano.

k) **Cinta métrica y nivel de burbuja:** Se emplean para medir la profundidad y el ángulo de inclinación de las tuberías durante las labores de inspección y mantenimiento. Esto ayuda a garantizar que las tuberías y conexiones estén correctamente instaladas y que la red tenga una pendiente adecuada para el flujo de aguas residuales.

l) **Luminarias portátiles:** Se usan para iluminar adecuadamente los pozos de inspección y las cajas de revisión durante la noche o cuando la visibilidad es limitada. Esto asegura que las tareas de mantenimiento y reparación puedan realizarse de manera segura y eficiente.

m) **Cemento y materiales de reparación:** Se utilizan para reparar pozos de inspección, cajas de revisión y otras estructuras del sistema que presenten fisuras o daños. El cemento debe ser de buena calidad para garantizar una reparación duradera.

8. PRESUPUESTO

Operación y mantenimiento - Personal						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio mensual	Precio anual	
Supervisor sanitario general	u	1	\$ 777,18	\$ 777,18	\$ 1.554,36	
Operador	u	1	\$ 533,05	\$ 533,05	\$ 1.066,10	
Subtotal (sin IVA)				\$ 1.310,23	\$ 2.620,46	
Operación y mantenimiento - Materiales						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio mensual	Precio anual	
Bolsas plásticas reforzadas	u	10	\$ 2,00	\$ 20,00	\$ 40,00	
Desinfectantes y detergentes	L	10	\$ 3,50	\$ 35,00	\$ 70,00	
Guantes de látex	pares	20	\$ 1,50	\$ 30,00	\$ 60,00	

EPP						
(mascarillas y	u					
bota)		4	\$	30,00	\$	120,00
					\$	240,00
		Subtotal (sin IVA)			\$	205,00
					\$	410,00

9. CONCLUSIONES

1. Este manual se ha elaborado como una herramienta clave para el equipo encargado de la operación y mantenimiento de la red de recolección de aguas residuales de la ZEDE. Al documentar procedimientos de manera clara y accesible, se garantiza que los operadores tengan acceso a información fundamental para el uso adecuado y eficiente de la infraestructura. Esto asegura un rendimiento óptimo y un control efectivo sobre el sistema de recolección.
2. La recopilación diaria y detallada de datos sobre la red de recolección de aguas residuales permitirá estandarizar los procedimientos operativos. Esto ayudará a reducir errores, mejorar la seguridad y facilitar la transferencia de conocimientos entre el personal. De esta manera, se contribuye a la sostenibilidad y mejora continua de la red de recolección, asegurando su funcionamiento eficiente a lo largo del tiempo.
3. El manual presenta directrices claras de mantenimiento preventivo, con tareas específicas y su frecuencia de ejecución. El cumplimiento de estas pautas será vital para extender la vida útil de la red de recolección. Además, ayudará a evitar fallos imprevistos, garantizará la sostenibilidad operativa y reducirá los costos asociados con reparaciones urgentes y no planificadas.
4. La guía detallada proporcionada en este manual permitirá a los operadores ejecutar las tareas de manera eficiente, reduciendo los tiempos de inactividad y

mejorando la calidad del servicio. Al contar con procedimientos claros, se optimizan los recursos y se asegura un manejo adecuado de la red, lo cual se traduce en un servicio confiable y seguro para la comunidad.

10. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda designar a uno o varios responsables del mantenimiento de la red de recolección, quienes deben estar completamente capacitados en los procedimientos de operación y mantenimiento establecidos en este manual. Estos responsables deberán ser capaces de coordinar las tareas y supervisar la correcta implementación de los procedimientos de operación y mantenimiento.
2. Todos los operadores encargados de la red de recolección deben leer, entender y familiarizarse con este manual, así como con los manuales de los equipos que forman parte de la infraestructura. Además, se debe garantizar que cada operador reciba formación periódica en el uso de equipos de protección personal (EPP) y en las mejores prácticas de operación, con el fin de proteger la seguridad de los trabajadores y asegurar un desempeño eficiente del sistema.
3. Es imprescindible que todas las actividades realizadas en la red de recolección, así como las anomalías y problemas detectados, se registren de forma detallada en una bitácora de operaciones.

**ANEXO D: MANUAL DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA
DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES (PDAR) EN CTI**

1. PRESENTACIÓN DEL MANUAL

Este manual proporciona directrices para la operación y mantenimiento de la PDAR de la ZEDE del Litoral que utiliza un tratamiento de lodos activados. La planta está diseñada para garantizar una depuración eficiente y seguro del agua residual.

2. OBJETIVOS

2.1 GENERAL

Guiar el personal encargado de la operación y mantenimiento de la PDAR de la ZEDE del Litoral, proporcionando herramientas y procedimientos que permitan conservar la funcionalidad de la infraestructura, y garantizar la eficiencia de las operaciones y procesos unitarios, para la purificación eficiente del agua vertida al medio ambiente y la correcta transformación de los residuos en energía limpia.

2.2 ESPECÍFICOS

1. Documentar procedimientos de operación de la PDAR mediante la elaboración de una guía detallada para la orientación del personal en el uso adecuado de la infraestructura y su funcionamiento eficiente.
2. Establecer directrices de mantenimiento preventivo para la PDAR mediante la identificación de tareas específicas y su frecuencia, con el fin de maximizar la vida útil de la infraestructura.
3. Servir como una herramienta para la mejora continua de las actividades relacionadas con la operación y el mantenimiento de la planta depuradora, proporcionando información organizada y sistemática sobre la planta para su repotenciación, y orientando al personal operativo y de mantenimiento mediante las especificaciones de operación de los equipos e instalaciones para optimizar su desempeño.

3. ALCANCE

Este manual abarca todas las actividades relacionadas con la operación y mantenimiento de la planta, incluyendo, pero no limitado a:

1. Descripción general de la planta: Diseño, sus componentes principales, los procesos y operaciones unitarias además de diagramas de flujo.
2. Procedimiento de operación: Arranque puesta en marcha, calibración, operación normal, limpieza y desinfección.
3. Mantenimiento preventivo: Tareas de mantenimiento que se llevan a cabo en intervalos regulares, independientemente del estado del equipo, con el fin de prevenir fallas y asegurar un funcionamiento eficiente y continuo.
4. Mantenimiento correctivo: Acciones realizadas para reparar un equipo o sistema que ha fallado o ya no funciona correctamente, se lo realiza cada vez que se identifica o presenta el problema. Incluye reparaciones, reemplazos de componentes o determinados ajustes para que el equipo vuelva a funcionar.
5. Control de calidad: Análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente, lodos y efluentes.
6. Seguridad industrial: Normas de seguridad y uso de equipos de protección personal.
7. Gestión de desechos y aprovechamiento de residuos: Manejo y disposición final de los lodos cumpliendo con la normativa ambiental y generando una economía circular con los residuos de la planta.
8. Registro y documentación: Llenado de registros operativos y mantenimiento histórico, generación de reportes del control de calidad y cumplimiento de la normativa nacional.

9. Ajustes y calibración: Modificaciones en el sistema para optimizar su funcionamiento.

4. DESCRIPCIÓN DE LA PDAR

La Planta Depuradora de Aguas Residuales propuesta está compuesta por un sistema de pretratamiento con rejillas finas, seguida de un proceso biológico de depuración secundaria compuesto por un sistema de aireación, con una profundidad en el tanque de 3.5 metros. Este sistema con difusores de burbujas finas, provee la cantidad de oxígeno necesario para la degradación de la materia orgánica. Los lodos generados en el tanque de aireación son transportados al tanque clarificador, donde se lleva a cabo el proceso de sedimentación. En este sistema, una parte de los lodos sedimentados se recircula hacia el tanque de aireación para mantener la actividad biológica, mientras que otra parte es enviada al tanque digester a través de bombas de succión para su disposición y tratamiento final. El sistema es conocido como un proceso de Lodos Activados de mezcla completa. Para completar el proceso, los lodos excedentes que no pueden ser recirculados, son dirigidos al tanque digester anaerobio en donde serán retenidos durante 15 días bajo condiciones de temperatura (35°C) que permitan la disminución de carga orgánica y la generación de biogás

5. ETAPAS DEPURADORAS

La planta realiza 3 etapas:

- a. Pretratamiento (sistema de rejillas finas)
- b. Depuración secundaria: Lodos activados (Sistema de aireación) + Clarificador secundario
- c. Tratamiento de lodos (Biodigester)

5.1 PRETRATAMIENTO (SISTEMA DE REJILLAS)

En esta etapa es muy importante que se separen los elementos gruesos, arenosos y grasas que llegan a la planta junto con el agua residual, para que en las siguientes etapas no causen daños a los equipos u obstrucciones en las

tuberías. De igual forma, si este proceso se descuida afecta la eficiencia de la planta.

El agua cruda ingresa al sistema de rejillas y por acción de la gravedad continua su flujo hacia el tanque de aireación en donde se realiza la depuración secundaria que consiste en lodos activados.

5.2 DEPURACIÓN SECUNDARIA: LODOS ACTIVADOS

En el tanque de aireación, los **microorganismos aerobios**: descomponen los desechos (presentes en el agua residual), crecen y se mezclan como resultado a la aireación, formando flóculos que constituyen una masa microbiana activa conocida como “*lodo activado*”, la cual al combinarse con el agua se conoce como “*licor mezclado*” donde los microorganismos se nutren de la materia que se encuentra en el agua contaminada, a este proceso se lo denomina **oxidación**.

Los flóculos se deben sedimentar adecuadamente dentro del tanque clarificador para que se obtenga un lodo concentrado que se puede recircular y a su vez un sobrenadante clarificado.

El sistema de aireación está formado por dos líneas de tratamiento 5 m longitud, un ancho de 2,25 m y una profundidad de 3,5 m. Se ubican 16 difusores de burbuja fina en el fondo del tanque de cada línea de aireación, además el tiempo de retención hidráulica será de 5.3 horas. El clarificador consta de dos líneas de longitud de 4.5 m, un ancho de 1.5 m y una profundidad de 3.5 m.

La recirculación de los lodos del clarificador se realizará cada 2.5 horas, después se debe ajustar de acuerdo al comportamiento del sistema. De manera

paralela el proceso de purga de lodos se ejecutará diariamente por un periodo de 2 minutos, de igual forma, también deberá ser ajustado en la etapa de calibración.

5.3 TRATAMIENTO DE LODOS EN BIODIGESTOR

Una vez que los lodos se sedimentan en el clarificador; parte de ellos se devuelve a la línea de recirculación que se dirige al tanque de aireación, y otra parte se purga hacia el Biodigestor o Tanque Digestor Anaerobio. En donde los lodos estarán sometidos a una mezcla y temperatura constante (35°C) durante 15 días. Se deberá esperar los 15 días para el proceso de purga al inicio de su operación, pasando este tiempo el proceso de purga se hará diariamente, dado que el sistema se estabiliza para la producción diaria de lodos estabilizados.

6. MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AFLUENTE Y EFLUENTE

En la planta depuradora, es necesario llevar a cabo controles de calidad tanto del afluente como del efluente para evitar fallos en el funcionamiento de los equipos y evaluar su eficiencia, así como para comprobar la calidad del agua que se vierte en el cuerpo receptor.

El muestreo debe realizarse en la entrada y salida de la planta depuradora, y las muestras de agua residual deben seguir un método estándar (regulado por normas y procedimientos). Este procedimiento implica el uso de recipientes de muestreo, que deben lavarse tres veces con agua de cada punto de análisis (*en función del ensayo que será realizado, si es coliformes, por ejemplo, no puede realizar esta práctica*). Luego, se toman las diferentes muestras, las cuales deben ser almacenadas en un sector refrigerado (que mantenga la temperatura en 4°C) o en

hieleras antes de ser enviadas al laboratorio para realizar diversos ensayos, como DBO5, DQO, SST y coliformes fecales. Además, se deben medir in situ parámetros como pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad. Adicional se debe tener presente el tipo de material con el que se recolecta la muestra, la cantidad y si requiere o no un conservante; también deben tener presente respetar los tiempos máximos entre la toma de la muestra y el inicio del ensayo. En caso de que uno de los criterios falle es preferible no realizar el ensayo, los resultados no serán válidos, No olvide tampoco llenar los datos de campo donde se registran los aspectos del clima, ubicación, puede hacer un pequeño esquema, etc.

7. PREPARACIÓN Y OPERACIÓN

7.1 Trabajos preliminares

Luego de que la planta depuradora ha sido completamente instalada; y las conexiones de las tuberías de entrada y salida, de drenaje y las conexiones eléctricas están listas, el sistema depurador está prácticamente listo para operar. Consideraciones:

- a. Asegúrese de que ni arenas ni material extraño entren al tanque de aireación.
- b. El alcantarillado de entrada debe estar conectado adecuadamente al sistema preliminar y debe estar libre de polvo, rocas y otros materiales.
- c. La cámara de ingreso debe estar limpia y libre de objetos que obstaculicen el paso del agua.
- d. Los difusores de burbuja fina deben ser revisados para asegurarse de han sido instalados apropiadamente y que se encuentran limpios

- e. Verificar que tanto el clarificador, bombas de impulsión y bombas de lodos estén limpias.
- f. Los equipos mecánicos deben ser revisados para su lubricación, se requiere lubricar los equipos de acuerdo con las recomendaciones y frecuencias que indiquen cada uno de los fabricantes.
- g. Verificar el sentido de rotación de los motores es el correcto, caso contrario, los cables de conexión deben ser intercambiados para lograr la rotación adecuada.

7.2 Puesta en marcha inicial

Luego de que el sistema ha sido revisado en su totalidad y esté listo para arrancarlo, debe ingresar el afluente.

- a. Para arrancar el soplador verifique que los breakers en el panel de control eléctrico están en la posición ON.
- b. Las llaves de control de cada tubería que conecta con los difusores deberán ser ajustadas si es necesario, para producir una cantidad aproximadamente igual de aire por cada difusor.
- c. Bajo flujo y afluente de baja contaminación, son frecuentemente característicos en el periodo inicial de puesta en marcha lo cual atrasa el desarrollo de un buen lodo activado, sin embargo, a medida que ellas se desarrollan y se aclimatan, se logran excelentes resultados.
- d. Si el flujo inicial del afluente es cercano al flujo de capacidad de diseño, se está llegando a las condiciones normales de operación, eso significa que debe contar con un incremento de la tasa de formación de lodos activados; por

tanto, es recomendable obtener una cantidad de lodos activados de una planta cerca para depositarlos en el tanque de aireación para acelerar el proceso.

- e. En el caso de que el suministro de oxígeno sea bajo; el agua del tanque de aireación tomará un color gris oscuro o negro, con un olor característico a huevos podridos (sulfuro de hidrógeno), por consiguiente, la eficiencia de la depuración disminuirá notablemente, si este es el caso se debe incrementar el suministro de aire rápidamente. Esto puede suceder cuando la concentración del oxígeno disuelto sea menor a 0,5 mg/L en el tanque de aireación, el poco Oxígeno se agotará y el sistema será séptico.
- f. Controlar los valores del oxígeno disuelto diariamente, verificando que se encuentren entre 1,2 y 1,5 mg/L.
- g. Si el lodo ha envejecido (*situación que se presenta cuando no existe suficiente extracción de lodos*) flotarán materiales en la superficie del agua del clarificador. Por tanto, primero realizar la extracción de lodo y enviar al tanque digester, cerrando la válvula de la tubería de recirculación. Se debe priorizar la remoción de espuma durante este periodo inicial, evitando acumulaciones en las superficies del clarificador volviéndolo séptico y formando espuma.
- h. Se debe verificar diariamente que las condiciones de temperatura deben estar en un rango de 35- 38°C, en caso de no estarlo (generalmente en días fríos), ajustar los quemadores para aumentar el flujo del combustible, o caso contrario la temperatura puede elevarse más de lo requerido dado el clima que presenta Guayaquil, en este caso deberá reducirse el flujo de combustible.

- i. Se debe verificar que el sistema de mezcla dentro del tanque opere a 15 RPM.

7.3 Control operativo.

Mantener el pH del licor del tanque de aireación entre 6 a 8, para incentivar un crecimiento microbiano apropiado, y para evitar el crecimiento de hongos.

8. CONTROL FÍSICO QUÍMICO

Programa mínimo que debe realizarse en la PDAR de admisiones, con el objetivo de que se garantice que la descarga para que cumpla con la normativa. Para esta actividad se debe contar con un equipo o kit de campo, para el análisis de aguas residuales.

Parámetros	Puntos de muestreo	Frecuencia de análisis sugerida inicial (cambiar de acuerdo con los procesos de puesta en marcha y calibración)	Observaciones
pH	Entrada y salida de la planta	Mínimo tres veces al día. (entre las 7 y 8h00, entre las 12 y 14h00 y al final de la jornada, entre las 16 y 17h00)	Para detectar posible contaminación en la alimentación
Sólidos disueltos totales	Entrada y salida de la planta	Diario	Evaluar la carga contaminante.

Conductividad	Entrada y salida de la planta	Diario	Monitorear la salinidad y detectar contaminantes inorgánicos
Oxígeno Disuelto	Entrada y salida de la planta	Mínimo tres veces al día. (entre las 7 y 8h00, entre las 12 y 14h00 y al final de la jornada, entre las 16 y 17h00)	Para verificar si el sistema de aireación está funcionando

Por otro lado, existen parámetros que no se pueden medir en campo y deben recolectarse muestras y ser enviadas a un laboratorio, para la óptima recolección y conservación revisar NTE INEN 2169 Tabla 1.

Parámetros	Puntos de muestreo	Frecuencia de análisis sugerida inicial (cambiar de acuerdo con los procesos de puesta en marcha y calibración)	Observaciones
DBO ₅	Entrada y salida de la planta	Una vez por mes	Para verificar eficiencia de la depuración

DQO	Entrada y salida de la planta	Una vez por mes	Para verificar la remoción de químicos
SST	Entrada y salida de la planta	Una vez por mes	Verificar eficiencia de remoción de sólidos
Colchón de lodos	Entrada y Salida de la planta	Una vez por semana	Para mantener un colchón de lodos adecuado.
Nitrógeno amoniacal	Entrada y salida de la planta	Dos veces por año	Verificar eficiencia de la depuración.
Nitritos	Entrada y salida de la planta	Dos veces por año	Verificar eficiencia de la depuración.
Nitratos	Entrada y salida de la planta	Dos veces por año	Verificar eficiencia de la depuración.

Fósforo	Entrada y salida de la planta	Dos veces por año	Verificar eficiencia de la depuración.
Ensayo V30	En la salida del tanque aireador	Una vez por semana	Verificar eficiencia de remoción de sólidos suspendidos en el sedimentador
Coliformes fecales	Salida de la planta	Una vez por día	Verificar la remoción

9. ACTIVIDADES DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA

9.1 SISTEMA DE REJILLAS

- 1** Limpiar, eliminar el moho y las natas diariamente que se acumulan en la salida de la tubería de captación de agua residual en la entrada del pretratamiento.
- 2** Comprobar que no haya obstrucciones en las rejillas.
- 3** Verificar que no haya presencia de óxido en las barras de la rejilla.
- 4** Retirar los residuos sólidos que quedan en el tanque de pretratamiento y que podrían obstruir el flujo del afluente hacia el tanque de aireación. Si la rejilla

no es vigilada y limpiada regularmente, puede impedir el paso del agua y provocar reflujos.

- 5 Los residuos recolectados, al tener características similares a la de los desechos sólidos (basura), se pueden disponer de forma directa para su debida recolección.
- 6 La constante acumulación de pequeños desechos en las barras puede ser una fuente de olor, por lo que es necesario limpiar esta área hasta dos veces al día, por la mañana y por la tarde.
- 7 Para la recolección de los sólidos, el operador debe utilizar guantes de plástico que lo protegen del contacto directo y de posibles enfermedades.
- 8 Limpiar todas las semanas con agua a presión todas las rejillas, emplear una manguera a presión.
- 9 Revisar una vez cada 6 meses, las rejillas y si se encuentran puntos de corrosión. Limpiar, cambiar o pintar, lo que amerite.

9.2 TANQUE DE AIREACIÓN

Actividades diarias:

- 1 Ajustar el caudal de aire proporcionado a los difusores según las necesidades del proceso.
- 2 Asegurarse de que los difusores estén funcionando adecuadamente y distribuyendo el aire de manera uniforme.
- 3 Inspeccionar y mantener compresores y bombas de aire, asegurando su correcto funcionamiento.
- 4 Verificar conexiones y mangueras en busca de fugas.

- 5 Calibrar regularmente los sensores de oxígeno disuelto y otros instrumentos de medición.

Actividades semanales:

1. Realizar limpieza alrededor de toda la instalación, para evitar crecimiento de plantas que pueden ser guarida de animales y roedores.

Actividades anuales:

2. Realizar limpieza de los difusores, comienza con inspecciones y limpieza cada 6-12 meses, pero si las condiciones operativas lo requieren se deben ajustar a cada 3-6 meses; para eliminar acumulaciones de lodo o incrustaciones que puedan afectar su rendimiento.
3. Inspeccionar la estructura de concreto, verificar la integridad estructural, localizar signos de corrosión o deterioro.
4. En climas cálidos o en tanques con alta exposición al sol, el crecimiento de algas puede ser más rápidos, el tanque de aireación podría requerir limpiezas, cada 3-6 meses, esta consideración puede ajustarse según las observaciones realizadas durante las inspecciones regulares.

9.3 TANQUE CLARIFICADOR

1. Controlar mediante los ensayos de laboratorio la sedimentabilidad de los sólidos suspendidos, de acuerdo a esos ensayos deberán ajustarse los tiempos de retención.
2. Verificar el estado de las bombas de succión incluyendo el flotador de nivel y los canales de desbordamiento.

3. Limpiar las superficies internas del clarificador, en caso de que se forman zonas muertas de acumulación, el operador tiene que raspar la tolva del clarificador, con la finalidad de impulsar hacia abajo el lodo que se acumula en las paredes de esta, para un fácil retorno al tanque de aireación.
4. Si existe grasa en el tanque, se debe retirar de forma manual.
5. El personal que vaya a realizar actividades en el Clarificador debe emplear el equipo de protección personal adecuado (EPPs), bajo ninguna circunstancia debe exponer heridas al contacto con el agua residual e infectarse.

9.4 TANQUE DIGESTION ANAEROBIO

1. Para el sistema de purga de lodos existirá una válvula que estará conectada al clarificador por medio de tuberías de PVC, si al abrir esta válvula la concentración de lodos es baja puede existir una obstrucción o concentración de lodos al final de la tolva del clarificador, raspar y mover cuidadosamente estos para su correcta purga
2. Debe realizarse de forma obligatoria inspecciones diarias en el sistema de mezcla y temperatura del tanque digestor.
3. Deben realizarse ensayos de la calidad de lodos dentro del tanque digestor antes

9.5 SISTEMA ELÉCTRICO

1. Controlar el voltaje y la corriente en los diferentes equipos eléctricos.
2. Verificar el funcionamiento de los sistemas de control y automatización.
3. Mantener un registro de los consumos eléctricos y cualquier anomalía detectada durante la operación.

4. Revisar regularmente interruptores, contactores y relés para asegurar su correcto funcionamiento.
5. Inspeccionar motores eléctricos y bombas en busca de signos de desgaste o daños.
6. Verificar el estado del cableado eléctrico, buscando signos de deterioro, cortocircuitos o conexiones sueltas.
7. Hay que asegurarse que las conexiones estén bien apretadas y libres de corrosión.
8. Comprobar el funcionamiento de fusibles y disyuntores, reemplazando los que estén defectuosos.
9. Limpiar el interior de los tableros eléctricos para eliminar polvo y suciedad que puedan afectar el funcionamiento.
10. Retirar cualquier residuo o material inflamable cerca de los equipos eléctricos.
11. Limpiar las rejillas de ventilación de los equipos eléctricos para asegurar una adecuada circulación de aire.
12. Realizar desinfección en áreas donde se manipulan componentes eléctricos, siguiendo las normativas de seguridad.

10 ACTIVIDADES GENERALES

1. Limpiar y eliminar los residuos que se generan en los tanques.
2. Mantener la rejilla del pretratamiento de la planta en condiciones de limpieza, retirando materiales no degradables como papeles, toallas sanitarias, etc. Estos elementos deben ser desechados como residuos sólidos.

3. Limpiar las entradas y salidas de las tuberías del afluente y efluente, respectivamente.
4. Comprobar que la operación eléctrica sea adecuada (amperaje y voltaje).
5. Verificar que los equipos de bombeo y aireación estén funcionando correctamente.
6. Revisar y, si es necesario, destapar la tubería de recirculación de lodos.
7. Asegurarse de que la válvula de la tubería de purga de lodos esté en buen estado.

11 HERRAMIENTAS Y MATERIALES DE TRABAJO

Se proponen las siguientes herramientas y materiales para la operación de la planta, las cuales deben almacenarse en el cuarto de utilería, ver ubicación en los planos respectivos.

1. **Espátula y pala:** se utilizan para retirar los residuos del sistema de rejillas y del tanque por donde circula el agua hasta llegar al tanque de aireación.
2. **Cepillo de alambre:** sirve para eliminar, si es necesario, el exceso de óxido de las barras de la rejilla.
3. **Manguera a presión:** se emplea para limpiar las instalaciones de la planta.
4. **Recoge hojas:** facilita la limpieza; su diseño ovalado y su base plana permiten recoger de manera eficiente hojas, natas y otros desechos flotantes en el tanque de aireación, evitando que se hundan y se acumulen en el fondo.
5. **Carretilla:** es útil para transportar lodos y los residuos generados durante la limpieza de la PDAR.
6. **Escoba:** se utiliza para barrer y recoger la suciedad o restos de residuos generados durante el mantenimiento de la planta.

7. **Recipientes:** se emplean para tomar muestras del afluente y efluente en la entrada y salida de la planta, respectivamente.
8. **Guantes de caucho:** se utilizan para manipular herramientas de limpieza.
9. **Mascarilla industrial:** proporciona protección contra olores y ayuda a prevenir posibles infecciones respiratorias.

12 EQUIPOS

En la tabla a continuación se encuentran datos técnicos de los equipos que forman la planta de depuración de aguas residuales de CTI.

COD	EQUIPO	USO	CANTIDAD	POTENCIA	AMPERAJE	RPM
C1	Compresor aire	Difusores de burbuja Fina	1	1 HP (C)	14 A	
				1/4 HP (M)	60Hz	
B2	Bomba sumergible	Elevación	2	220V		
				220V-3F	60Hz	
		Calentamient		Presión del		
Q3	Quemador	o de tanque anaerobio	1	gas		
				25 mbar		
G4	Generador de Biogás	Generación Eléctrica	2	Presion de entrada del gas	Sistemas de filtro de carbon	-

activado para

eliminar H₂S

25 mbar

Para mantenimiento de cada uno de los equipos se recomienda leer el manual de funcionamiento del fabricante.

13 GLOSARIO DE TÉRMINOS

AFLUENTE: Es el agua residual u otro líquido que ingrese a la planta depuradora o proceso de depuración.

ANAEROBIO: Microorganismo que puede vivir sin oxígeno.

BIODEGRADABLE: Compuesto que tiene la capacidad de ser mineralizado.

BIODEGRADACIÓN: Eliminación de un compuesto orgánico del agua o de un ecosistema por la actividad de los microorganismos.

EFLUENTE: Líquido que sale de un proceso o planta depuradora de aguas residuales y va a la descarga.

14. CONCLUSIONES

1. Se documentaron los procedimientos de operación de la PDAR mediante la elaboración de una guía detallada para la orientación del personal en el uso adecuado de la infraestructura y su funcionamiento eficiente.

2. Se estableció las directrices de mantenimiento preventivo para la PDAR mediante la identificación de tareas específicas y su frecuencia, con el fin de maximizar la vida útil de la infraestructura.
3. El manual sirve como una herramienta para la mejora continua de las actividades relacionadas con la operación y el mantenimiento de la planta depuradora, proporcionando información organizada y sistemática sobre la planta para su repotenciación, y orientando al personal operativo y de mantenimiento mediante las especificaciones de operación de los equipos e instalaciones para optimizar su desempeño.

15. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que la persona responsable y cada uno de los operadores en turno, interioricen lo expuesto en este manual, ya que de esto depende los resultados que se obtengan, además es necesario utilizar los equipos EPP para su la protección del operario.
2. Es responsabilidad del operario, la toma de parámetros que deben llevarse a cabo en el tiempo indicado para la mejora continua de este manual y la repotenciación de la planta.
3. La planta cuenta con todo lo necesario para la depuración eficiente siempre y cuando no se rebase de los límites de caudal de diseño y grado de contaminación original.

PRESUPUESTO

Tabla 26

Operación y mantenimiento - Materiales

Insumo	Cantidad mensual	Costo unitario USD	Costo total USD
Aceite lubricante (compresor y generador)	10 L	\$ 10,00	\$ 100,00
Reactivos de laboratorio	Lote mensual	\$ 40,00	\$ 40,00
Bolsas de manejo de lodos	10 unidades	\$ 1,00	\$ 10,00
Total de insumos			\$ 175,00

Tabla 27

Operación y mantenimiento - Personal

Puesto	Cantidad	Funciones principales	Sueldo mensual USD	Costo total USD
Operador de planta	1	Operar compresor, bombas, y sistema de mezcla del digestor. Supervisar el sistema de biogás y el generador. Apoyar en el manejo de lodos y mantenimiento básico.	\$500,00	\$ 500,00
Técnico de mantenimiento	1	Realizar mantenimiento preventivo y correctivo del generador, compresores y difusores. Supervisar la limpieza de los equipos. Revisar la calidad del biogás.	\$600,00	\$ 600,00
Asistente	1	Apoyar en el manejo de los lodos generados, secado y ensacado como abono. Realizar tareas operativas menores (limpieza de rejillas y clarificador).	\$450,00	\$ 450,00
Total	3			\$1.550,00

ANEXO E: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS Y PRESUPUESTO

REFERENCIAL DE LA OBRA

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).					
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizpe Erick Joel Veas Sánchez					
CÓDIGO:	1			UNIDAD:	km
RUBRO:	REPLANTEO Y NIVELACION				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 6,02
Equipo topográfico	1,00	10,000	\$ 10,00	10,000	\$ 100,00
SUBTOTAL (M)					\$ 106,02
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Cadenero	2	3,87	\$ 7,74	10,000	\$ 77,40
Topógrafo 2: título exper. mayor a 5 años<Estr.Oc.C1>	1	4,29	\$ 4,29	10,000	\$ 42,90
SUBTOTAL (N)					\$ 120,30
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
Mojón	U	10	\$ 10,00	\$ 100,00	
Estacas-varios	Global	60	\$ 0,22	\$ 13,20	
SUBTOTAL (O)					\$ 113,20
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
SUBTOTAL (P)					\$ -
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$ 339,52
INDIRECTOS Y UTILIDADES					15,00% \$ 50,93
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 390,45
VALOR OFERTADO					\$ 390,45

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.
Guayaquil, 06 de enero de 2025

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).					
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizpe Erick Joel Veas Sánchez					
CÓDIGO:	2			UNIDAD:	m3
RUBRO:	EXCAVACION MANUAL DE ZANJAS				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 0,31
SUBTOTAL (M)					\$ 0,31
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Peón	2	3,83	\$ 7,66	0,7610	\$ 5,83
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,1	4,29	\$ 0,43	0,7610	\$ 0,33
SUBTOTAL (N)					\$ 6,16
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
SUBTOTAL (O)					\$ -
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
SUBTOTAL (P)					\$ -
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Guayaquil, 06 de enero de 2025					
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$ 6,46
INDIRECTOS Y UTILIDADES 15,00%					\$ 0,97
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 7,44
VALOR OFERTADO					\$ 7,44

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).					
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizpe Erick Joel Veas Sánchez					
CÓDIGO:	3			UNIDAD:	m3
RUBRO:	EXCAVACIÓN A MÁQUINA EN ZANJA 0.00 A 2.00m				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Retroexcavadora	1		\$ 25,00	0,08333	\$ 2,08
SUBTOTAL (M)					\$ 2,08
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Estructura ocupacional C1 (operadores)	1	4,55	\$ 4,55	0,0833	\$ 0,38
Estructura ocupacional D2	1	4,1	\$ 4,10	0,0833	\$ 0,34
SUBTOTAL (N)					\$ 0,72
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
SUBTOTAL (O)					\$ -
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
SUBTOTAL (P)					\$ -
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$ 2,80
INDIRECTOS Y UTILIDADES					15,00% \$ 0,42
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 3,23
VALOR OFERTADO					\$ 3,23
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; width: 250px;"> ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Guayaquil, 06 de enero de 2025 </div>					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).					
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizpe Erick Joel Veas Sánchez					
CÓDIGO:	4			UNIDAD:	m3
RUBRO:	EXCAVACIÓN A MÁQUINA EN ZANJA 2.00 A 4.00m				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Retroexcavadora	1		\$ 25,00	0,09091	\$ 2,27
SUBTOTAL (M)					\$ 2,27
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Estructura ocupacional C1 (operadores)	1	4,55	\$ 4,55	0,09091	\$ 0,41
Estructura ocupacional D2	1	4,1	\$ 4,10	0,09091	\$ 0,37
SUBTOTAL (N)					\$ 0,79
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
SUBTOTAL (O)					\$ -
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
SUBTOTAL (P)					\$ -
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$ 3,06
INDIRECTOS Y UTILIDADES					15,00% \$ 0,46
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 3,52
VALOR OFERTADO					\$ 3,52
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Guayaquil, 06 de enero de 2025 </div>					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL							
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).							
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizpe Erick Joel Veas Sánchez							
CÓDIGO:	5			UNIDAD:	m3		
RUBRO:	EXCAVACIÓN A MÁQUINA EN ZANJA H > 4.00m						
EQUIPOS							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR		
Retroexcavadora	1		\$ 25,00	0,14085	\$ 3,52		
SUBTOTAL (M)					\$ 3,52		
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR		
Estructura ocupacional C1 (operadores)	1	4,55	\$ 4,55	0,14085	\$ 0,64		
Estructura ocupacional D2	1	4,10	\$ 4,10	0,14085	\$ 0,58		
Peón	1	3,83	\$ 3,83	0,14085	\$ 0,54		
SUBTOTAL (N)					\$ 1,76		
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB			
SUBTOTAL (O)					\$ -		
TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB			
SUBTOTAL (P)					\$ -		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Guayaquil, 06 de enero de 2025 </div>					COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 5,28	
					INDIRECTOS Y UTILIDADES	15,00% \$	0,79
					OTROS INDIRECTOS		
					COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$	6,08
					VALOR OFERTADO	\$	6,08

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL							
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).							
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizpe Erick Joel Veas Sánchez							
CÓDIGO:	6			UNIDAD:	m		
RUBRO:	RASANTEO DE ZANJAS						
EQUIPOS							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR		
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 0,02		
SUBTOTAL (M)					\$ 0,02		
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR		
Peón	2	3,83	\$ 7,66	0,05	\$ 0,38		
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,25	4,29	\$ 1,07	0,05	\$ 0,05		
SUBTOTAL (N)					\$ 0,44		
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB			
SUBTOTAL (O)					\$ -		
TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB			
SUBTOTAL (P)					\$ -		
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Guayaquil, 06 de enero de 2025					COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 0,46	
					INDIRECTOS Y UTILIDADES	15,00%	\$ 0,07
					OTROS INDIRECTOS		
					COSTO TOTAL DEL RUBRO		\$ 0,53
					VALOR OFERTADO		\$ 0,53

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).					
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizpe Erick Joel Veas Sánchez					
CÓDIGO:	7			UNIDAD:	m ³
RUBRO:	COLCHÓN DE ARENA PARA TUBERÍA H=0.10M				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 0,22
SUBTOTAL (M)					\$ 0,22
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Albañil	1	3,87	\$ 3,87	0,5	\$ 1,94
Peón	1	3,83	\$ 3,83	0,5	\$ 1,92
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,25	4,29	\$ 1,07	0,5	\$ 0,54
SUBTOTAL (N)					\$ 4,39
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
Arena fina de río - material para relleno inicial	m ³	1,01	14,0000	14,14	
SUBTOTAL (O)					\$ 14,14
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
SUBTOTAL (P)					\$ -
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$ 18,75
INDIRECTOS Y UTILIDADES					15,00% \$ 2,81
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 21,56
VALOR OFERTADO					\$ 21,56

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.
Guayaquil, 06 de enero de 2025

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).					
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizpe Erick Joel Veas Sánchez					
CÓDIGO:	8			UNIDAD:	m
RUBRO:	SUM. INST. Y PRUEBA DE TUBERÍA PERFILADA Di=200MM				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 0,14
SUBTOTAL (M)					\$ 0,14
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Peón	1	3,83	\$ 3,83	0,2	\$ 0,77
Plomero	2	3,87	\$ 7,74	0,2	\$ 1,55
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,45	4,29	\$ 1,93	0,2	\$ 0,39
SUBTOTAL (N)					\$ 2,70
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
Tubería perfilada PVC 200 mm	m	1	11,1600	11,160	
SUBTOTAL (O)					\$ 11,16
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
SUBTOTAL (P)					\$ -
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$ 14,00
INDIRECTOS Y UTILIDADES					15,00% \$ 2,10
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 16,10
VALOR OFERTADO					\$ 16,10

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.
Guayaquil, 06 de enero de 2025

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).					
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizpe Erick Joel Veas Sánchez					
CÓDIGO:	9			UNIDAD:	m3
RUBRO:	RELLENO COMPACTADO EN ZANJA CON MATERIAL DEL SITIO				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 0,24
Compactador manual	1,00	3,5000	\$ 3,50	0,8000	\$ 2,80
SUBTOTAL (M)					\$ 3,04
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Peón	0,25	3,83	\$ 0,96	0,8	\$ 0,77
Operador de equipo liviano	1	3,87	\$ 3,87	0,8	\$ 3,10
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,25	4,29	\$ 1,07	0,8	\$ 0,86
SUBTOTAL (N)					\$ 4,72
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
SUBTOTAL (O)					\$ -
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
SUBTOTAL (P)					\$ -
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$ 7,76
INDIRECTOS Y UTILIDADES					15,00% \$ 1,16
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 8,92
VALOR OFERTADO					\$ 8,92
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Guayaquil, 06 de enero de 2025 </div>					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).					
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizpe Erick Joel Veas Sánchez					
CÓDIGO:	10			UNIDAD:	u
RUBRO:	POZO DE REVISIÓN H. ARMADO H=0.80M-2.00M, INCLUYE TAPA HF.				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 6,10
Concreteira	0,25	5,2500	\$ 1,31	3,0928	\$ 4,06
Vibrador	0,2	2,45	\$ 0,49	3,0928	\$ 1,52
SUBTOTAL (M)					\$ 11,68
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Albañil	2	3,87	\$ 7,74	3,0928	\$ 23,94
Peón	8	3,83	\$ 30,64	3,0928	\$ 94,76
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,25	4,29	\$ 1,07	3,0928	\$ 3,32
SUBTOTAL (N)					\$ 122,02
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
Cemento	kg	357,500	\$ 0,160	\$ 57,20	
Arena fina	m3	0,170	\$ 20,000	\$ 3,40	
Arena Gruesa	m3	0,250	\$ 17,000	\$ 4,25	
Grava	m3	0,450	\$ 17,000	\$ 7,65	
Agua	Lt	468,000	\$ 0,001	\$ 0,66	
Piedra	m3	0,200	\$ 18,000	\$ 3,60	
Aditivo acelerante	kg	5,000	\$ 1,100	\$ 5,50	
Hierro	kg	18,000	\$ 1,140	\$ 20,52	
Tapa HF D= 0.60m. Cerco metálico, abisagrada	u	1,000	\$ 100,000	\$ 100,00	
Encofrado metálico para pozos de revisión	glb	1,000	\$ 35,000	\$ 35,00	
Alambre de amarre	kg	0,900	\$ 1,500	\$ 1,35	
SUBTOTAL (O)					\$ 239,13
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
SUBTOTAL (P)					\$ -
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$ 372,82
INDIRECTOS Y UTILIDADES					15,00% \$ 55,92
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 428,75
VALOR OFERTADO					\$ 428,75

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.
Guayaquil, 06 de enero de 2025

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).					
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizpe Erick Joel Veas Sánchez					
CÓDIGO:	11			UNIDAD:	u
RUBRO:	POZO DE REVISION H°A° H=2.01 - 4.00 M., INCLUYE TAPA HF				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 14,28
Concreteira	0,25	5,2500	\$ 1,31	7,2380	\$ 9,50
Vibrador	0,2	2,45	\$ 0,49	7,2380	\$ 3,55
SUBTOTAL (M)					\$ 27,32
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Albañil	2	3,87	\$ 7,74	7,2380	\$ 56,02
Peón	8	3,83	\$ 30,64	7,2380	\$ 221,77
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,25	4,29	\$ 1,07	7,2380	\$ 7,76
SUBTOTAL (N)					\$ 285,56
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
Cemento	kg	420,000	\$ 0,160	\$ 67,20	
Arena fina	m3	0,350	\$ 20,000	\$ 7,00	
Arena Gruesa	m3	0,450	\$ 17,000	\$ 7,65	
Grava	m3	0,850	\$ 17,000	\$ 14,45	
Agua	Lt	300,000	\$ 0,001	\$ 0,42	
Piedra	m3	0,350	\$ 18,000	\$ 6,30	
Aditivo acelerante	kg	7,000	\$ 1,100	\$ 7,70	
Hierro	kg	40,000	\$ 1,140	\$ 45,60	
Tapa HF D= 0.60m. Cerco metálico, abisagrada	u	1,000	\$ 100,000	\$ 100,00	
Encofrado metálico para pozos de revisión	glb	1,000	\$ 35,000	\$ 35,00	
Alambre de amarre	kg	2,000	\$ 1,500	\$ 3,00	
SUBTOTAL (O)					\$ 294,32
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
SUBTOTAL (P)					\$ -
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$ 607,20
INDIRECTOS Y UTILIDADES					15,00% \$ 91,08
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 698,29
VALOR OFERTADO					\$ 698,29

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.
Guayaquil, 06 de enero de 2025

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL						
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).						
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizpe Erick Joel Veas Sánchez						
CÓDIGO:	12			UNIDAD:	u	
RUBRO:	POZO DE REVISION >4 m HORMIGON ARMADO INCLUYE TAPA HF					
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR	
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 2,57	
Concretera	0,50	5,2500	\$ 2,63	1,9100	\$ 5,01	
Vibrador	0,25	2,4500	\$ 0,61	1,9100	\$ 1,17	
SUBTOTAL (M)					\$ 8,75	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR	
Albañil	1	3,87	\$ 3,87	1,9100	\$ 7,39	
Peón	5	3,83	\$ 19,15	1,9100	\$ 36,58	
Operador de equipo liviano	1	3,87	\$ 3,87	1,9100	\$ 7,39	
SUBTOTAL (N)					\$ 51,36	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB		
Cemento	kg	1200,000	\$ 0,160	\$ 192,00		
Arena fina	m ³	0,610	\$ 20,000	\$ 12,20		
Arena Gruesa	m ³	6,310	\$ 17,000	\$ 107,27		
Grava	m ³	3,350	\$ 17,000	\$ 56,95		
Agua	Lt	620,000	\$ 0,001	\$ 0,87		
Piedra	m ³	3,350	\$ 18,000	\$ 60,30		
Aditivo acelerante	kg	4,700	\$ 1,100	\$ 5,17		
Hierro	kg	250,000	\$ 1,140	\$ 285,00		
Tapa HF D= 0.60m. Cerco metálico, abisagrada	u	1,000	\$ 100,000	\$ 100,00		
Pintura anticorrosiva	gl	0,250	\$ 13,000	\$ 3,25		
Encofrado metálico para pozos de revisión	glb	1,000	\$ 50,000	\$ 50,00		
Alambre de amarre	kg	6,100	\$ 8,500	\$ 51,85		
SUBTOTAL (O)					\$ 924,86	
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB		
SUBTOTAL (P)					\$ -	
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Guayaquil, 06 de enero de 2025		COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				\$ 984,97
		INDIRECTOS Y UTILIDADES				15,00% \$ 147,75
		OTROS INDIRECTOS				
		COSTO TOTAL DEL RUBRO				\$ 1.132,72
		VALOR OFERTADO				\$ 1.132,72

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).					
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizpe Erick Joel Veas Sánchez					
CÓDIGO:	13			UNIDAD:	m2
RUBRO:	ENTIBADO DE ZANJAS				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 0,03
SUBTOTAL (M)					\$ 0,03
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Albañil	1	3,87	\$ 3,87	0,0600	\$ 0,23
Peón	1	3,83	\$ 3,83	0,0600	\$ 0,23
Carpintero	0,25	3,87	\$ 0,97	0,0600	\$ 0,06
SUBTOTAL (N)					\$ 0,52
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
Puntal	u	0,5	\$ 2,50	\$ 1,25	
Listón	u	0,5	\$ 2,00	\$ 1,00	
Tablón	u	0,5	\$ 4,00	\$ 2,00	
Clavos	kg	0,25	\$ 2,00	\$ 0,50	
SUBTOTAL (O)					\$ 4,75
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
SUBTOTAL (P)					\$ -
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$ 5,30
INDIRECTOS Y UTILIDADES					15,00% \$ 0,79
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 6,10
VALOR OFERTADO					\$ 6,10

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.
Guayaquil, 06 de enero de 2025

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).					
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizpe Erick Joel Veas Sánchez					
CÓDIGO:	14			UNIDAD:	u
RUBRO:	CONEXIÓN DOMICILIARIA (caja-tapa-accesorios) no incluye tubería.				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 1,73
SUBTOTAL (M)					\$ 1,73
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Plomero	1	3,87	\$ 3,87	3,0000	\$ 11,61
Peón	2	3,83	\$ 7,66	3,0000	\$ 22,98
SUBTOTAL (N)					\$ 34,59
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
Cemento	kg	130	\$ 0,16	\$ 20,80	
Arena gruesa	m3	0,05	\$ 17,00	\$ 0,85	
Arena fina	m3	0,05	\$ 20,00	\$ 1,00	
Grava	m3	0,2	\$ 17,00	\$ 3,40	
Encofrado	glb	0,4	\$ 20,00	\$ 8,00	
Hierro	kg	5	\$ 1,14	\$ 5,70	
Accesorios conexión PVC domiciliaria D= 110mm	glb	1	\$ 10,00	\$ 10,00	
SUBTOTAL (O)					\$ 49,75
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
SUBTOTAL (P)					\$ -
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$ 86,07
INDIRECTOS Y UTILIDADES					15,00% \$ 12,91
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 98,98
VALOR OFERTADO					\$ 98,98

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.
Guayaquil, 06 de enero de 2025

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL							
PROYECTO:	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).						
OFERENTE:	Carlos Alexander Román Quizpe Erick Joel Veas Sánchez						
CÓDIGO:	15	UNIDAD:	m				
RUBRO:	SUMINISTRO E INSTALACIÓN TUBERÍA PVC 110MM PARA DOMICILIARIA Y SECUNDARIAS.						
EQUIPOS							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C= AxB	R	D= CxR		
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 0,04		
SUBTOTAL (M)					\$ 0,04		
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C= AxB	R	D= CxR		
Peón	1	3,83	\$ 3,83	0,1000	\$ 0,38		
Plomero	1	3,87	\$ 3,87	0,1000	\$ 0,39		
SUBTOTAL (N)					\$ 0,77		
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
		A	B	C= AxB			
Tubería PVC rígida de pared estructurada D= 110 mm	ml	1,01	\$ 5,60	\$ 5,66			
SUBTOTAL (O)					\$ 5,66		
TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
		A	B	C= AxB			
SUBTOTAL (P)					\$ -		
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Guayaquil, 06 de enero de 2025					COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 6,46	
					INDIRECTOS Y UTILIDADES	15,00%	\$ 0,97
					OTROS INDIRECTOS		
					COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$ 7,44	
					VALOR OFERTADO	\$ 7,44	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS																	
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL																	
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).																	
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizhpe Erick Joel Veas Sánchez																	
CÓDIGO:	16	UNIDAD:		u													
RUBRO:	DESINSTALACION DE BOMBAS																
EQUIPOS																	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR												
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 0,17												
SUBTOTAL (M)					\$ 0,17												
MANO DE OBRA																	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR												
Eléctricista o Instalador de revestimiento en gene	1	4,19	\$ 4,19	0,8000	\$ 3,35												
SUBTOTAL (N)					\$ 3,35												
MATERIALES																	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB													
SUBTOTAL (O)					\$ -												
TRANSPORTE																	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB													
SUBTOTAL (P)					\$ -												
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$ 3,52												
INDIRECTOS Y UTILIDADES					15,00% \$ 0,53												
OTROS INDIRECTOS																	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 4,05												
VALOR OFERTADO					\$ 4,05												
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 40%; padding: 5px;"> ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Guayaquil, 06 de enero de 2025 </td> <td style="width: 60%; padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;">COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</td> <td style="width: 40%; text-align: right;">\$ 3,52</td> </tr> <tr> <td>INDIRECTOS Y UTILIDADES</td> <td style="text-align: right;">15,00% \$ 0,53</td> </tr> <tr> <td>OTROS INDIRECTOS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>COSTO TOTAL DEL RUBRO</td> <td style="text-align: right;">\$ 4,05</td> </tr> <tr> <td>VALOR OFERTADO</td> <td style="text-align: right;">\$ 4,05</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>						ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Guayaquil, 06 de enero de 2025	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;">COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</td> <td style="width: 40%; text-align: right;">\$ 3,52</td> </tr> <tr> <td>INDIRECTOS Y UTILIDADES</td> <td style="text-align: right;">15,00% \$ 0,53</td> </tr> <tr> <td>OTROS INDIRECTOS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>COSTO TOTAL DEL RUBRO</td> <td style="text-align: right;">\$ 4,05</td> </tr> <tr> <td>VALOR OFERTADO</td> <td style="text-align: right;">\$ 4,05</td> </tr> </table>	COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 3,52	INDIRECTOS Y UTILIDADES	15,00% \$ 0,53	OTROS INDIRECTOS		COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$ 4,05	VALOR OFERTADO	\$ 4,05
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Guayaquil, 06 de enero de 2025	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;">COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</td> <td style="width: 40%; text-align: right;">\$ 3,52</td> </tr> <tr> <td>INDIRECTOS Y UTILIDADES</td> <td style="text-align: right;">15,00% \$ 0,53</td> </tr> <tr> <td>OTROS INDIRECTOS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>COSTO TOTAL DEL RUBRO</td> <td style="text-align: right;">\$ 4,05</td> </tr> <tr> <td>VALOR OFERTADO</td> <td style="text-align: right;">\$ 4,05</td> </tr> </table>	COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 3,52	INDIRECTOS Y UTILIDADES	15,00% \$ 0,53	OTROS INDIRECTOS		COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$ 4,05	VALOR OFERTADO	\$ 4,05						
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 3,52																
INDIRECTOS Y UTILIDADES	15,00% \$ 0,53																
OTROS INDIRECTOS																	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$ 4,05																
VALOR OFERTADO	\$ 4,05																

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).					
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizhpe Erick Joel Veas Sánchez					
CÓDIGO:	17			UNIDAD:	m3
RUBRO:	EXTRACCION DE AGUAS RESIDUALES				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 0,01
SUBTOTAL (M)					\$ 0,01
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Peón	1	4,14	\$ 4,14	0,0200	\$ 0,08
Inspector de obra	1	4,65	\$ 4,65	0,0200	\$ 0,09
SUBTOTAL (N)					\$ 0,18
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
SUBTOTAL (O)					\$ -
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
Alquiler de Motobomba	1	precio/día	\$ 1,00	40,0000	\$ 40,00
SUBTOTAL (P)					\$ 40,00
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$ 40,18
INDIRECTOS Y UTILIDADES					15,00% \$ 6,03
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 46,22
VALOR OFERTADO					\$ 46,22
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; width: 200px;"> ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Guayaquil, 06 de enero de 2025 </div>					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL						
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).						
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizhpe Erick Joel Veas Sánchez						
CÓDIGO:	18			UNIDAD:	m ³	
RUBRO:	DEMOLICION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES, INC DESALOJO					
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR	
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 0,13	
SUBTOTAL (M)					\$ 0,13	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR	
Maestro de Obra	1	4,42	\$ 4,42	0,2000	\$ 0,88	
Ayudante de Albañil	2	4,14	\$ 8,28	0,2000	\$ 1,66	
SUBTOTAL (N)					\$ 2,54	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB		
SUBTOTAL (O)					\$ -	
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB		
SUBTOTAL (P)					\$ -	
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Guayaquil, 06 de enero de 2025					COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 2,67
					INDIRECTOS Y UTILIDADES	15,00% \$ 0,40
					OTROS INDIRECTOS	
					COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$ 3,07
					VALOR OFERTADO	\$ 3,07

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).					
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizhpe Erick Joel Veas Sánchez					
CÓDIGO:	19			UNIDAD:	m2
RUBRO:	PREPARACION DE SUPERFICIES				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 0,10
SUBTOTAL (M)					\$ 0,10
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Maestro de Obra	1	4,42	\$ 4,42	0,1600	\$ 0,71
Ayudante de Albañil	2	4,14	\$ 8,28	0,1600	\$ 1,32
SUBTOTAL (N)					\$ 2,03
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
Limpieza con chorro de arena	m2	0,5	\$ 4,00	\$ 2,00	
SUBTOTAL (O)					\$ 2,00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
SUBTOTAL (P)					\$ -
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$ 4,13
INDIRECTOS Y UTILIDADES 15,00%					\$ 0,62
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 4,76
VALOR OFERTADO					\$ 4,76
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Guayaquil, 06 de enero de 2025 </div>					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).					
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizhpe Erick Joel Veas Sánchez					
CÓDIGO:	21			UNIDAD:	m3
RUBRO:	MUROS Y TAPA H.A DE REJILLAS FINAS (ENCOFRADO Y HORMIGONADO) INC. EPOXICO ESTRUCTURAL				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 0,83
SUBTOTAL (M)					\$ 0,83
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Carpintero	1	4,19	\$ 4,19	1,0000	\$ 4,1900
Ayudante de Carpintero	2	4,14	\$ 8,28	1,0000	\$ 8,2800
Ayudante de Albañil	1	4,14	\$ 4,14	1,0000	\$ 4,1400
SUBTOTAL (N)					\$ 16,61
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
Tablas de madera	m2	5	\$ 4,38	\$ 21,88	
Hormigón	m3	1	\$ 90,14	\$ 90,14	
Sikadur 32	kg	0,1144	\$ 3,40	\$ 0,39	
SUBTOTAL (O)					\$ 112,40
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
SUBTOTAL (P)					\$ -
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$ 129,84
INDIRECTOS Y UTILIDADES					15,00% \$ 19,48
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 149,33
VALOR OFERTADO					\$ 149,33

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.
Guayaquil, 06 de enero de 2025

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).					
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizhpe Erick Joel Veas Sánchez					
CÓDIGO:	22	UNIDAD:	m2		
RUBRO:	RETIRO E INSTALACION DE NUEVA CUBIERTA DE POLICARBONATO				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 0,02
SUBTOTAL (M)					\$ 0,02
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Maestro de Obra	1	4,42	\$ 4,42	0,0400	\$ 0,18
Ayudante de Albañil	1	4,14	\$ 4,14	0,0400	\$ 0,17
SUBTOTAL (N)					\$ 0,34
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
cubierta policarbonato crital traslucido	m2	1	\$ 2,50	\$ 2,50	
alquiler andamios	u	1	\$ 1,03	\$ 1,03	
SUBTOTAL (O)					\$ 3,53
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
SUBTOTAL (P)					\$ -
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$ 3,89
INDIRECTOS Y UTILIDADES					15,00% \$ 0,58
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 4,48
VALOR OFERTADO					\$ 4,48

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.
Guayaquil, 06 de enero de 2025

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).					
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizhpe Erick Joel Veas Sánchez					
CÓDIGO:	23			UNIDAD:	m ²
RUBRO:	REVESTIMIENTO CON IMPERMEABILIZANTE ANTICORROSIVO				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 0,01
SUBTOTAL (M)					\$ 0,01
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Pintor	1	4,19	\$ 4,19	0,0533	\$ 0,22
SUBTOTAL (N)					\$ 0,22
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
impermeabilizante Sika-62 de 6kg	m ²	1	2,3	2,3	
SUBTOTAL (O)					\$ 2,30
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
SUBTOTAL (P)					\$ -
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$ 2,53
INDIRECTOS Y UTILIDADES					15,00% \$ 0,38
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 2,92
VALOR OFERTADO					\$ 2,92

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.
Guayaquil, 06 de enero de 2025

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL						
PROYECTO:	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).					
OFERENTE:	Carlos Alexander Román Quizpe Erick Joel Veas Sánchez					
CÓDIGO:	24			UNIDAD:	m	
RUBRO:	REUBICACION DE TUBERIAS E INSTALACION DE NUEVAS TUBERIAS INC Válvulas con sistema de extensión de eje (extensiones de vástago)					
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C= AxB	R	D= CxR	
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 0,04	
SUBTOTAL (M)					\$ 0,04	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C= AxB	R	D= CxR	
Tubero (En Construcción)	1	4,19	\$ 4,19	0,1000	\$ 0,42	
Ayudante de Albañil	1	4,14	\$ 4,14	0,1000	\$ 0,41	
SUBTOTAL (N)					\$ 0,83	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO		
		A	B	C= AxB		
Tubería PVC 51 mm	m	1	\$ 10,00	\$ 10,00		
Tubería PVC 100mm	m	1	\$ 30,00	\$ 30,00		
1 válvula	u	0,33	\$ 60,00	\$ 19,80		
SUBTOTAL (O)					\$ 59,80	
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO		
		A	B	C= AxB		
SUBTOTAL (P)					\$ -	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Guayaquil, 06 de enero de 2025 </div>					COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 60,67
					INDIRECTOS Y UTILIDADES	15,00% \$ 9,10
					OTROS INDIRECTOS	
					COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$ 69,78
					VALOR OFERTADO	\$ 69,78

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL						
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).						
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizhpe Erick Joel Veas Sánchez						
CÓDIGO:	25			UNIDAD:	u	
RUBRO:	INSTALACION DE BOMBAS DE SUCCION, COMPRESORES Y DIFUSORES					
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR	
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 3,45	
SUBTOTAL (M)					\$ 3,45	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR	
Plomero	1	4,19	\$ 4,19	4,0000	\$ 16,76	
Técnico electromecánico de construcción	1	4,19	\$ 4,19	4,0000	\$ 16,76	
Ingeniero eléctrico	1	4,67	\$ 4,67	4,0000	\$ 18,68	
Eléctricista o Instalador de revestimiento en gene:	1	4,19	\$ 4,19	4,0000	\$ 16,76	
SUBTOTAL (N)					\$ 68,96	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB		
bomba de succion 1/8 hp	u	2	\$ 351,36	\$ 702,72		
Compresor de 1 hp	u	1	\$ 450,00	\$ 450,00		
SUBTOTAL (O)					\$ 1.152,72	
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB		
SUBTOTAL (P)					\$ -	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Guayaquil, 06 de enero de 2025 </div>					COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 1.225,13
					INDIRECTOS Y UTILIDADES	15,00% \$ 183,77
					OTROS INDIRECTOS	
					COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$ 1.408,90
					VALOR OFERTADO	\$ 1.408,90

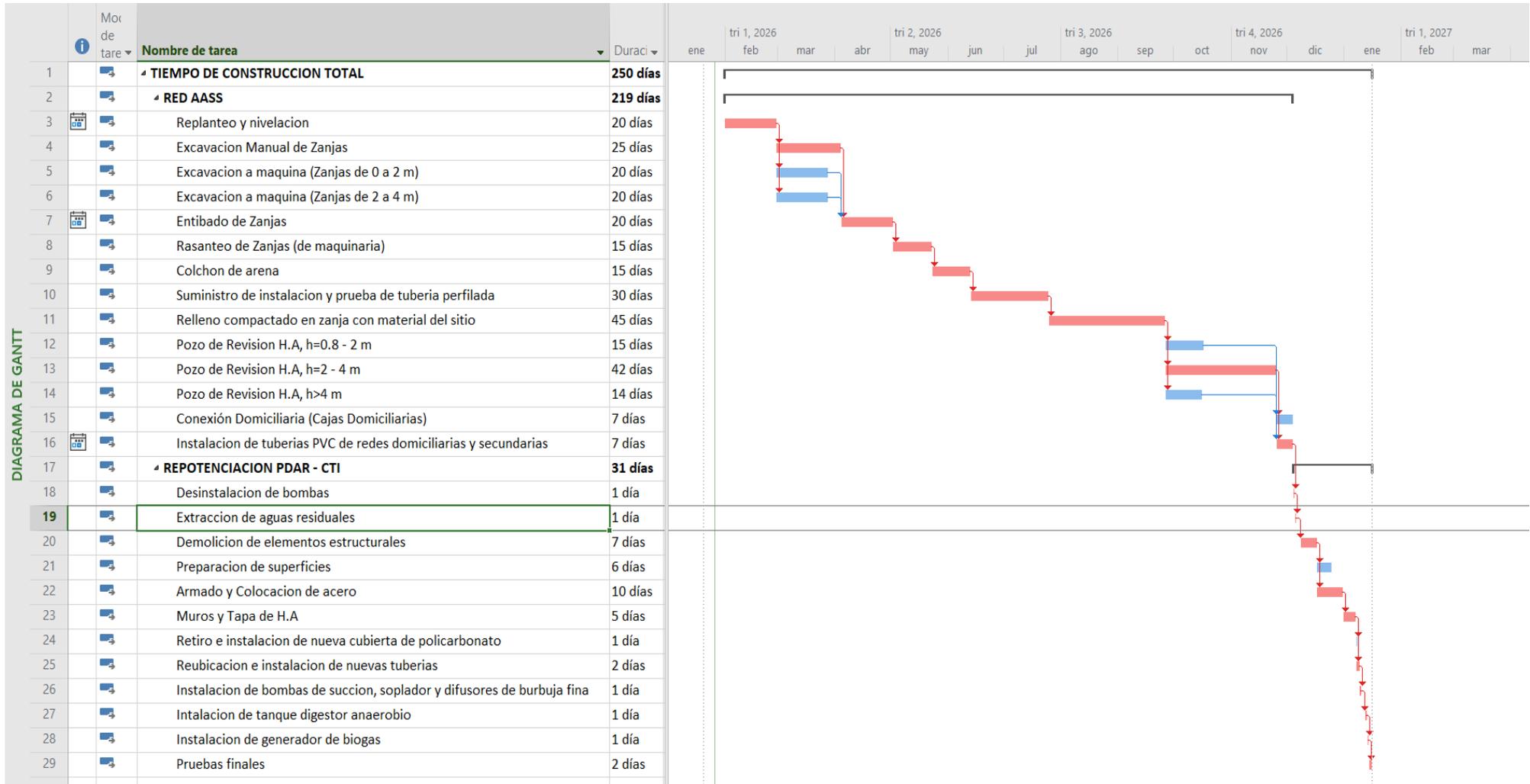
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS																						
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL																						
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).																						
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quiñipe Erick Joel Veas Sánchez																						
CÓDIGO:	26				UNIDAD:	u																
RUBRO:	INSTALACION DE TANQUE DIGESTOR ANAEROBIO, INC. MECANISMOS DE MEZCLA Y CALENTADOR 50 M3																					
EQUIPOS																						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR																	
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 7,26																	
SUBTOTAL (M)					\$ 7,26																	
MANO DE OBRA																						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR																	
Técnico electromecánico de construcción	1	4,19	\$ 4,19	8,0000	\$ 33,52																	
Supervisor eléctrico general / Supervisor sanitario	1	4,65	\$ 4,65	8,0000	\$ 37,20																	
Maestro soldador especializado (En Construcción)	1	4,65	\$ 4,65	8,0000	\$ 37,20																	
Inspector de obra	1	4,65	\$ 4,65	8,0000	\$ 37,20																	
SUBTOTAL (N)					\$ 145,12																	
MATERIALES																						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB																		
Tanque digestor anaerobio + mezcla lenta y calentador	ml	1	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00																		
SUBTOTAL (O)					\$ 20.000,00																	
TRANSPORTE																						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB																		
SUBTOTAL (P)					\$ -																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Guayaquil, 06 de enero de 2025 </td> <td style="width: 50%; text-align: right;"> <tr> <td>COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</td> <td>\$</td> <td>20.152,38</td> </tr> <tr> <td>INDIRECTOS Y UTILIDADES</td> <td>15,00%</td> <td>\$ 3.022,86</td> </tr> <tr> <td>OTROS INDIRECTOS</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>COSTO TOTAL DEL RUBRO</td> <td>\$</td> <td>23.175,24</td> </tr> <tr> <td>VALOR OFERTADO</td> <td>\$</td> <td>23.175,24</td> </tr> </td> </tr> </table>						ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Guayaquil, 06 de enero de 2025	<tr> <td>COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</td> <td>\$</td> <td>20.152,38</td> </tr> <tr> <td>INDIRECTOS Y UTILIDADES</td> <td>15,00%</td> <td>\$ 3.022,86</td> </tr> <tr> <td>OTROS INDIRECTOS</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>COSTO TOTAL DEL RUBRO</td> <td>\$</td> <td>23.175,24</td> </tr> <tr> <td>VALOR OFERTADO</td> <td>\$</td> <td>23.175,24</td> </tr>	COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$	20.152,38	INDIRECTOS Y UTILIDADES	15,00%	\$ 3.022,86	OTROS INDIRECTOS			COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$	23.175,24	VALOR OFERTADO	\$	23.175,24
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Guayaquil, 06 de enero de 2025	<tr> <td>COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</td> <td>\$</td> <td>20.152,38</td> </tr> <tr> <td>INDIRECTOS Y UTILIDADES</td> <td>15,00%</td> <td>\$ 3.022,86</td> </tr> <tr> <td>OTROS INDIRECTOS</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>COSTO TOTAL DEL RUBRO</td> <td>\$</td> <td>23.175,24</td> </tr> <tr> <td>VALOR OFERTADO</td> <td>\$</td> <td>23.175,24</td> </tr>	COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$	20.152,38	INDIRECTOS Y UTILIDADES	15,00%	\$ 3.022,86	OTROS INDIRECTOS			COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$	23.175,24	VALOR OFERTADO	\$	23.175,24						
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$	20.152,38																				
INDIRECTOS Y UTILIDADES	15,00%	\$ 3.022,86																				
OTROS INDIRECTOS																						
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$	23.175,24																				
VALOR OFERTADO	\$	23.175,24																				

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).					
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizhpe Erick Joel Veas Sánchez					
CÓDIGO:	27			UNIDAD:	u
RUBRO:	INSTALACION DEL GENERADOR DE BIOGAS				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 5,47
SUBTOTAL (M)					\$ 5,47
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR
Ingeniero Mecanico	1	5	\$ 5,00	4,0000	\$ 20,00
Técnico en Biogas	1	6,5	\$ 6,50	8,0000	\$ 52,00
Ingeniero eléctrico	1	4,67	\$ 4,67	8,0000	\$ 37,36
SUBTOTAL (N)					\$ 109,36
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
Generador de Biogas	u	1	\$ 6.000,00	\$ 6.000,00	
SUBTOTAL (O)					\$ 6.000,00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB	
SUBTOTAL (P)					\$ -
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					\$ 6.114,83
INDIRECTOS Y UTILIDADES					15,00% \$ 917,22
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 7.032,06
VALOR OFERTADO					\$ 7.032,06

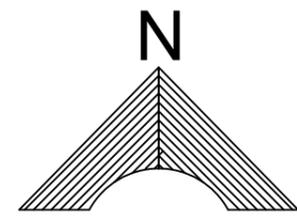
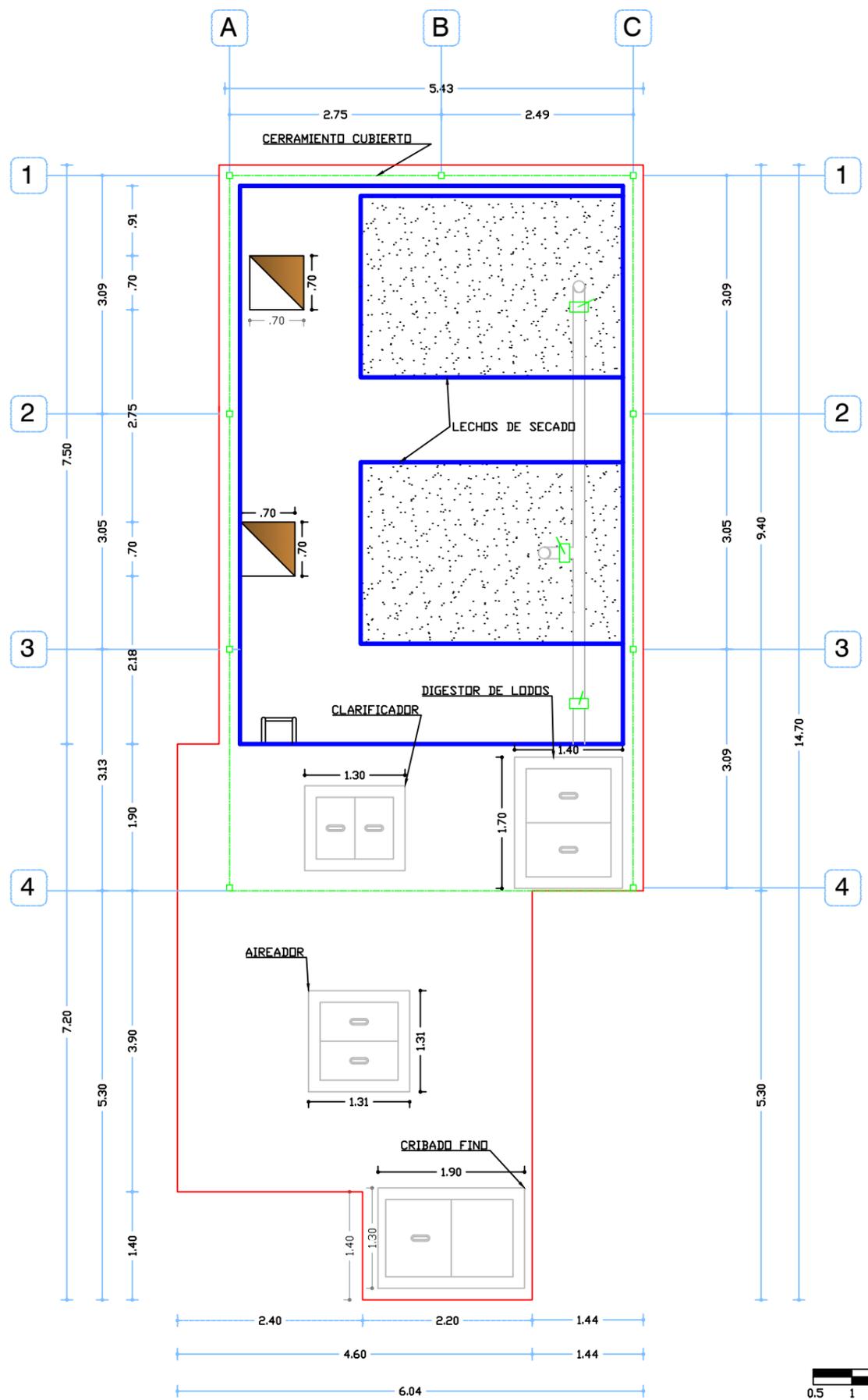
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.
Guayaquil, 06 de enero de 2025

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS															
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL															
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).															
OFERENTE: Carlos Alexander Román Quizhpe Erick Joel Veas Sánchez															
CÓDIGO:	28	UNIDAD:	u												
RUBRO:	PRUEBAS FINALES														
EQUIPOS															
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR										
Herramientas manuales (5% M.O.)					\$ 4,16										
SUBTOTAL (M)					\$ 4,16										
MANO DE OBRA															
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO HORA C= AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D= CxR										
Ingeniero Mecanico	1	5	\$ 5,00	4,0000	\$ 20,00										
Técnico en Biogas	1	6,5	\$ 6,50	4,0000	\$ 26,00										
Ingeniero eléctrico	1	4,67	\$ 4,67	4,0000	\$ 18,68										
Inspector de obra	1	4,65	\$ 4,65	4,0000	\$ 18,60										
SUBTOTAL (N)					\$ 83,28										
MATERIALES															
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB											
SUBTOTAL (O)					\$ -										
TRANSPORTE															
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C= AxB											
SUBTOTAL (P)					\$ -										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</td> <td style="text-align: right;">\$ 87,44</td> </tr> <tr> <td>INDIRECTOS Y UTILIDADES</td> <td style="text-align: right;">15,00% \$ 13,12</td> </tr> <tr> <td>OTROS INDIRECTOS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>COSTO TOTAL DEL RUBRO</td> <td style="text-align: right;">\$ 100,57</td> </tr> <tr> <td>VALOR OFERTADO</td> <td style="text-align: right;">\$ 100,57</td> </tr> </table>						COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 87,44	INDIRECTOS Y UTILIDADES	15,00% \$ 13,12	OTROS INDIRECTOS		COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$ 100,57	VALOR OFERTADO	\$ 100,57
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$ 87,44														
INDIRECTOS Y UTILIDADES	15,00% \$ 13,12														
OTROS INDIRECTOS															
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$ 100,57														
VALOR OFERTADO	\$ 100,57														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;"> ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Guayaquil, 06 de enero de 2025 </td> <td></td> </tr> </table>						ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Guayaquil, 06 de enero de 2025									
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Guayaquil, 06 de enero de 2025															

ANEXO F: DIAGRAMA DE GANTT



PLANOS AS BUILT DE LA PDAR



UBICACION:

Provincia: Guayas
 Ciudad: Guayaquil
 Campus: Gustavo Galindo Velasco
 Dirección: Km 30.5 Vía Perimetral

SIMBOLOGIA:

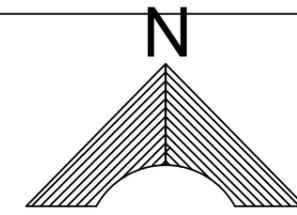
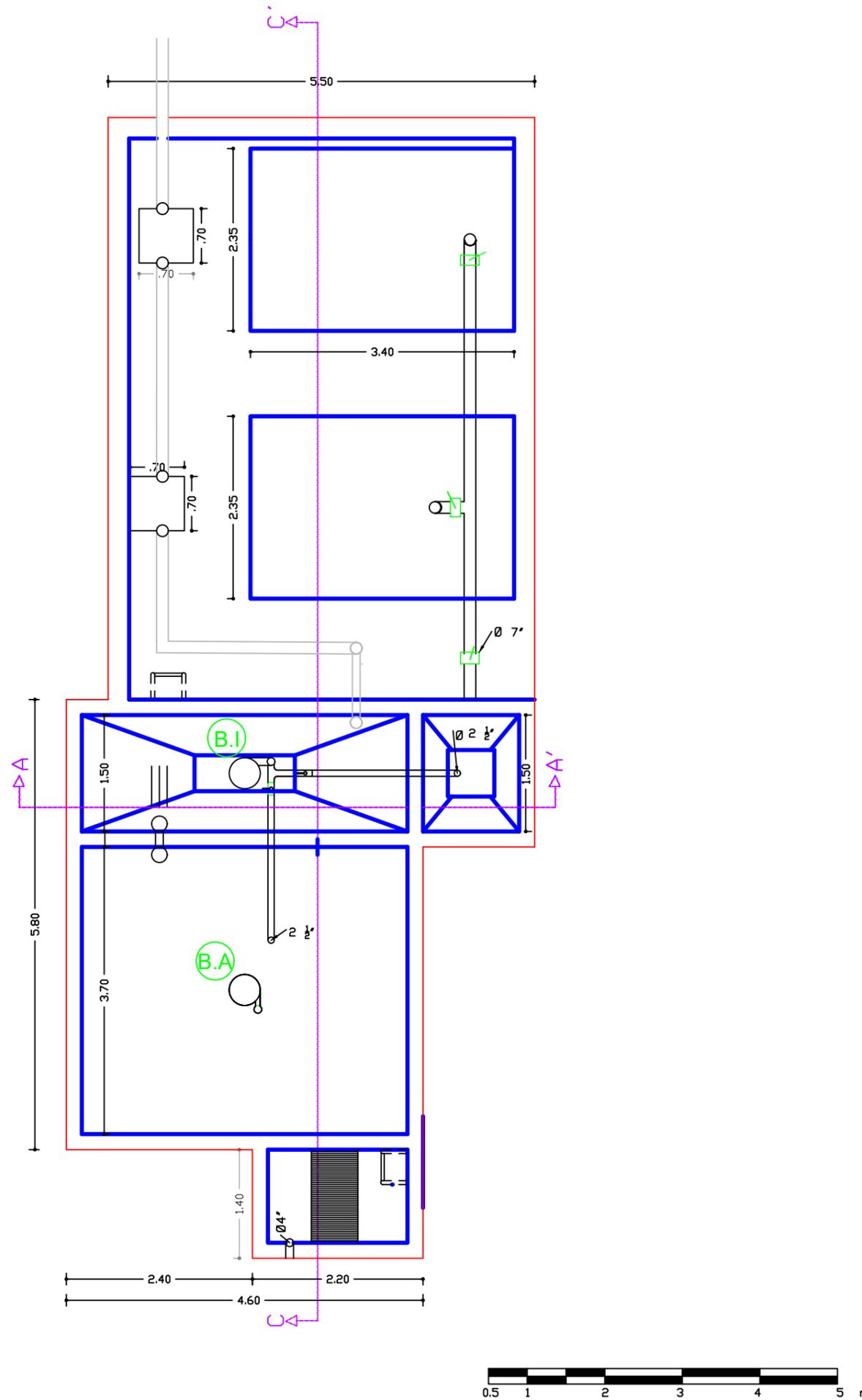
- Cajas de inspeccion
- Escalera de acceso
- Valvula mariposa

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO: PLANOS AS BUILT DE LA PLANTA DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE LODOS ACTIVADOS

CONTENIDO: IMPLANTACION GENERAL

Coordinador de Ingeniería Civil: M.Sc. Lenin Dender Tutor a Área de Conocimiento: M.Sc. Bethy Merchán	Estudiantes: - Erick Veas - Carlos Roman	Fecha de entrega:	
		Lámina: A 1/5	Escala: 1:50



UBICACION:

Provincia: Guayas
 Ciudad: Guayaquil
 Campus: Gustavo Galindo Velasco
 Dirección: Km 30.5 Vía Perimetral

SIMBOLOGIA:

- Bombas
- Bomba de aireacion
- Bomba de impulsión

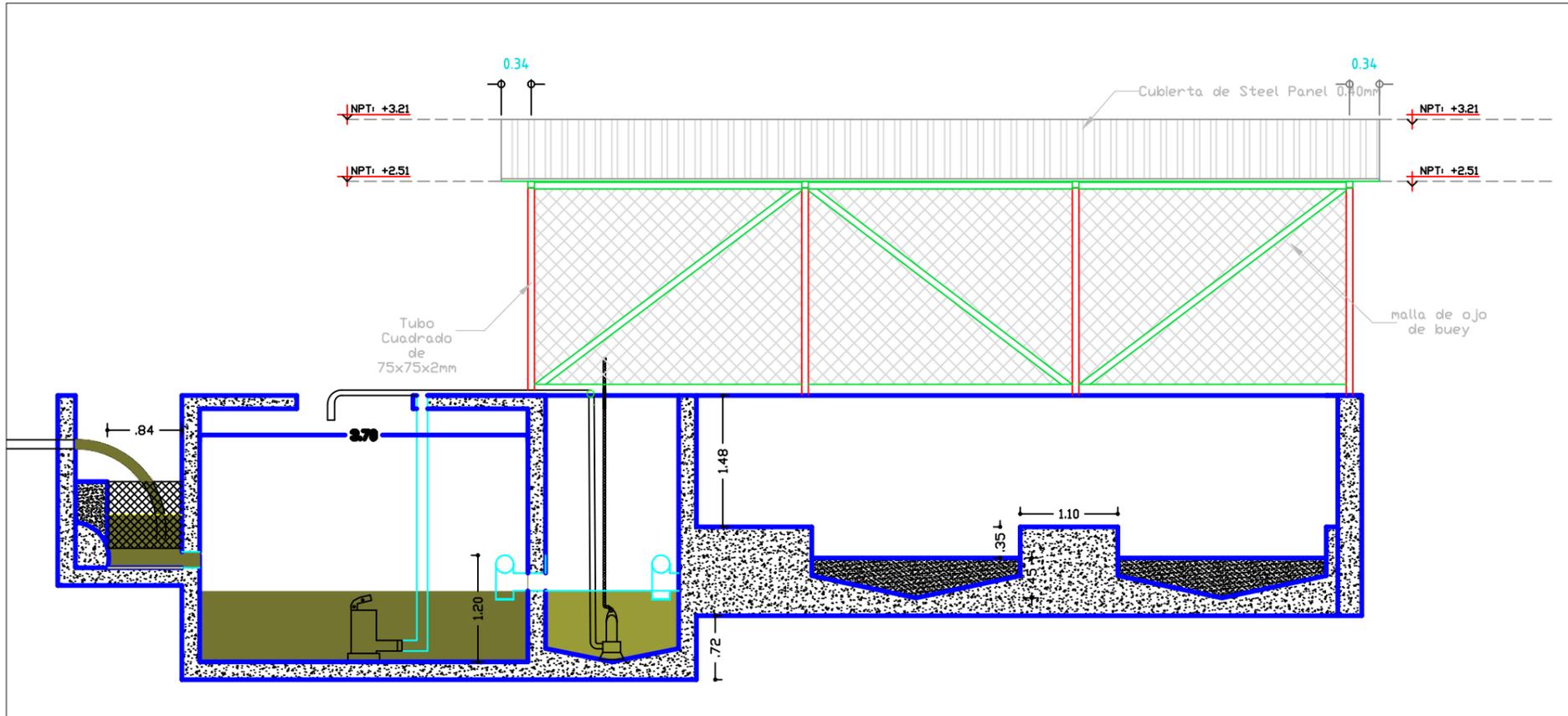
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

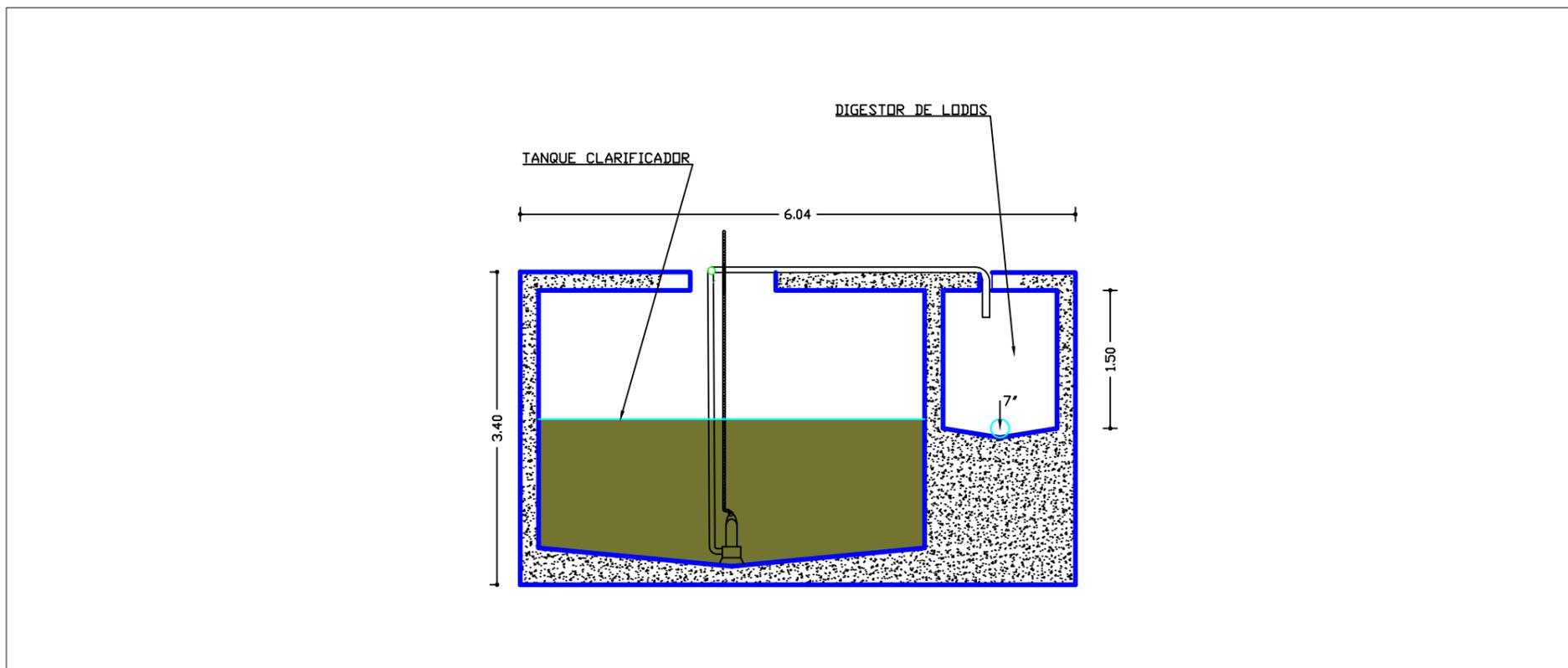
PROYECTO: PLANOS AS BUILT DE LA PLANTA DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE LODOS ACTIVADOS

CONTENIDO: PROCESOS UNITARIOS

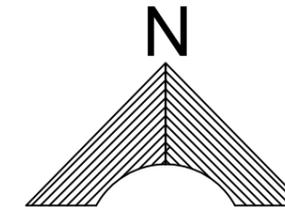
Coordinador de Ingeniería Civil:	M.Sc. Lenin Dender	Estudiantes:	- Erick Veas - Carlos Roman	Fecha de entrega:
Tutor a Área de Conocimiento:	M.Sc. Bethy Merchán	Lámina:	A 2/3	Escala:
				1:50



CORTE C - C'



CORTE A - A'



UBICACION:

Provincia: Guayas
 Ciudad: Guayaquil
 Campus: Gustavo Galindo Velasco
 Dirección: Km 30.5 Vía Perimetral

SIMBOLOGIA:

- Cajas de inspeccion
- Escalera de acceso
- Valvula mariposa

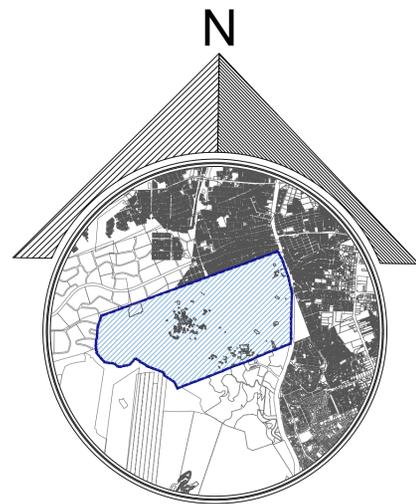
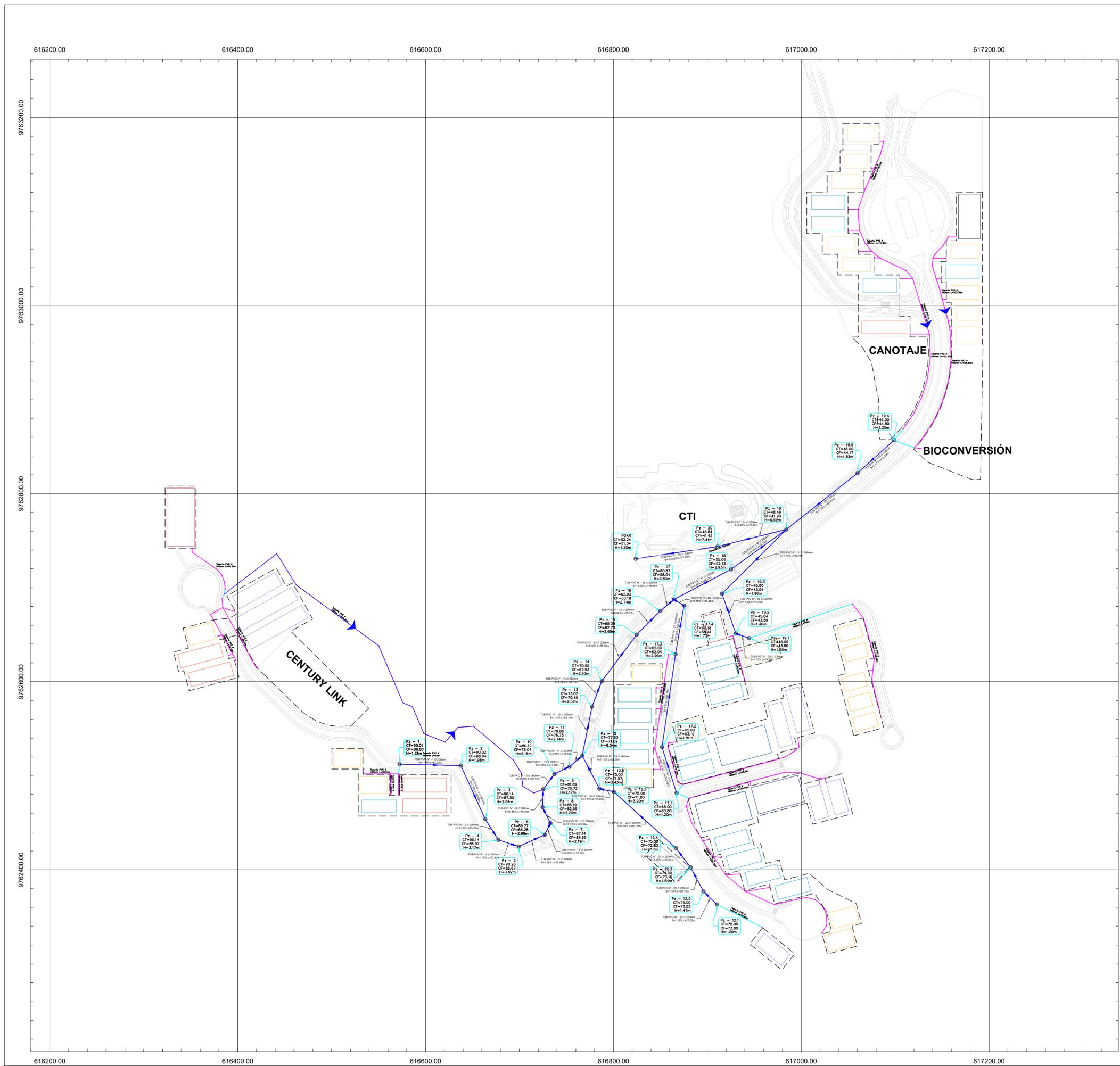
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO: PLANOS AS BUILT DE LA PLANTA DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE LODOS ACTIVADOS

CONTENIDO: CORTES

Coordinador de Ingeniería Civil: M.Sc. Lenin Dender	Estudiantes: - Erick Veas - Carlos Roman	Fecha de entrega:
Tutor a Área de Conocimiento: M.Sc. Bethy Merchán	Lámina: A 3/3	Escala: 1:50

PLANOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO



DATOS DEL PROYECTO

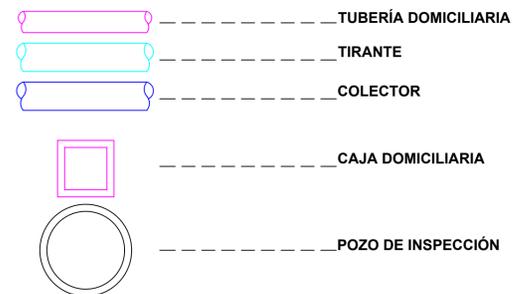
POBLACIÓN EMPRESAS EXISTENTES	108 Hab.
POBLACIÓN PROYECTADA DE LOTES	425 Hab.
POBLACIÓN DEL PROYECTO	533 Hab.
DOTACIÓN DOMÉSTICA	80 l/Hab/día.
COEFICIENTE DE RETORNO	80 %
ÁREA DE IMPLEMENTACIÓN	6.40 Ha.
DENSIDAD POBLACIONAL	280 Hab/Ha.
CAUDAL DE DISEÑO	4.22 l/s.
VELOCIDAD MÍNIMA	0.62 m/s.
VELOCIDAD MÁXIMA	1.67 m/s.

SIMBOLOGÍA

Pz - 1	NÚMERO DE POZO
CT=90.01	COTA DE TERRENO NATURAL.
CF=88.80	COTA DE FONDO.
H=1.21m	ALTURA DE POZO.

NÚMERO DEL TRAMO	TUB-PVC N° - 1 Ø 200mm	DIÁMETRO DE TUBERÍA.
PENDIENTE	S=1.10% L=65.22m	LONGITUD DEL TRAMO.

SENTIDO DEL FLUJO.



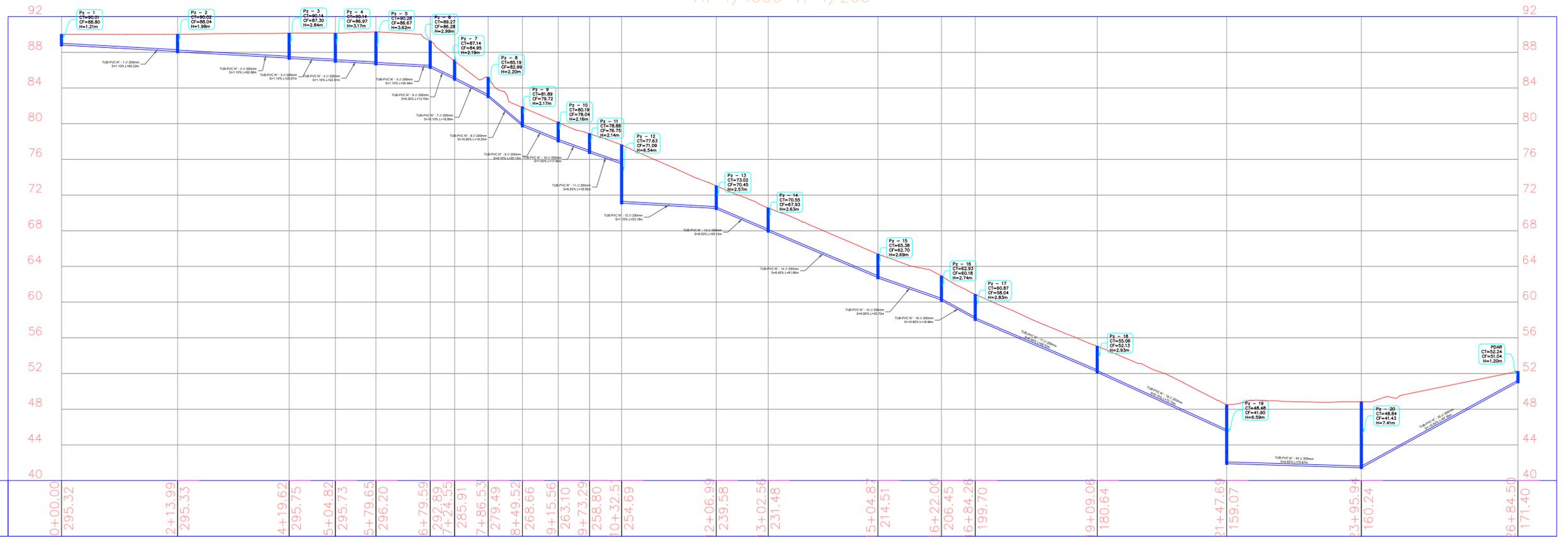
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:
Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).

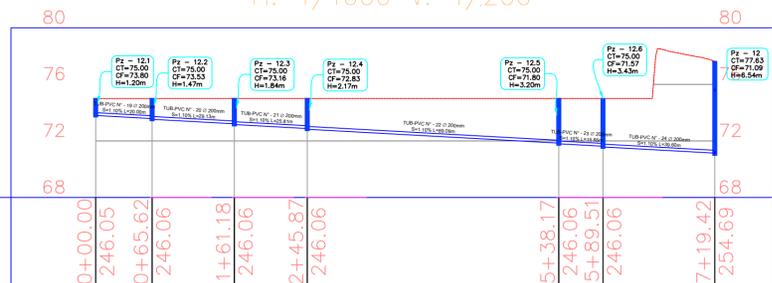
CONTENIDO:
Implantación de la Red de Alcantarillado Sanitario

Coordinador de Materia Integradora: MSc. Lenin Dender	Estudiantes: Carlos Alexander Román Quizhpe Erick Joel Veas Sanchez	Fecha de Entrega: 18/12/2024
Tutor de Área de Conocimientos: MSc. Bethy Merchán	Lámina: A 1/6	Escala: 1:2000

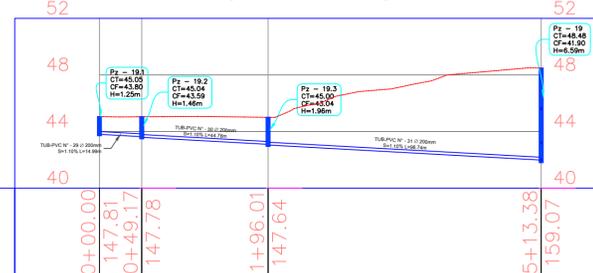
PERFIL LONGITUDINAL Red Principal
H: 1/1000 V: 1/200



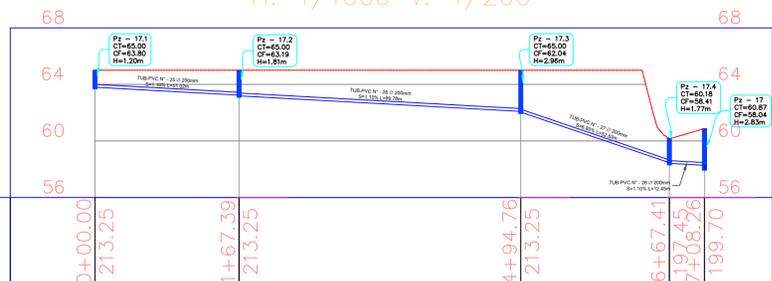
PERFIL LONGITUDINAL Red Secundaria 12
H: 1/1000 V: 1/200



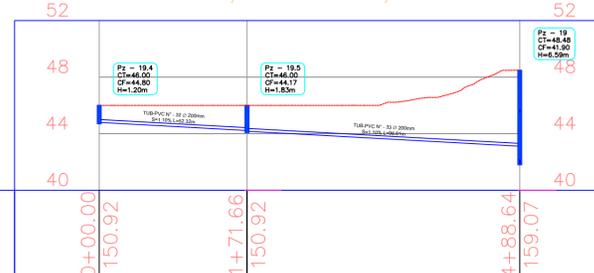
PERFIL LONGITUDINAL Red Secundaria 19.1 (1)
H: 1/1000 V: 1/200



PERFIL LONGITUDINAL Red Secundaria 17
H: 1/1000 V: 1/200

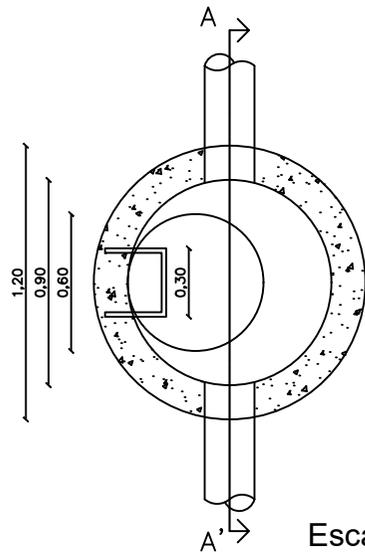


PERFIL LONGITUDINAL Red Secundaria 19.2
H: 1/1000 V: 1/200



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA		
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).		
CONTENIDO: Perfiles de la Red de Alcantarillado Sanitario		
Coordinador de Materia Integradora: MSc. Lenin Dender	Estudiantes: Carlos Alexander Román Quizhpe Erick Joel Veas Sanchez	Fecha de Entrega: 18/12/2024
Tutor de Área de Conocimientos: MSc. Bethy Merchán	Lámina: A 2/6	Escala: Indicadas

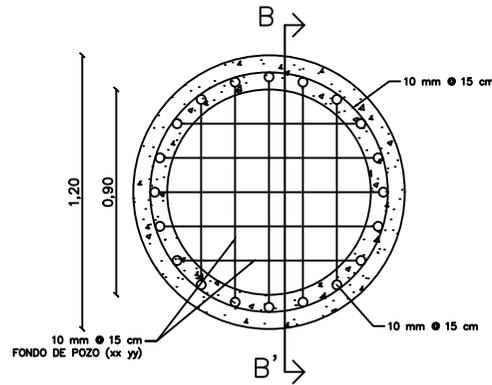
POZO DE REVISION



Escala 30:1

PLANTA

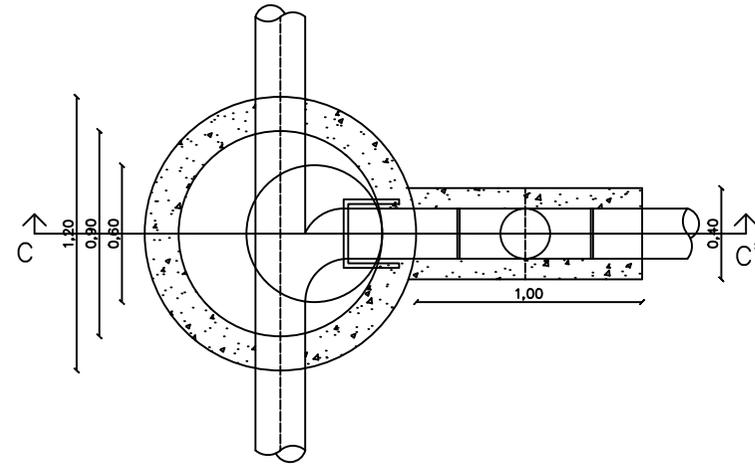
ARMADO DE POZO DE REVISION



Escala 30:1

PLANTA

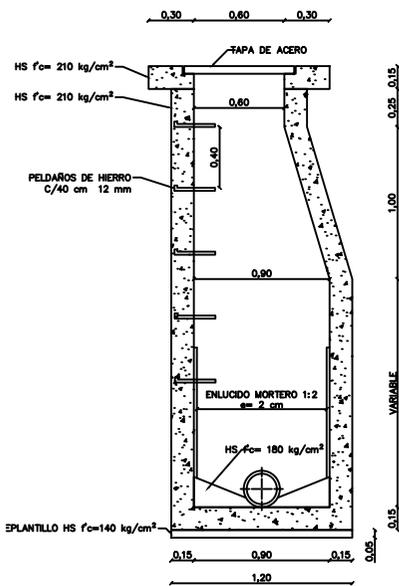
POZO DE SALTO



Escala 30:1

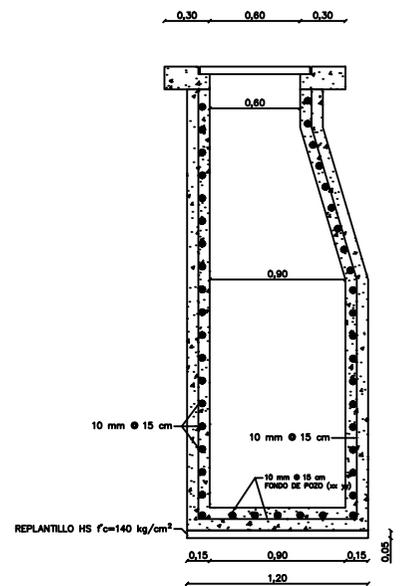
PLANTA

ZANJA DE EXCAVACION



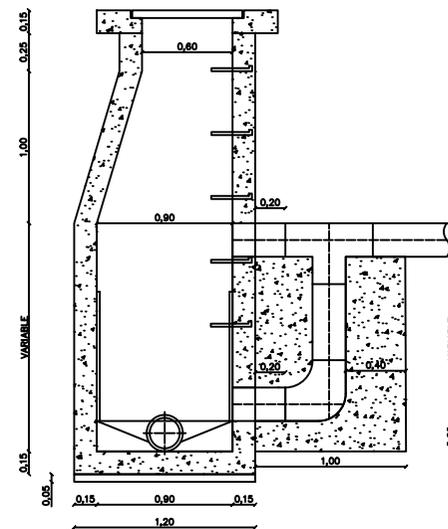
Escala 20:1

CORTE A-A'



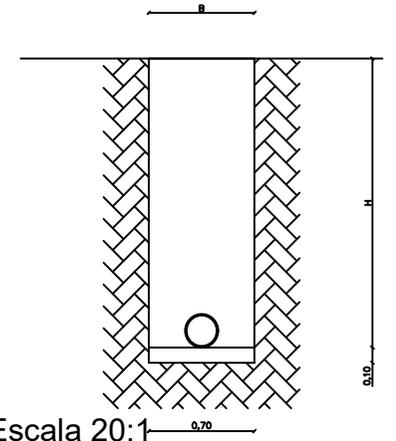
Escala 20:1

CORTE B-B'



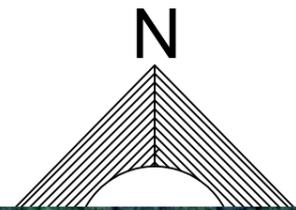
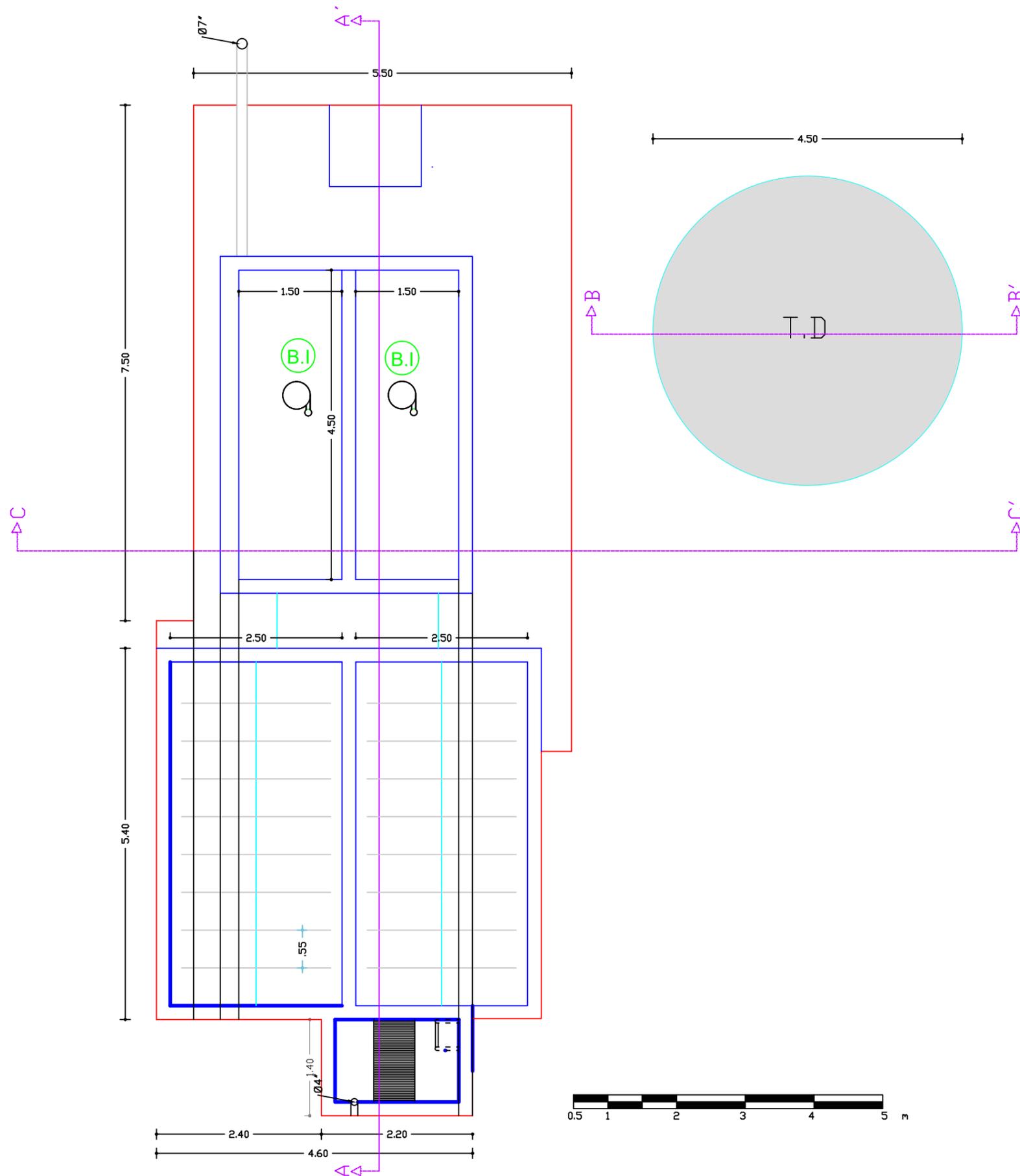
Escala 20:1

CORTE C-C'



Escala 20:1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA		
PROYECTO: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).		
CONTENIDO: Detalles de la Red de Alcantarillado Sanitario		
Coordinador de Materia Integradora: MSc. Lenin Dender	Estudiantes: Carlos Alexander Román Quizhpe Erick Joel Veas Sanchez	Fecha de Entrega: 18/12/2024
Tutor de Área de Conocimientos: MSc. Betty Merchán	Lámina: A 3/6	Escala: Indicadas



UBICACIÓN:

Provincia: Guayas
 Ciudad: Guayaquil
 Campus: Gustavo Galindo Velasco
 Dirección: Km 30.5 Vía Perimetral

SIMBOLOGÍA:

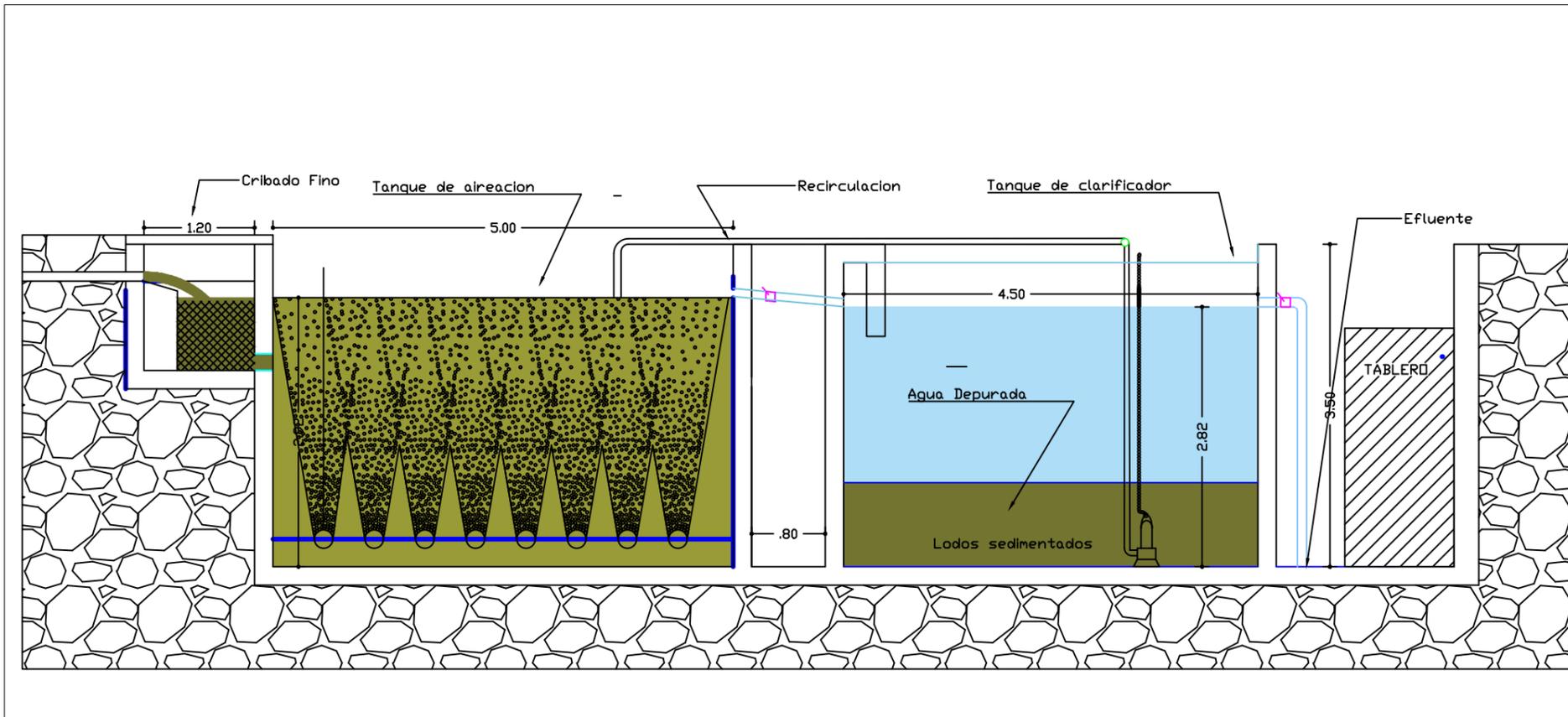
- T.A Tanque de Aireación
- T.C Tanque Clarificador
- T.D Tanque Digestor de Lodos
- T.E Tablero Eléctrico

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

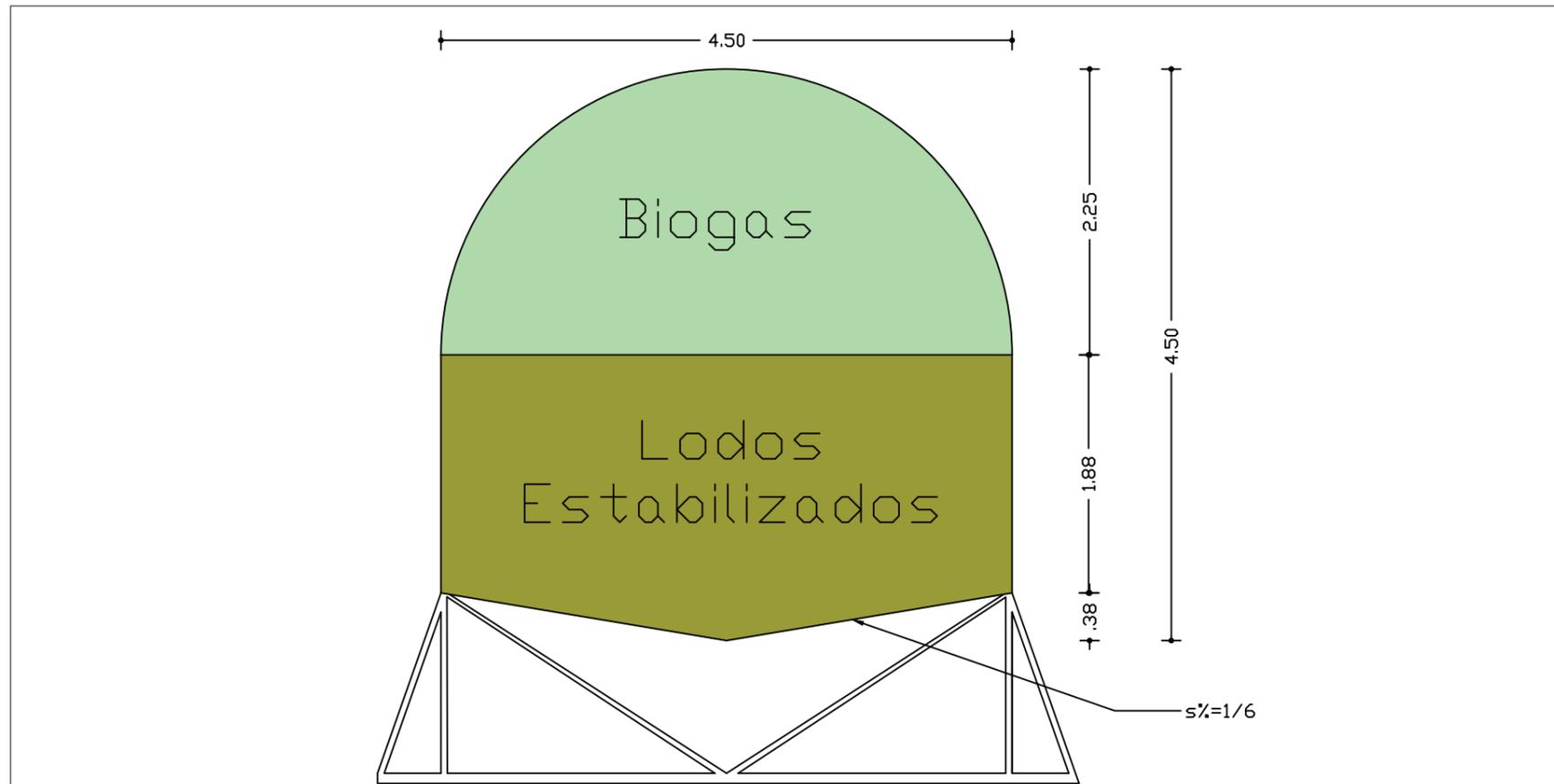
PROYECTO:
Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).

CONTENIDO:
 REPOTENCIACIÓN PDAR-LODOS ACTIVADOS IMPLANTACIÓN

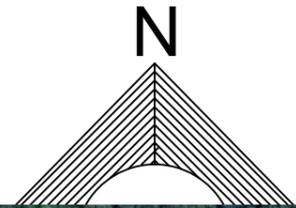
Coordinador de Materia Integradora: MSc. Lenin Dender	Estudiantes: Carlos Alexander Román Quizhpe Erick Joel Veas Sanchez	Fecha de Entrega: 18/12/2024
Tutor de Área de Conocimientos: MSc. Bethy Merchán	Lámina: A 4/6	Escala: 15:1



CORTE A - A'



CORTE B - B'



UBICACIÓN:

Provincia: Guayas
 Ciudad: Guayaquil
 Campus: Gustavo Galindo Velasco
 Dirección: Km 30.5 Vía Perimetral

SIMBOLOGÍA:

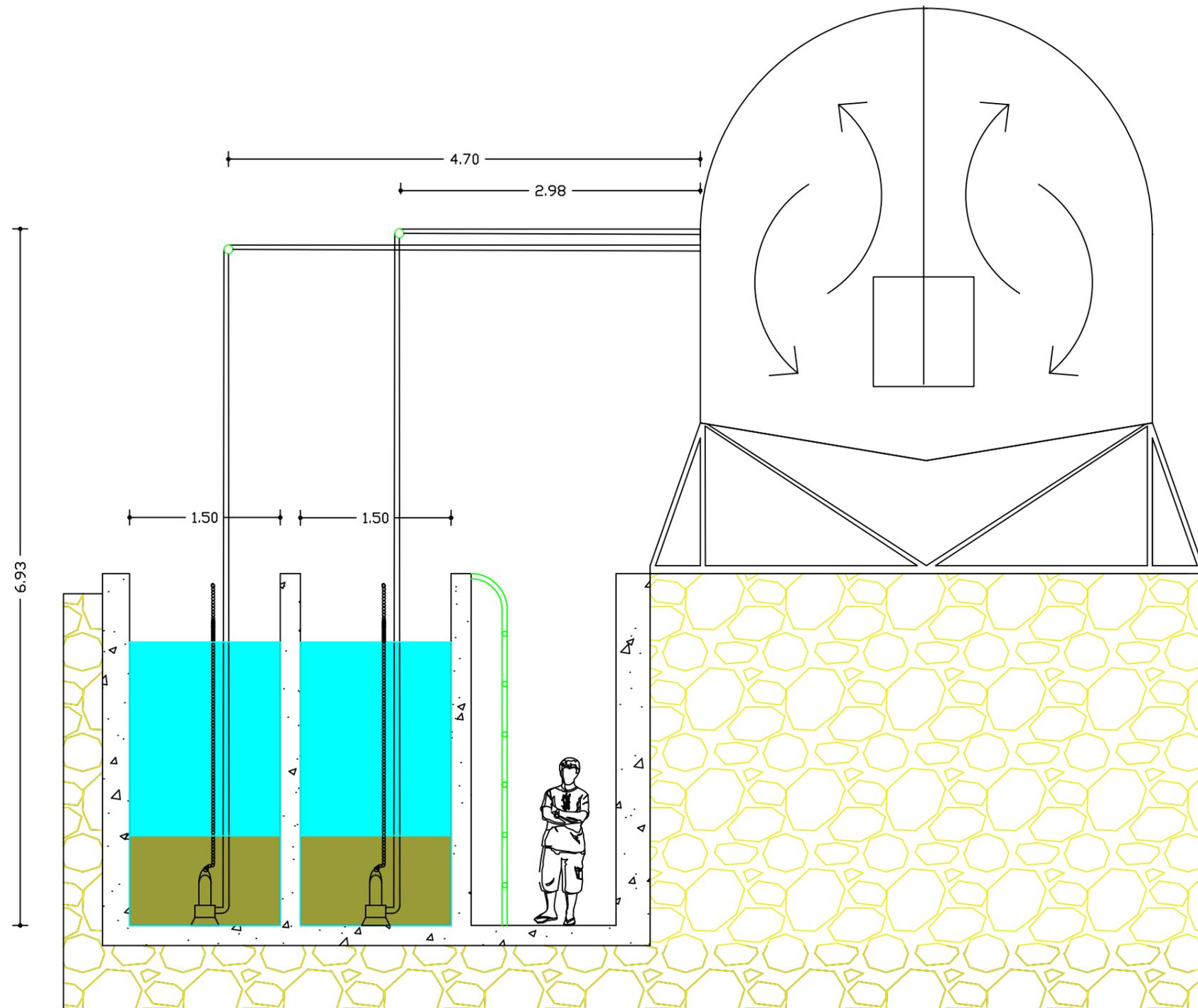
- T.A Tanque de Aireación
- T.C Tanque Clarificador
- T.D Tanque Digestor de Lodos
- T.E Tablero Eléctrico

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

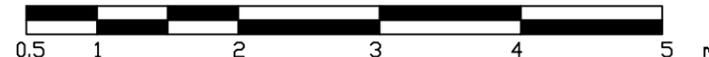
PROYECTO:
Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).

CONTENIDO:
 REPOTENCIACIÓN PDAR-LODOS ACTIVADOS CORTES

Coordinador de Materia Integradora: MSc. Lenin Dender	Estudiantes: Carlos Alexander Román Quizhpe Erick Joel Veas Sanchez	Fecha de Entrega: 18/12/2024
Tutor de Área de Conocimientos: MSc. Bethy Merchán	Lámina: A 5/6	Escala: 20:1



CORTE C - C'



UBICACIÓN:

Provincia: Guayas
 Ciudad: Guayaquil
 Campus: Gustavo Galindo Velasco
 Dirección: Km 30.5 Vía Perimetral

SIMBOLOGÍA:

- T.A Tanque de Aireación
- T.C Tanque Clarificador
- T.D Tanque Digestor de Lodos
- T.E Tablero Eléctrico

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:
Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE).

CONTENIDO:
 REPOTENCIACIÓN PDAR-LODOS ACTIVADOS CORTES

Coordinador de Materia Integradora: MSc. Lenin Dender	Estudiantes: Carlos Alexander Román Quizhpe Erick Joel Veas Sanchez	Fecha de Entrega: 18/12/2024
Tutor de Área de Conocimientos: MSc. Bethy Merchán	Lámina: A 6/6	Escala: 20:1

ANEXO DE CÁLCULOS

Tubería	Pozo de Análisis	Q dom		Q ind		Q com		Q insit		Población		Fac. M.	Q máx		Q inf		Q iii		Q calc.		Q adop		Longitud	Cota T. Inicio	Cota T. Fin
		I/s		I/s		I/s		I/s		hab			I/s	I/s		I/s		I/s	I/s	m	m	m			
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado								
1	Pz-1	0.101	0.101	0.101	0.101	0.000	0.000	0.000	0.000	136	136	1.87	0.38	0.000	0.000	0.048	0.048	0.426	1.50	65.22	90.010	90.020	-0.015%		
2	Pz-2	0.000	0.101	0.000	0.101	0.000	0.000	0.000	0.000	0	136	1.87	0.38	0.000	0.000	0.000	0.048	0.426	1.50	62.68	90	90	-0.191%		
3	Pz-3	0.000	0.101	0.000	0.101	0.000	0.000	0.000	0.000	0	136	1.87	0.38	0.000	0.000	0.000	0.048	0.426	1.50	25.97	90	90	0.000%		
4	Pz-4	0.000	0.101	0.000	0.101	0.000	0.000	0.000	0.000	0	136	1.87	0.38	0.000	0.000	0.000	0.048	0.426	1.50	22.81	90	90	-0.614%		
5	Pz-5	0.000	0.101	0.000	0.101	0.000	0.000	0.000	0.000	0	136	1.87	0.38	0.000	0.000	0.000	0.048	0.426	1.50	39.46	90	89	3.316%		
6	Pz-6	0.000	0.101	0.000	0.101	0.000	0.000	0.000	0.000	0	136	1.87	0.38	0.000	0.000	0.000	0.048	0.426	1.50	13.7	89	87	15.547%		
7	Pz-7	0.000	0.101	0.000	0.101	0.000	0.000	0.000	0.000	0	136	1.87	0.38	0.000	0.000	0.000	0.048	0.426	1.50	18.89	87	85	10.323%		
8	Pz-8	0.000	0.101	0.000	0.101	0.000	0.000	0.000	0.000	0	136	1.87	0.38	0.000	0.000	0.000	0.048	0.426	1.50	19.2	85	82	17.188%		
9	Pz-9	0.000	0.325	0.000	0.325	0.000	0.000	0.000	0.000	0	136	1.87	1.03	0.000	0.000	0.000	0.203	1.232	1.50	20.13	82	80	8.445%		
10	Pz-10	0.000	0.325	0.000	0.325	0.000	0.000	0.000	0.000	0	136	1.87	1.03	0.000	0.000	0.000	0.203	1.232	1.50	17.6	80	79	7.443%		
11	Pz-11	0.000	0.325	0.000	0.325	0.000	0.000	0.000	0.000	0	136	1.87	1.03	0.000	0.000	0.000	0.203	1.232	1.50	18.05	79	78	6.925%		
12	Pz-12	0.000	0.365	0.000	0.365	0.000	0.000	0.000	0.000	0	136	1.87	1.20	0.000	0.000	0.000	0.223	1.427	1.50	53.18	78	73	8.699%		
13	Pz-13	0.000	0.365	0.000	0.365	0.000	0.000	0.000	0.000	0	136	1.87	1.20	0.000	0.000	0.000	0.223	1.427	1.50	29.13	73	71	8.479%		
14	Pz-14	0.000	0.365	0.000	0.365	0.000	0.000	0.000	0.000	0	136	1.87	1.20	0.000	0.000	0.000	0.223	1.427	1.50	61.66	71	65	8.385%		
15	Pz-15	0.000	0.365	0.000	0.365	0.000	0.000	0.000	0.000	0	136	1.87	1.20	0.000	0.000	0.000	0.223	1.427	1.50	35.7	65	63	6.863%		
16	Pz-16	0.000	0.365	0.000	0.365	0.000	0.000	0.000	0.000	0	136	1.87	1.20	0.000	0.000	0.000	0.223	1.427	1.50	18.98	63	61	10.854%		
17	Pz-17	0.000	0.890	0.000	0.795	0.000	0.000	0.000	0.000	0	136	1.87	3.15	0.000	0.000	0.000	0.475	3.628	3.63	68.52	61	55	8.479%		
18	Pz-18	0.000	0.890	0.000	0.795	0.000	0.000	0.000	0.000	0	136	1.87	3.15	0.000	0.000	0.000	0.475	3.628	3.63	72.73	55	48	9.047%		
18.1	Pz-9.1	0.224	0.224	0.124	0.124	0.000	0.000	0.000	0.000	393	439	1.48	0.52	0.000	0.000	0.155	0.671	1.50	---	80	82	---			
19	Pz-12.1	0.020	0.020	0.027	0.027	0.000	0.000	0.000	0.000	27	466	1.46	0.07	0.000	0.000	0.010	0.010	0.078	1.50	20	75	75	0.000%		
20	Pz-12.2	0.000	0.020	0.000	0.027	0.000	0.000	0.000	0.000	0	466	1.46	0.07	0.000	0.000	0.000	0.010	0.078	1.50	29.13	75	75	0.000%		
21	Pz-12.3	0.020	0.040	0.027	0.054	0.000	0.000	0.000	0.000	27	493	1.45	0.14	0.000	0.000	0.010	0.019	0.155	1.50	25.81	75	75	0.000%		
22	Pz-12.4	0.000	0.040	0.000	0.054	0.000	0.000	0.000	0.000	0	493	1.45	0.14	0.000	0.000	0.000	0.019	0.155	1.50	89.09	75	75	0.000%		
23	Pz-12.5	0.000	0.040	0.000	0.054	0.000	0.000	0.000	0.000	0	493	1.45	0.14	0.000	0.000	0.000	0.019	0.155	1.50	15.65	75	75	0.000%		
24	Pz-12.6	0.000	0.040	0.000	0.054	0.000	0.000	0.000	0.000	0	493	1.45	0.14	0.000	0.000	0.000	0.019	0.155	1.50	39.6	75	78	-6.641%		
25	Pz-17.1	0.414	0.414	0.368	0.368	0.000	0.000	0.000	0.000	559	1052	1.24	0.97	0.000	0.000	0.199	0.199	1.172	1.50	51.00	65	65	0.000%		
26	Pz-17.2	0.000	0.414	0.000	0.368	0.000	0.000	0.000	0.000	0	1052	1.24	0.97	0.000	0.000	0.000	0.199	1.172	1.50	99.78	65	65	0.000%		
27	Pz-17.3	0.110	0.524	0.148	0.516	0.000	0.000	0.000	0.000	149	1201	1.21	1.26	0.000	0.000	0.053	0.253	1.513	1.51	52.63	65	60	9.158%		
28	Pz-17.4	0.000	0.524	0.000	0.516	0.000	0.000	0.000	0.000	0	1201	1.21	1.26	0.000	0.000	0.000	0.253	1.513	1.51	12.45	60	64	-5.542%		
29	Pz-18.1	0.076	0.076	0.101	0.101	0.000	0.000	0.000	0.000	102	1303	1.19	0.21	0.000	0.000	0.036	0.036	0.246	1.50	14.99	45	45	0.000%		
30	Pz-19.2	0.093	0.168	0.124	0.225	0.000	0.000	0.000	0.000	125	1428	1.17	0.46	0.000	0.000	0.045	0.081	0.541	1.50	44.76	45	45	0.000%		
31	Pz-19.3	0.000	0.168	0.000	0.225	0.000	0.000	0.000	0.000	0	1428	1.17	0.46	0.000	0.000	0.000	0.081	0.541	1.50	96.74	45	48	-3.597%		
32	Pz-19.4	0.322	0.322	0.346	0.346	0.000	0.000	0.000	0.000	499	1867	1.11	0.74	0.000	0.000	0.250	0.250	0.990	1.50	52.32	46	46	0.000%		
33	Pz-19.5	0.000	0.322	0.000	0.346	0.000	0.000	0.000	0.000	0	1867	1.11	0.74	0.000	0.000	0.000	0.250	0.990	1.50	96.61	46	48	-2.567%		
34	Pz-19	0.000	1.380	0.000	1.366	0.000	0.000	0.000	0.000	0	1867	1.11	3.04	0.000	0.000	0.000	0.806	3.850	3.85	75.67	48	49	-0.476%		
35	Pz-20	PDAR	0.024	1.404	0.000	1.366	0.000	0.000	0.000	32	1899	1.10	3.06	0.000	0.000	0.353	1.159	4.219	4.22	87.95	49	52	-3.866%		

ID POZO	Descripción	Área m2	Predios	Área total m2	Dotación l/m2/día	Población hab	Caudal doméstico l/s	Caudal industrial l/s	Caudal institucional l/s	Caudal ilícitas l/s	Caudal infiltración l/s
Pz-1		726	2	1452	3	41	0,030	0,040	0,000	0,015	0,000
		968	1	968	3	27	0,020	0,027	0,000	0,010	0,000
		1210	2	2420	1,5	68	0,050	0,034	0,000	0,024	0,000
Pz-2							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-3							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-4							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-5							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-6							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-7							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-8							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-9							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-9.1		726	1	726	3	20	0,015	0,020	0,000	0,007	0,000
		1210	2	2420	1,5	68	0,050	0,034	0,000	0,024	0,000
		1331	1	1331	1,5	37	0,027	0,018	0,000	0,013	0,000
		1694	2	3388	1	95	0,070	0,031	0,000	0,034	0,000
		2178	1	2178	1	61	0,045	0,020	0,000	0,022	0,000
	Century link	5450,86	1	5450,86	80	22	0,016	0,000	0,000	0,055	0,000
Pz-10							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-11							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-12							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-12.1		968	1	968	3	27	0,020	0,027	0,000	0,010	0,000
Pz-12.2							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-12.3		968	1	968	3	27	0,020	0,027	0,000	0,010	0,000
Pz-12.4							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-12.5							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-12.6							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-13							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-14							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-15							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-16							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-17							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-17.1		726	3	2178	3	61	0,045	0,061	0,000	0,022	0,000
		968	8	7744	3	217	0,161	0,215	0,000	0,077	0,000
		1815	1	1815	1	51	0,038	0,017	0,000	0,018	0,000
		1210	2	2420	1	68	0,050	0,022	0,000	0,024	0,000
		2888,71	1	2888,71	1	81	0,060	0,027	0,000	0,029	0,000
	2904	1	2904	1	81	0,060	0,027	0,000	0,029	0,000	
Pz-17.2							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-17.3		726	2	1452	3	41	0,030	0,040	0,000	0,015	0,000
		968	4	3872	3	108	0,080	0,108	0,000	0,039	0,000
Pz-17.4							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-18							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-19							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-19.1		726	5	3630	3	102	0,076	0,101	0,000	0,036	0,000
Pz-19.2		726	1	726	3	20	0,015	0,020	0,000	0,007	0,000
		847	1	847	3	24	0,018	0,024	0,000	0,008	0,000
		968	3	2904	3	81	0,060	0,081	0,000	0,029	0,000
Pz-19.3							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-19.4		726	3	2178	3	61	0,045	0,061	0,000	0,022	0,000
		847	6	5082	3	142	0,105	0,141	0,000	0,051	0,000
		968	4	3872	3	108	0,080	0,108	0,000	0,039	0,000
		1210	1	1210	1,5	34	0,025	0,017	0,000	0,012	0,000
		1419,85	1	1419,85	1,5	40	0,030	0,020	0,000	0,014	0,000
		Canotaje	5218,94	1	5218,94	80	24	0,018	0,000	0,000	0,052
	Bioconversión	6000	1	6000	70	30	0,019	0,000	0,000	0,060	0,000
Pz-19.5							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pz-20	CTI	35287,58	1	35287,58	80	32	0,024	0,000	0,000	0,3529	0,000
PDAR											

Coeficiente de Retorno 80%
 Densidad Poblacional 52,38 hab/ha
 Coeficiente Infiltración 0 l/m2/s
 Coeficiente Ilícitas 0,1 l/m2/s
 Coeficiente Institucional 0 l/m2/s

0,028 hab/m2
 280 hab/ha

115918,94 1899 1,404 1,366 0,000 1,159 0,000
 163,821374
 63961,56 1791
 6,40

ID POZO	Área total	Caudal doméstico	Caudal industrial	Caudal institucional	Caudal ilícitas	Caudal infiltración	Población	Cota Terreno
	ha	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	hab	m
Pz-1	0,484	0,101	0,101	0,000	0,048	0,000	136	90,01
Pz-2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	90,02
Pz-3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	90,14
Pz-4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	90,14
Pz-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	90,28
Pz-6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	89,27
Pz-7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	87,14
Pz-8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	85,19
Pz-9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	81,89
Pz-9.1	1,549	0,224	0,124	0,000	0,155	0,000	303	80,19
Pz-10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	80,19
Pz-11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	78,88
Pz-12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	77,63
Pz-12.1	0,097	0,020	0,027	0,000	0,010	0,000	27	75,00
Pz-12.2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	75,00
Pz-12.3	0,097	0,020	0,027	0,000	0,010	0,000	27	75,00
Pz-12.4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	75,00
Pz-12.5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	75,00
Pz-12.6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	75,00
Pz-13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	73,02
Pz-14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	70,55
Pz-15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	65,38
Pz-16	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	62,93
Pz-17	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	60,87
Pz-17.1	1,995	0,414	0,368	0,000	0,199	0,000	559	65,00
Pz-17.2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	65,00
Pz-17.3	0,532	0,110	0,148	0,000	0,053	0,000	149	65,00
Pz-17.4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	60,18
Pz-18	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	55,06
Pz-19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	48,48
Pz-19.1	0,363	0,076	0,101	0,000	0,036	0,000	102	45,00
Pz-19.2	0,448	0,093	0,124	0,000	0,045	0,000	125	45,00
Pz-19.3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	45,00
Pz-19.4	2,498	0,322	0,346	0,000	0,250	0,000	439	46,00
Pz-19.5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	46,00
Pz-20	3,529	0,024	0,000	0,000	0,353	0,000	32	48,84
PDAR	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	52,24

BOMBA DE SUCCION		
Qlodos+rec	0.001944182	m3/h
H	7	m
eficiencia	0.70	
g	9.81	m/s2
ρ lodos	1070.00	kg/m3
P(kW)	0.204074952	kW
P(kW)	0.27366451	HP
	0.5 HP	Cada/bomba

4.5 de altura y 1.5 en pérdidas de valvulas, longitud horizontal de tuberias

La potencia de la bomba se calcula con la siguiente ecuación:

$$P(kW) = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta \cdot 1000}$$

Donde:

- ρ = densidad del lodo (1070 kg/m3)
- g = gravedad (9.81 m/s2)
- Q = caudal lodo + caudal recirculación = 6.51 m3/h = 0.00181 m3/s
- H = altura total = altura vertical + pérdida en horizontal (3.5+1) = 4.5 m
- η = 0.75 típicamente

COMPRESOR		
Qaire	45.36310031	m3/h
Pg	0.8	bar
eficiencia	0.70	
g	9.81	m/s2
ρ lodos	1070.00	kg/m3
P(kW)	0.508270032	kW
P(kW)	0.681590112	HP
	1	HP

La potencia del compresor se calcula con la siguiente ecuación:

$$P(kW) = \frac{Q \cdot P_G}{\eta \cdot 102}$$

Donde:

- P_G = presión de operación del compresor (0.8 bar para aireación típicamente)
- Q = caudal de aire requerido = 54.1 m3/h
- η = 0.85 (compresores modernos)

MOTOR DE MEZCLA LENTA		
V	53.68	m3/día
Pg	8	W/m3
P(kW)	0.43	kW
P(kW)	0.575847454	HP
	1	HP

(5-8)

Tabla 26.14
Estándares de diseño para sistemas de mezcla de digestores anaerobios^(8b)

Estándar	Definición	Valor
Nivel de potencia	Potencia del equipo por unidad de volumen de digestor.	5 - 8 W/m ³
Flujo unitario de gas	Cantidad de gas suministrado por unidad de volumen de digestor	6.5 - 7.2 m ³ /m ³ .d
Gradiente de velocidad	Raíz cuadrada de la potencia usada por unidad de volumen de digestor dividida por la viscosidad del lodo	50 - 80 s ⁻¹

CALENTAMIENTO	
	3.136646089 kW

OPEX TOTAL 20700

Consumo Total diario	mensual	precio	precio mensua	Precio anual
102.682 kWh	1232.18137	0.099	\$ 121.99	\$ 1,463.83

Produccion diaria				
112.234081 kWh	1346.80898	0.099	\$ 133.33	\$ 1,600.01

Superabit Electricidad				
9.552			\$ 11.35	\$ 136.18

Produccion diaria Abono				
20.5	615	0.6	\$ 369.00	\$ 4,428.00

TOTAL \$ 380.35 \$ 4,564.18

23% OPEX TOTAL

Lodo Seco Estabilizado (Abono)	20.4947339	kg/día
Precio del kg de ABONO	0.53	USD
VENTA MENSUAL	325.866268	

\$ 1,344.65

Temperatura	28	°C
Densidad del aire	1.172974557	kg/m ³

RELACION GEOMETRICA DEL TANQUE

AREA	Funcion	Ancho (m)	Diametro (m)	Largo (m)	V (m3) como media Esfera	H (m)	Hutil (m)	Volumen (m3)	Volumen diseño	cumple parametros de diseño?	#LINEAS	L/H	L/A	cumple L/A?	TRH	altura de espejo de agua (m)
25	aireador	5		5		3.5		87.50	74.95	SI	2.00	1.43	2	SI	5.29907027	2.99826781
13.5	clarificador	5		4.5		3.5		47.25	42.43	SI	2.00	N/A	3	SI	2.5	2.43333333
0	tanque digester		4.5		1.99	23.86	4.5	1.975	55.67	51.03	SI		0.42	N/A		

(típico estimado afluente)
(típico estimado efluente)

ST entrada	566	mg/L
DBO entrada	242.5	mg/L
SST entrada	230	mg/L
Omax	3.929	L/s
Omax	339465.6	L/dia
Omax	14.1444	m ³ /h
Omax	339.4656	m ³ /dia

Tabla 17.2
Ecuación de diseño y parámetro de diseño de tanques de lodos activados

Proceso	Parámetro de diseño	Valor	Unidad	Observaciones
Coeficiente	k_1	0.05	d ⁻¹	0.05-0.10
Constante	K_d	0.05	d ⁻¹	0.05-0.10
Constante	K_d	0.05	d ⁻¹	0.05-0.10
Constante	K_d	0.05	d ⁻¹	0.05-0.10

Y	0.5	mgSSV/mgDB
kd	0.06	d ⁻¹
ST diseño	84.9	mg/L
DBO diseño	60	mg/L
SST salida - SSV salida	34.5	mg/L
SSTa	169.8	mg/L
X (SSVM)	2500	mg/L = g/m ³
%Recirculación	45%	
Xr (densidad lodo sed)	8055.56	mg/L
θc	8	d

Tabla 17.3
Ecuación de diseño y parámetro de diseño de tanques de lodos activados

Proceso	Parámetro de diseño	Valor	Unidad	Observaciones
Constante	k_1	0.05	d ⁻¹	0.05-0.10
Constante	K_d	0.05	d ⁻¹	0.05-0.10
Constante	K_d	0.05	d ⁻¹	0.05-0.10
Constante	K_d	0.05	d ⁻¹	0.05-0.10

La DBO del efluente puede calcularse por la relación 17.10, la cual depende de la diferencia entre la DBO total del efluente y la DBO de los sólidos suspendidos del mismo, suponiendo que el 95% de los sólidos del efluente son biodegradables y que la relación entre la DBO y la DBO de los sólidos suspendidos es igual a 0.68.

Tabla 17.4
Ecuación de diseño y parámetro de diseño de tanques de lodos activados

Proceso	Parámetro de diseño	Valor	Unidad	Observaciones
Constante	k_1	0.05	d ⁻¹	0.05-0.10
Constante	K_d	0.05	d ⁻¹	0.05-0.10
Constante	K_d	0.05	d ⁻¹	0.05-0.10
Constante	K_d	0.05	d ⁻¹	0.05-0.10

Donde: S₀ = DBO del efluente, mg/L
S₀ = DBO total del efluente, mg/L
S₀ = sólidos suspendidos del efluente, mg/L

Tabla 17.5
Ecuación de diseño y parámetro de diseño de tanques de lodos activados

Proceso	Parámetro de diseño	Valor	Unidad	Observaciones
Constante	k_1	0.05	d ⁻¹	0.05-0.10
Constante	K_d	0.05	d ⁻¹	0.05-0.10
Constante	K_d	0.05	d ⁻¹	0.05-0.10
Constante	K_d	0.05	d ⁻¹	0.05-0.10

La cantidad de metano se puede calcular por la ecuación 26.18⁹⁰

$$V_{CH_4} = 0.35 [(S_0 - S) 10^{-3} - 1.42 P_x] \quad (26.18)$$

Donde: V_{CH_4} = volumen de metano producido en condiciones normales, O₂C, 1 atm, m³/d
0.35 = cantidad teórica de metano producida en la conversión completa de un kilogramo de BOD₅ a metano y dióxido de carbono, m³ CH₄/kg BOD₅
S₀ = caudal, g/d
S = DBO₅ del efluente, mg/L
P_x = masa de sólidos orgánicos producidos por día, kg/d

AIREACION

Se	38.265	mg/L
XV	187380.4238	gSSV
XV	187.38	kg SSV
Px	23422.55298	kg SSV/d
Px	23.42255298	kg SSV/d
Lodo seco	29.27819122	kg/d
Caudal de lodos	3.534534083	m ³ /h
Caudal de recirculación	0.00176805	m ³ /s
Caudal de recirculación	152.75952	m ³ /dia
V aireación	74.95	m ³
TRH	0.220794595	dias
cantidad oxígeno requerido	5.29907027	h
cantidad oxígeno requerido	62.4210369	kgO ₂ /dia
#lineas	2	
SOTE POR METRO	7.5%	
SOTE	26%	
Flujo de aire necesario	42.23498131	m ³ /h
Flujo de aire por línea	21.11749065	m ³ /h
Cada difusor	3	m ³ /h
#difusor en cada línea	7.039163552	
#real de difusor	8	por línea

CLARIFICADOR

Superficial	28	m ² /m ² /día
A reo	16.28	m ²
Ceoidos	12.12	m ²
A reo Superficial	12.12	m ²

DIGESTOR ANAEROBIO

TRH digester	15.00	dias
%Residuo	55%	por día
V lodos digester	29.98	m ³
V CH4	12.62	m ³ /día
Poder Calorífico CH4	8.89	kWh/m ³
%metano	60%	(60-65% de biogas)
V biogas (CH4+CO2)	21.04	m ³ /día
Poder Calorífico Biogas	5.334	kWh/m ³
V digester total	51.03	
Asup esfera	63.62	
Asup cono	32.03	
Asup cilindro	29.82	
A sup tanque	125.47	m ²
U (coeficiente de transferencia)	2.5	W/m ² °C
#lineas	10	
Ptermica	112.23	kWh/día
eficiencia electrica	0.35	
Peletrica	39.28	kWh/h
Calentamiento	3.136646089	kW
Calentamiento	75.27950614	kWh/día
Biogas para Calentamiento	7.364441032	m ³
Subtraccion de solido	70%	
Lodo Seco Estabilizado (Abono Organico)	20.49473386	kg/día
Precio del kg de ABONO	0.53	USD
VENTA MENSUAL	325.8626843	

El caudal de recirculación se puede calcular por la ecuación 17.10B

$$Q_r = \frac{Q_e \cdot X_r}{X_c - X_r} = \frac{0.220794595 \cdot 8055.56}{2500 - 8055.56} = 0.447 \text{ m}^3/\text{d}$$

La cantidad de metano requerido se calcula por la ecuación 17.11

$$Q_m = 15 Q_r (S_0 - S) - 1.42 P_x Q_r$$

8. Se calcula el volumen total de gas producido por día, suponiendo gas con un 60% de metano.

9. Se calcula la masa de TV desvirtuado suponiendo un porcentaje de TV del 80%.

10. Se calcula la producción de gas por kilogramo de TV desvirtuado.