



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA CIVIL**

TEMA:

**“REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE LA COMUNIDAD CHIQUICHA CENTRO
PERTENECIENTE AL CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE
TUNGURAHUA”**

Autora: Sofía Daniela Morales Medina.

Tutor: Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos.

AMBATO – ECUADOR

Septiembre – 2022

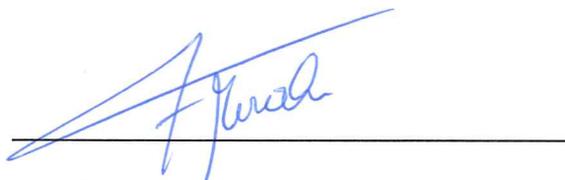
CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniera Civil, con el tema: **“REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD CHIQUICHA CENTRO PERTENECIENTE AL CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por la Srta. **Sofía Daniela Morales Medina**, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 1805502273, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, septiembre 2022



Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Sofía Daniela Morales Medina, con C.I. 1805502273 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema **“REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD CHIQUICHA CENTRO PERTENECIENTE AL CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, septiembre 2022



Sofía Daniela Morales Medina

C.I: 1805502273

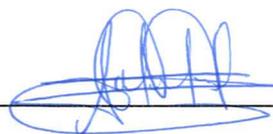
AUTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, septiembre 2022

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, overlapping loops and lines, positioned above a horizontal line.

Sofía Daniela Morales Medina

C.I: 1805502273

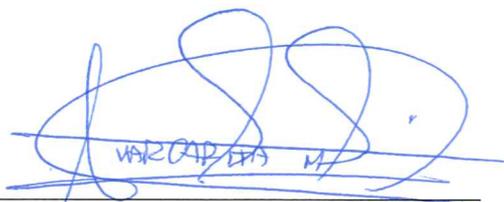
AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por la estudiante Sofía Daniela Morales Medina, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD CHIQUICHA CENTRO PERTENECIENTE AL CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, septiembre 2022

Para constancia firman:



Ing. Celia Margarita Mayacela Rojas Ph.D
MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Carlos Patricio Navarro Peñaherrera Mg.
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico con todo el amor del mundo a mi hija Isabelita, quien ha sido mi fuente de motivación para superarme y luchar cada día por cumplir mis metas. Tu afecto y cariño son los detonantes de mi esfuerzo para buscar un mejor futuro. Te amo infinitamente.

A mis amados padres, Byron y Ximena, por creer siempre en mí y apoyarme incondicionalmente bajo cualquier circunstancia en este camino tan largo. Por sus anhelos, sacrificios y luchas incansables hoy soy lo que soy. Espero algún día devolverles una parte de todo lo que ustedes han hecho y siguen haciendo por mí. ¡Mis triunfos, también son suyos!

A mis hermanos Alex, Carla y Pablo, quienes han estado conmigo alentándome en cada paso. Su apoyo es fundamental en lo que he logrado.

A mi tía Maruja, que por sus virtudes y valores inigualables es un gran ejemplo de vida y reflejo de una mujer admirable e inspiradora.

A mi papito Alfredo, mi ángel en el cielo, por su invaluable legado de constancia, humildad y fe inquebrantable. No pudo verme cumplir esta meta tan anhelada, pero estoy segura que se encuentra muy orgulloso de mí y desde cualquier lugar me bendice. Siempre estás en mi corazón.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero dar gracias a Dios por la vida y las bendiciones que derrama sobre mí. Gracias a su infinita bondad, protección y sabiduría he podido culminar el primero de muchos objetivos profesionales y personales.

A mi querida alma máter, la Universidad Técnica de Ambato, especialmente a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por abrirme sus puertas y formarme con los mejores conocimientos y valores para la vida laboral.

A mi tutor, Ing. Mg. Fabián Morales, quien me ha guiado de la mejor manera durante la realización de este trabajo mediante consejos, orientaciones y aportes profesionales.

A la Dra. Margarita Mayacela por su paciencia y sus rigurosos conocimientos. Desde el primer momento me brindó su apoyo e impulsó a culminar con mi investigación.

A mis padres, por orar y confiar en mis capacidades. Su amor, tiempo y paciencia al apoyarme en el desarrollo de mi vida universitaria fue único e inigualable. Gracias mamá! sé que en cada noche larga y fría de desvelo tu estuviste al otro lado de la habitación haciéndome compañía y dándome fuerzas.

A mis amigos y compañeros con los cuales he culminado esta experiencia maravillosa; cerramos un capítulo en la historia de nuestras vidas llevándonos risas, horas de estudio compartidas y experiencias que sin duda alguna las volvería a repetir.

Gracias a la vida por este triunfo y a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron en mi crecimiento académico y creyeron en mí, mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes Investigativos	1
1.2. Objetivos.....	7
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA	8
2.1. Materiales	8
2.2. Métodos	11
2.2.1. Plan de recolección de datos	18
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
3.1. Análisis y discusión de resultados.....	32
3.1.1. Levantamiento de información	32
3.1.2. Análisis de resultados de laboratorio	33
3.1.3. Diagnóstico técnico actual de la PTAR	36
3.1.4. Rediseño de la PTAR.....	54
3.1.5. Presupuesto	90

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93
4.1. Conclusiones.....	93
4.2. Recomendaciones	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
ANEXOS	102
Anexo N° 1: Fotografías.....	103
Anexo N° 2: Resultados de laboratorio	107
Anexo N° 3: Planos	110
Anexo N° 4: Manual de Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Comunidad de Chiquicha Centro, Cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.....	115
Anexo N° 5: Análisis de Precios Unitarios	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Equipos empleados en el levantamiento topográfico.....	8
Tabla 2. Materiales para el levantamiento topográfico.	9
Tabla 3. Materiales para medición de caudal y recolección de muestras.	10
Tabla 4. Equipo de seguridad.....	11
Tabla 5. Metodología empleada para el cumplimiento del objetivo específico 1.....	12
Tabla 6. Metodología empleada para el cumplimiento del objetivo específico 2.....	13
Tabla 7. Metodología empleada para el cumplimiento del objetivo específico 3.....	13
Tabla 8. Parámetros analizados en la muestra de agua residual.....	17
Tabla 9. Caudales de ingreso a la PTAR en l/s	24
Tabla 10. Caudales de salida de la PTAR en l/s.....	25
Tabla 11. Resultado comparativo de las muestras de agua residual analizadas con el TULSMA.	34
Tabla 12. Porcentaje de eficiencia de remoción de parámetros físicos y químicos de la PTAR de Chiquicha Centro.....	34
Tabla 13. Dimensiones del tanque repartidor de caudales.....	37
Tabla 14. Dimensiones del tanque séptico.....	38
Tabla 15. Dimensiones del filtro anaerobio de flujo ascendente.	40
Tabla 16. Dimensiones del lecho de secado de lodos	42
Tabla 17. Datos para el análisis del tanque séptico.....	44
Tabla 18. Datos para el análisis del filtro anaerobio de flujo ascendente actual.....	46
Tabla 19. Comparación de valores calculados reales y parámetros establecidos para FAFA.....	49
Tabla 20. Datos para analizar el lecho de secado de lodos.	50
Tabla 21. Tiempo requerido para la digestión de lodos en función de la temperatura.	50
Tabla 22. Cuadro resumen del funcionamiento actual de la PTAR Chiquicha Centro.	53
Tabla 23. Registro censal de población de la parroquia Chiquicha, cantón Pelileo.	56
Tabla 24. Tasa de crecimiento poblacional por el método lineal.....	57
Tabla 25. Tasa de crecimiento poblacional por el método geométrico.....	58
Tabla 26. Tasa de crecimiento poblacional por el método exponencial.	59

Tabla 27. Datos para el dimensionamiento del desarenador.	67
Tabla 28. Coeficiente “a” en función del diámetro de la partícula.	70
Tabla 29. Dimensiones del desarenador propuesto.	72
Tabla 30. Criterios de diseño para el tanque de grasa.	74
Tabla 31. Dimensiones del tanque de grasas propuesto.	76
Tabla 32. Datos para el diseño del tanque séptico.	78
Tabla 33. Datos para diseñar el lecho de secado de lodos.	80
Tabla 34. Dimensiones del lecho de secado de lodos rediseñado.	82
Tabla 35. Datos para el rediseño del filtro anaerobio de flujo ascendente.	84
Tabla 36. Comparación del estado actual de los componentes de la PTAR y la propuesta de rediseño.	88
Tabla 37. Porcentaje de remoción teórica de la propuesta de rediseño de la PTAR de Chiquicha Centro.	89
Tabla 38. Presupuesto de la propuesta de rediseño de la PTAR de Chiquicha Centro, cantón Pelileo en la provincia de Tungurahua.	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Entrevista a moradores de la zona donde se encuentra la PTAR de Chiquicha Centro.....	14
Figura 2. Dimensionamiento de los componentes de la PTAR	15
Figura 3. Levantamiento topográfico de la PTAR.....	16
Figura 4. Ubicación de la comunidad de Chiquicha Centro – Pelileo.....	19
Figura 5. Comunidad de Chiquicha Centro	19
Figura 6. Vegetación presente en la PTAR.....	20
Figura 7. Fisuras y deterioro en el tanque repartidor de caudal.....	21
Figura 8. Descarga de la PTAR de Chiquicha Centro a un canal abierto.	21
Figura 9. PTAR de Chiquicha Centro – Pelileo.....	22
Figura 10. Perfil de elevación de la PTAR.	23
Figura 11. Medición del caudal de ingreso a la PTAR.	25
Figura 12. Medición del caudal de salida de la PTAR.....	26
Figura 13. Recolección de muestras de agua residual de la PTAR.....	26
Figura 14. Conservación y transporte de muestras obtenidas de la PTAR.....	27
Figura 15. Proceso de tratamiento actual de la PTAR.	28
Figura 16. Tanque repartidor de la PTAR.....	28
Figura 17. Tanque séptico de la PTAR.....	29
Figura 18. Filtro anaerobio de flujo ascendente 1 de la PTAR.....	30
Figura 19. Filtro anaerobio de filtro ascendente 2 de la PTAR.	30
Figura 20. Lecho de secado de lodos de la PTAR.	31
Figura 21. Representación gráfica del porcentaje de eficiencia de remoción de parámetros físicos – químicos de la PTAR.	35
Figura 22. Tren de tratamiento actual de la PTAR de Chiquicha Centro.	36
Figura 23. Vista en planta del tanque repartidor de caudales.	37
Figura 24. Vista de corte longitudinal del tanque repartidor de caudales.....	38
Figura 25. Vista en planta del tanque séptico.	39
Figura 26. Vista de corte longitudinal del tanque séptico.....	40
Figura 27. Vista en planta del filtro biológico de flujo ascendente.	41
Figura 28. Vista de corte longitudinal del filtro anaerobio de flujo ascendente.	41
Figura 29. Vista en planta del lecho de secado de lodos.....	42

Figura 30. Vista de corte transversal del lecho de secado de lodos.	43
Figura 31. Esquema de rediseño para la PTAR de Chiquicha Centro.	54
Figura 32. Tendencia de crecimiento poblacional por el método lineal.	57
Figura 33. Tendencia de crecimiento poblacional por el método geométrico.	58
Figura 34. Tendencia de crecimiento poblacional por el método exponencial.	59
Figura 35. Diseño de rejilla para el área de cribado.	66
Figura 36. Diseño de criba tipo para área de cribado.	66
Figura 37. Ubicación de la rejilla y cribado dentro del tanque repartidor de caudales.	66
Figura 38. Valores de sedimentación.	68
Figura 39. Vista en planta del desarenador propuesto.	73
Figura 40. Corte longitudinal del desarenador propuesto.	73
Figura 41. Vista en planta del tanque de grasas propuesto.	77
Figura 42. Corte longitudinal del tanque de grasas propuesto.	77
Figura 43. Vista en planta del lecho de secado de lodos rediseñado.	83
Figura 44. Corte transversal del lecho de secado de lodos rediseñado.	83
Figura 45. Medición del caudal de la PTAR.	104
Figura 46. Recolección de muestra de agua residual para análisis en el laboratorio.	104
Figura 47. Visita de campo a la PTAR.	105
Figura 48. Estado actual de las válvulas de compuerta en la PTAR.	105
Figura 49. Vista de filtros anaerobios de flujo ascendente.	106
Figura 50. Presencia de basura y materia vegetal alrededor del tanque repartidor de caudales por ausencia de cerramiento.	106

RESUMEN

El presente trabajo técnico tuvo como objetivo el rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la comunidad de Chiquicha Centro del cantón Pelileo en la provincia de Tungurahua, la cual se ha mantenido en funcionamiento desde el año 2012 y presentaba un deficiente desempeño en la depuración de agua residual, evidenciado por la turbidez del efluente, deterioro estructural de cada unidad descontaminante y presencia de vegetación.

La metodología integró investigación documental, observación directa y entrevista para levantar información respecto a la zona de estudio. De igual manera, mediante el trabajo de campo se midió el caudal de ingreso y salida de la planta, y con el método experimental se realizó un muestreo del líquido residual que fue sometido a un análisis físico – químico, determinando que la mayor parte de parámetros contaminantes sobrepasaban el límite permisible para descarga estipulado en la normativa ambiental vigente. Con el método descriptivo se diagnosticó el funcionamiento de la estación depuradora según guías de diseño de la Organización Mundial de la Salud, Comisión Nacional del Agua y Secretaría del Agua, demostrando que esta planta no operaba eficientemente.

Por esta razón, se propuso un nuevo esquema de depuración con diseño de pretratamiento incluyendo cribado, desarenador y tanque de grasas; se continúa hacia un tanque séptico, dos filtros anaerobios de flujo ascendente y lecho de secado de lodos rediseñado. Los resultados aseguraron la realización total de la propuesta, óptimo proceso de remoción de contaminantes y mejora en las condiciones de vida de la comunidad.

PALABRAS CLAVE: Aguas residuales, Normativa ambiental, Desarenador, Tanque de grasas, Mantenimiento de planta.

ABSTRACT

The purpose of this research was the redesign of the Wastewater Treatment Plant of the Chiquicha Centro community in Pelileo, Tungurahua province, which has been in operation since 2012 and has had a poor performance in its residual treatment water, evidenced by the turbidity of the effluent, structural deterioration in each decontaminating unit and vegetation presence.

This methodology has integrated documentary investigation such as direct observation and interviews to collect information regarding the study area. In the same way, through fieldwork, the inlet and outlet flow of the plant was measured, and with the experimental method, a sampling of the residual liquid was carried out, which was subjected to a physical-chemical analysis so determined that most of the Polluting parameters exceeded the permissible limit for discharge as stipulated in the current environmental regulations of the country. Using the descriptive method, the operation of the purification station was diagnosed according to design guidelines of the World Health Organization, the National Water Commission and the Water Secretariat, demonstrating that this plant does not operate efficiently.

For this reason, a new purification scheme has been proposed with a pretreatment design that includes screening, sand trap, and grease tank; It continues to a septic tank, two up-flow anaerobic filters, and a redesigned sludge drying bed. The results ensured the full implementation of the proposal, an optimal process for removing contaminants and improving the living conditions of the community

KEYWORDS: Wastewater, Environmental regulations, Grit trap, Grease tank, Operation and maintenance.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

Según Alicia Fernández [1] “el agua es esencial para la vida y el desarrollo de las sociedades por las propiedades únicas que posee”. Este líquido ha permitido efectuar cada una de las funciones vitales de los seres vivos; por tanto, su conservación garantiza la existencia de vida en el planeta. Pese a su indiscutible importancia, este recurso hídrico se enfrenta a graves problemas de contaminación, principalmente por convertirse en el medio de conducción y disposición final de diferentes residuos. [2] Esto genera vertidos conocidos como *aguas residuales*, que presentan modificaciones a su composición inicial debido a diversas actividades humanas. Por su calidad y razones de salud pública es necesario implementar tratamientos de depuración antes de reutilizarlas o evacuarlas en masas naturales de agua, sistemas de alcantarillado o subsuelo. [3]

Las aguas servidas pueden originarse de distintas fuentes, como domésticas que provienen de sanitarios, lavaderos y demás componentes domiciliarios. Las aguas residuales industriales son producto de procesos manufactureros; y las aguas lluvias proceden de las precipitaciones. En general, las sustancias orgánicas e inorgánicas que se presentan en el fluido provienen de desechos alimenticios, heces, componentes de detergentes, residuos industriales, etc. [4]-[6]

Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) son infraestructuras diseñadas con el fin de tratar las aguas servidas aplicando diferentes tecnologías para depurar el líquido cumpliendo estándares de calidad en base a la normativa ambiental vigente; y pueda ser reutilizada o a su vez vertida en fuentes hídricas. Incorporar la ciencia y tecnología en la creación e innovación de procedimientos que satisfagan las necesidades humanas es el fin de la ingeniería, por tanto, su enfoque en estos mecanismos de saneamiento es de gran significancia. [7]

Evidentemente, la historia en los procesos de transporte y depuración de agua inicia con los antiguos Griegos y Romanos, que contaban con precarios sistemas de drenaje y vertido. Con el pasar del tiempo los componentes fueron refinándose y no es, hasta el siglo XX cuando su desarrollo se hizo más notorio al introducir tuberías de mayor calidad para el transporte y un sinnúmero de trenes de tratamiento en las PTAR considerando las demandas de mejores efluentes. [8]

En naciones industrializadas, los servicios de depuración de agua cruda permiten adoptar un buen nivel de salud pública, caracterizándose por direccionar las aguas residuales a lugares alejados de complejos habitacionales. Para asegurar una apropiada remoción de residuos presentes en el agua, es indispensable evaluar, diseñar y aplicar tratamientos acordes a las características del líquido en conjunto con una eficiencia económica y ambiental. [9]-[10]

Por otra parte, el continuo crecimiento demográfico sumado al incremento en los niveles de contaminación ambiental apertura opciones sumamente viables y sustentables en la gestión del agua. Es así como en varios países se plantea la idea de obtener agua potable a partir de aguas residuales debidamente tratadas, reducir los costos energéticos en procesos de oxidación de materia orgánica e incluso se opta por reutilizar los lodos provenientes de estos trenes de tratamiento. [11]-[13]

Singapur, Namibia, Israel, Estados Unidos y algunas naciones de Europa, destacando España y Países Bajos, han puesto en marcha mecanismos modernos (conocidos como PTAR del futuro) para llevar a cabo esta tarea, resultando ser más económicos y amigables con la naturaleza. Es importante recordar que ciertas normativas son ambiguas en cuanto a la reutilización de recursos hídricos, pero es posible generar un efluente de calidad adecuada para implementarse en otras áreas, no solo para el consumo humano directamente. [14]-[15]

A nivel de Latinoamérica y el Caribe se ha intentado mejorar los servicios de agua potable y saneamiento alcanzando niveles de cobertura razonables; el 91% de la población tiene acceso al primer servicio y el 51% al segundo. Se exceptúa el caso del tratamiento de aguas residuales, en las cuales un sinnúmero de PTAR están abandonadas o se encuentran en condiciones precarias por descuidos en el mantenimiento y falta de presupuesto. [16]

Con el pasar del tiempo, los núcleos de las poblaciones aumentan y la separación entre áreas urbanas y rurales es cada vez menor, generando un mayor porcentaje de aguas residuales a tratar y por consiguiente lodos activados. Al no contar con mecanismos apropiados en las PTAR, las concentraciones de coliformes totales y fecales son el principal problema en las comunidades porque generan malos olores y compuestos tóxicos para los seres vivos y el ambiente. Por esto se realizan continuos estudios dentro de este tema, como los mencionados a continuación. [17]

En el estudio de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Saltillo, Coah, se analizaron los biosólidos obtenidos al someter los lodos orgánicos a procesos de espesamiento, digestión y deshidratación. Estos fueron catalogados como excelentes de acuerdo con parámetros permisibles para metales pesados en biosólidos y valores máximos de patógenos presentes según la normativa ambiental del país. Se adujo un correcto funcionamiento de la PTAR, según su evaluación, y reutilización de recursos mediante el empleo de estos biosólidos en el área agrícola. [18]

En la investigación realizada por Enrique Navarro, Federico Beissos, Jean Marc-Bec y Thomas Jaumejoan se demostró que los humedales verticales tipo francés en el tratamiento de aguas residuales son eficientes para remover ciertos parámetros de contaminación del agua servida como la demanda bioquímica de oxígeno, en sus siglas DBO₅; demanda química de oxígeno, conocida como DQO; cantidad de sólidos suspendidos totales (SST) y la presencia de nitrógeno total (N_{tot}) alcanzando estándares propios de tratamientos terciarios de la PTAR Matamoros en México. Por sus bajos costos de implementación y mantenimiento (tecnología basada en la naturaleza) así como el cumplimiento con la norma ambiental vigente se consideró la implementación de este tipo de procedimientos sustentables en regiones de bajos recursos, especialmente en América Latina. [19]

Se pudo evidenciar que la PTAR de Tunja – Boyacá contaba con una estructura óptima y funcional debido a su reciente construcción, pero que sus módulos fueron diseñados para tratar caudales de menor magnitud, por lo que la remoción de contaminantes del agua no era eficiente. Por esto fue indispensable reducir los caudales de ingreso a cada componente mediante una ampliación de módulos (8 en total) que sería completada en diversas fases durante la vida útil de la instalación. Además, se sugirió implementar membranas de ultrafiltración en el tren de tratamiento por el ahorro de espacio y mejoramiento en la calidad del líquido de descarga. [20]

En la evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de São João de Iracema se evidenció un nivel bajo de remoción de DBO producto de las ínfimas tasas de carga orgánica que son destinadas en las lagunas anaerobia y facultativa. También se destacó la implementación de post-tratamientos naturales, basados en las condiciones económicas y sociales del lugar, que garanticen el cumplimiento de la legislación ambiental actual en cuanto a la calidad del efluente final [21]

Por su parte, Álvaro Mercado, Claudia Cossío y Mariela Copa analizaron el vínculo generado en la eficiencia de PTAR's en pequeñas comunidades de Cochabamba – Bolivia con el tipo de operación y mantenimiento que se han desarrollado. Se dedujo que, sí mantienen una relación directa, es decir, la calidad obtenida del efluente (principalmente analizando los parámetros DBO y DQO) depende indiscutiblemente de la gestión de la planta, incluida la tecnología usada, calidad del líquido de ingreso y metodología de operación y mantenimiento. Se recalcó la importancia del monitoreo y seguimiento permanente para tomar decisiones en cuanto a los procesos de tratamiento del sitio. [22]

En esa misma línea, el estudio del tratamiento de aguas residuales de la textilera “Desembarco de Granma” destacó el empleo de microorganismos en los tratamientos de remoción de contaminantes por tener un bajo costo, ser eficiente y no producir subproductos nocivos a la salud. En este lugar se presentaron variaciones del caudal de aguas servidas debido a restricciones en la materia prima, ocasionando pérdida de cargas orgánicas y ciertos nutrientes. Esto se remedió adicionando cierta cantidad de nutriente biológico (1g de CENTERFOOD XL por cada litro de agua residual) con buena factibilidad y baja inversión. [23]

Ivette Echeverría, Oliver Saavedra, Ramiro Escalera, Gustavo Heredia y Renato Montoya mencionan que una PTAR basada en contactadores biológicos rotatorios (CBR) que emplean microorganismos adheridos a discos que giran con gran lentitud mediante un flujo de agua servida provee grandes niveles de remoción empleando poco espacio. Se obtuvo una eliminación de 81% para DQO total, 75% para DQO soluble y 85% para SST. Es aplicable a zonas áridas donde se reutiliza el agua residual para actividades agrícolas. [24]

En Ecuador, la Constitución de la República enfatiza la preponderancia de garantizar una vida digna con igualdad de oportunidades para todas las personas. Específicamente, el artículo 14 reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y equilibrado, que asegure la sostenibilidad y el buen vivir contando con procesos adecuados para acceder a servicios públicos. Para lograr esto es indispensable preservar, estudiar e implementar mecanismos en el tratamiento de aguas residuales. [25]

Según la investigación de Rocío Vilaña en la PTAR de los barrios Villaflora y El Rosario en Píntag – Quito, se analizó los parámetros de DQO, coliformes totales,

nitrógeno de amoníaco y Tensoactivos abs mostrando que exceden los límites aceptables de descarga estipulados en la norma TULSMA, por tanto, la planta no estaba trabajando correctamente y fue inmediato el rediseño de la misma, contando con un tratamiento primario hasta terciario. En base a características técnicas, sociales y económicas se planteó una alternativa que integra: rejilla, fosa séptica de doble cámara, FAFA y finalmente un sistema de desinfección. [26]

De acuerdo con el estudio llevado a cabo en la PTAR de Yaguachi – Guayas se determinó que estaba conformada únicamente por lagunas de oxidación como tratamiento de aguas servidas, lo cual resultaba ineficiente según los estudios químicos. Existían grandes inconvenientes en cuanto a la estructura e instalaciones por la falta de mantenimiento y abandono; esto es una grave problemática que afecta varias zonas rurales de la región. Considerando los recursos económicos, sencillez de construcción, cotidianidad de este tipo de infraestructura y mínima capacitación al personal para el funcionamiento, se recurrió a implementar el método de lagunas de estabilización en el tratamiento biológico. Se estimó que se reduciría un 82% de DBO y 99.99% de NMP (número más probable) de coliformes. [27]

Haciendo referencia al estudio de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Gonzáles Suárez en Imbabura se comprobó el cumplimiento de los parámetros de calidad de agua de descarga con la ley ambiental y normativa TULSMA. Sin embargo; se evidenció que los procesos de operación no eran llevados a cabo con el personal adecuado y el mantenimiento periódico no se realizaba, provocando asentamiento de lodos, saturación y disminución de volumen útil en los componentes. En un corto tiempo, esto influiría en la calidad de la descarga. [28]

En el trabajo de investigación de Juan Calucho se propuso un tren de tratamiento de aguas residuales formado por: pozo de recepción, tamiz artesanal (separar sólidos > 0.2mm), tanque de homogenización, sistema de coagulación – floculación – sedimentación y finalmente un filtro de intercambio iónico. Este incluyó procesos químicos, físicos y biológicos para el afluente analizado, el mismo que evita descargar el agua contaminada en canales que se direccionan a ríos cercanos. Se concluyó que el no contar con un plan de depuración de aguas servidas pone en riesgo la integridad de las personas aledañas y el entorno. [29]

Por otra parte, el estudio realizado por Luis Cadena Cabascango destacaba la importancia de implementar una PTAR previa la descarga de aguas servidas en los

ríos, específicamente las producidas por el programa porcino del IASA en el cantón Rumiñahui – Quito y que son destinadas directamente en el río Santa Clara. Con el fin de evitar incrementos en la contaminación de las zonas cercanas se planteó la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales a partir de un tanque séptico y tanques de fitorremediación empleando microalgas (reducción de hasta un 90% en concentraciones de Nitrógeno y 85% en niveles de Fósforo). Esta fue una alternativa adaptable por su efectividad y bajo costo. [30]

Se ha descrito que las plantas de tratamiento de aguas servidas mantienen gran relevancia en la comunidad, puesto que mejoran la calidad de vida de las personas e influyen en la reducción de sustancias nocivas para los seres vivos. Sin embargo, es fundamental que su sistema sea sometido a continuas evaluaciones y monitoreos para garantizar un adecuado funcionamiento y solución oportuna a problemas que se puedan presentar. [4]

El presente estudio desarrolló el rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la comunidad de Chiquicha Centro en el cantón Pelileo, provincia de Tungurahua. Se menciona que, según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de esta parroquia, su principal actividad económica es la agricultura y sus habitantes no acceden totalmente a los servicios de saneamiento. Apenas el 5% de su población cuenta con un sistema de alcantarillado, y la eliminación de basura no se lo realiza periódicamente. Además, la descarga de aguas servidas mantiene un tratamiento precario. [31]

La PTAR de la comunidad de Chiquicha Centro se encontraba en funcionamiento, ayudando a la disminución del impacto ambiental que generan las aguas residuales de la zona. Sin embargo, no trabajaba de manera eficiente puesto que el fluido de descarga era turbio y de mal olor. La presencia de vegetación en los componentes como producto del deficiente, y asumible, precario plan de mantenimiento en los procesos unitarios y las fisuras evidentes en las paredes internas y externas de las estructuras permitieron aducir que el caudal de ingreso no era sometido a un correcto y eficiente tratamiento de descontaminación. Esto fue considerado como un grave peligro para los moradores y el medio ambiente, recordando que los predios donde se encuentra esta estructura, y los cercanos, tenían cultivos.

Por lo antes mencionado, este proyecto planteó el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en la comunidad Chiquicha Centro del cantón Pelileo,

recolectando la información pertinente y analizando técnicamente las condiciones actuales de funcionamiento. Se propuso un tren de tratamiento y remoción de desechos que cumpla con los parámetros de calidad de vertidos conforme la norma TULSMA y se adapte a las condiciones actuales de la zona.

1.2. Objetivos

Objetivo general

Rediseñar la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento de información respecto a la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro para el dimensionamiento de las unidades existentes.
- Analizar el afluente y efluente de la planta de tratamiento en cuestión en base a la norma actual TULSMA 2015.
- Proponer un rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales según el análisis realizado con sus respectivos planos y presupuesto.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló en cinco etapas, las mismas que garantizan el cumplimiento de cada uno de los objetivos propuestos.

2.1. Materiales

En la segunda etapa de este estudio referida a la investigación de campo se emplearon los equipos presentados en la Tabla 1 y los materiales mostrados en la Tabla 2 para realizar el levantamiento topográfico del predio y medición de los componentes que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 1. Equipos empleados en el levantamiento topográfico.

<p>Equipo: Estación total Marca: Topcon Modelo: GM – 100</p>	<p>Equipo: GPS Marca: Garmin Modelo: Etrex 30x</p>
	
<p>Utilización: Llevar a cabo el levantamiento topográfico al medir, almacenar y representar puntos específicos de georreferenciación de la PTAR.</p>	<p>Utilización: Obtener coordenadas UTM de puntos de referencia del levantamiento topográfico.</p>

Fuente: Sofía Morales

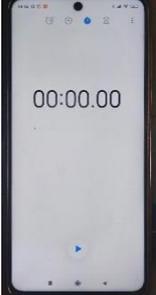
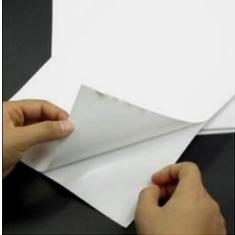
Tabla 2. Materiales para el levantamiento topográfico.

Trípode	Prisma topográfico
	
<p><i>Utilización:</i> Empleado como soporte en donde se sitúa la estación total.</p>	<p><i>Utilización:</i> Es ubicado sobre puntos desconocidos que serán georreferenciados. Este objeto es observado por la estación total captando el láser y rebotando hacia el aparato.</p>
Bastón porta prisma	Estaca
	
<p><i>Utilización:</i> Bastón en donde se coloca el prisma. Se puede ajustar su altura y nivelarlo a precisión sobre el terreno.</p>	<p><i>Utilización:</i> Indicar el punto de control topográfico sobre el cual se ubicará el trípode.</p>
Combo	Flexómetro
	
<p><i>Utilización:</i> Clavar la estaca.</p>	<p><i>Utilización:</i> Medición de los componentes de la PTAR.</p>

Fuente: Sofía Morales

En la siguiente tabla se detallan los implementos necesarios para llevar a cabo la medición de caudales y recolección de muestras de agua, tanto del afluente como del líquido de descarga de la planta en mención.

Tabla 3. Materiales para medición de caudal y recolección de muestras.

Frasco ámbar	Botella plástica
	
<p>Utilización: Recolección de muestras de agua residual del afluente y efluente para el análisis de laboratorio del parámetro “aceites y grasas”.</p>	<p>Utilización: Recolección de muestras de agua residual del afluente y efluente para el análisis de laboratorio.</p>
Jarra plástica de 5 litros	Cronómetro del celular
	
<p>Utilización: Captación del agua residual de ingreso y descarga de la PTAR hasta la medida indicada en el recipiente (medida de caudal).</p>	<p>Utilización: Medición del tiempo en que tarda en llenarse la jarra plástica de 5 litros.</p>
Cuaderno	Papel adhesivo blanco
	
<p>Utilización: Recopilación de datos obtenidos en la medición de caudales y dimensionamiento de componentes.</p>	<p>Utilización: Rotulación de muestras recolectadas.</p>

Fuente: Sofía Morales

De igual manera, en el siguiente listado se incluyen los equipos de seguridad que se portaron durante el trabajo de campo desarrollado en esta segunda etapa.

Tabla 4. Equipo de seguridad

Guantes de caucho	Botas de caucho
	
<p>Utilización: Protección de manos al exponerse a fluidos residuales.</p>	<p>Utilización: Resguardo frente a inclemencias del ambiente, sobre todo para proteger del agua y lodo durante visitas in situ.</p>
Mandil	Mascarilla
	
<p>Utilización: Empleado para resguardar la vestimenta al exponerse a cualquier sustancia o líquido.</p>	<p>Utilización: Usado para proteger el rostro y evitar contacto con virus o patógenos del agua residual.</p>

Fuente: Sofía Morales

2.2. Métodos

El objetivo principal de la presente investigación fue el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en la comunidad de Chiquicha Centro, perteneciente al cantón Pelileo en la provincia de Tungurahua, y su metodología se basó en los estudios realizados por Víctor Izurieta y Joseline Zambonino en lo referente a plantas de tratamiento de aguas residuales en zonas rurales de la provincia. Por tanto, en las siguientes tablas se identifican los métodos y resultados en función de cada objetivo específico planteado. [32]-[33]

Tabla 5. Metodología empleada para el cumplimiento del objetivo específico 1.

OBJETIVO ESPECÍFICO 1			
Realizar el levantamiento de información respecto a la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro para el dimensionamiento de las unidades existentes.			
Ítem	Actividad	Metodología	Resultado
1	Recopilación de información teórica y bibliográfica de la zona de estudio y PTAR en cuestión.	Aplicación del <i>método documental</i> basado en fuentes bibliográficas confiables con respecto al GAD parroquial de Chiquicha, cantón Pelileo.	<ul style="list-style-type: none"> • Información sobre la comunidad de Chiquicha Centro indicando límites, ubicación y actividad socioeconómica de la población. • Plano de ubicación de la PTAR.
		Por la dispersión poblacional de la zona se aplica una <i>entrevista</i> a la población para recopilar información de carácter personal y directo.	Datos de la planta de tratamiento como año de construcción, trabajos de mantenimiento y causas que han generado su deficiente funcionamiento.
		Mediante la <i>observación directa</i> se inspecciona el lugar en donde está implantada la PTAR y las condiciones de sus unidades descontaminantes.	Caracterización del estado actual de las unidades de tratamiento de la PTAR.
2	Dimensionamiento de las unidades de tratamiento existentes.	En investigación de campo, con el <i>método de medición</i> se recaban datos de largo, ancho, alturas y espesor de las unidades de tratamiento. Se lleva a cabo un levantamiento topográfico del predio.	Plano con el dimensionamiento de las unidades de tratamiento actuales de la PTAR. Incluye vista en planta y corte longitudinal.
3	Medición del caudal de la PTAR.	Con el <i>trabajo en campo</i> mediante visitas in situ se mide el caudal de ingreso y salida de la PTAR por el método volumétrico. El número de aforos medidos se basan en un muestreo probabilístico.	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación del caudal máximo horario de la PTAR. • Identificación del día que mayor aforo tiene la planta de tratamiento.
4	Muestreo representativo y transporte de agua residual de la PTAR.	Con la <i>metodología experimental</i> se consigue un muestreo representativo de agua residual y se lo transporta hasta el Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH para analizarlo, basándose en la norma NTE INEN 2176:98 y NTE INEN 2169:98.	Resultados de parámetros físico – químicos de agua residual de ingreso y salida de la PTAR.

Fuente: Sofía Morales

Tabla 6. Metodología empleada para el cumplimiento del objetivo específico 2.

OBJETIVO ESPECÍFICO 2			
Analizar el afluente y efluente de la planta de tratamiento en cuestión en base a la norma actual TULSMA 2015.			
Ítem	Actividad	Metodología	Resultado
1	Análisis de las muestras de agua residual de ingreso y descarga de la PTAR enviadas al laboratorio.	Con el empleo de la <i>metodología analítica</i> se examinan y comparan los resultados entregados por el laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH en concordancia a la normativa ambiental vigente TULSMA 2015 y estudios relacionados.	Análisis de resultados de agua residual del afluente y efluente de la PTAR.
2	Verificación del funcionamiento de la PTAR.	Con el <i>método descriptivo</i> se detallan las condiciones actuales de las unidades hidráulicas e identificación de la operatividad.	Diagnóstico técnico actual de las unidades de tratamiento de la PTAR de Chiquicha Centro.

Fuente: Sofía Morales

Tabla 7. Metodología empleada para el cumplimiento del objetivo específico 3.

OBJETIVO ESPECÍFICO 3			
Proponer un rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales según el análisis realizado con sus respectivos planos y presupuesto.			
Ítem	Actividad	Metodología	Resultado
1	Rediseño de la PTAR de Chiquicha Centro.	Utilización del <i>método deductivo</i> basado en los resultados obtenidos y condiciones de la comunidad para proponer un nuevo tren descontaminante y rediseño de unidades hidráulicas. Los cálculos y especificaciones se rigen a normativas vigente y cumplen lo estipulado en la norma CO 10.07 – 601.	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de un tren de tratamiento. • Rediseño de unidades descontaminantes de la PTAR. • Plano de la propuesta de rediseño. • Presupuesto referencial • Manual de operación y mantenimiento.

Fuente: Sofía Morales

El desarrollo de la metodología empleada se encuentra descrito a detalle en cada una de las etapas a continuación:

Etapa I Levantamiento de información de la PTAR

En este apartado se aplicó el método documental porque se recabó toda la información teórica y bibliográfica que describió la zona de estudio, incluyendo ubicación, límites y las principales actividades socioeconómicas de los habitantes de la comunidad. De igual forma, se detallaron datos concernientes a la planta de tratamiento de aguas residuales como su tiempo de funcionamiento, monitoreos y trabajos en el mantenimiento de la misma.

Debido a condiciones específicas de la zona, entre ellas, la dispersión poblacional de la comunidad (característico en áreas agrícolas) se aplicó una entrevista como instrumento para recolectar información debido a su carácter personal y directo con los moradores del predio (figura 1). Los datos obtenidos de primera mano fueron de gran relevancia para conocer las causas por las cuales la PTAR llegó a funcionar en esas condiciones y conocer horas pico en las cuales la población genera mayor caudal de ingreso a la PTAR por sus actividades diarias.



Figura 1. Entrevista a moradores de la zona donde se encuentra la PTAR de Chiquicha Centro.

Fuente: Sofía Morales

La observación directa permitió percibir detalles importantes de la zona y caracterizar el estado actual de los componentes de la PTAR. Se identificaron problemas evidentes en las estructuras que conforman la planta de tratamiento y de esta manera se determinó la eficiencia con la que se está descontaminando las aguas residuales que ingresan a la misma.

Etapa II Investigación de campo

Se aplicó el método de medición para realizar el dimensionamiento (largo, ancho, alturas y espesor) de los componentes que forman parte del tren de tratamiento del agua residual, evidenciado en la figura 3. Este punto fue fundamental para contar con datos exactos que fueron la base en el diagnóstico y determinación de parámetros de diseño de la propuesta en la etapa final.



Figura 2. Dimensionamiento de los componentes de la PTAR

Fuente: Sofía Morales

A continuación, se llevó a cabo el levantamiento topográfico del sitio donde está construida la planta de tratamiento y sus respectivos detalles, como se aprecia en la figura 2. Se georreferenció puntos clave de las unidades existentes que fueron plasmados en el plano de implantación actual de la PTAR en cuestión.



Figura 3. Levantamiento topográfico de la PTAR.

Fuente: Sofía Morales

A partir de visitas in situ se realizó la medición de caudales de entrada y salida de la planta de tratamiento. Para esto se empleó el método de medición volumétrica, el cual consistió en tomar el tiempo en que se llena un recipiente con medida fija (5 litros). De igual manera los resultados recopilados del procedimiento anterior permitieron identificar el día que más demanda tuvo la planta para lograr un muestreo representativo del agua residual empleando la metodología de tipo experimental, considerando que Metcalf & Eddy menciona que “el grado de variación del caudal condiciona el tiempo de muestreo”; es decir, el lugar y momento determinado para recoger una muestra que presente características concretas se basará en el aforo de la PTAR. [34]

Etapa III Investigación de laboratorio

Las muestras de agua residual recolectadas en la etapa anterior se enviaron a un laboratorio certificado y especializado (Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo) para analizarlas e identificar sus características más preponderantes. Metcalf & Eddy estableció que los contaminantes de mayor importancia en el tratamiento de agua residual son los sólidos en suspensión, puesto que dan lugar al desarrollo de depósitos de fango al descargarse el líquido en el

entorno; materia orgánica biodegradable medidas en función del DBO y DQO (si no se trata este parámetro se crean condiciones sépticas en la fluido de descarga al agotar el oxígeno durante su estabilización biológica); también se incluyen nutrientes como el nitrógeno y fósforo dado que favorecen el crecimiento de vida acuática no deseada. De igual manera, existe la necesidad de analizar la presencia de aceites y grasas en el agua residual porque interfieren en la vida biológica de aguas superficiales y produce acumulación de materia flotante desagradable.

Con lo expuesto anteriormente, se identificaron que los principales parámetros para estudiar y determinar la eficacia del funcionamiento de una PTAR son los siguientes:

Tabla 8. Parámetros analizados en la muestra de agua residual.

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
pH	-	PE-LSA-01
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 – D
DBO5	mgO2/l	STANDARD METHODS 5210 – B
Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1
Nitrógeno amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C
Nitrógeno total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - N - B
Fósforo total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P - E
Sólidos suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 25040 - D

Fuente: Laboratorio de servicios ambientales de la UNACH.

Etapa IV Análisis y verificación de funcionamiento de la PTAR

En esta etapa se presentó un diagnóstico del funcionamiento de cada componente hidráulico existente en la PTAR con la metodología descriptiva; se detalló su condición actual y se identificó si dicha unidad se encuentra en operatividad. Posteriormente, en el apartado de resultados se utilizó la metodología de tipo analítica porque se compararon y analizaron los resultados obtenidos del estudio de laboratorio

de las muestras de agua residual con los valores límites de descarga de un cuerpo de agua dulce según lo estipulado en la normativa TULSMA, libro VI, Anexo 1-Tabla 9” para su respectiva verificación de cumplimiento. Se determinó el porcentaje de eficiencia de remoción de los parámetros analizados empleando la ecuación 1. [35]

$$E = \frac{C_o - C_f}{C_o} * 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

E = eficiencia del parámetro (%)

C_o = Valor inicial del parámetro

C_f = Valor final del parámetro

Etapa V Rediseño de la PTAR

Finalmente, en esta etapa se utilizó el método deductivo porque se propuso un rediseño de la PTAR de la comunidad de Chiquicha Centro del cantón Pelileo basándose en los resultados obtenidos y el diagnóstico actual de las unidades hidráulicas. Este incluyó la selección idónea del tren de tratamiento en base a los resultados de laboratorio y rediseño de sus componentes con sus respectivos planos, presupuesto y manual de operación y mantenimiento. Se empleó un caudal de diseño y población futura, lo cual permitió obtener un producto que asegure la vida útil de cada unidad propuesta.

2.2.1. Plan de recolección de datos

2.2.1.1. Etapa I Levantamiento de información de la PTAR.

La comunidad de Chiquicha Centro se encuentra asentada en el casco principal de la Parroquia Rural de Chiquicha, perteneciente al cantón Pelileo en la provincia de Tungurahua. Al norte limita con los cantones Píllaro y Ambato; al sur se ubican las parroquias El Rosario, García Moreno y La Matriz de Pelileo; al oeste la parroquia Picaihua (Ambato) y al este el cantón Patate. Cuenta con una superficie aproximada de 14.27 km² y se halla a una altura comprendida entre los 2400 y 3000 msnm. A más de la cabecera parroquial donde se basa esta investigación, se encuentran dos comunidades: Chiquicha Chico y Bautista Loma. [31]

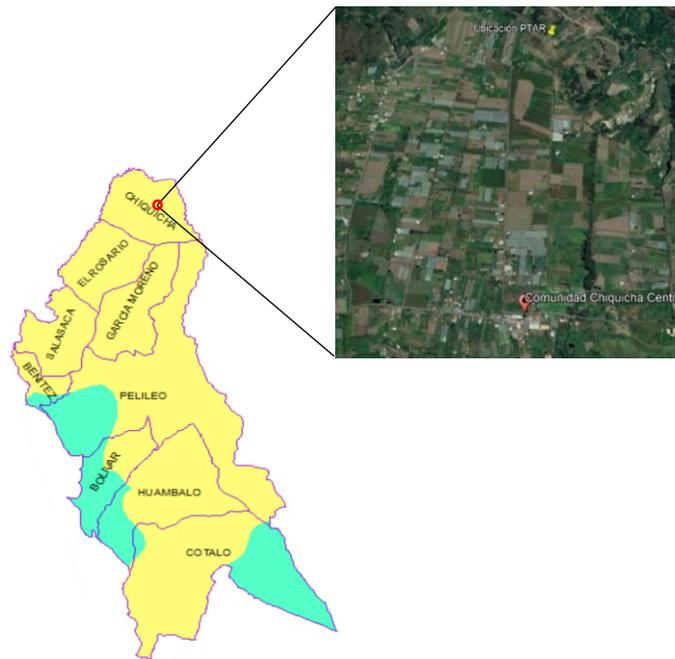


Figura 4. Ubicación de la comunidad de Chiquicha Centro – Pelileo.

Fuente: Sofía Morales.

Chiquicha Centro es un área netamente rural cuya principal actividad económica es la agricultura, prevaleciendo cultivos de ciclo corto como siembra de maíz y tomate de árbol. Su comercialización se la realiza únicamente dentro del cantón y la provincia; el resto se destina para autoconsumo. La mayor parte de familias que conforman la zona cuentan con bajos recursos económicos, puesto que la producción agrícola no permite generar mayores ingresos. [31]



Figura 5. Comunidad de Chiquicha Centro

Fuente: Sofía Morales.

La comunidad tiene acceso muy limitado a servicios básicos, apenas el 34% de su población. En cuanto al saneamiento, solo el 5% forma parte de las redes de alcantarillado que descarga sus aguas en la planta de tratamiento de aguas residuales de Chiquicha Centro localizada aguas debajo de la zona. El resto de pobladores direccionan el agua residual a pozos sépticos, letrinas o directamente en ríos o quebradas cercanas. [31]

La PTAR de Chiquicha Centro se mantiene en funcionamiento desde el año 2012 cuando fue construida gracias a un convenio entre el Gobierno Autónomo Descentralizado de la parroquia Chiquicha y el Honorable Consejo Provincial de Tungurahua. Se encuentra bajo la responsabilidad y cuidado de tres juntas administradoras de agua: Sucre – Chiquicha Centro, El duende Chiquicha y Sucre – Bautista Loma. No se dispone de planos acerca del diseño de cada componente de la planta de tratamiento, menos aún de un plan de mantenimiento de la misma.

Debido a cambios en la administración de estas entidades de control, falta de colaboración económica de los usuarios de las juntas y completo desconocimiento sobre técnicas de monitoreo a los componentes de la PTAR, esta ha sido totalmente descuidada. Como producto de la pandemia de COVID – 19, el presupuesto para limpieza y control del sistema de alcantarillado y depuración de aguas residuales se redujo, ocasionando que los encargados de realizar este servicio dejaran de hacerlo totalmente. La falta de mantenimiento en las unidades existentes es evidente por la vegetación que ha crecido alrededor de cada una y la carencia de un cerramiento adecuado para la obra civil, como se observa en la figura 6.



Figura 6. Vegetación presente en la PTAR.

Fuente: Sofía Morales.

De igual manera, el descuido ha provocado que las paredes de hormigón se fisuren e incluso presenten grietas en paredes internas y externas de cada estructura, como la mostrada en la figura 7. Estas irregularidades ponen en riesgo el correcto funcionamiento de cada componente y se aduce un deficiente tratamiento descontaminante de agua en general.



Figura 7. Fisuras y deterioro en el tanque repartidor de caudal.

Fuente: Sofía Morales

La presencia de mosquitos, mal olor y turbidez en el fluido de descarga de la PTAR (figura 8) son particularidades de gran preocupación. Además, se ha manifestado que el dueño del predio donde se asienta la planta de tratamiento capta directamente este efluente para regar sus cultivos, sin tomar precauciones sobre la calidad del líquido.



Figura 8. Descarga de la PTAR de Chiquicha Centro a un canal abierto.

Fuente: Sofía Morales.

La planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro abarca un área aproximada de 600 m² y dispone sus componentes como se observa en la figura 9. Se identifican los siguientes procesos unitarios: tanque repartidor de caudales, tanque séptico, filtro anaerobio de flujo ascendente 1, filtro anaerobio de flujo ascendente 2 (deshabilitado), lecho de secado de lodos y un pozo de salida.

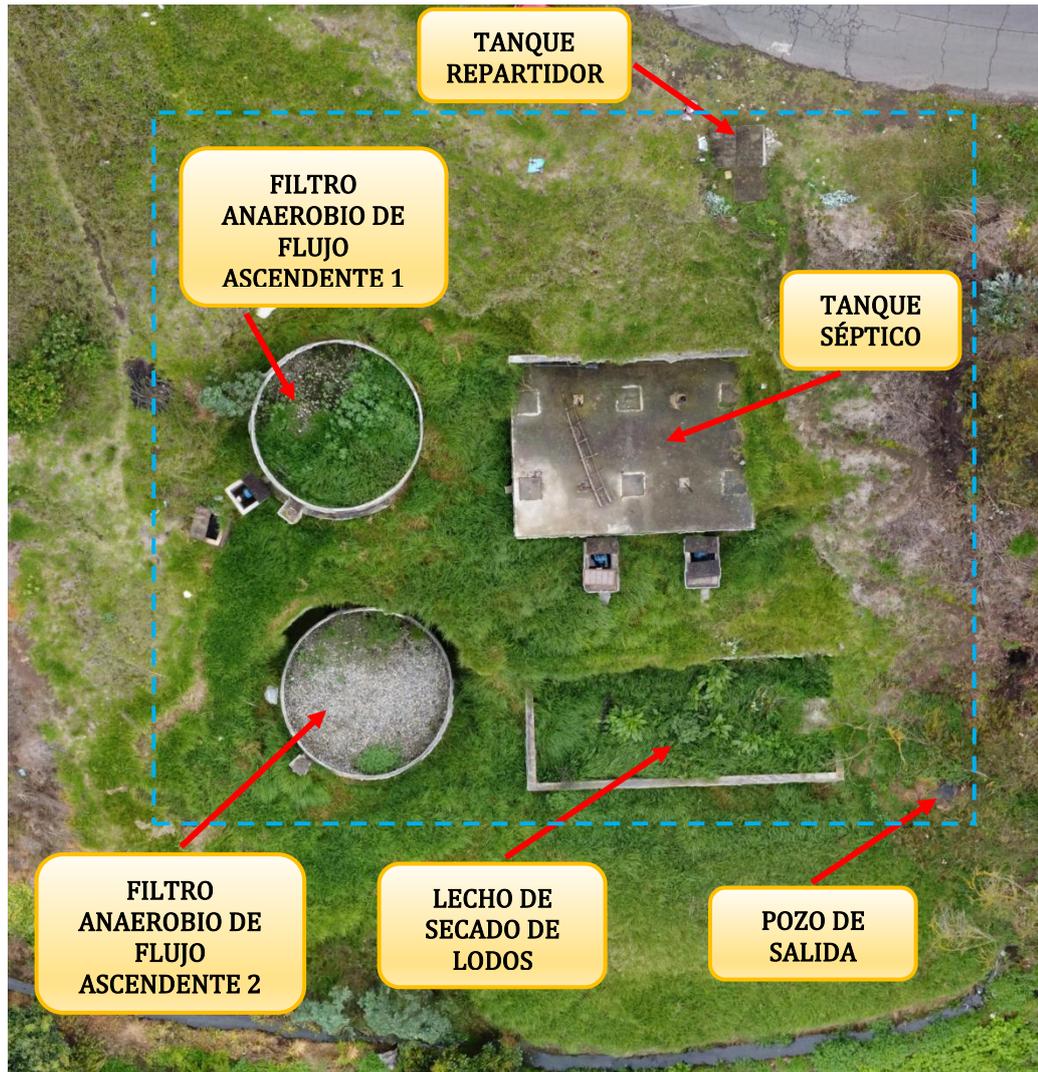


Figura 9. PTAR de Chiquicha Centro – Pelileo.

Fuente: Sofía Morales.

De la misma manera, se observa el corte longitudinal del predio en la siguiente imagen. El perfil de elevación presenta una pendiente pronunciada de 17% y con una diferencia de cota igual a 12.34 metros (40.2 pies aproximadamente). El punto más alto se ubica al ingreso de la PTAR en el tanque repartidor de caudales a una elevación de 2493.34

metros sobre el nivel del mar y la cota más baja corresponde a 2481 m.s.n.m. en el pozo de descarga.



Figura 10. Perfil de elevación de la PTAR.

Fuente: Google Earth.

2.2.1.2. Etapa II Investigación de campo

Medición de caudales

Para el diagnóstico de ciertas unidades descontaminantes de las plantas de tratamiento es necesario basarse en el caudal máximo horario, es decir, en el máximo valor de caudal en una hora por un año. Por tanto, la medición del caudal de ingreso y salida de la planta de tratamiento debe registrar datos representativos en un periodo de 365 días. Para determinar el tamaño muestral correspondiente al número de mediciones del aforo de la PTAR se empleó un análisis estadístico mediante el muestreo probabilístico. Se utilizó una selección aleatoria por su alta representatividad de la muestra y aplicación sencilla. El modelo de estimación de la muestra correspondió al de poblaciones finitas menores a mil, puesto que la población de estudio abarca 365 días del año.

Por otra parte, debido a condiciones específicas de la zona y variaciones del consumo de agua en los pobladores se ha determinado un 17,5% de error en la generalización de los resultados. Con la ecuación 2 se determina el tamaño de la muestra referida al número de mediciones del caudal de la PTAR de Chiquicha Centro del presente proyecto. [36]

$$n = \frac{N}{1 + N(E)^2} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

$N = población = 365 \text{ días}$

$n = tamaño \text{ de la muestra}$

$R = índice \text{ de error que generalice resultados} = 0.175\% (0.175)$

$$n = \frac{365}{1 + 365(0.175)^2}$$

$$n = 29,97$$

$n = 30 \text{ días}$

Con relación a los cálculos realizados, Metcalf & Eddy menciona que en la mayoría de casos prácticos se determinan datos de caudales obtenidos de los vertidos en un periodo de registro de 30 días a fin de conseguir resultados aproximados a la realidad y considerando variables como el clima, vegetación y actividades antrópicas. Con esto se corrobora el resultado obtenido, otorgándole mayor veracidad. [34]

De igual manera, según la información recopilada en la etapa anterior, se identificó que la población inicia sus actividades diarias a partir de las 7am. Posteriormente se retiran a sus labores agrícolas/ganaderas y regresan al medio día para llevar a cabo su hora almuerzo y demás actividades en casa. Su jornada finaliza en horas de la tarde cuando recurren a cenar y finalmente recostarse a dormir. Con esto, se dedujo que al medio día (13:00) se generan valores de caudal altos y significativos al considerar actividades de alimentación y aseo personal de los pobladores.

Por consiguiente, el procedimiento de aforo de este proyecto se realizó durante 30 días consecutivos, del 03 de mayo al 01 de junio del 2022 a las 13:00. Se optó por este rango de tiempo para obtener datos más exactos y conformes a la realidad de la zona.

Tabla 9. Caudales de ingreso a la PTAR en l/s

Día	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Promedio
Lunes	-	0.381	0.399	0.343	0.379	0.376
Martes	0.759	0.654	0.724	0.696	0.714	0.709
Miércoles	0.514	0.442	0.466	0.467	0.428	0.463
Jueves	0.667	0.712	0.753	0.683	-	0.704
Viernes	0.982	0.962	1.010	0.949	-	0.976
Sábado	0.903	0.754	0.853	0.659	-	0.792
Domingo	0.683	0.595	0.880	0.814	-	0.743

Fuente: Sofía Morales.

Como se puede apreciar en la tabla 9 referida a los caudales medidos al ingreso de la planta de tratamiento, el viernes es el día que mayor aforo se generaba con un valor medio de 0.976 l/s. Adicionalmente, el día lunes presenta un menor valor de caudal en comparación al resto de la semana. Estas variaciones se deben principalmente a las rutinas diarias de los habitantes, basadas en actividades del campo y labores del hogar.

Tabla 10. Caudales de salida de la PTAR en l/s

Día	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Promedio
Lunes	-	0.386	0.417	0.341	0.384	0.382
Martes	0.813	0.663	0.716	0.707	0.806	0.741
Miércoles	0.508	0.448	0.472	0.463	0.435	0.465
Jueves	0.716	0.693	0.719	0.689	-	0.704
Viernes	0.998	1.139	1.168	0.996	-	1.075
Sábado	0.885	0.800	0.865	0.693	-	0.811
Domingo	0.69	0.661	0.896	0.813	-	0.765

Fuente: Sofía Morales.

La tabla 10 presenta los datos de caudal obtenidos a la salida de la PTAR, la misma que indica un valor máximo de 1.075 l/s correspondiente al día viernes. Esto coincide singularmente con la información de caudales de ingreso mostrados en la tabla anterior. Por consiguiente, se denota que el tiempo de retención en los componentes hidráulicos es relativamente baja al conseguir datos promedio muy aproximados de caudales de ingreso y descarga de la PTAR en cuestión de cada día de la semana. A continuación, se presenta evidencia fotográfica de la medición de caudales:



Figura 11. Medición del caudal de ingreso a la PTAR.

Fuente: Sofía Morales



Figura 12. Medición del caudal de salida de la PTAR.

Fuente: Sofía Morales

Toma de muestras

Se utilizó la metodología de tipo experimental porque se recogieron las muestras de agua residual el día viernes 03-06-2022 a las 13:00 (día y hora con mayor caudal obtenido en la medición del aforo de la PTAR) cumpliendo con principios establecidos por el Instituto Ecuatoriano de Normalización en su norma NTE INEN 2176:98 Agua, calidad de agua, muestreo, técnicas de muestreo. [37]



Figura 13. Recolección de muestras de agua residual de la PTAR.

Fuente: Sofía Morales

A continuación, los especímenes recolectados se transportaron al Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH para analizarlas e identificar sus características más preponderantes cumpliendo con lo estipulado en la normativa NTE INEN 2169:98 Agua, calidad de agua, muestreo, manejo y conservación de las muestras. [38]



Figura 14. Conservación y transporte de muestras obtenidas de la PTAR

Fuente: Sofía Morales

2.2.1.3. Etapa III Investigación de laboratorio

Los resultados obtenidos del análisis físico – químico del agua residual se aprecian en el Anexo 2 del presente trabajo, mismo que será examinado en el siguiente capítulo.

2.2.1.4. Etapa IV Análisis y verificación de funcionamiento de la PTAR

Actualmente, la planta de tratamiento de aguas residuales recibe las aguas provenientes del sistema de alcantarillado de la Comunidad Chiquicha Centro. Se encuentra totalmente descuidada debido a la falta de mantenimiento en los componentes, evidenciado por la presencia de abundante vegetación alrededor de las unidades hidráulicas, así como el mal olor que se percibe en el líquido de descarga de la misma.

La PTAR está conformada por un tren de tratamiento que incluye: tanque repartidor de caudales, tanque séptico, filtro anaerobio de flujo ascendente 1 (FAFA), filtro anaerobio de flujo ascendente 2 (deshabilitado), lecho de secado de lodos y un pozo de salida, que se detallarán posteriormente. Cabe mencionar que no existe algún tipo de cerramiento o limitación en la PTAR que garantice la seguridad de los componentes

de la misma, y del medio a su alrededor. En la figura 15 se muestra un esquema gráfico con el funcionamiento actual de la planta de tratamiento.

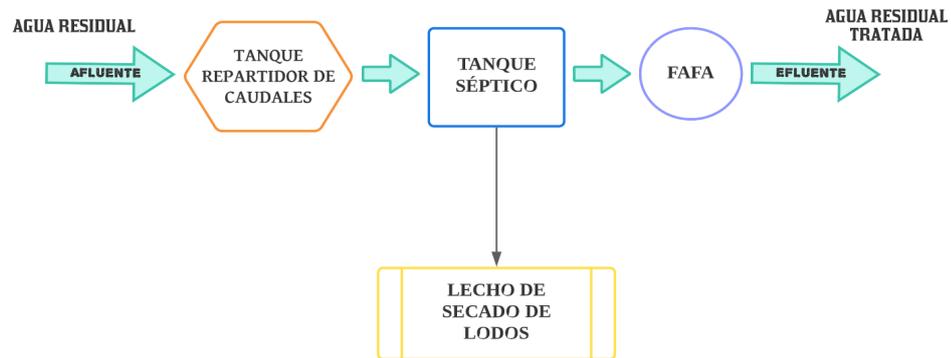


Figura 15. Proceso de tratamiento actual de la PTAR.

Fuente: Sofía Morales

Tanque repartidor de caudales

Consiste en un tanque en donde ingresa el caudal de aguas residuales proveniente del sistema de alcantarillado. Direcciona el fluido hacia la fosa séptica o de manera directa hacia una quebrada por un Bypass. Existe la presencia de sólidos de diverso tamaño producto de la falta de limpieza periódica e inexistente rejilla de ingreso, lo que produce deficiencias en el proceso de depuración de agua.

Los pisos y las paredes de la estructura, tanto internas como externas, se hallan totalmente deterioradas, puesto que hay fisuras, grietas y desprendimiento de hormigón.



Figura 16. Tanque repartidor de la PTAR.

Fuente: Sofía Morales

Tanque séptico

El tanque séptico está formado por seis cajas de revisión, dos compartimentos en serie, de los cuales cada uno está dividido en dos cámaras, y cuatro ductos de aireación. Su estado de deterioro externamente es leve, pero debido a la falta de mantenimiento y limpieza existe presencia de altos porcentajes de lodos, sedimentos y animales, como se observa en la figura 17.



Figura 17. Tanque séptico de la PTAR.

Fuente: Sofía Morales

Filtro anaerobio de flujo ascendente 1

Este filtro está construido de forma cilíndrica, recoge el agua procedente del tanque séptico mediante tubería PVC y lo transporta hasta una caja de revisión; posteriormente al pozo de salida. Su funcionamiento es ineficiente por la presencia de materia vegetal y basura en la parte superior de la estructura (material filtrante constituido por grava) así como el deterioro de las paredes, evidenciándose en la figura 18 las fisuras de gran tamaño.



Figura 18. Filtro anaerobio de flujo ascendente 1 de la PTAR.

Fuente: Sofía Morales

Filtro anaerobio de flujo ascendente 2 (deshabilitado)

Este segundo filtro presenta una forma circular y un medio filtrante constituido por grava de diferente tamaño. Actualmente no cumple ninguna función en el tren de tratamiento, puesto que no se encuentra conectado a ningún componente hidráulico de la PTAR.



Figura 19. Filtro anaerobio de filtro ascendente 2 de la PTAR.

Fuente: Sofía Morales

Lecho de secado de lodos

Los lodos del tanque séptico no han sido evacuados en un largo tiempo, por lo cual hay abundante vegetación creciendo dentro de la estructura. La capacidad de funcionamiento ha disminuido y el tanque no se lo emplea adecuadamente.



Figura 20. Lecho de secado de lodos de la PTAR.

Fuente: Sofía Morales

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de resultados

3.1.1. Levantamiento de información

Chiquicha Centro es una comunidad ubicada en la parroquia rural Chiquicha en el cantón Pelileo de la provincia de Tungurahua. La agricultura es su principal actividad económica y la población tiene un acceso muy limitado a servicios básicos. La PTAR que funciona en este lugar se construyó en 2012 y está bajo la responsabilidad de tres juntas administradoras de agua de la zona: Sucre – Chiquicha Centro, El duende Chiquicha y Sucre – Bautista Loma. La estructura ha sido totalmente descuidada, no se ha realizado mantenimiento a los componentes, fue evidente la presencia de vegetación en cada unidad hidráulica y carece de un cerramiento para la obra civil. Además, se percibió mal olor y turbidez en el líquido de descarga.

La planta de tratamiento de aguas residuales de Chiquicha Centro tiene un área de 600m² y presentó las siguientes características en sus procesos unitarios:

- *Tanque repartidor de caudales:* existen sólidos de diverso tamaño en el interior del tanque por no tener rejilla de ingreso; además se evidencian fisuras y grietas en las paredes de la estructura.
- *Tanque séptico:* diseñado con dos compartimentos (cada uno dividido en dos cámaras). Actualmente se observa gran cantidad de lodos, sedimentos y animales en el interior.
- *Filtro anaerobio de flujo ascendente 1:* presencia de materia vegetal en la parte superior del material filtrante y fisuras en las paredes.
- *Filtro anaerobio de flujo ascendente 2:* deshabilitado.
- *Lecho de secado de lodos:* contiene desechos sin evacuar y plantas creciendo en su interior.

El método volumétrico permitió identificar el aforo generado en la PTAR del proyecto en un rango de medición de 30 días para obtener un mayor registro de datos. Se determinó que el caudal máximo horario es de 1.01 l/s pues es el máximo valor de caudal en una hora del día, y el viernes es el día con mayor aforo de ingreso y salida

de la planta. Por otra parte, el tiempo de retención en los componentes es relativamente bajo.

Con el levantamiento de información obtenida se identificaron datos importantes propios de la zona y de la población a la que sirve la PTAR de Chiquicha Centro. De esta manera, se establecieron las principales falencias en el tratamiento del agua residual. Los resultados permitieron llegar a establecer parámetros de diseño que son la base para el diagnóstico del funcionamiento actual de la planta de tratamiento y de la propuesta de rediseño de sus componentes.

Finalmente, en el Anexo 1 se aprecia con claridad el trabajo realizado para llegar a conocer estas condiciones. Mientras que, en el Anexo 3: plano A1 se aprecia la ubicación de la PTAR y en el plano A2 se observa a detalle las medidas actuales de las unidades hidráulicas que conforman la PTAR de Chiquicha Centro, del cantón Pelileo, provincia de Tungurahua, gracias al dimensionamiento realizado en campo.

3.1.2. Análisis de resultados de laboratorio

A la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Chiquicha Centro ingresa un caudal procedente de uso doméstico. Para su caracterización se realizó un muestreo puntual al ingreso de la PTAR y a la salida de la misma el día viernes 03 de junio del presente año a las 13:00, obteniendo dos especímenes representativos. La toma de muestras y su transporte hacia el Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH para llevar a cabo un análisis físico – químico del afluente y efluente cumplieron con la normativa NTE INEN 2176 y NTE INEN 2169, cuyos resultados se aprecian en el Anexo 2 del presente documento.

En la tabla 11 se comparan los resultados obtenidos de cada parámetro del líquido de ingreso y salida de la PTAR con los valores límites permitidos para descarga de agua residual tratada a un cuerpo de agua dulce, estipulados en la normativa TULSMA 2015, libro VI Anexo 1 – Tabla 9. Esto permitió verificar el cumplimiento de cada criterio y determinar que las variables: aceites y grasas, DBO₅, DQO, nitrógeno total, sólidos suspendidos y nitrógeno amoniacal sobrepasan en gran medida los rangos permisibles.

Tabla 11. Resultado comparativo de las muestras de agua residual analizadas con el TULSMA.

Parámetro	Unidad	Procedimiento	Líquido de ingreso (Afluente)	Líquido de descarga (Efluente)	TULSMA (Límite máximo)	Cumple
Aceites y grasas	mg/L	EPA418,1	996,57	321,14	30,00	NO
Fósforo total	mg/L	STANDARD METHODS 4500 P - E	23,50	8,50	10,00	SI
DBO ₅	mgO ₂ /L	STANDARD METHODS 5210 - B	239,00	115,00	100,00	NO
DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	536,00	248,00	200,00	NO
Nitrógeno total	mg/L	STANDARD METHODS 4500 N - B	63,80	52,4.	50,00	NO
pH	-	PE-LSA-01	7,43	7,68	6 - 9	SI
Sólidos suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	680,00	195,00	130,00	NO
Nitrógeno amoniacal	mg/L	STANDARD METHODS 4500 - NH ₃ B&C	44,00	36,00	30,00	NO

Fuente: Sofía Morales

El porcentaje de eficiencia de remoción para cada parámetro analizado en función de la ecuación 1 permitió identificar la eficacia con la que la PTAR depura las aguas residuales. De esta manera ofrecer un mayor diagnóstico del funcionamiento de la obra hidráulica en cuestión. En la tabla 12 se evidencian con claridad estos datos.

Tabla 12. Porcentaje de eficiencia de remoción de parámetros físicos y químicos de la PTAR de Chiquicha Centro.

Parámetro	Unidad	Líquido de ingreso (Afluente)	Líquido de descarga (Efluente)	% eficiencia de remoción
Aceites y grasas	mg/L	996,57	321,14	67.68
Fósforo total	mg/L	23,5	8,5	63.83
DBO ₅	mgO ₂ /L	239	115	51.88
DQO	mg/L	536	248	53.73
Nitrógeno total	mg/L	63,8	52,4	17.87
Sólidos suspendidos	mg/L	680	195	71.32
Nitrógeno amoniacal	mg/L	44	36	18.18

Fuente: Sofía Morales

Metcalf & Eddy considera que el rendimiento de una PTAR es indiscutiblemente la medida del éxito de su diseño y, por tanto, es fundamental analizar no solo la calidad del líquido de descarga a partir de resultados de laboratorio, sino también examinar los porcentajes de eliminación de contaminantes. En la figura 21 se observa gráficamente que la mayor parte de parámetros fueron removidos en un 50%, a excepción del nitrógeno total y el nitrógeno amoniacal. Adicionalmente, a pesar de que los sólidos suspendidos alcanzaron porcentajes de hasta 71.32% de depuración (mayor remoción), no encajan en los parámetros máximos establecidos por la TULSMA.

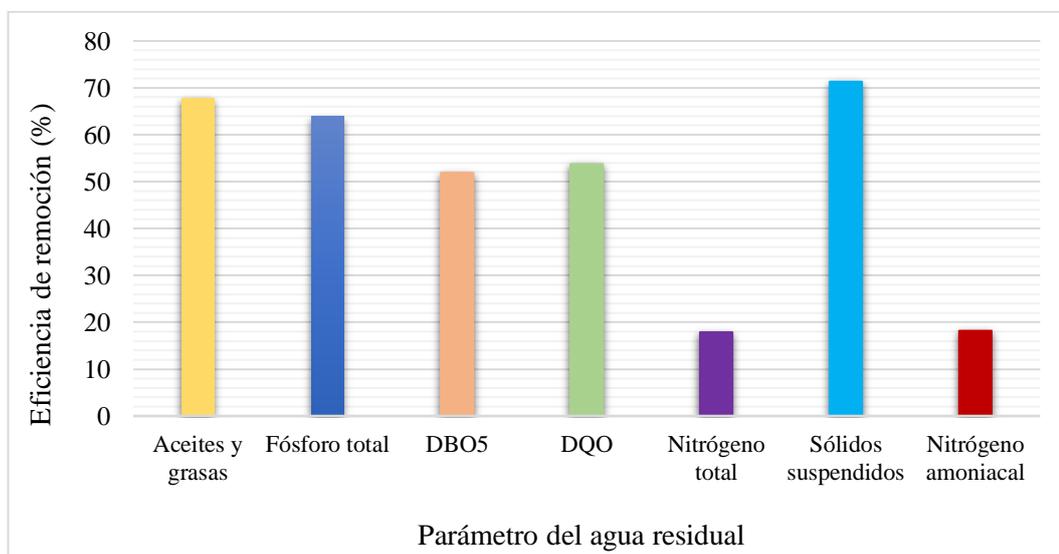


Figura 21. Representación gráfica del porcentaje de eficiencia de remoción de parámetros físicos – químicos de la PTAR.

Fuente: Sofía Morales

Los resultados obtenidos concuerdan con los estudios realizados por Víctor Izurieta, destacando el hecho de que, a pesar de que la planta de tratamiento cuenta con unidades hidráulicas especializadas para tratar la mayor parte de parámetros contaminantes analizados, su remoción no se logra satisfactoriamente debido a problemas en su estructura ocasionadas por la falta de mantenimiento y limpieza. Los porcentajes de remoción teóricos en función del presente tren de tratamiento con son muy superiores a los porcentajes reales. En consecuencia, el funcionamiento de los componentes de la PTAR de este proyecto es deficiente.

Por otra parte, Rocío Vilaña menciona que la ausencia de un tratamiento preliminar para el retiro de partículas de gran tamaño, como es el caso de la PTAR de Chiquicha

Centro, es un factor influyente para la descontaminación del líquido residual al evacuar cerca del 15% de los parámetros estudiados y hasta un 60% de sólidos. Además, este porcentaje removido permitiría un mejor desempeño de los demás componentes al evitar posibles obstrucciones en tuberías y compartimentos.

En base a lo mencionado anteriormente, es necesario llevar a cabo una evaluación del funcionamiento de cada unidad hidráulica de la PTAR para diagnosticarlas y ofrecer una propuesta de rediseño del tren de tratamiento según los componentes que no se desempeñen adecuadamente y en base a los parámetros de agua residual que requieren depuración hasta conseguir un efluente apto para descargas en agua dulce.

3.1.3. Diagnóstico técnico actual de la PTAR

Con la información recopilada del dimensionamiento in situ de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro se determinó las medidas de cada unidad hidráulica que componen el tren de descontaminación, así como la calidad y las condiciones con las que está depurando la PTAR. A continuación, se identifica el estado de cada proceso del tratamiento.

3.1.3.1. Componentes actuales del sistema de tratamiento de la PTAR.

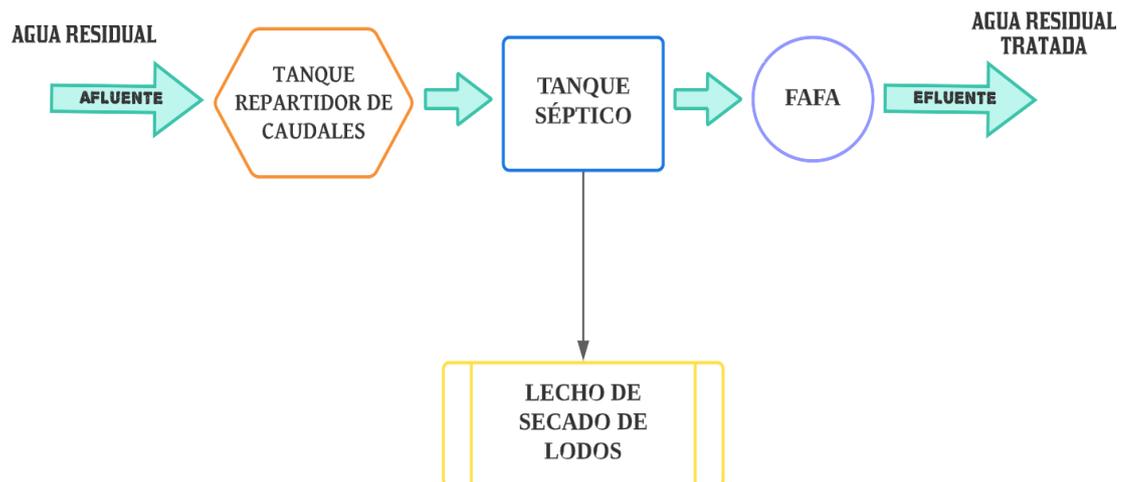


Figura 22. Tren de tratamiento actual de la PTAR de Chiquicha Centro.

Fuente: Sofía Morales

3.1.3.2. Dimensiones de los componentes la PTAR.

3.1.3.2.1. Tanque repartidor

Se constituye por una estructura rectangular de hormigón armado que recoge el agua residual proveniente del sistema de alcantarillado de Chiquicha Centro a través de una tubería de hormigón simple de 200mm de diámetro. En su interior se hallan dos salidas de tubería de 20cm cada una; la primera se direcciona al by-pass que desemboca en una quebrada. El segundo tubo se dirige al tanque séptico pasando previamente por una caja de revisión que contiene una válvula de compuerta. Las dimensiones del tanque repartidor se muestran en la tabla 13.

Tabla 13. Dimensiones del tanque repartidor de caudales.

Parámetro	Valor	Unidad
Largo	1.70	m
Ancho	1.35	m
Altura 1	1.40	m
Altura 2	1.60	m
Espesor de pared	0.15	m

Fuente: Sofía Morales

A continuación, se presenta el diseño del tanque repartidor en el cual se detallan las dimensiones en una vista en planta (figura 23) y su respectiva sección longitudinal en la figura 24.

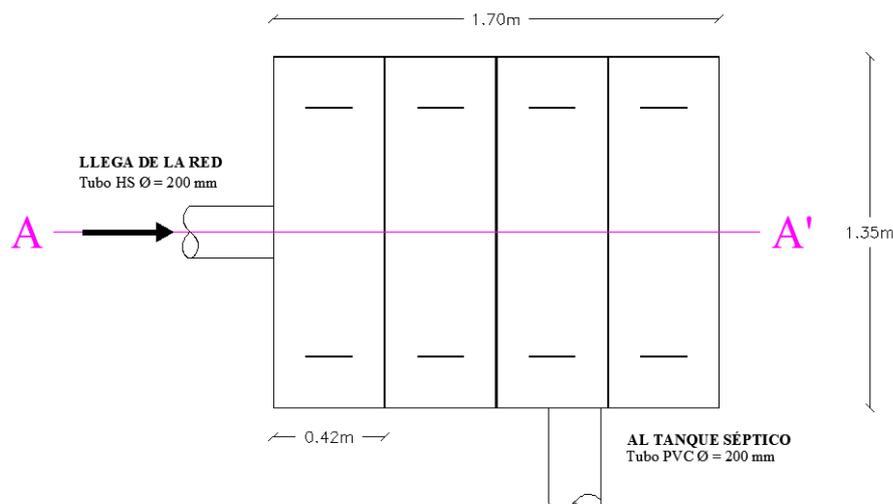


Figura 23. Vista en planta del tanque repartidor de caudales.

Fuente: Sofía Morales

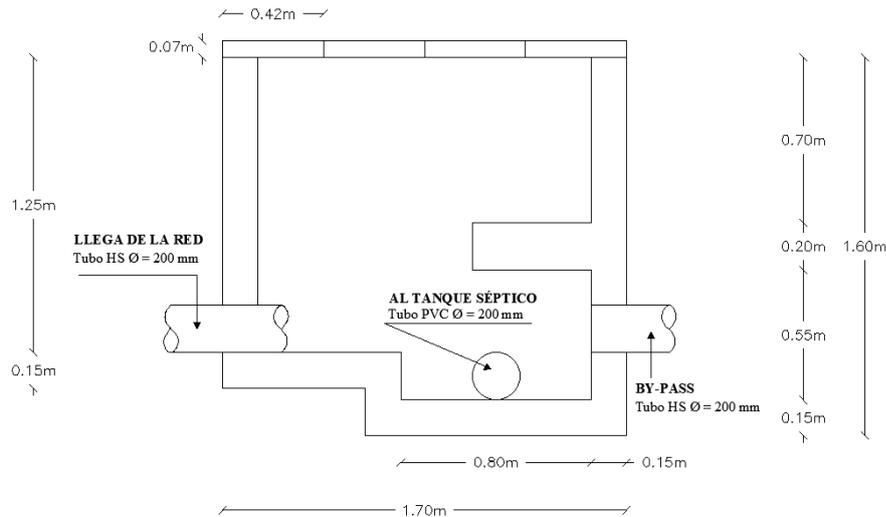


Figura 24. Vista de corte longitudinal del tanque repartidor de caudales.

Fuente: Sofía Morales

3.1.3.2.2. Tanque séptico

Corresponde a una estructura de hormigón armado de forma rectangular conformada por dos fosas sépticas que a su vez se dividen en dos cámaras en serie en su parte interior. Cada tanque está conectado en la sección inferior mediante 12 tuberías de 20 centímetros de diámetro cada una. Por otra parte, cada cámara se enlaza en la parte central de la pared a través de una ventana cuyas dimensiones son 1.5 x 0.15 metros. A este componente ingresa el agua residual procedente del tanque repartidor por medio de dos tuberías de 200mm de diámetro. Tiene cuatro tuberías de salida: dos tubos de 160mm de diámetro que se dirigen hacia el filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) y las otras dos tuberías con diámetro de 200mm que expulsan los lodos generados en esta unidad hidráulica en el lecho de secado de lodos, pasando preliminarmente por válvulas de compuerta. En la siguiente tabla se presentan las dimensiones del tanque séptico.

Tabla 14. Dimensiones del tanque séptico

Parámetro	Valor	Unidad
Largo	7.60	m
Ancho	5.80	m
Altura	2.50	m
Espesor de pared	0.20	m

Fuente: Sofía Morales

En la figura 25 se muestra la vista en planta del diseño del tanque de manera más detallada, incluyendo las tuberías de ingreso y salida. De igual forma, en la figura 26 se aprecia la vista del corte longitudinal del mismo, destacando que en la parte superior se encuentran seis bocas de visita construidas de hormigón armado y cuatro conductos de aireación de tubo HG Ø50mm que permiten la ventilación.

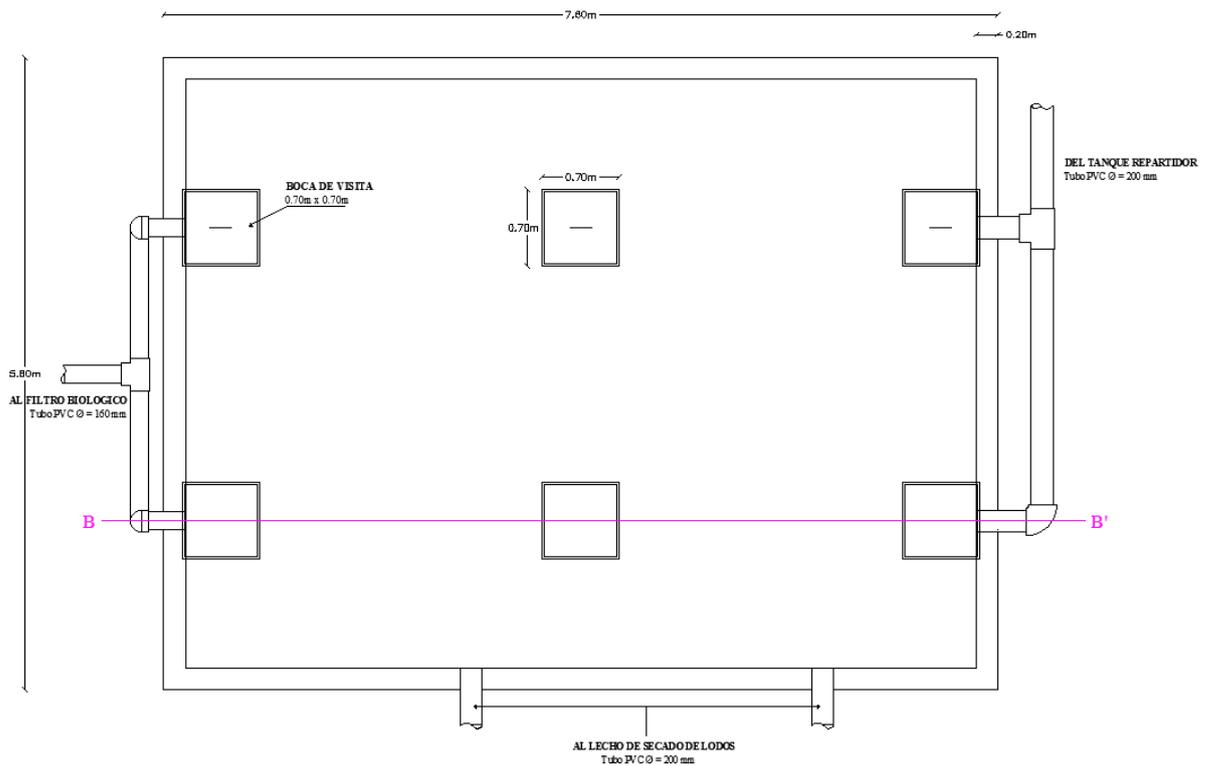


Figura 25. Vista en planta del tanque séptico.

Fuente: Sofía Morales

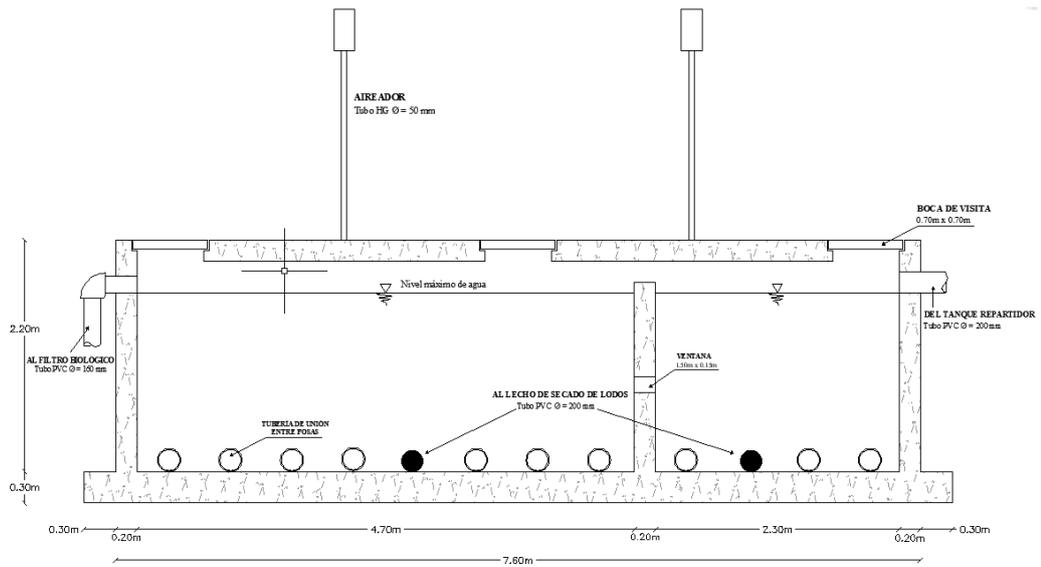


Figura 26. Vista de corte longitudinal del tanque séptico.

Fuente: Sofía Morales

3.1.3.2.3. Filtro anaerobio de flujo ascendente

Esta unidad hidráulica conocida como filtro biológico, está construida en hormigón armado con una forma cilíndrica. En este ingresa el agua proveniente del tanque séptico (tubo PVC Ø160mm) para llevar a cabo el proceso de filtración y expulsión del líquido a través de dos tuberías de salida de 16cm de diámetro; la primera se direcciona a una caja de revisión y la segunda hacia la descarga de la PTAR. Además, en la parte interna se encuentra grava con diámetros comprendidos entre 25 y 80mm actuando como material filtrante. La tabla 15 da a conocer las dimensiones más significativas de este componente.

Tabla 15. Dimensiones del filtro anaerobio de flujo ascendente.

Parámetro	Valor	Unidad
Diámetro del filtro	5.50	m
Altura del filtro	2.10	m
Borde libre	0.45	m
Espesor de pared	0.07	m

Fuente: Sofía Morales

En la figura 27 se presenta la vista superior del Fafa y el material filtrante que contiene en su interior. La figura 28 indica con mayor particularidad las características

del filtro biológico en su corte longitudinal en donde se aprecian las diferentes alturas de este componente.

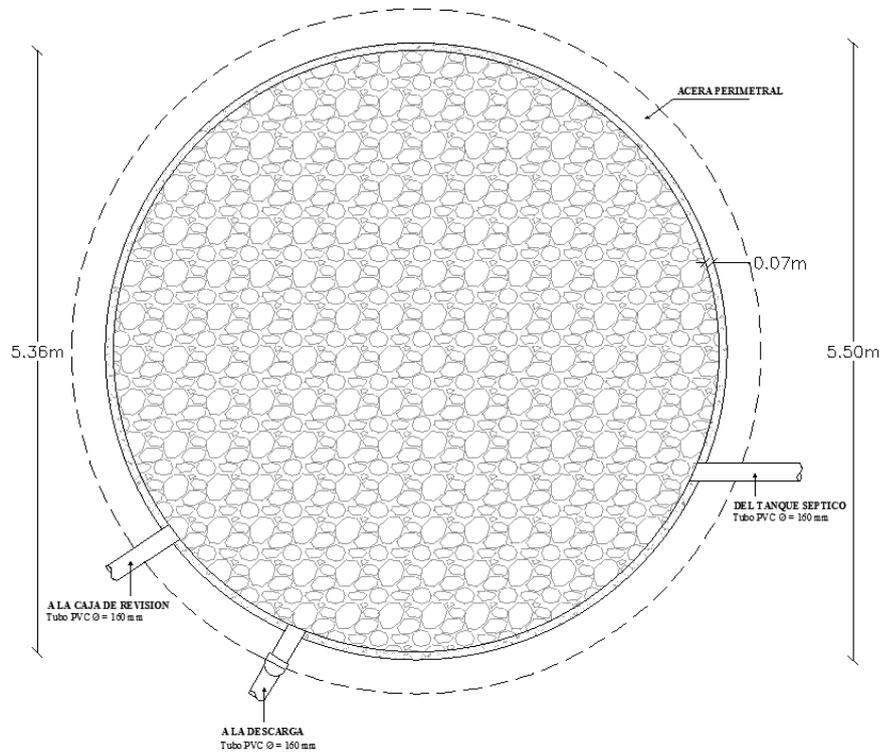


Figura 27. Vista en planta del filtro biológico de flujo ascendente.

Fuente: Sofía Morales

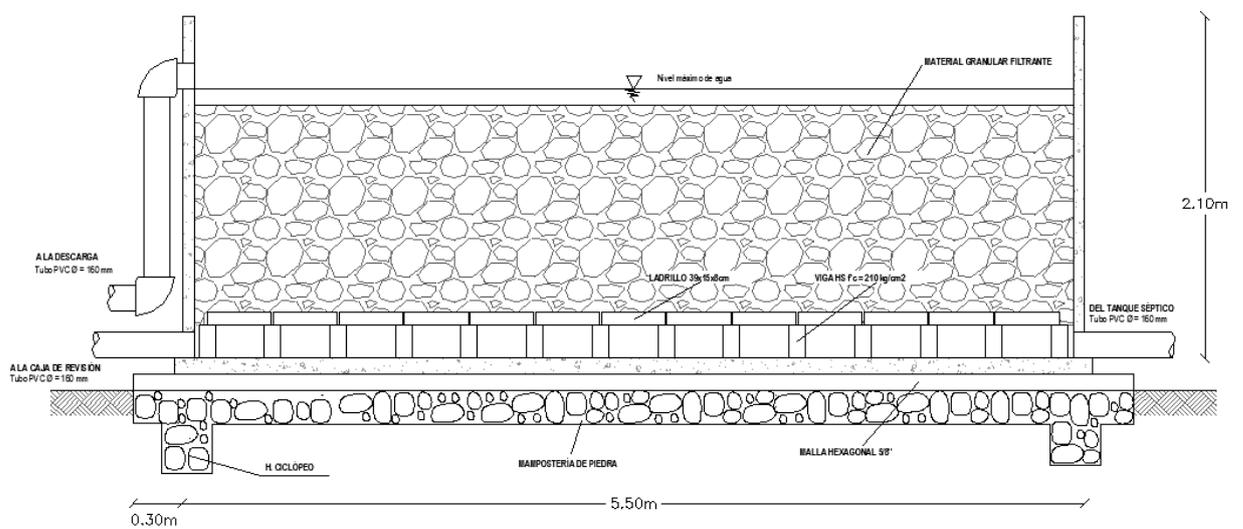


Figura 28. Vista de corte longitudinal del filtro anaerobio de flujo ascendente.

Fuente: Sofía Morales

3.1.3.2.4. Lecho de secado de lodos

El lecho de secado de lodos es un componente de hormigón armado de forma rectangular y pendiente de aproximadamente 4% en su piso. Este recibe los lodos generados en el tanque séptico a través de dos tuberías PVC de 160mm. En la siguiente tabla se presentan las dimensiones correspondientes a esta unidad.

Tabla 16. Dimensiones del lecho de secado de lodos

Parámetro	Valor	Unidad
Largo	10.15	m
Ancho	4.10	m
Altura	1.50	m
Espesor de pared	0.25	m

Fuente: Sofía Morales

A continuación, se observa a detalle un esquema del lecho de secado de lodos. En primer lugar, la vista en planta y después una vista del corte transversal de la misma.

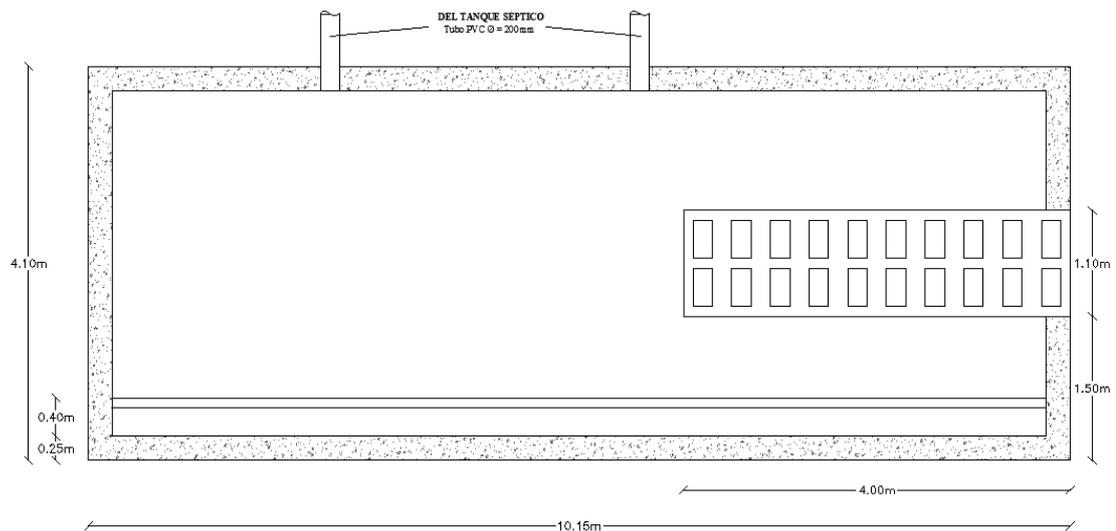


Figura 29. Vista en planta del lecho de secado de lodos.

Fuente: Sofía Morales

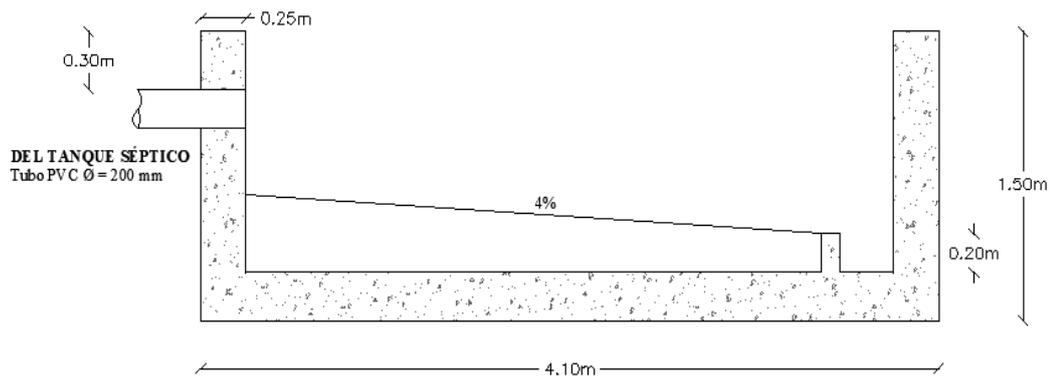


Figura 30. Vista de corte transversal del lecho de secado de lodos.

Fuente: Sofía Morales

3.1.3.3. Diagnóstico del funcionamiento teórico actual de la PTAR

3.1.3.3.1. Diagnóstico del funcionamiento del tanque repartidor de caudales

Una de las funciones principales de este componente era retener los sólidos de gran tamaño de las aguas residuales previo su ingreso en las demás unidades de la PTAR, por tanto, originalmente incluía en su diseño una rejilla. Sin embargo, con el pasar de los años este elemento fue retirado de la estructura, dejando únicamente el perfil que lo sostenía en la parte inferior del tanque. En la actualidad, este componente no aporta con ningún tipo de tratamiento en el tren de depuración del agua residual y se lo considera como un pozo de ingreso que conecta el agua proveniente del sistema de alcantarillado al tanque séptico.

3.1.3.3.2. Diagnóstico del funcionamiento del tanque séptico

Para analizar el funcionamiento de esta unidad se empleó el manual de la Organización Panamericana de la Salud 2005, puesto que establece fórmulas y valores críticos relevantes con aplicabilidad en zonas urbanas y rurales. Además, incluye datos límites de ciertos parámetros que deben cumplir las fosas sépticas, tanques IMHOFF y lagunas de estabilización de las PTAR para comprobar su estado de construcción y eficiencia.

[39]

Por tanto, el diseño del tanque séptico partió de los datos y parámetros propios de la población y basado en especificaciones de la norma, haciendo hincapié que el número de usuarios del sistema de alcantarillado es 104, y según el último censo poblacional realizado por el INEC menciona que el promedio de personas por hogar en la parroquia Chiquicha es aproximadamente 4. Por consiguiente, la población servida es de 416 habitantes. La tabla 17 muestra estos valores.

Tabla 17. Datos para el análisis del tanque séptico.

Parámetros	Simbología	Valor	Unidad
Población servida	P	416	hab
Caudal de aporte unitario de aguas residuales	Q	209.77	l/(hab*día)
Intervalo deseado de operación para la remoción de lodos generados	N	1	años
Volumen de lodos producidos (en base a la temperatura ambiental = clima frío para Chiquicha)	G	50	l/(hab*año)

Fuente: Sofía Morales

- **Cálculo del periodo de retención hidráulica (PR)**

$$PR = 1.5 - 0.3 \log(P * Q) \quad (Ec. 3)$$

$$PR = 1.5 - 0.3 \log\left(416 \text{ hab} * 209.77 \frac{\text{l}}{\text{hab} * \text{día}}\right)$$

$$PR = 0.018 \text{ días}$$

Por normativa, se considera que el tiempo de retención mínima es de seis horas, es decir 0.25 días, por lo cual se optó por este valor:

$$\mathbf{PR = 0.25 \text{ días}}$$

- **Cálculo del volumen requerido para la sedimentación (Vs)**

$$Vs = 10^{-3} * (P * Q) * PR \quad (Ec. 4)$$

$$Vs = 10^{-3} * \left(416 \text{ hab} * 209.77 \frac{\text{l}}{\text{hab} * \text{día}}\right) * 0.25 \text{ días}$$

$$\mathbf{Vs = 21.82 \text{ m}^3}$$

- **Cálculo del volumen de digestión y almacenamiento de lodos (Vd)**

$$Vd = 70 * 10^{-3} * P * N \quad (Ec. 5)$$

$$Vd = 70 * 10^{-3} * 416 \text{ hab} * 1 \text{ año}$$

$$\mathbf{Vd = 29.12 m^3}$$

- **Determinación de volumen de natas (Vn)**

La norma establece como valor mínimo en este parámetro:

$$\mathbf{Vn = 0.70 m^3}$$

- **Cálculo del volumen total teórico del tanque séptico (Vt)**

$$Vt = Vs + Vd + Vn \quad (Ec. 6)$$

$$Vt = (21.82 + 29.12 + 0.70) m^3$$

$$\mathbf{Vt = 51.64 m^3}$$

- **Cálculo del volumen total actual del tanque séptico (Va)**

Con los datos de la tabla 11 sobre dimensiones del tanque séptico, se aplicó la siguiente ecuación:

$$Va = Largo * ancho * altura \quad (Ec. 7)$$

$$Va = 7.60 m * 5,80 m * 2.50 m$$

$$\mathbf{Va = 110.20 m^3}$$

Los resultados obtenidos de este análisis indicaron que el volumen teórico del tanque séptico es de 51.64 m³ y el volumen total actual es de 110.20 m³, por lo cual se aduce que esta unidad cumple las condiciones estipuladas en la normativa al haberse diseñado y construido con las dimensiones mínimas correctas para depurar el agua residual. Por otra parte, el tanque séptico está descuidado por la falta de mantenimiento y limpieza ocasionando que el proceso de remoción no se efectúa eficientemente a pesar de tener una estructura adecuada.

3.1.3.3. Diagnóstico del funcionamiento del filtro anaerobio de flujo ascendente

Para verificar el funcionamiento del filtro anaerobio de flujo ascendente se empleó el Manual de agua potable y saneamiento – Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales: filtros anaerobios de flujo ascendente, desarrollado por la Comisión Nacional del Agua en 2015. En este documento se detallan fórmulas y datos establecidos para dimensionar adecuadamente los filtros percoladores satisfaciendo parámetros en el tratamiento de aguas residuales. [40]

En primera instancia, la tabla 18 presenta los datos necesarios para calcular parámetros reales del FAFA como único tratamiento biológico, considerando condiciones propias de la comunidad y resultados obtenidos en el análisis del afluente. Posteriormente se compararán los resultados obtenidos con el rango de valores establecidos por dicha normativa para verificar su correcto dimensionamiento.

Tabla 18. Datos para el análisis del filtro anaerobio de flujo ascendente actual.

Parámetros	Simbología	Valor	Unidad
Caudal de aporte unitario de aguas residuales	Q	87.26	m ³ /día
DBO presente en el afluente	S ₀	239	mg O ₂ /l
Diámetro del filtro	D	5.36	m
Altura del filtro	H	2.10	m
Longitud del borde libre	b	0.45	m
Longitud del bajo dren	d	0.28	m

Fuente: Sofía Morales

- Área superficial del filtro (A)

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (Ec. 8)$$

$$A = \frac{\pi * (5.36 \text{ m})^2}{4}$$

$$A = 22.56 \text{ m}^2$$

- Volumen total del filtro (A)

$$V = A * H \quad (Ec. 9)$$

$$V = 22.56 \text{ m}^2 * 2.10 \text{ m}$$

$$V = 47.38 \text{ m}^3$$

- Altura del lecho filtrante (hm)

$$hm = H - b - d \quad (Ec. 10)$$

$$hm = 2.10 \text{ m} - 0.45 \text{ m} - 0.28 \text{ m}$$

$$hm = 1.37 \text{ m}$$

- Volumen del lecho filtrante (Vm)

$$Vm = hm * A \quad (Ec. 11)$$

$$Vm = 1.37 \text{ m} * 22.56 \text{ m}^2$$

$$Vm = 30.91 \text{ m}^3$$

- Cálculo de la carga orgánica volumétrica total (COV)

$$COV = \frac{Q * S_o}{V} \quad (Ec. 12)$$

$$COV = \frac{87.26 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 0.239 \frac{\text{kg} * \text{DBO}_5}{\text{m}^3}}{47.38 \text{ m}^3}$$

$$COV = 0.44 \frac{\text{kg} * \text{DBO}_5}{\text{m}^3 * \text{día}}$$

- Cálculo de la carga orgánica volumétrica en el lecho filtrante (COV_m)

$$COV_m = \frac{Q * S_o}{Vm} \quad (Ec. 13)$$

$$COV_m = \frac{87.26 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 0.239 \frac{\text{kg} * \text{DBO}_5}{\text{m}^3}}{30.46 \text{ m}^3}$$

$$COV_m = 0.67 \frac{kg * DBO_5}{m^3 * día}$$

- Estimación del tiempo de residencia hidráulica (TRH)

$$TRH = \frac{Vm}{Q} \quad (Ec. 14)$$

$$TRH = \frac{30.91 m^3}{87.26 \frac{m^3}{día}}$$

$$TRH = 0.35 días = 8.40 horas$$

- Eficiencia esperada de remoción (E)

$$E = 100[1 - 0.87(TRH^{-0.5})] \quad (Ec. 15)$$

$$E = 100[1 - 0.87(8.40 h^{-0.5})]$$

$$E = 69.98\%$$

- Concentración de DBO esperada en el líquido de salida (DBO_{ef})

$$DBO_{ef} = S_o - \frac{E(S_o)}{100} \quad (Ec. 16)$$

$$DBO_{ef} = 239 \frac{kg DBO}{m^2} - \frac{69.98 \left(239 \frac{kg DBO}{m^2} \right)}{100}$$

$$DBO_{ef} = 71.75 \frac{mg O_2}{l}$$

- Cálculo de la carga hidráulica superficial (CHS)

$$CHS = \frac{Q}{A} \quad (Ec. 17)$$

$$CHS = \frac{87.26 \frac{m^3}{día}}{22.56 m^2}$$

$$CHS = 3.87 m^2$$

Tabla 19. Comparación de valores calculados reales y parámetros establecidos para FAFA.

Parámetro de diseño	Rango de valores	Valor real calculado
	Q máximo horario	
Medio de empaque	Piedra	Piedra
Altura del lecho filtrante (m)	0.8 a 3.0	1.37
Tiempo de residencia hidráulica (horas)	3 a 6	8.40
Carga hidráulica superficial (m ³ /m ² *día)	10 a 15	3.87
Carga orgánica volumétrica (kg de DBO/m ³ *día)	0.15 a 0.50	0.44
Carga orgánica en el medio filtrante (kg DBO/m ³ *día)	0.25 a 0.75	0.67

Fuente: Sofía Morales

Los resultados de este apartado indicaron que la mayor parte de parámetros se encuentran dentro de los rangos establecidos, es decir, el material del medio filtrante y su altura, así como la carga orgánica volumétrica del filtro cumplen la normativa vigente. El tiempo de residencia hidráulica (THR) supera el límite máximo dándose a entender que durante un largo tiempo el agua residual permanece dentro del filtro permitiendo una mejor descontaminación (en varios estudios se ha encontrado que los filtros percoladores operan óptimamente con un TRH entre 4 y 10 horas). Por otra parte, la carga hidráulica superficial contempla un valor inferior al normado, por ende, el volumen de líquido a tratar diariamente es ínfimo con relación a la capacidad del medio filtrante.

Considerando que estos factores son la base esencial del funcionamiento del filtro biológico para garantizar las condiciones anaerobias requeridas, se infiere que el componente depura el agua residual apropiadamente e incluso se encuentra sobredimensionado en función al caudal de ingreso. Sin embargo, la falta de limpieza y mantenimiento influyen en la eficiencia de remoción de contaminantes del afluente, puesto que maximizan los efectos de taponamiento en el lecho filtrante.

3.1.3.3.4. Diagnóstico del funcionamiento del lecho de secado de lodos

El lecho de secado de lodos se analizó en función de los criterios de dimensionamiento estipulados en la guía de diseño de la OPS, puesto que se describen a detalle parámetros y fórmulas a emplear. Considerando que el lecho de secado es un

componente de simple construcción y de bajo costo para deshidratar los lodos producidos en el tanque séptico y demás unidades hidráulicas del tren de tratamiento de una PTAR en comunidades rurales, los datos siguientes son muy acertados y se basan en resultados del afluente del presente proyecto. [39]

Tabla 20. Datos para analizar el lecho de secado de lodos.

Parámetros	Simbología	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Q	1.01	l/s
Sólidos en suspensión presentes en el afluente	SS	680	mg/l
Densidad de lodos	ρ_{lodos}	1.04	Kg/l
Largo actual del componente	a	10.15	m
Ancho actual del componente	b	4.10	m

Fuente: Sofía Morales

- **Determinación de porcentaje de sólidos presentes en el lodo**

La guía menciona que este parámetro debe hallarse entre el 8 y 12 %, por tanto, se empleó un valor promedio. [39]

$$\% \text{ sólidos} = 10\%$$

- **Tiempo de digestión de lodos**

En la tabla 21 se presentan valores para el tiempo de digestión en función de la temperatura. La comunidad de Chiquicha centro presenta temperaturas que oscilan entre los 14 y 16°C, por esto se adujo un dato promedio de 15°C. De esta manera, se tiene que el tiempo de digestión de lodos es igual es:

$$Td = 55 \text{ días}$$

Tabla 21. Tiempo requerido para la digestión de lodos en función de la temperatura.

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

Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2005. [39]

- **Profundidad de aplicación**

Se tomó un valor promedio entre el largo otorgado en la norma, el cual es de 0.20m a 0.40m.

$$Ha = 0.30 \text{ m}$$

- **Carga de sólidos que ingresan al sedimentador (C)**

$$C = Q * SS * 0.0864 \quad (Ec. 18)$$

$$C = 1.01 \frac{l}{s} * \frac{680mg}{l} * 0.0864$$

$$C = 59.34 \frac{kg \text{ de SS}}{día}$$

- **Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd)**

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C) \quad (Ec. 19)$$

$$Msd = \left(0.5 * 0.7 * 0.5 * 59.34 \frac{kg \text{ de SS}}{día} \right) + \left(0.5 * 0.3 * 59.34 \frac{kg \text{ de SS}}{día} \right)$$

$$Msd = 19.29 \frac{kg \text{ de SS}}{día}$$

- **Volumen diario de lodos digeridos (Vld)**

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodo} * \frac{\% \text{ de sólidos}}{100}} \quad (Ec. 20)$$

$$Vld = \frac{19.29 \frac{kg \text{ de SS}}{día}}{1.04 \frac{kg}{l} * \frac{10}{100}}$$

$$Vld = 185.48 \frac{l}{día}$$

- **Volumen de lodos a extraerse del tanque (Vel)**

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000} \quad (Ec. 21)$$

$$Vel = \frac{185.48 \frac{l}{día} * 55 \text{ días}}{1000}$$

$$Vel = 10.20 m^3$$

- Área del lecho de secado (Als)

$$Als = \frac{Vel}{Ha} \quad (Ec. 22)$$

$$Als = \frac{10.20 m^3}{0.30 m}$$

$$Als = 34.00 m^2$$

- Área actual del lecho de secado de lodos (Aa)

$$Aa = a * b \quad (Ec. 23)$$

$$Aa = 10.15 m * 4.10 m$$

$$Aa = 41.62 m^2$$

Los datos obtenidos indicaron que el lecho de secado de lodos mantiene dimensiones óptimas para desempeñar su trabajo en la deshidratación de desechos generados en el tanque séptico, dado que el área actual (41.62 m²) es superior al área calculada equivalente a 34 m². Así mismo, la normativa de la OPS sugiere un rango de 3 a 6m en cuanto al ancho de estas unidades, lo cual se cumplió en este proyecto al haberse construido con un ancho de 4.10m.

Pese a tener las medidas adecuadas, esta unidad carece de elementos fundamentales en su estructura. No se cuenta con tubería perforada como mecanismo filtrante en la parte inferior para drenar correctamente el agua producida por los lodos. Adicionalmente, la vegetación presente dentro del tanque dificulta el asentamiento de los desechos, provocando que este componente no trabaje en óptimas condiciones.

3.1.3.4. Verificación de funcionamiento

La PTAR de la comunidad de Chiquicha Centro recoge las aguas residuales del sistema de alcantarillado de la zona para depurarlas y posteriormente descargarlas en un canal que conduce a una quebrada. Los resultados del análisis de propiedades físico – químicas del afluente y efluente indicaron incumplimiento en el proceso de depuración de la planta de tratamiento al sobrepasar en la mayor parte de parámetros los rangos establecidos por la TULSMA 2015, como se observa en la tabla 11.

Por otra parte, se cuenta con un tren de tratamiento conformado por: tanque repartidor de caudales, tanque séptico, FAFA y lecho de secado de lodos. Estos componentes fueron analizados en base a normativas de diseño vigentes proporcionados por la Organización Panamericana de la Salud y la Comisión Nacional del Agua, verificando que el tanque repartidor de caudales no se desempeña adecuadamente en la función para el cual fue diseñado. Pese a tener dimensiones adecuadas de diseño, no se ha llevado un correcto mantenimiento y limpieza de los componentes. Esto se evidencia en la tabla 22, con un resumen del análisis realizado.

Tabla 22. Cuadro resumen del funcionamiento actual de la PTAR Chiquicha Centro.

Componente	Funcionamiento actual vs. teórico calculado	Observación
Tanque repartidor de caudales	No cuenta con una rejilla en su parte interior para retener sólidos de gran tamaño previo su entrada. Funciona únicamente como pozo de ingreso.	No aporta ningún tratamiento al agua residual.
Tanque séptico	Esta unidad cuenta con un volumen de 110.20 m ³ , el cual es mayor al volumen teórico calculado de 51.64 m ³ y por tanto satisface la demanda de líquido residual. Sin embargo, su falta de mantenimiento es evidente.	Cumple con el dimensionamiento establecido por la OPS.
Filtro anaerobio de flujo ascendente	La mayor parte de parámetros se encuentran dentro de los rangos establecidos. El TRH supera el límite máximo y la carga hidráulica superficial mantiene un valor inferior al normado; por tanto, el volumen de líquido a tratar diariamente es ínfimo con relación a la capacidad del medio filtrante y durante un largo tiempo permanece en el filtro permitiendo una mejor descontaminación. Por otra parte, la falta de mantenimiento y limpieza maximizan el riesgo de taponamiento en el material filtrante.	Cumple con las condiciones mínimas estipuladas por la CONAGUA.
Lecho de secado de lodos	Presenta un área de 41.62 m ² , que es muy superior al área teórica calculada (34 m ²). Pese a esto, carece de un tubo perforado para drenar el agua producida por los lodos.	Cumple con el dimensionamiento establecido por la OPS. Diseño inadecuado de drenaje.

Fuente: Sofía Morales

Con lo antes mencionado, se comprueba que la PTAR de Chiquicha Centro no está trabajando de forma eficiente y es necesario un rediseño de ciertos procesos unitarios ya existentes y la inclusión de unidades hidráulicas al tren de tratamiento. De esta manera, la propuesta garantizará una correcta remoción de contaminantes, un líquido de descarga que cumpla con los límites permisibles normados y mejora en las condiciones de vida de los habitantes de la comunidad.

3.1.4. Rediseño de la PTAR

Según los resultados obtenidos con la caracterización del agua residual y el diagnóstico actual de los componentes que conforman la PTAR se concluyó que la mayor parte de parámetros sobrepasan los límites normados por el TULSMA 2015 y un elemento hidráulico no ofrece ningún trabajo descontaminante; por tanto, se propone un rediseño con la selección idónea de un tren de tratamiento depurador que incluye: área de cribado, desarenador, tanque de grasas, tanque séptico, lecho de secado de lodos y dos filtros anaerobios de flujo ascendente. Este esquema puede observarse detalladamente en la figura 31.

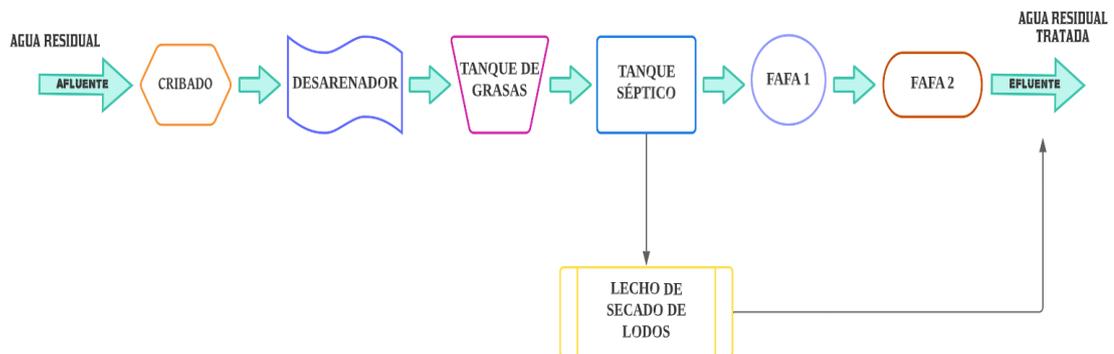


Figura 31. Esquema de rediseño para la PTAR de Chiquicha Centro.

Fuente: Sofía Morales

Se parte con la implementación de un pretratamiento cuyo fin es el retiro de arena, partículas sólidas de gran tamaño y basura que han sido transportados por el sistema de alcantarillado hasta la planta de depuración. De esta manera, el proceso descontaminante empezará con un cribado (incorporado en el actual tanque repartidor de caudales) que permita el paso de agua residual y retenga desechos grandes. Posteriormente se pasará hacia un desarenador que evite el ingreso de arena al resto de

componentes del tren de tratamiento. Considerando que no se cuenta actualmente con una unidad hidráulica para tratar el parámetro de aceites y grasas, se incluye un tanque de grasas para disminuir los valores de esta variable y no afecte el correcto funcionamiento de los demás componentes.

El tratamiento primario es el encargado de remover aproximadamente el 90% de contaminantes con el empleo de un tanque séptico. Este elemento permite la desintegración de material orgánico perjudicial mediante la aireación (abastecimiento de oxígeno a bacterias aeróbicas del agua cruda), además de que los cúmulos de material de desecho sólido se coloquen en la base de la fosa. Este lodo pasa hacia un tanque: lecho de secado de lodos, que elimina el agua presente en este fango a partir del secado en una superficie al aire libre y dotada de un buen drenaje. A este componente se le incorporará una tubería perforada tipo desagüe en la parte inferior que recoja el líquido drenado hasta la descarga, puesto que actualmente este elemento es inexistente.

Finalmente, el agua se direcciona hacia un tratamiento secundario conformado por dos filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA) de iguales dimensiones considerando parámetros de diseño según lo estipulado por la CONAGUA. A la fecha, uno de los filtros se encuentra deshabilitado en la PTAR y no cumple con ninguna función depuradora; por tanto, su incorporación al tren de tratamiento presenta un gran beneficio para disminuir la carga contaminante en el líquido de descarga (reducir significativamente los niveles de nitratos y fosfatos) y económicamente se ahorraría en la construcción del mismo, dado que requiere únicamente mantenimiento y adecuación para conectarlo al sistema y ponerlo en operación.

3.1.4.1. Parámetros de diseño

Para el dimensionamiento de los nuevos componentes y rediseño de unidades hidráulicas existentes se procedió a determinar parámetros como: población futura, dotación de agua y cálculo del caudal de diseño. La CONAGUA establece un rango de vida útil de plantas de tratamiento de hasta 40 años. Por su parte, Luis Cuatis considera óptimo diseñar los componentes de una PTAR para un tiempo de funcionamiento de 25 años. [41]

En virtud de satisfacer la demanda futura, densidad actual y perdurabilidad de materiales y sistemas de la estación depuradora; así como asegurar la posibilidad de construir las unidades hidráulicas por etapas o a su vez la ampliación del tren de tratamiento, se ha establecido un periodo de diseño de 25 años para este proyecto.

3.1.4.1.1. Determinación de población futura

Para calcular la población de diseño del proyecto es necesario proyectar los datos actuales al periodo de vida útil de la obra. Por tanto, se emplean al menos tres métodos de proyección en base a lo establecido por el INEN en su normativa para estudio y diseño para la disposición de aguas residuales, sección 4.1.3. Los resultados orientan al proyectista en la elección idónea de un procedimiento para los cálculos correspondientes. [42]

Al no contar con un registro estadístico de habitantes en la comunidad de Chiquicha Centro, se emplean los datos mostrados en la tabla 23 referidos a la población censal de la parroquia Chiquicha del cantón Pelileo. Estos datos ofrecidos por el INEC en su último censo del 2010 permiten determinar la tasa de crecimiento.

Tabla 23. Registro censal de población de la parroquia Chiquicha, cantón Pelileo.

AÑO CENSAL	POBLACIÓN (hab)		
	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
1990	744	779	1523
2001	941	1016	1957
2010	1163	1282	2445

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos. [43]

- Tasa de crecimiento

Para determinar esta variable se emplean los datos de la tabla 23 en tres métodos que se detallan a continuación:

Método aritmético – lineal: Se aplica la siguiente ecuación para determinar el crecimiento poblacional con su tabla de resultados (tabla 24) que incluye un valor promedio. Su correspondiente diagrama con línea de tendencia se aprecia en la figura 32.

$$r = \left(\frac{\frac{P_f}{P_i} - 1}{t} \right) * 100 \quad (\text{Ec. 24})$$

Donde:

r = tasa de crecimiento poblacional (%)

P_f = población final (hab)

P_i = población inicial (hab)

t = periodo poblacional (años)

Tabla 24. Tasa de crecimiento poblacional por el método lineal.

AÑO CENSAL	Tasa de crecimiento		
	POBLACIÓN	t	r
1990	1523		
		11	2.59 %
2001	1957		
		9	2.77 %
2010	2445		
		PROMEDIO	2.68 %

Fuente: Sofía Morales

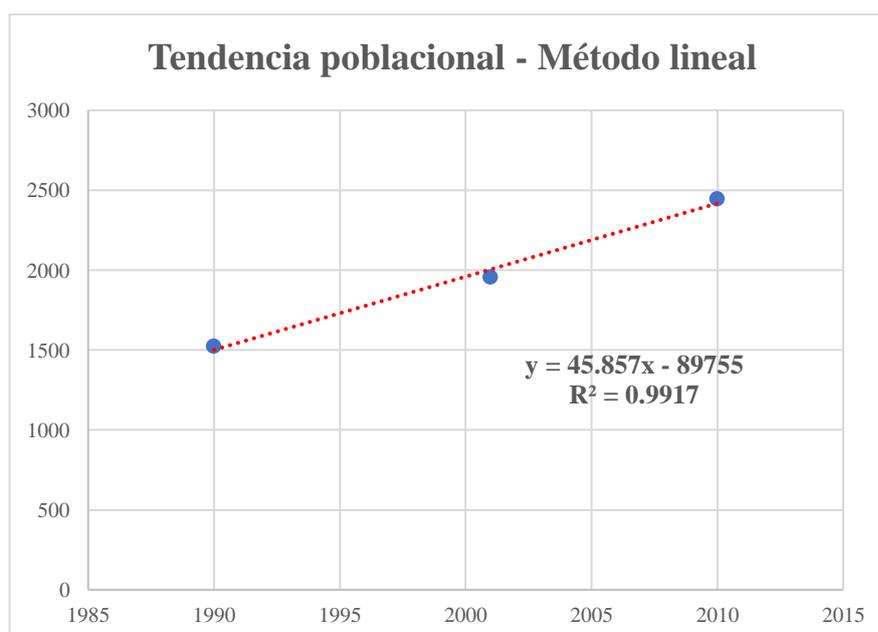


Figura 32. Tendencia de crecimiento poblacional por el método lineal.

Fuente: Sofía Morales

Método geométrico: Se emplea la ecuación 25 para determinar la tasa de crecimiento en cada periodo de tiempo y se calcula un valor promedio, que se indica en la tabla 25.

$$r = \left(\left(\frac{P_f}{P_i} \right)^{1/t} - 1 \right) * 100 \quad (\text{Ec. 25})$$

Tabla 25. Tasa de crecimiento poblacional por el método geométrico.

AÑO CENSAL	Tasa de crecimiento		
	POBLACIÓN	t	r
1990	1523		
		11	2.31 %
2001	1957		
		9	2.50 %
2010	2445		
		PROMEDIO	2.41 %

Fuente: Sofía Morales

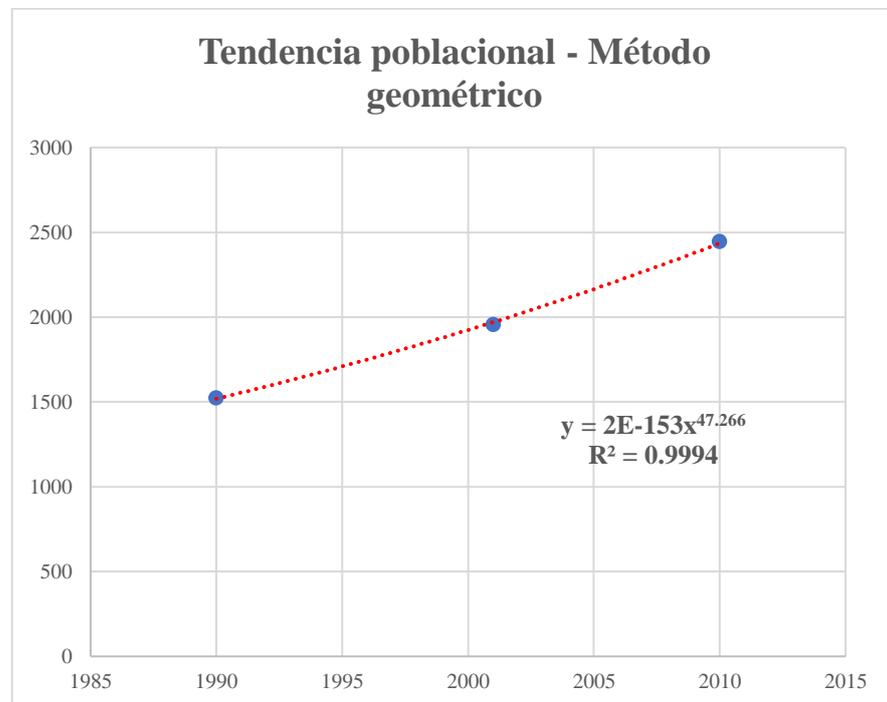


Figura 33. Tendencia de crecimiento poblacional por el método geométrico.

Fuente: Sofía Morales

Método exponencial: En la tabla 26 se aprecian los resultados de la aplicación de la ecuación 26 para determinar la tasa de crecimiento poblacional por este método. De igual forma, se presenta la línea de tendencia de estos datos en la figura 34.

$$r = \left(\frac{\ln \left(\frac{P_f}{P_i} \right)}{t} \right) * 100 \quad (\text{Ec. 26})$$

Tabla 26. Tasa de crecimiento poblacional por el método exponencial.

AÑO CENSAL	Tasa de crecimiento		
	POBLACIÓN	t	r
1990	1523		
		11	2.28 %
2001	1957		
		9	2.47 %
2010	2445		
		PROMEDIO	2.38 %

Fuente: Sofía Morales

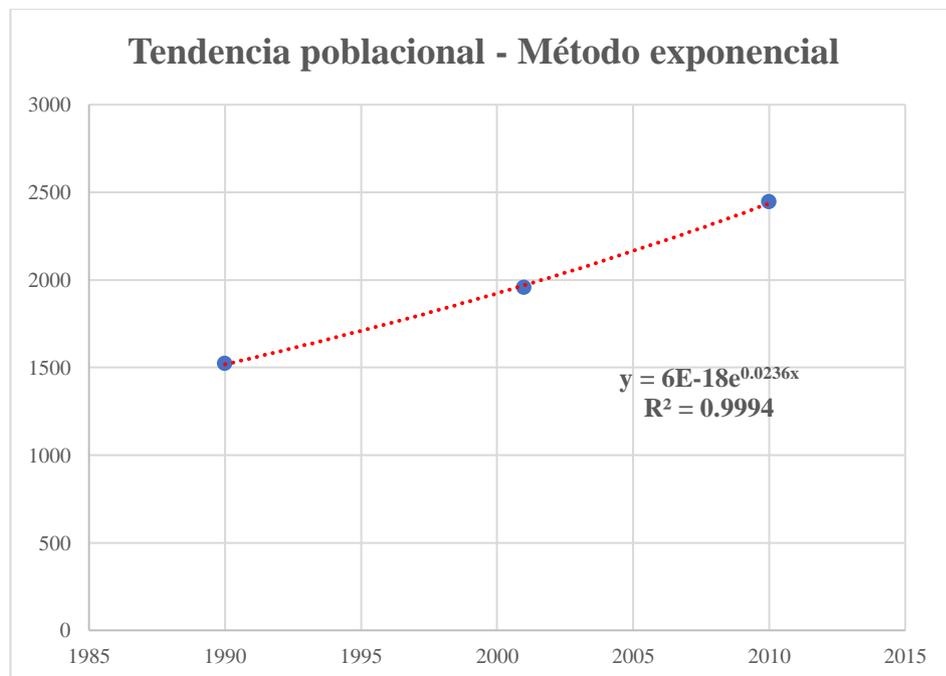


Figura 34. Tendencia de crecimiento poblacional por el método exponencial.

Fuente: Sofía Morales

En base a los esquemas de tendencia poblacional de cada método se observó que el coeficiente de determinación (R^2) del modelo geométrico muestra un mejor ajuste a los datos ingresados con un valor de 0.9994. Se descarta el método exponencial por tener una aplicación en grandes ciudades donde el crecimiento poblacional es sumamente veloz debido a condiciones migratorias o índices de natalidad y mortalidad, lo cual no es característico de la comunidad de Chiquicha Centro. Para el presente proyecto se determina el método geométrico para calcular la población futura según las consideraciones antes mencionadas. De esta manera, la tasa de crecimiento poblacional es:

$$r = 2.41\%$$

- Población actual

En el numeral 3.1.3.3.2 se mencionó que el número de usuarios del sistema de alcantarillado actualmente es 104 y según el último censo poblacional realizado por el INEC se estableció que el promedio de personas por hogar en la parroquia Chiquicha del cantón Pelileo es aproximadamente 4. Por consiguiente, la población servida es de:

$$Pa = 416 \text{ hab}$$

- Cálculo de población futura

Con las consideraciones anteriores, la población futura se calcula empleando la ecuación 26, la cual se rige al modelo geométrico y emplea los siguientes datos:

$$Pa = 416 \text{ hab}$$

$$r = 2.41\% = 0.0241$$

$$n = 25 \text{ años}$$

$$Pf = Pa * (1 + r)^n \quad (\text{Ec. 27})$$

$$Pf = 416 \text{ hab} * (1 + 0.0241)^{25}$$

$$Pf = 754 \text{ hab}$$

3.1.4.1.2. Dotación de agua

- Dotación actual

La normativa CO 10.7 proporcionada por la SENAGUA, en su tabla 5.3 establece el valor de dotación actual. Por las condiciones de la zona donde está implantada la PTAR, se identifica que corresponde a un nivel de servicio IIB con un clima frío. Por tanto, se tiene el siguiente valor de dotación actual. [44]

$$Da = 75 \frac{l}{hab * día}$$

- Dotación futura

El consumo de agua puede incrementar su valor debido a diferentes factores que se justifican por un mayor hábito en el uso de este recurso y la disponibilidad del mismo. Por consiguiente, es necesario determinar un valor de dotación futura en base al periodo de diseño. Empleando la fórmula empírica con la ecuación 28 se asume un aumento de 1 l/hab*día cada año, en donde n corresponde al periodo de diseño.

$$Df = Da + \left(1 \frac{l}{hab * día}\right) * n \quad (Ec. 28)$$

$$Df = 75 + \left(1 \frac{l}{hab * día}\right) * 25$$

$$Df = 100 \frac{l}{hab * día}$$

3.1.4.1.3. Cálculo del caudal de diseño sanitario

Para la determinación del caudal de diseño se parte del cálculo de ciertas variables que integran este parámetro, las mismas se detallan a continuación y sus ecuaciones se basaron en la normativa RAS, capítulo D – sección 3.3 y lo estipulado en la norma CO 10.7 – 601. [45]

- Caudal medio diario (Qmd)

Corresponde al consumo medio diario de la población registrado durante un año. Se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$Qmd = \frac{Df * Pf}{86400} \quad (Ec. 29)$$

Donde:

$Qmd = \text{caudal medio diario (l/s)}$

$Df = \text{dotación futura (l/hab * día)}$

$Pf = \text{población futura (hab)}$

$$Qmd = \frac{100 \frac{l}{hab * día} * 754 hab}{86400}$$

$$Qmd = 0.87 \frac{l}{s}$$

- Caudal medio sanitario (Qmds)

Hace referencia al recurso hídrico empleado en actividades domésticas que se arroja al sistema de alcantarillado y es conducido hasta su disposición final. Su determinación incluye un coeficiente de retorno (C) comprendido entre el 0.7 y 0.8 para niveles de complejidad bajo y medio de la red (se estima que este porcentaje es el que llega al sistema de alcantarillado). Para este proyecto se empleará un valor medio de C igual a 0.75 en la ecuación 30.

$$Qmds = Qmd * C \quad (Ec. 30)$$

$$Qmds = 0.87 \frac{l}{s} * 0.75$$

$$Qmds = 0.65 \frac{l}{s}$$

- Caudal máximo horario (QMH)

Este caudal es el producido específicamente en horas punta y se calcula en base al caudal medio diario sanitario y un factor de mayoración (F). Este componente se obtiene con la ecuación empírica propuesta por Flores, la misma que se encuentra en función de la población. Una consideración importante es que este valor debe ser mayor o igual a 1.4 [45]

$$F = \frac{3.5}{P^{0.1}} \quad (\text{Ec. 31})$$

Donde:

$P = \text{población en miles}$

$$F = \frac{3.5}{0.754^{0.1}}$$

$$F = 3.60$$

Nota: La normativa RAS establece que el factor de mayoración no debe superar el valor de 3.00; por tanto, se considerará:

$$F = 3.00$$

A partir de esto, se calcula el QMH:

$$QMH = Qmds * F \quad (\text{Ec. 32})$$

$$QMH = 0.65 \frac{l}{s} * 3.00$$

$$QMH = 1.95 \frac{l}{s}$$

- **Caudal de conexiones erradas (Qce)**

Se debe tomar en cuenta los aportes generados por el agua lluvia proveniente de ineficientes conexiones de bajantes de techumbres o patios a la red de alcantarillado. Este corresponde a un porcentaje comprendido entre 5 – 10% del caudal máximo horario. Por razones de seguridad, para el proyecto se empleará un coeficiente de 10%.

$$Qce = (5 - 10)\% * QMH \quad (\text{Ec. 33})$$

$$Qce = 10\% * 1.95 \text{ l/s}$$

$$Qce = 0.20 \frac{l}{s}$$

- **Caudal de infiltración (Qi)**

La infiltración de aguas superficiales y subterráneas en tuberías de alcantarillado es inevitable, debido principalmente a fisuras en la estructura, juntas construidas ineficientemente, unión de tuberías, etc. Para estimar este valor se parte de un coeficiente de infiltración (I) y la longitud de la tubería de la red (L) proporcionada por el PDOT de la parroquia. [31]

Según la norma boliviana NB – 688 el coeficiente de infiltración está en función del tipo de tubería. De esta manera se establece un valor de 0.0001 para tubería PVC en la red de alcantarillado con un sistema de complejidad bajo a medio. [46]

$$Q_{inf} = I * L \quad (Ec. 34)$$

$$Q_{inf} = 0.0001 \frac{l}{s * m} * 2500 m$$

$$Q_{inf} = 0.25 \frac{l}{s}$$

- **Caudal de diseño (QD)**

El caudal de diseño se obtiene al sumar los valores de QMH con los obtenidos por conexiones erradas y por infiltración.

$$Qd = QMH + Qce + Q_{inf} \quad (Ec. 35)$$

$$Qd = 1.95 \frac{l}{s} + 0.20 \frac{l}{s} + 0.25 \frac{l}{s}$$

$$Qd = 2.40 \frac{l}{s}$$

Nota: Se considera como mínimo un caudal de diseño igual a 1.5 l/s; por tanto, el Qd de este proyecto fue correcto.

3.1.4.2. Diseño de procesos unitarios que conforman la PTAR

La nueva propuesta de funcionamiento de la PTAR de Chiquicha Centro parte del diseño de un cribado, desarenador y tanque de grasas. A continuación, se rediseñan los elementos que integran el actual tren de tratamiento de la planta, como lo son el tanque séptico, lecho de secado de lodos y filtro anaerobio de flujo ascendente.

3.1.4.2.1. Diseño del cribado

- Dimensionamiento de la rejilla

Este elemento se instala en una caja de ingreso con el objetivo de impedir el paso de basura o sólidos de gran tamaño que afecten el correcto funcionamiento de las demás unidades hidráulicas. Se empleará rejillas gruesas, es decir, barras de acero (5 a 15 mm de diámetro) con una inclinación de 45° para facilitar la extracción de basura y evitar obstrucciones puesto que la limpieza se realizará de forma manual. Estas consideraciones cumplen los requisitos de la normativa CO 10.7 – 601. [47]

La cantidad de varillas se calcula con la ecuación 36 y considera que las barras son rectangulares y tienen un diámetro de 14mm con una apertura de 3cm, puesto que la normativa establece un rango de separación entre 2,5 – 5,0cm para rejillas manuales de PTAR pequeña y canal bypass. De la misma manera, el ancho del armazón se basa en la tabla 10 del dimensionamiento del tanque repartidor de caudales.

$$N = \frac{b + \emptyset}{e + \emptyset} \quad (Ec. 36)$$

Donde:

$$b: \text{ancho de la rejilla} = 1.05 \text{ m}$$

$$e: \text{apertura} = 30 \text{ mm}$$

$$\emptyset: \text{diámetro de barra} = 14 \text{ mm}$$

$$N = \frac{1.05 \text{ m} + 0.014 \text{ m}}{0.03 \text{ m} + 0.014 \text{ m}}$$

$$\mathbf{N = 24.18 \approx 25 \text{ varillas}}$$

- Verificación de apertura libre entre varillas:

$$e = \frac{b + \emptyset}{N} - \emptyset \quad (Ec. 37)$$

$$e = \frac{1.05 \text{ m} + 0.014 \text{ m}}{25} - 0.014 \text{ m}$$

$$\mathbf{e = 0.03 \text{ m} \approx 30 \text{ mm}}$$

A continuación, en la figura 35 se aprecia el diseño de la rejilla en función del número de varillas calculadas y la apertura libre entre ellas. Además, se indica el diámetro de varilla empleado y el dimensionamiento final del armazón.

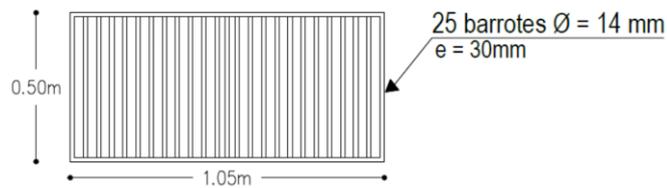


Figura 35. Diseño de rejilla para el área de cribado.

Fuente: Sofía Morales

De igual manera, en la figura 36 se propone el diseño de una criba tipo que se adapte a las dimensiones del tanque repartidor de caudales, en este caso abarcando el ancho total de este componente igual a 1.05m y los orificios correspondientes del elemento.

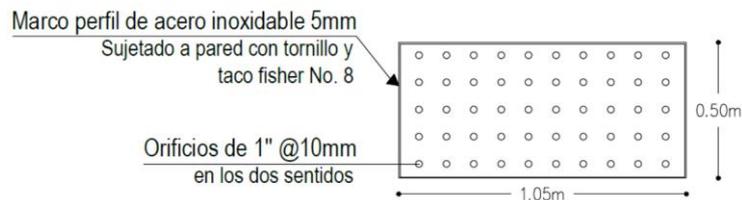


Figura 36. Diseño de criba tipo para área de cribado.

Fuente: Sofía Morales

En la siguiente imagen se observa la ubicación de rejilla y criba que conforman el área de cribado al interior del tanque repartidor de caudales.

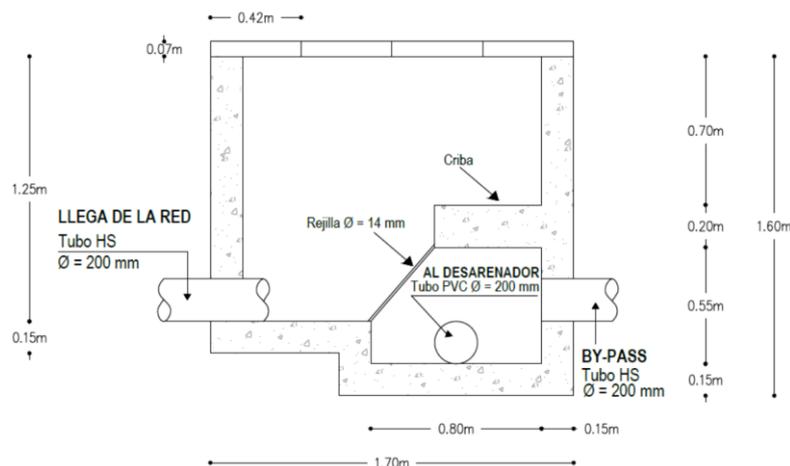


Figura 37. Ubicación de la rejilla y cribado dentro del tanque repartidor de caudales.

Fuente: Sofía Morales

3.1.4.2.2. Diseño del desarenador

Para proteger las estructuras y tuberías del tratamiento primario y secundario contra la arena y detritos acumulados se propuso un desarenador, dado que se estima la eliminación del 95% de partículas menores a 0.15mm. Su dimensionamiento se basa en los datos de la zona y criterios de la tabla 27, que son empleados en las ecuaciones estipuladas por la Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores de la OPS. [48]

Tabla 27. Datos para el dimensionamiento del desarenador.

Parámetros	Simbología	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Qd	2.40	l/s
Peso específico de la arena	ρ_s	2.65	g/cm ³
Temperatura del agua residual	T	15	°C
Viscosidad cinemática (en función de la temperatura)	η	1.1457 x 10 ⁻²	cm ² /s
Tamaño de partículas	d	0.02	cm
Aceleración de gravedad	g	981	cm/s ²

Fuente: Sofía Morales

- **Velocidad de sedimentación empleando la ley de Stokes.**

$$V_s = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_s - 1}{\eta} \right) d^2 \quad (\text{Ec. 38})$$

$$V_s = \frac{1}{18} * 981 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} * \left(\frac{2.65 - 1}{1.1457 \times 10^{-2} \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}} \right) (0.02 \text{ cm})^2$$

$$V_s = 3.14 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

- **Comprobación del número de Reynolds**

$$Re = \frac{V_s * d}{\eta} \quad (\text{Ec. 39})$$

$$Re = \frac{3.14 \frac{\text{cm}}{\text{s}} * 0.02 \text{ cm}}{1.1457 \times 10^{-2} \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}}$$

$$Re = 5.48$$

Verificación:

$$Re < 0.5$$

$$5.48 < 0.5 \quad \text{No cumple}$$

Puesto que no se cumple la condición del número de Reynolds para aplicar la Ley de Stokes, es necesario reajustar el valor de la velocidad de sedimentación con los siguientes cálculos:

Término del diámetro:

$$Tdd = \left[\frac{g(\rho_s - 1)}{\eta^2} \right]^{1/3} * d \quad (\text{Ec. 40})$$

$$Tdd = \left[\frac{981 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} (2.65 - 1)}{\left(1.1457 \times 10^{-2} \frac{\text{cm}^2}{\text{s}} \right)^2} \right]^{1/3} * 0.02 \text{ cm}$$

$$Tdd = 4.62$$

Según el esquema de valores de sedimentación mostrado en la figura 34, se traza una recta (línea verde) que corte en la curva dada según el T_{dd} calculado. El punto en el eje de las ordenadas proyectado corresponde al término de velocidad de asentamiento, igual a 0.85.

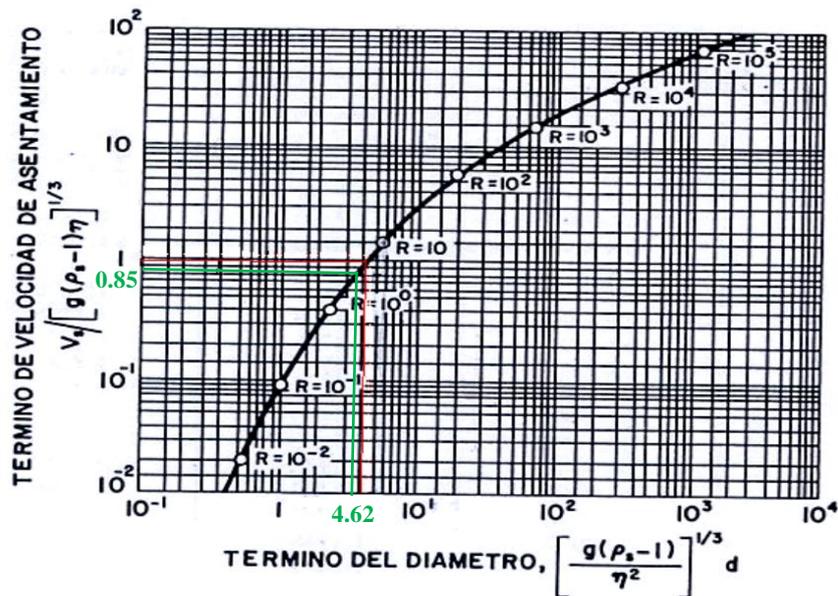


Figura 38. Valores de sedimentación

Fuente: Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores, OPS. [48]

Término de la velocidad de sedimentación

$$0.85 = \frac{V_s}{[g(\rho_s - 1)\eta]^{1/3}} \quad (\text{Ec. 41})$$

$$V_s = 0.85 * [g(\rho_s - 1)\eta]^{1/3}$$

$$V_s = 0.85 * \left[981 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} * (2.65 - 1) * 1.1457 \times 10^{-2} \frac{\text{cm}^2}{\text{s}} \right]^{1/3}$$

$$\mathbf{V_s = 2.25 \text{ cm/s}}$$

Comprobación con el número de Reynolds nuevamente

$$Re = \frac{V_s * d}{\eta} \quad (\text{Ec. 39})$$

$$Re = \frac{2.25 \frac{\text{cm}}{\text{s}} * 0.02 \text{ cm}}{1.1457 \times 10^{-2} \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}}$$

$$\mathbf{Re = 3.93}$$

El resultado indicó que se encuentra en la zona de transición, según la Ley de Allen. Por tanto, se valida el procedimiento para la velocidad de sedimentación con un valor de 2.25 cm/s y un número de Reynolds igual a 3.93.

- Coeficiente de arrastre (C_D)

$$C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34 \quad (\text{Ec. 42})$$

$$C_D = \frac{24}{3.93} + \frac{3}{\sqrt{3.93}} + 0.34$$

$$\mathbf{C_D = 7.96}$$

- Velocidad crítica de flujo (V_d)

Este parámetro parte de la identificación de una variable en función del diámetro de la partícula a tratar. Como se observa en la tabla 28, el coeficiente “a” tiene un valor de 44 puesto que el diámetro de la partícula del desarenador es 0.02cm = 0.2mm.

Tabla 28. Coeficiente “a” en función del diámetro de la partícula.

a	Diámetro
36	d > 1mm
44	1mm > d > 0.1mm
51	d < 0.1mm

Fuente: Guía de Obras hidráulicas menores. [49]

$$Vd = a * \sqrt{d} \quad (\text{Ec. 43})$$

$$Vd = 44 * \sqrt{0.2}$$

$$Vd = 19.68 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 0.1968 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Área transversal del desarenador**

$$A_{trans} = \frac{Qd}{Vd} \quad (\text{Ec. 44})$$

$$A_{trans} = \frac{0.0024 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.1968 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$A_{trans} = 0.01 \text{ m}^2$$

- **Dimensionamiento del desarenador**

a) Se emplea la relación ancho/profundidad de 1.5:1 según lo estipulado en la norma.

$$B = 1.5 h$$

b) Profundidad de sedimentación (h)

$$A_{trans} = B * h \quad (\text{Ec. 45})$$

$$A_{trans} = 1.5 h * h$$

$$h = \sqrt{\frac{A_{trans}}{1.5}}$$

$$h = \sqrt{\frac{0.01 \text{ m}^2}{1.5}}$$

$$h = 0.08 \text{ m}$$

Por criterios constructivos se establece un valor de:

$$h = 0.45 \text{ m}$$

c) Ancho del sedimentador (B)

$$B = 1.5 h$$

$$B = 1.5 * 0.45 \text{ m}$$

$$B = 0.68 \text{ m}$$

$$B \approx 0.70 \text{ m}$$

d) Largo del desarenador (L)

$$L = \frac{Vd * h}{Vs - 0.04 * Vd} \quad (\text{Ec. 46})$$

$$L = \frac{0.1968 \frac{m}{s} * 0.45 \text{ m}}{0.0225 \frac{m}{s} - 0.04 * 0.1968 \frac{m}{s}}$$

$$L = 6.10 \text{ m}$$

e) Cálculo de la longitud de transición (Lt)

El ángulo de divergencia cuyo fin es reducir pérdidas de carga por el cambio de sección del canal, debe ser $12^\circ 30'$; por consiguiente, se tiene:

$$Lt = \frac{B - b}{2 * \tan \theta} \quad (\text{Ec. 47})$$

$$Lt = \frac{0.70 \text{ m} - 0.40 \text{ m}}{2 * \tan(12.5^\circ)}$$

$$Lt = 0.68 \text{ m}$$

$$Lt \text{ asumido} = 0.70 \text{ m}$$

Verificación:

$$Lt < \frac{L}{3}$$

$$0.70 \text{ m} < \frac{6.10 \text{ m}}{3}$$

$$0.70 \text{ m} < 2.03$$

Cumple

f) Tiempo de retención hidráulica (T_s)

$$T_s = \frac{h}{V_s} \quad (\text{Ec. 48})$$

$$T_s = \frac{0.45 \text{ m}}{0.0225 \text{ m/s}}$$

$$T_s = 20 \text{ s}$$

g) Periodo de desplazamiento (T_d)

$$T_d = \frac{L}{V_d} \quad (\text{Ec. 49})$$

$$T_d = \frac{6.10 \text{ m}}{0.1968 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$T_d = 31 \text{ s}$$

h) Verificación del tiempo de retención hidráulica

$$T_d > T_s$$

$$31 \text{ s} > 20 \text{ s}$$

Cumple

Tabla 29. Dimensiones del desarenador propuesto.

Parámetro	Simbología	Valor	Unidad
Largo del desarenador	L	6.10	m
Ancho del desarenador	B	0.70	m
Profundidad	h	0.45	m
Ancho del canal de llegada	b	0.40	m
Longitud de transición	Lt	0.70	m

Fuente: Sofía Morales

En la figura 39 se observa una vista en planta del diseño del desarenador en función de las dimensiones calculadas. Asimismo, se presenta el corte longitudinal de esta unidad descontaminante en donde se aprecia con más detalle las alturas determinadas en cada sección (figura 40).

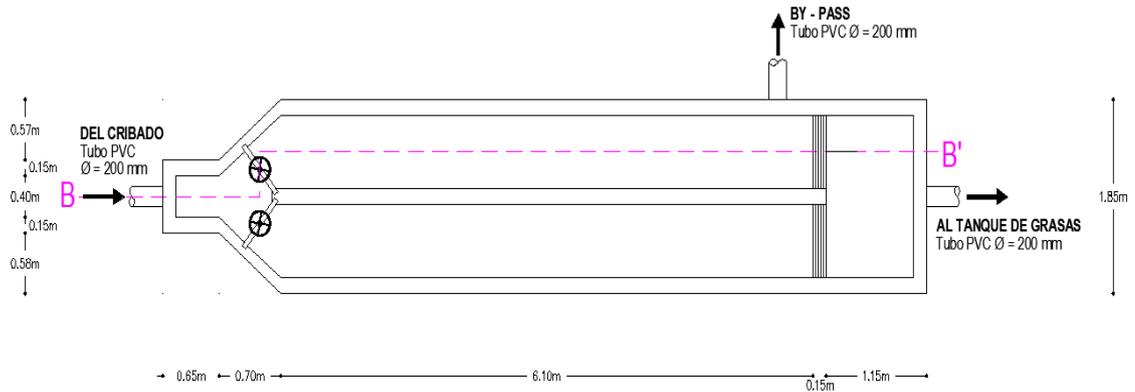


Figura 39. Vista en planta del desarenador propuesto.

Fuente: Sofía Morales

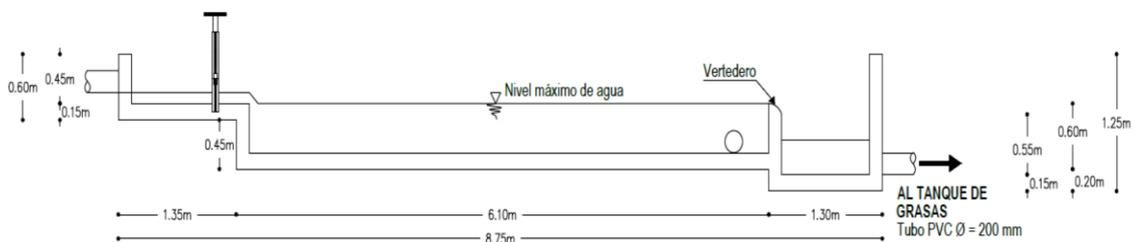


Figura 40. Corte longitudinal del desarenador propuesto.

Fuente: Sofía Morales

3.1.4.2.3. Diseño del tanque de grasas

Este componente se refiere a un tanque pequeño de flotación en el que la grasa se deposita y retiene en la superficie; a su vez el agua limpia se descarga por una tubería en su parte inferior. Su diseño parte de criterios estipulados en la normativa RAS – 2000: Título E y en especificaciones técnicas proporcionadas por la OPS/CEPIS/03.81, de las cuales se ha seleccionado los valores adecuados a condiciones de la zona y pueden observarse en la tabla 30. [50]-[51]

Tabla 30. Criterios de diseño para el tanque de grasa.

Parámetros	Simbología	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Q_d	0.0024	m^3/s
Área por cada l/s	α	0.25	m^2
Relación ancho/largo	-	1:4	-
Velocidad ascendente mínima	V_a	0.004	m/s
Tiempo de retención hidráulica	T_r	3	min
Profundidad de seguridad del tanque	P	> 0.80	m
Pendiente del lado inclinado	S	45 – 60	°
Diámetro de la tubería de ingreso	\varnothing_o	>50	mm
Diámetro de la tubería de salida	\varnothing_f	>100	mm
Borde libre	B_o	0.30	m

Fuente: Sofía Morales

- **Cálculo del área del tanque de grasas (A)**

El tiempo de retención adoptado fue 3 min, equivalente a 180 segundos.

$$A = \frac{Qd}{V_a} \quad (Ec. 50)$$

$$A = \frac{0.0024 \frac{m^3}{s}}{0.004 \frac{m}{s}}$$

$$A = 0.60 m^2$$

- **Cálculo del ancho (B)**

Se determina con la relación ancho/largo de 1:4

$$A = L * B \quad (Ec. 51)$$

Donde:

$$L = \text{largo}$$

$$B = \text{ancho}$$

$$\frac{B}{L} = \frac{1}{4}$$

$$L = 4B \quad (Ec. 52)$$

$$A = 4B * B$$

$$B = \sqrt{\frac{A}{4}}$$

$$B = \sqrt{\frac{0.60 \text{ m}^2}{4}}$$

$$B = 0.39 \text{ m}$$

Nota: Debido a trabajos de limpieza y mantenimiento se asume un valor aceptable para el ancho del tanque, con el fin de que un operador de la PTAR pueda ingresar sin inconvenientes.

$$\mathbf{B = 0.80 \text{ m}}$$

- **Cálculo del largo (L)**

$$L = 4 * 0.80 \text{ m} \quad (\text{Ec. 53})$$

$$\mathbf{L = 3.20 \text{ m}}$$

Con las dimensiones calculadas se halla el nuevo valor de área (Af):

$$Af = B * L \quad (\text{Ec. 54})$$

$$Af = 0.80 \text{ m} * 3.20 \text{ m}$$

$$\mathbf{Af = 3.56 \text{ m}^2}$$

- **Determinación del volumen útil del tanque (V)**

El tiempo de retención adoptado es 3 min, equivalente a 180 segundos.

$$V = Qd * Tr \quad (\text{Ec. 55})$$

$$V = 0.0024 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 180 \text{ s}$$

$$\mathbf{V = 0.43 \text{ m}^3}$$

- **Cálculo de la altura útil (H)**

$$H = \frac{V}{A} \quad (Ec. 56)$$

$$H = \frac{0.43 \text{ m}^3}{3.56 \text{ m}^2}$$

$$H = 0.17 \text{ m}$$

Puesto que la altura calculada es inferior a la profundidad de seguridad establecida, se adopta este valor mínimo de la norma:

$$H = 0.80 \text{ m}$$

- **Cálculo de la altura total (Ht)**

$$H_t = H + B_0 \quad (Ec. 57)$$

$$H_t = 0.80 \text{ m} + 0.30 \text{ m}$$

$$H_t = 1.10 \text{ m}$$

Tabla 31. Dimensiones del tanque de grasas propuesto.

Parámetro	Simbología	Valor	Unidad
Largo	L	3.20	m
Ancho	B	0.80	m
Altura útil	H	0.80	m
Borde libre	H ₀	0.30	m
Altura total	H _t	1.10	m

Fuente: Sofía Morales

En la figura 41 se detalla un esquema en planta del tanque de grasas que conforma el nuevo tren de tratamiento de la PTAR en función de las dimensiones calculadas de la tabla 31. Se puede observar más detalladamente el corte longitudinal de este componente en la figura 42, misma que muestra la ubicación de las tuberías internas y de salida por donde circulará el agua residual.

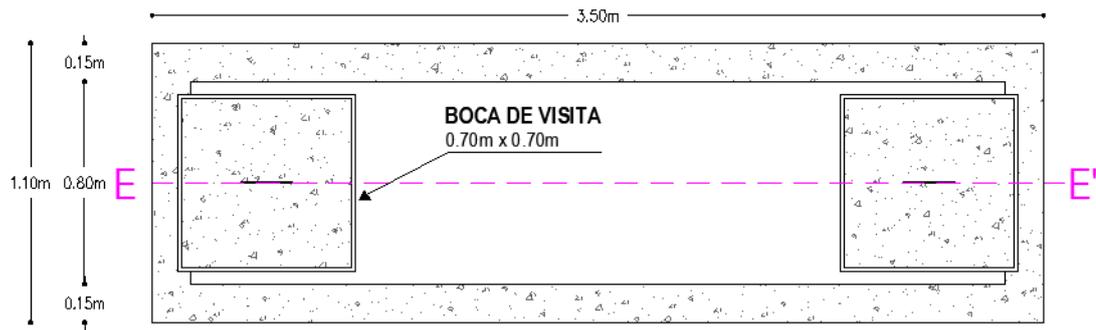


Figura 41. Vista en planta del tanque de grasas propuesto.

Fuente: Sofía Morales

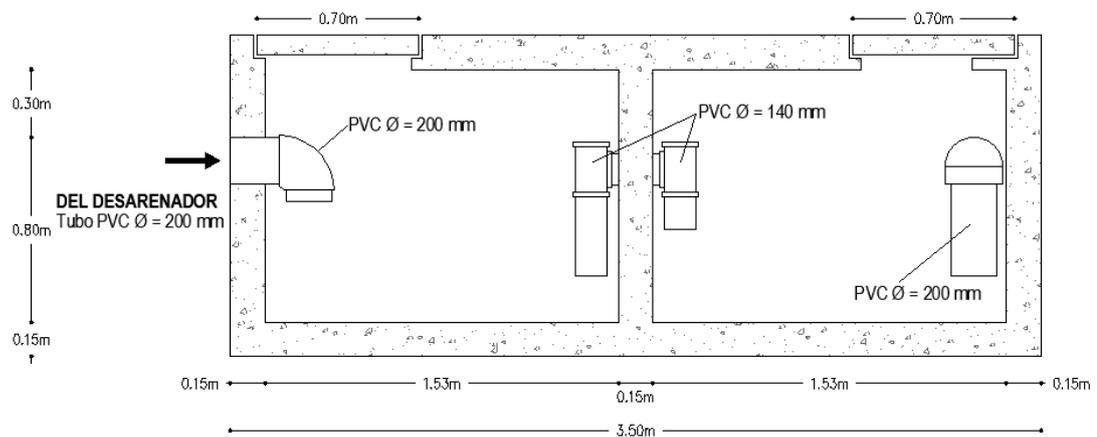


Figura 42. Corte longitudinal del tanque de grasas propuesto.

Fuente: Sofía Morales

3.1.4.2.4. Rediseño del tanque séptico

El dimensionamiento de esta unidad empleó el manual de la Organización Panamericana de la Salud 2005 al establecer fórmulas y valores críticos relevantes con aplicabilidad en zonas urbanas y rurales. Además, incluye datos límites de ciertos parámetros que deben cumplir las fosas sépticas, tanques IMHOFF y lagunas de estabilización de las PTAR para comprobar su estado de construcción y eficiencia. [39]

Por tanto, el rediseño del tanque séptico proyectado para 25 años, partió de los datos y parámetros propios de la población y basado en especificaciones de la norma, como se observa en la tabla 32.

Tabla 32. Datos para el diseño del tanque séptico.

Parámetros	Simbología	Valor	Unidad
Población servida	P	754	hab
Caudal de aporte unitario de aguas residuales	Q	275.01	l/(hab*día)
Intervalo deseado de operación para la remoción de lodos generados	N	1	años
Volumen de lodos producidos (en base a la temperatura ambiental = clima frío para Chiquicha)	G	50	l/(hab*año)

Fuente: Sofía Morales

- **Cálculo del periodo de retención hidráulica (PR)**

$$PR = 1.5 - 0.3 \log(P * Q) \quad (Ec. 3)$$

$$PR = 1.5 - 0.3 \log\left(754 \text{ hab} * 275.01 \frac{\text{l}}{\text{hab} * \text{día}}\right)$$

$$PR = 0.095 \text{ días}$$

Se considera que el tiempo de retención mínima es de seis horas, es decir 0.25 días, por lo cual se optó por este valor:

$$\mathbf{PR = 0.25 \text{ días}}$$

- **Cálculo del volumen requerido para la sedimentación (Vs)**

$$Vs = 10^{-3} * (P * Q) * PR \quad (Ec. 4)$$

$$Vs = 10^{-3} * \left(754 \text{ hab} * 275.01 \frac{\text{l}}{\text{hab} * \text{día}}\right) * 0.25 \text{ días}$$

$$\mathbf{Vs = 51.84 \text{ m}^3}$$

- **Cálculo del volumen de digestión y almacenamiento de lodos (Vd)**

$$Vd = 70 * 10^{-3} * P * N \quad (Ec. 5)$$

$$Vd = 70 * 10^{-3} * 754 \text{ hab} * 1 \text{ año}$$

$$\mathbf{Vd = 52.78 \text{ m}^3}$$

- **Determinación de volumen de natas (Vn)**

La norma establece como valor mínimo en este parámetro:

$$Vn = 0.70 \text{ m}^3$$

- **Cálculo del volumen total del tanque séptico (Vt)**

$$Vt = Vs + Vd + Vn \quad (\text{Ec. 6})$$

$$Vt = (51.84 + 52.78 + 0.70) \text{ m}^3$$

$$Vt = 105.32 \text{ m}^3$$

- **Dimensiones del tanque séptico**

Las dimensiones actuales del tanque séptico se presentan a continuación y permiten calcular el volumen real para determinar si satisface la demanda para el periodo de diseño establecido.

$$Largo = 7.60 \text{ m}$$

$$Ancho = 5.80 \text{ m}$$

$$Altura = 2.50 \text{ m}$$

$$Vr = Largo * ancho * altura \quad (\text{Ec. 7})$$

$$Vr = 7.60 \text{ m} * 5,80 \text{ m} * 2.50 \text{ m}$$

$$Vr = 110.20 \text{ m}^3$$

Puesto que el volumen real equivalente a 110.20 m³ es superior al volumen total (105.32 m³) del tanque requerido para satisfacer el tratamiento del agua residual hasta el año 2047, este componente cumple las dimensiones de diseño y requiere únicamente mantenimiento y limpieza para desempeñarse eficientemente. Por tanto, sus medidas se mantienen como lo mostrado en las figuras 25 y 26 de este documento.

3.1.4.2.5. Rediseño del lecho de secado de lodos

El lecho de secado de lodos se rediseña en función de los criterios de dimensionamiento estipulados en la guía de diseño de la OPS, puesto que se describen a detalle parámetros y fórmulas a emplear. La tabla 33 presenta datos que se basan en

resultados del afluente del presente proyecto y facilitan la aplicación de las siguientes fórmulas. [39]

Tabla 33. Datos para diseñar el lecho de secado de lodos.

Parámetros	Simbología	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Q	2.40	l/s
Sólidos en suspensión presentes en el afluente	SS	680	mg/l
Densidad de lodos	ρ_{lodos}	1.04	Kg/l
Profundidad de aplicación	Ha	0.40	m

Fuente: Sofía Morales

- **Cálculo del porcentaje de sólidos presentes en el lodo**

La guía menciona que este parámetro debe hallarse entre el 8 y 12 %, por tanto, se empleó un valor promedio. [39]

$$\% \text{ sólidos} = 10\%$$

- **Tiempo de digestión de lodos**

Según la tabla 21 presentada anteriormente, Chiquicha con una temperatura promedio de 15°C tiene un tiempo de digestión de lodos igual a:

$$T_d = 55 \text{ días}$$

- **Carga de sólidos que ingresan al sedimentador (C)**

$$C = Q * SS * 0.0864 \quad (\text{Ec. 18})$$

$$C = 2.40 \frac{l}{s} * \frac{680mg}{l} * 0.0864$$

$$C = 141.00 \frac{kg \text{ de SS}}{día}$$

- **Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd)**

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C) \quad (\text{Ec. 19})$$

$$Msd = \left(0.5 * 0.7 * 0.5 * 141 \frac{kg \text{ de SS}}{día} \right) + \left(0.5 * 0.3 * 141 \frac{kg \text{ de SS}}{día} \right)$$

$$Msd = 45.83 \frac{kg \text{ de } SS}{día}$$

- **Volumen diario de lodos digeridos (Vld)**

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodo} * \frac{\% \text{ de sólidos}}{100}} \quad (Ec. 20)$$

$$Vld = \frac{45.83 \frac{kg \text{ de } SS}{día}}{1.04 \frac{kg}{l} * \frac{10}{100}}$$

$$Vld = 440.67 \frac{l}{día}$$

- **Volumen de lodos a extraerse del tanque (Vel)**

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000} \quad (Ec. 21)$$

$$Vel = \frac{440.67 \frac{l}{día} * 55 \text{ días}}{1000}$$

$$Vel = 24.24 m^3$$

- **Área del lecho de secado (Als)**

$$Als = \frac{Vel}{Ha} \quad (Ec. 22)$$

$$Als = \frac{24.24 m^3}{0.40 m}$$

$$Als = 60.60 m^2$$

- **Dimensiones del lecho de secado de lodos**

Puesto que las dimensiones actuales no cumplen con el área mínima calculada, se determinan nuevas medidas para este componente considerando que la relación ancho/largo debe ser 1:2.

$$Als = 2B * B \quad (Ec. 58)$$

$$Als = 2B^2$$

$$B = \sqrt{\frac{Als}{2}}$$

$$B = \sqrt{\frac{60.60 \text{ m}^2}{2}}$$

$$**B = 5.50 m**$$

$$L = 2B \tag{Ec. 59}$$

$$L = 2 * 5.50 \text{ m}$$

$$**L = 11.00 m**$$

Tabla 34. Dimensiones del lecho de secado de lodos rediseñado.

Parámetro	Simbología	Valor	Unidad
Largo	L	11.00	m
Ancho	B	5.50	m
Altura	H	1.50	m
Profundidad de aplicación	Ha	0.40	m

Fuente: Sofía Morales

El lecho de secado de lodos incluye un sistema de drenaje compuesto por un tubo perforado en la parte inferior con diámetro de 200mm, encargado de recoger el líquido producido luego de la filtración de los lodos por una capa de arena (0.3 a 1.3mm) y grava graduada (1.6 y 51mm).

En la figura 43 con la vista en planta del lecho de secado de lodos rediseñado se puede examinar a detalle las dimensiones propuestas en la tabla 34. De igual manera, la altura calculada y demás detalles del sistema de drenaje puede observarse en la figura 44 que incluye un corte transversal de este componente.

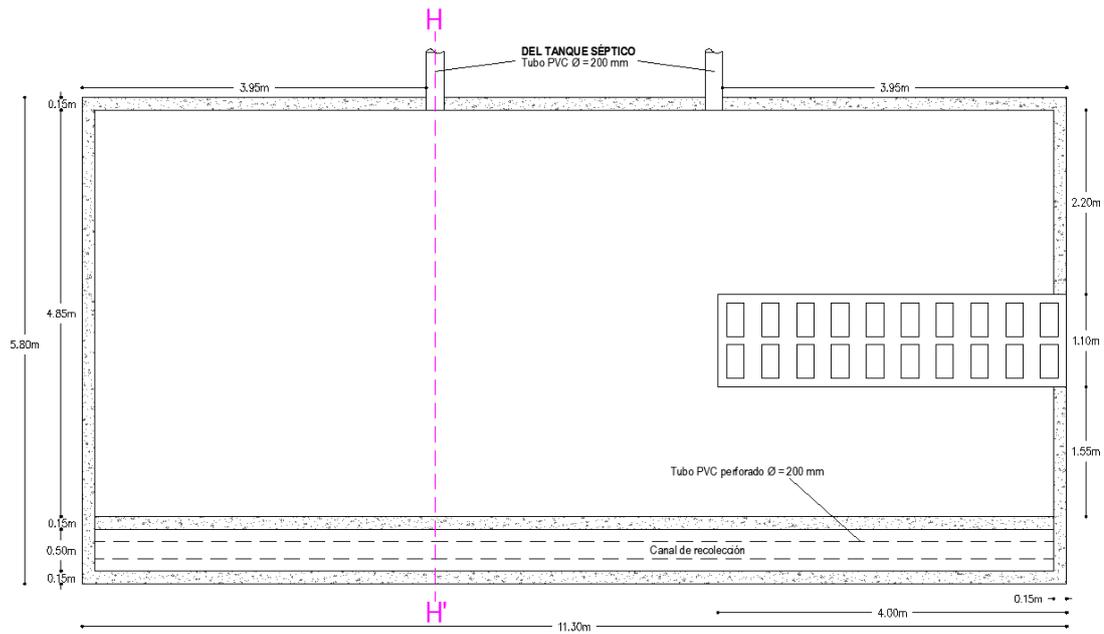


Figura 43. Vista en planta del lecho de secado de lodos rediseñado.

Fuente: Sofía Morales

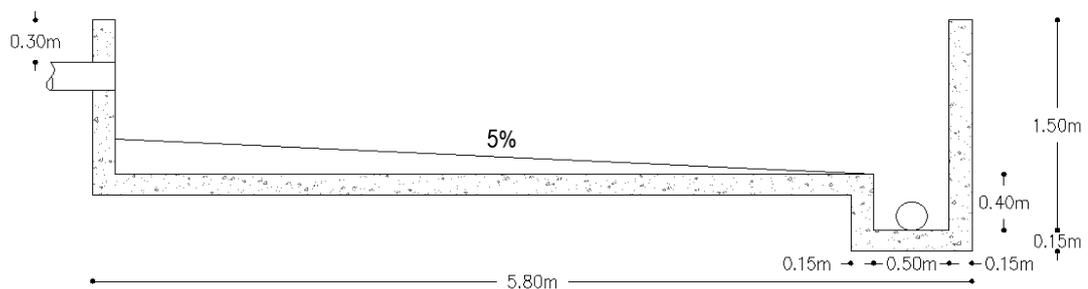


Figura 44. Corte transversal del lecho de secado de lodos rediseñado.

Fuente: Sofía Morales

3.1.4.2.6. Rediseño del filtro anaerobio de flujo ascendente

Para el rediseño del filtro anaerobio de flujo ascendente cuya funcionalidad abarca 25 años, se empleó el Manual de agua potable y saneamiento – Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales: filtros anaerobios de flujo ascendente, desarrollado por la Comisión Nacional del Agua en 2015. [40]

En primera instancia, la tabla 35 presenta los datos necesarios para calcular las medidas óptimas de un FAFA como tratamiento biológico, considerando condiciones propias de la comunidad y resultados obtenidos en el análisis del afluente.

Tabla 35. Datos para el rediseño del filtro anaerobio de flujo ascendente.

Parámetros	Simbología	Valor	Unidad
Caudal de aporte unitario de aguas residuales	Q	8.64	m ³ /hora
DBO presente en el afluente	S ₀	239	mg O ₂ /l
Altura del medio filtrante	hm	1.30	m
Tiempo de residencia hidráulica	TRH	5	horas
Carga orgánica volumétrica	COV	0.50	kg DBO/m ³ *día
Longitud del borde libre	b	0.50	m
Longitud del bajo dren	d	0.28	m

Fuente: Sofía Morales

- **Volumen del filtro (V)**

$$V = Q * TRH \quad (Ec. 60)$$

$$V = 8.64 \frac{m^3}{hora} * 5 horas$$

$$V = 43.20 m^3$$

- **Altura del filtro (H)**

$$H = b + d + hm \quad (Ec. 61)$$

$$H = 0.50 m + 0.28 m + 1.30 m$$

$$H = 2.08 m$$

$$H = 2.10 m$$

- **Área del filtro (A)**

$$A = \frac{V}{H} \quad (Ec. 62)$$

$$A = \frac{43.20 m^3}{2.10 m}$$

$$A = 20.77 m^2$$

- **Diámetro del filtro (D)**

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} \quad (Ec. 63)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 20.77 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$D = 5.14 \text{ m}$$

$$\mathbf{D = 5.20 \text{ m}}$$

- **Volumen del medio filtrante (Vm)**

$$Vm = A * hm \quad (Ec. 64)$$

$$Vm = 20.74 \text{ m}^2 * 1.30 \text{ m}$$

$$\mathbf{Vm = 37.00 \text{ m}^3}$$

- **Verificación de la carga hidráulica superficial**

$$CHS = \frac{Q}{A} \quad (Ec. 65)$$

$$CHS = \frac{207.36 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{20.77 \text{ m}^2}$$

$$\mathbf{CHS = 10 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{día}}}$$

$$10 \leq CHS \leq 15$$

$$10 \leq 10 \leq 15$$

Cumple

- **Revisión de la carga orgánica volumétrica (COV)**

$$COV = \frac{Q * S_o}{V} \quad (Ec. 12)$$

$$COV = \frac{207.36 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 0.239 \frac{\text{kg DBO}}{\text{m}^2}}{51.84 \text{ m}^3}$$

$$\mathbf{COV = 1.15 \frac{\text{kg DBO}}{\text{m}^3 * \text{día}}}$$

- **Eficiencia esperada de remoción (E)**

$$E = 100[1 - 0.87(TRH^{-0.5})] \quad (Ec. 15)$$

$$E = 100[1 - 0.87(5 h^{-0.5})]$$

$$E = 61.09\%$$

- **Concentración de DBO esperada en el líquido de salida (DBO_{ef})**

$$DBO_{ef} = S_o - \frac{E(S_o)}{100} \quad (Ec. 16)$$

$$DBO_{ef} = 239 \frac{kg\ DBO}{m^2} - \frac{61.09 \left(239 \frac{kg\ DBO}{m^2} \right)}{100}$$

$$DBO_{ef} = 92.99 \frac{mg\ O_2}{l}$$

- **Volumen del filtro (Vr)**

$$Vr = \frac{\pi * D^2}{4} * H \quad (Ec. 66)$$

$$Vr = \frac{\pi * (5.20\ m)^2}{4} * 2.10\ m$$

$$Vr = 44.60\ m^3$$

Dado que el volumen requerido del filtro para satisfacer la demanda de la población hasta el año 2047 es 44.60 m³ y el volumen actual del FAFA es 47.38 m³ (calculado en el apartado 3.1.3.3.3) esta unidad hidráulica cumple los requerimientos mínimos de diseño. De igual manera, la altura del filtro coincide con la dimensión actual y el diámetro necesario para garantizar condiciones óptimas de depuración es inferior al presente se establece que este componente requiere únicamente mantenimiento y limpieza para desempeñarse eficientemente.

3.1.4.2.7. **Habilitación del segundo filtro anaerobio de flujo ascendente**

El segundo filtro anaerobio de flujo ascendente tiene el mismo dimensionamiento que el primero de este tipo (tabla 15 y figura 26 y 27); por tanto, se deduce su correcto

diseño y funcionalidad por los resultados del apartado anterior. Es necesario realizar la limpieza respectiva y habilitarlo mediante una conexión de tubería, de ingreso y salida de líquido residual. El agua que sale del tanque séptico fluye hacia una caja de revisión previo su direccionamiento hacia los dos filtros percoladores. Cada uno descargará el efluente hacia una segunda caja de revisión previo su vertido en el canal de salida.

Los componentes de la propuesta de rediseño de la PTAR de Chiquicha Centro, del cantón Pelileo se detallan en el Anexo 3, lámina A3 y A4. La misma presenta el dimensionamiento de cada unidad hidráulica, su implantación, vista en planta y cortes respectivos. Adicionalmente, se incorporó un cerramiento para delimitar la PTAR, a fin de asegurar un correcto funcionamiento de los elementos del tren de tratamiento sin interferencia del medio exterior.

3.1.4.3. Comparación del estado actual de los componentes de la PTAR de Chiquicha Centro con la propuesta de rediseño.

En base a los resultados del levantamiento de información, análisis del líquido residual del afluente y efluente, y el diagnóstico actual de la PTAR de Chiquicha Centro se propuso un rediseño en el tren de tratamiento descontaminante considerando un periodo de vida útil de 25 años. Estos procesos satisfacen las necesidades de la población proyectada hasta el año 2047 y ofrecen mejoramiento en las condiciones de vida de la comunidad.

Con las deficiencias actuales que presentan los componentes de la planta de tratamiento de este proyecto, se incorporaron tres unidades hidráulicas de pretratamiento: cribado, desarenador y tanque de grasas, para mejorar el rendimiento de los procesos de descontaminación subsiguientes evitando el ingreso u obstrucción por partículas sólidas de gran tamaño, arena, aceites y grasas.

De igual manera, se rediseñaron los componentes existentes según la normativa que se indica en la tabla 36 y se incluye una comparativa clara del estado actual y la propuesta de rediseño de los componentes mencionados, en donde se expone la función de cada proceso y las condiciones con las cuales desempeñan su trabajo.

Tabla 36. Comparación del estado actual de los componentes de la PTAR y la propuesta de rediseño.

Componente	Función	Estado actual	Rediseño
Tanque repartidor de caudales	Recoger el agua residual del sistema de alcantarillado y repartirlo a los demás componentes.	No aporta ningún tratamiento al agua residual y requiere mantenimiento.	Cumple con su función e incluye el área de cribado en su interior.
Cribado	Impedir el paso de basura o sólidos de gran tamaño que afecten el correcto funcionamiento de las demás unidades hidráulicas.	No existe	Cumple con la normativa vigente y se ubica en el interior del tanque repartidor de caudales.
Desarenador	Proteger las estructuras y tuberías del tratamiento primario y secundario contra la arena y detritos acumulados.	No existe	Cumple con los parámetros de diseño establecidos por la Organización Panamericana de la Salud, 2005.
Tanque de grasas	Retener aceites y grasas en la superficie del tanque; a su vez el agua limpia se descarga por una tubería en su parte inferior.	No existe	Cumple con los criterios de diseño de la normativa RAS – 2000, título E y especificaciones proporcionadas por la OPS/CEPIS/03.81.
Tanque séptico	Sedimentar por gravedad partículas pesadas del agua residual a partir de la creación de un ambiente con estabilidad hidráulica.	Cumple con el dimensionamiento establecido por la OPS, pero su falta de mantenimiento es evidente.	Cumple con parámetros de diseño establecidos por la Organización Panamericana de la Salud en la Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques IMHOFF y lagunas de estabilización.
Filtro anaerobio de flujo ascendente 1	Reducir la carga contaminante del afluente a partir de la filtración en condiciones anaeróbicas.	Cumple con las condiciones de diseño estipuladas por la CONAGUA en cuanto al volumen mínimo del material filtrante. La falta de mantenimiento y limpieza maximizan el riesgo de	Cumple con el dimensionamiento dado por el Manual de Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales: filtros anaerobios de flujo ascendente,

		taponamiento en el material filtrante.	desarrollado por la CONAGUA, 2015.
Filtro anaerobio de flujo ascendente 2	Reducir la carga contaminante del afluente a partir de la filtración en condiciones anaeróbicas.	Deshabilitado	Cumple con el dimensionamiento dado por el Manual de Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales: filtros anaerobios de flujo ascendente, desarrollado por la CONAGUA, 2015. Está habilitado.
Lecho de secado de lodos	Deshidratar lodos producidos en el tanque séptico y demás unidas hidráulicas del tren de tratamiento de la PTAR.	Cumple con el dimensionamiento establecido por la OPS, pero carece de un tubo perforado para drenar el agua producida por los lodos.	Cumple con el dimensionamiento establecido por la OPS y todos sus criterios de diseño, incluido el área de drenaje.

Fuente: Sofía Morales

La implementación de estos procesos y restructuración de los componentes actuales garantizan la calidad del líquido de descarga, a tal punto de cumplir con la normativa vigente TULSMA y precautelar el cuidado del medio ambiente. De igual manera, con el nuevo esquema depurador se obtiene una eficiencia de remoción adecuada y acorde a los porcentajes de eliminación teórica de constituyentes del agua residual, como se observa en la tabla 37.

Tabla 37. Porcentaje de remoción teórica de la propuesta de rediseño de la PTAR de Chiquicha Centro.

Unidades de tratamiento	Rendimiento de eliminación del constituyente (%)					
	DBO	DQO	Sólidos suspendidos (SS)	Fósforo total (P)	Nitrógeno (N – Org)	Nitrógeno amoniacal (NH ₃ – N)
Rejas de barras	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
Desarenador	5	5	10	Nulo	Nulo	Nulo
Sedimentación primaria (tanque séptico)	40	40	65	20	20	0
Filtros percoladores Alta caga, medio pétreo	80	80	85	12	50	15

Fuente: Metcalf & Eddy. [34]

Es importante mencionar que el éxito del tren de tratamiento de la PTAR de Chiquicha Centro no incluye únicamente estudios e implantación adecuada, sino también un correcto plan de monitoreo para asegurar su adecuado funcionamiento y conservación de su estado físico durante el periodo de diseño. Para conseguir este propósito se ha elaborado un Manual de Operación y Mantenimiento que se muestra en el Anexo 4.

3.1.5. Presupuesto

La propuesta de rediseño del presente proyecto es ejecutable en su totalidad, por tanto, se elaboró un presupuesto referencial que incluyen actividades preliminares de limpieza en el sitio. A continuación, se describen rubros referidos a la construcción de un tanque repartidor de caudales/cribado, desarenador y tanque de grasas que fueron incluidos en el nuevo tren de tratamiento. De la misma manera, se consideran actividades de mejoramiento externo en las unidades descontaminantes ya existentes, como el tanque séptico y los dos filtros anaerobios de flujo ascendente. El lecho de secado de lodos se rediseñó con las condiciones de diseño estipuladas en el apartado anterior y se describen labores necesarias para su construcción.

Puesto que se propuso una nueva distribución de componentes hidráulicos, se incluyen trabajos de implantación de un by-pass, pozo de descarga y cajas de revisión. Además, se detallan rubros para la implementación de señalética informativa y construcción de un cerramiento que delimite el proyecto y proteja las estructuras depuradoras de elementos del medio exterior.

Finalmente, es necesario integrar al presupuesto el costo de operación y mantenimiento de la PTAR durante su vida útil para destinar los recursos económicos necesarios desde el inicio del proyecto. Con esto se evitan descuidos en limpieza de la planta, mismos que fueron causantes de su prematuro deterioro y deficiente funcionalidad depuradora. El rubro referido a plan de operación y mantenimiento representa el costo mensual de estas actividades y se consideran un total de 300 unidades (1 unidad=1 mes) a lo largo de los 25 años de vida útil de la PTAR. El monitoreo del análisis físico – químico del efluente se lo realiza 25 veces en total puesto que reglamentariamente de lo debe hacer cada año.

En el Anexo 5 se encuentra el análisis de precios unitarios de este presupuesto identificando cada rubro con un código para mayor comprensión.

Tabla 38. Presupuesto de la propuesta de rediseño de la PTAR de Chiquicha Centro, cantón Pelileo en la provincia de Tungurahua.

	Institución:	Universidad Técnica de Ambato.	
	Proyecto:	Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.	
	Ubicación:	Comunidad Chiquicha Centro, parroquia Chiquicha, Pelileo - Tungurahua.	
	Elaborado:	Sofía Daniela Morales Medina.	

Tabla de descripción de rubros, unidades, cantidades y precios

No.	Código	Rubro/Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
A		OBRAS PRELIMINARES				
1	001	Limpieza y desbroce	m2	819.41	2.83	2318.93
2	002	Derrocamiento de hormigón armado	m3	102.67	17.49	1795.70
3	003	Transporte de materiales más de 5km	m3-km	102.67	23.30	2392.21
B		BYPASS				
4	004	Replanteo y nivelación lineal	km	0.05	161.13	8.06
5	005	Excavación manual en suelo natural, profundidad entre 0 y 2 metros	m3	22.51	9.82	221.05
6	006	Relleno compactado con material de excavación	m3	21.33	8.37	178.53
7	007	Tubería PVC d=200mm desague NTE-INEN 2059	ml	37.52	24.55	921.12
C		TANQUE REPARTIDOR DE CAUDALES / CRIBADO				
8	008	Replanteo y nivelación por componente	m2	8.89	1.64	14.58
9	005	Excavación manual en suelo natural, profundidad entre 0 y 2 metros	m3	5.27	9.82	51.75
10	006	Relleno compactado con material de excavación	m3	1.21	8.37	10.13
11	009	Válvula de compuerta d=200mm (incluye accesorios)	u	1.00	321.74	321.74
12	007	Tubería PVC d=200mm desague NTE-INEN 2059	ml	1.88	24.55	46.15
13	010	Hormigón simple en replantillo (180 kg/cm2)	m3	0.25	85.99	21.50
14	011	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 (incluye corte y doblado)	kg	210.68	2.14	450.86
15	012	Encofrado y desencofrado recto	m2	18.05	44.74	807.56
16	013	Empedrado para replantillo e=10cm, incluye emporado con sub-base	m2	3.50	31.84	111.44
17	014	Hormigón simple fc=210 kg/cm2	m3	2.30	164.82	379.09
18	015	Enlucido mortero 1:2 paleteado fino (e=1.5cm) con impermeabilizante	m2	6.60	13.49	89.03
19	016	Rejilla 14mm e=3cm, 0.50x1.05m	u	1.00	49.34	49.34
D		DESARENADOR				
20	008	Replanteo y nivelación por componente	m2	17.02	1.64	27.91
21	005	Excavación manual en suelo natural, profundidad entre 0 y 2 metros	m3	21.90	9.82	215.06
22	006	Relleno compactado con material de excavación	m3	10.81	8.37	90.48
23	009	Válvula de compuerta d=200mm (incluye accesorios)	u	1.00	321.74	321.74
24	007	Tubería PVC d=200mm desague NTE-INEN 2059	ml	1.00	24.55	24.55
25	010	Hormigón simple en replantillo (180 kg/cm2)	m3	2.50	85.99	214.98
26	011	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 (incluye corte y doblado)	kg	532.04	2.14	1138.57
27	012	Encofrado y desencofrado recto	m2	22.26	44.74	995.91
28	013	Empedrado para replantillo e=10cm, incluye emporado con sub-base	m2	17.02	31.84	541.92
29	014	Hormigón simple fc=210 kg/cm2	m3	5.78	164.82	952.66
30	015	Enlucido mortero 1:2 paleteado fino (e=1.5cm) con impermeabilizante	m2	23.50	13.49	317.02
31	017	Compuerta de ingreso al desarenador	u	2.00	1554.31	3108.62
E		TANQUE DE GRASAS				
32	008	Replanteo y nivelación por componente	m2	3.85	1.64	6.31
33	005	Excavación manual en suelo natural, profundidad entre 0 y 2 metros	m3	9.10	9.82	89.36
34	006	Relleno compactado con material de excavación	m3	3.41	8.37	28.54
35	007	Tubería PVC d=200mm desague NTE-INEN 2059	ml	7.12	24.55	174.80
36	018	Tubería PVC d=140mm desague NTE-INEN 2059	ml	1.35	22.49	30.36
37	010	Hormigón simple en replantillo (180 kg/cm2)	m3	0.27	85.99	23.22
38	011	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 (incluye corte y doblado)	kg	192.19	2.14	411.29
39	012	Encofrado y desencofrado recto	m2	11.50	44.74	514.51
40	013	Empedrado para replantillo e=10cm, incluye emporado con sub-base	m2	3.85	31.84	122.58
41	014	Hormigón simple fc=210 kg/cm2	m3	2.54	164.82	418.64
42	015	Enlucido mortero 1:2 paleteado fino (e=1.5cm) con impermeabilizante	m2	6.68	13.49	90.11
F		TANQUE SÉPTICO				
43	019	Reposición de aireador Tubo HG d=50mm	u	4.00	14.11	56.44
G		FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE 1				
44	020	Reparación de fisuras mortero 1:2 paleteado fino (e=1.5cm) con impermeabilizante	m2	7.69	10.97	84.36
H		FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE 2				
45	021	Tubería PVC d=160mm desague NTE-INEN 2059	ml	6.26	23.21	145.29
46	020	Reparación de fisuras mortero 1:2 paleteado fino (e=1.5cm) con impermeabilizante	m2	5.22	10.97	57.26

I		LECHO DE SECADO DE LODOS				
47	008	Replanteo y nivelación por componente	m2	65.54	1.64	107.49
48	005	Excavación manual en suelo natural, profundidad entre 0 y 2 metros	m3	41.38	9.82	406.35
49	006	Relleno compactado con material de excavación	m3	0.38	8.37	3.18
50	007	Tubería PVC d=200mm desague NTE-INEN 2059	ml	12.25	24.55	300.74
51	010	Hormigón simple en replantillo (180 kg/cm2)	m3	4.59	85.99	394.69
52	011	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 (incluye corte y doblado)	kg	987.64	2.14	2113.55
53	012	Encofrado y desencofrado recto	m2	47.88	44.74	2142.15
54	013	Empedrado para replantillo e=10cm, incluye emporado con sub-base	m2	65.54	31.84	2086.79
55	014	Hormigón simple fc=210 kg/cm2	m3	18.18	164.82	2996.43
56	022	Material pétreo para filtrado	m3	4.93	50.98	251.33
J		POZO DE DESCARGA				
57	008	Replanteo y nivelación por componente	m2	2.54	1.64	4.17
58	005	Excavación manual en suelo natural, profundidad entre 0 y 2 metros	m3	5.09	9.82	49.98
59	011	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 (incluye corte y doblado)	kg	120.40	2.14	257.66
60	023	Hormigón ciclópeo fc=180 kg/cm2	m3	0.49	105.95	51.92
61	014	Hormigón simple fc=210 kg/cm2	m3	1.22	164.82	201.08
62	012	Encofrado y desencofrado recto	m2	3.30	44.74	147.64
63	015	Enlucido mortero 1:2 paletado fino (e=1.5cm) con impermeabilizante	m2	3.30	13.49	44.52
64	024	Escalera HG d=3/4"	m	2.00	13.05	26.10
65	025	Tapa H.A., boca de visita con cerco, d=6mm y marco metálico	u	1.00	57.79	57.79
K		CERRAMIENTO				
66	004	Replanteo y nivelación lineal	km	0.11	161.13	17.72
67	005	Excavación manual en suelo natural, profundidad entre 0 y 2 metros	m3	16.72	9.82	164.19
68	023	Hormigón ciclópeo fc=180 kg/cm2	m3	5.60	105.95	593.32
69	026	Mampostería de bloque alivianado e=0.15m	m2	104.54	27.81	2907.26
70	027	Suministro e instalación malla de cerramiento 50/10, H=1.50m	m	104.54	31.59	3302.42
71	028	Puerta de malla H=2.00m, L=1m	u	1.00	92.12	92.12
L		OBRAS COMPLEMENTARIAS				
72	029	Caja de revisión HS 1.00x1.00m Tapa H.A.	u	4.00	141.38	565.52
73	030	Blanqueado de cerramiento con cemento blanco dos manos	m2	207.50	5.88	1220.10
74	031	Enchambado en terreno preparado	m2	496.53	12.82	6365.51
75	032	Implementación de señalética	u	9.00	19.31	173.79
76	033	Limpieza final de la obra	m2	687.28	3.13	2151.19
M		OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				
77	034	Plan de operación y mantenimiento	u	300.00	731.06	219318.00
78	035	Monitoreo del análisis físico - químico del efluente	u	25.00	271.60	6790.00
					TOTAL:	275695.96
		SON: Doscientos setenta y cinco mil seiscientos noventa y cinco, 96/100 dólares.				
		<u>Sofía Daniela Morales Medina</u>				
		ELABORADO				

Fuente: Sofía Morales

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- El levantamiento de información mediante recopilación de datos teóricos y bibliográficos de la zona de estudio permitió conocer que la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro se ubica en la parroquia rural Chiquicha del cantón Pelileo en la provincia de Tungurahua y se construyó en el 2012. Actualmente la PTAR se encuentra en funcionamiento parcial, abarcando un área aproximada de 600 m² con unidades descontaminantes deficientes debido a la presencia de vegetación y deterioro visible de las estructuras de cada una.
- A partir de los aforos realizados en la PTAR mediante el método volumétrico se determinó que el caudal máximo horario que registra la planta de tratamiento corresponde a 1.01 l/s y el día viernes se presenta mayor demanda. De la misma manera, se identificó que los tiempos de retención entre unidades hidráulicas es relativamente bajo.
- Con relación al análisis físico – químico del agua residual de ingreso y salida de la PTAR se evidenció que los parámetros: aceites y grasas, DBO₅, DQO, nitrógeno total, sólidos suspendidos y nitrógeno amoniacal, a pesar de presentar cierto grado de remoción, sobrepasan el límite permisible para descarga en cuerpos de agua dulce según lo estipulado en la normativa ambiental TULSMA 2015. Por lo tanto, la planta de tratamiento de aguas residuales no se encuentra funcionando eficientemente.
- El diagnóstico técnico actual de las unidades descontaminantes de la PTAR basado en el dimensionamiento de componentes hidráulicas, análisis físico – químico del afluente y efluente y respectiva comparación con normativas de diseño vigentes proporcionadas por la OPS y CONAGUA determinó que las estructuras del tanque séptico, FAFA y lecho de secado de lodos mantienen un diseño adecuado. Por otra parte, el tanque repartidor de caudal no cumple ninguna función en el tren de tratamiento. Se concluyó que, a pesar de mantener un diseño adecuado en los componentes de la planta de tratamiento,

la falta de limpieza y mantenimiento impide una correcta remoción de contaminantes y, por consiguiente, un deficiente funcionamiento de la PTAR.

- Se propuso un nuevo tren de tratamiento depurador que incluye preliminarmente un área de cribado y desarenador para tratar el parámetro de SST. A continuación, se implementó un tanque de grasas para disminuir este parámetro en el líquido residual. El proceso continúa hacia el tanque séptico, lecho de secado de lodos y dos filtros anaerobios de flujo ascendente; el segundo filtro fue habilitado con el fin de mejorar el rendimiento de la PTAR y aprovechar un componente ya construido con diseño adecuado.
- Se calculó un presupuesto para ejecutar el proyecto en su totalidad y su respectivo plan de operación y mantenimiento a lo largo de la vida útil de la estructura, obteniendo un costo monetario de \$275,695.96 (doscientos setenta y cinco mil seiscientos noventa y cinco, 96/100 dólares) y garantizando su realización. Este valor demuestra la factibilidad de llevar a cabo el rediseño de la PTAR de Chiquicha Centro en comparación a la construcción completa de esta obra, considerando la variable económica y el tiempo. De la misma manera, el proyecto evita invertir en actividades de remediación al medio ambiente y todo tipo de trabajos que conlleva la contaminación del agua del sitio de descarga si los parámetros físico-químicos analizados del efluente continúan con esos valores.
- Se concluye que la propuesta con rediseño de componentes subdimensionados, incorporación de nuevas unidades al tren de tratamiento, presupuesto referencial y manual de operación y mantenimiento considerando un periodo de vida útil de 25 años y una población proyectada de 754 habitantes hasta el año 2047 asegura un óptimo proceso de remoción de contaminantes, calidad de líquido de descarga acorde a los parámetros ambientales permisibles (TULSMA) y mejora en las condiciones de vida de los habitantes de la comunidad.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda contratar a un operador para la PTAR que verifique diariamente las actividades ejecutadas en la misma y controlar el correcto funcionamiento

de las unidades hidráulicas. Las capacitaciones y empleo de herramientas y equipo adecuado juegan un papel fundamental en esta labor.

- Es necesario cumplir con el manual de operación y mantenimiento acorde a los tiempos estipulados con el objetivo de conservar en las mejores condiciones la infraestructura de cada componente descontaminante y perdurar la calidad de los materiales y funciones durante la vida útil del proyecto.
- Es recomendable concientizar a los usuarios y dirigentes de las juntas de agua encargadas del cuidado de la PTAR sobre la importancia de mantener limpias las áreas de tratamiento de agua residual sin presencia de vegetación, así como llevar a cabo análisis de la composición del afluente y efluente al menos una vez al año.
- Se sugiere llevar a cabo estudios posteriores que integren análisis físico – químico de agua residual de afluente y efluente basados en dos o más muestras representativas del sitio y en periodos diferentes del año dentro de su metodología, a fin de generar valores más exactos y acordes a la realidad de la zona.
- Se invita a la comunidad universitaria, compañeros y colegas a implementar proyectos de investigación prácticos basados en evaluación y rediseño de plantas de tratamiento de aguas residuales puesto que, en muchas zonas, sobre todo rurales, estas infraestructuras han sido descuidadas y abandonadas por dirigentes de las comunidades, sin darse cuenta de la indiscutible importancia que conlleva su labor descontaminante para el medio ambiente y condiciones de vida de la población.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. F., “El agua: un recurso esencial,” *Química Viva*, vol. 11, pp. 147–170, 2012, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>
- [2] T. Cabascango and K. Ortiz, “Evaluación de la eficacia de tratamientos de aguas residuales sintéticas utilizando peces cebra (*Danio rerio*) como bioindicador en un sistema de exposición no forzada,” Quito: EPN, 2019. Accessed: May 08, 2022. [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20572>
- [3] A. Peña-Álvarez and A. Castillo-Alanís, “Identificación y cuantificación de contaminantes emergentes en aguas residuales por microextracción en fase sólida-cromatografía de gases-espectrometría de masas (MEFS-CG-EM),” *TIP*, vol. 18, no. 1, pp. 29–42, Jun. 2015, doi: 10.1016/J.RECQB.2015.05.003.
- [4] E. Vargas, “Evaluación técnica de la planta de tratamiento de agua residual (PTAR), de la inspección de Pueblo Nuevo del municipio de Nilo Cundinamarca,” Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2016.
- [5] M. C. Collivignarelli, A. Abbà, I. Benigna, S. Sorlini, and V. Torretta, “Overview of the main disinfection processes for wastewater and drinking water treatment plants,” *Sustainability*, vol. 10, no. 1, p. 86, 2017.
- [6] M. Reyes, “Uso de cloro en las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas: desinfección y formación de subproductos,” México: IPN, 2016. [Online]. Available: <http://repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/23350>
- [7] A. Salazar and S. Cesar, “Remoción de coliformes totales y fecales en lodos por procesos electroquímicos, planta de tratamiento de aguas residuales, Lima 2017,” 2017.
- [8] H. Hernández García, G. Buitrón Méndez, C. Lopez-Vazquez, and F. Cervantes Carrillo, *Tratamiento biológico de aguas residuales: principios, modelación y diseño*. IWA publishing, 2017.
- [9] G. Vargas and J. P. Vásquez, “Aprovechamiento de los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Funza, como insumo de cultivo y mejoramiento del suelo,” Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2018.

- [10] V. Hernández-Chover, Á. Bellver-Domingo, and F. Hernández-Sancho, "Efficiency of wastewater treatment facilities: The influence of scale economies," *J. Environ. Manage.*, vol. 228, pp. 77–84, Dec. 2018, doi: 10.1016/J.JENVMAN.2018.09.014.
- [11] ONU-Hábitat and OMS, "Progreso en el tratamiento de las aguas residuales. Estado mundial y necesidades de aceleración del indicador 6.3.1. de los ODS," Ginebra, 2021.
- [12] N. Araneda *et al.*, "Sistemas granulares aerobios para el tratamiento descentralizado de aguas servidas y su reutilización en condominios en Chile," *Ingeniare. Rev. Chil. Ing.*, vol. 28, pp. 346–357, 2020, [Online]. Available: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052020000200346&nrm=iso
- [13] B. Benedetti *et al.*, "Determination of multi-class emerging contaminants in sludge and recovery materials from waste water treatment plants: Development of a modified QuEChERS method coupled to LC–MS/MS," *Microchem. J.*, vol. 155, p. 104732, Jun. 2020, doi: 10.1016/J.MICROC.2020.104732.
- [14] C. Urquieta, "Ósmosis directa en Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales," Barcelona: UB, 2018. [Online]. Available: <http://repositorio.conicyt.cl/handle/10533/232918#>
- [15] A. P. Van Wezel, F. Van den Hurk, R. M. A. Sjerps, E. M. Meijers, E. W. M. Roex, and T. L. ter Laak, "Impact of industrial waste water treatment plants on Dutch surface waters and drinking water sources," *Sci. Total Environ.*, vol. 640–641, pp. 1489–1499, Nov. 2018, doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2018.05.325.
- [16] J. de Anda Sánchez, "Saneamiento descentralizado y reutilización sustentable de las aguas residuales municipales en México," *Soc. y Ambient.*, no. 14, pp. 119–143, 2017.
- [17] A. Martínez, "Estrategia para la optimización de las condiciones de operación de la Planta de tratamiento de Aguas Residuales Ing. Jorge Ayanegui Suárez del Municipio de Nezahualcóyotl, Estado de México," México: IPN, 2015.
- [18] A. Gómez, "Calidad de biosólidos de la Planta de Tratamiento de Aguas

- Residuales (PTAR) de Saltillo, Coah. para uso agrícola,” México: UAAAN, 2015. [Online]. Available: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/6721>
- [19] A. E. Navarro, F. Beissos, J. Marc-Bec, and T. Jaumejoan, “Desempeño de humedales construidos de flujo vertical en el tratamiento de aguas residuales municipales,” *Rev. Cuba. Química*, vol. 32, pp. 365–377, 2020, [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212020000300365&nrm=iso
- [20] L. L. Pineda-Buitrago and others, “Diagnóstico de la planta de tratamiento de agua residual (PTAR) de Tunja-Boyacá,” 2017.
- [21] T. Matsumoto and I. Ortiz, “Desempeño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de São João de Iracema (Brasil),” *Ingeniería*, vol. 21, pp. 176–186, 2016, [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-750X2016000200005&nrm=iso
- [22] Á. Mercado, C. Cossío, and M. Copa, “Eficiencia vinculada a la operación y mantenimiento de pequeñas plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en Cochabamba, Bolivia,” *Acta Nov.*, vol. 9, pp. 524–542, 2020, [Online]. Available: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892020000100004&lng=es&tlng=es
- [23] I. Cabrera, M. Arbona, M. de los Á. García, and E. González, “EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE NUTRIENTE BIOLÓGICO PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA TEXTILERA ‘DESEMBARCO DEL GRANMA,’” *Cent. Azúcar*, vol. 48, pp. 1–12, 2021, [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612021000100001&lng=es&tlng=es
- [24] I. Echeverría, O. Saavedra, R. Escalera, G. Heredia, and R. Montoya, “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTACTOR BIOLÓGICO ROTATORIO (CBR) PARA EL

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES A ESCALA PILOTO,” *Investig. Desarro.*, vol. 20, pp. 41–49, 2020, [Online]. Available: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312020000100003&nrm=iso

- [25] Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador, “Constitución de la República del Ecuador.” Montecristi, 2008.
- [26] R. Vilaña, “Evaluación y rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para los barrios Villaflora y El Rosario, Parroquia Píntag, Cantón Quito, Provincia de Pichincha,” Quito: EPN, 2016. Accessed: May 08, 2022. [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16891>
- [27] S. Peña, J. Mayorga, and R. Montoya, “Propuesta de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Yaguachi (Ecuador),” 2018.
- [28] L. Almanza and O. Peñaloza, “Evaluación técnica de la planta de tratamiento biológica de agua residual municipal de González Suárez, cantón Otavalo, provincia Imbabura,” Quito: EPN, 2021. Accessed: May 08, 2022. [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21332>
- [29] J. N. Calucho Sailema, “DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CURTIEMBRE SAN MIGUEL DE LA CIUDAD DE AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA PERIODO 2018.,” Ambato: Universidad Tecnológica Indoamérica, 2019.
- [30] L. Cadena, “Planta de tratamiento de aguas residuales mediante un sistema combinado aerobio, anaerobio, y fitorremediación para el programa porcino del IASA,” Quito: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2017.
- [31] PDOT, “Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural Chiquicha,” Pelileo, 2015.
- [32] V. Izurieta, “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Poatug, cantón Patate, provincia de Tungurahua.,” Ambato: UTA, 2020.
- [33] J. Zambonino, “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Zona Libre, cantón Quero, provincia de Tungurahua.,” Ambato:

UTA, 2021.

- [34] Metcalf & Eddy, “Tratamiento, vertido y reutilización,” in *Ingeniería de aguas residuales*, España: McGRAW-HILL, 1995.
- [35] Ministerio del Ambiente, “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua,” in *Registro Oficial: Suplemento 387 - ANEXO 1 del Libro VI del TULSMA*, Quito, 2015, pp. 20–23.
- [36] T. Otzen and C. Manterola, “Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio,” *Int. J. Morphol.*, vol. 35, no. 1, pp. 227–232, 2017.
- [37] INEN, *NTE INEN 2176 Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de muestreo*, Primera ed. Quito, 2013.
- [38] INEN, *NTE INEN 2169 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras*, Primera ed. Quito, 2013.
- [39] Organización Panamericana de la Salud, *Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización*. Lima, 2005.
- [40] CONAGUA, “Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros anaeróbios de flujo ascendente,” in *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, México, 2015.
- [41] CONAGUA, “Datos básicos para proyectos de Agua Potable y Alcantarillado,” in *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, 2015.
- [42] INEN, “Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes,” Quito.
- [43] INEC, “Población y Demografía |,” 2010. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/> (accessed Jun. 22, 2022).
- [44] SENAGUA, *Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Quito, 1992.
- [45] Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, “Título D: Sistemas de recolección

- y evacuación de aguas residuales, domésticas y aguas lluvias,” in *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS*, Bogotá, 2016, p. 282.
- [46] Instituto Bolivariano de Normalización y Calidad, *Sistemas de evacuación de aguas*. 2007.
- [47] CONAGUA, “Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario,” in *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, México, 2015.
- [48] Organización Panamericana de la Salud, *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores*. Lima, 2005.
- [49] E. Guaquipana, “Diseño de un sistema de depuración de aguas residuales con metodología ambientalista para el sector de Guanujo, Alpachaca, Primero de Mayo y Negro Yacu del cantón Guaranda, provincia de Bolívar,” UTA, 2016.
- [50] Ministerio de Desarrollo Económico, “Título E: Tratamiento de Aguas Residuales,” in *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - Ras*, Bogotá, 2000, p. 150.
- [51] Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, *Especificaciones Técnicas para el Diseño de Trampa de Grasa*. Lima, 2003.

ANEXOS

Anexo N° 1: Fotografías



Figura 45. Medición del caudal de la PTAR.

Fuente: Sofía Morales



Figura 46. Recolección de muestra de agua residual para análisis en el laboratorio.

Fuente: Sofía Morales



Figura 47. Visita de campo a la PTAR.

Fuente: Sofía Morales



Figura 48. Estado actual de las válvulas de compuerta en la PTAR.

Fuente: Sofía Morales



Figura 49. Vista de filtros anaerobios de flujo ascendente.

Fuente: Sofía Morales



Figura 50. Presencia de basura y materia vegetal alrededor del tanque repartidor de caudales por ausencia de cerramiento.

Fuente: Sofía Morales

Anexo N° 2: Resultados de laboratorio



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17-012

N° SE: 032-22

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sofía Daniela Morales Medina¹

INFORME N° 032 - 22

EMPRESA: Proyecto de Tesis UTA¹

N° SE: 032 - 22

DIRECCIÓN: Pelileo - Tungurahua¹

TELÉFONO: 0960603561¹

FECHA DE RECEPCIÓN: 03/06/2022

FECHA DE INFORME: 09/06/2022

NÚMERO DE MUESTRAS: 2, Agua residual, PTAR Chiquicha Centro– Tungurahua¹

TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN: MA - 054-22 PTAR Entrada¹
MA - 055-22 PTAR Salida¹

Agua residual
Agua residual

Condiciones Ambientales	T máx:	25 °C
	T mín:	10°C

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA – 054-22

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/L	EPA 418,1	996,57	N/A	03/06/2022
* Fósforo Total	mg/L	STANDARD METHODS 4500 P - E	23,5	N/A	03/06/2022
* DBO ₅	mg O ₂ /L	STANDARD METHODS 5210 - B	239	N/A	03/06/2022
* DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	536	N/A	03/06/2022
* Nitrógeno Total	mg/L	STANDARD METHODS 4500 N - B	63,8	N/A	03/06/2022
pH	-	PE-LSA-01	7,43	+/- 0,08	03/06/2022
* Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	680	N/A	03/06/2022
* Nitrógeno Amoniacal	mg/L	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	44	N/A	03/06/2022

MA – 055-22

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/L	EPA 418,1	321,14	N/A	03/06/2022
* Fósforo Total	mg/L	STANDARD METHODS 4500 P - E	8,5	N/A	03/06/2022
* DBO ₅	mg O ₂ /L	STANDARD METHODS 5210 - B	115	N/A	03/06/2022
* DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	248	N/A	03/06/2022
* Nitrógeno Total	mg/L	STANDARD METHODS 4500 N - B	52,4	N/A	03/06/2022
pH	-	PE-LSA-01	7,68	+/- 0,08	03/06/2022

- Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Los ensayos marcados con (*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.
- 1. Información proporcionada por el cliente. LSA no se responsabiliza de dicha información
- Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.
- LSA libera su responsabilidad por la información proporcionada por el cliente y el uso que se le dará a los resultados

FMC2101-01

Página1 de2

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES
Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17-012

Nº SE: 032-22

* Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	195	N/A	03/06/2022
* Nitrógeno Amoniacal	mg/L	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	36	N/A	03/06/2022

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN.

REGLA DE DECISIÓN ACORDADA: No aplica

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara
Benito Mendoza T., Ph.D.



Firmado electrónicamente por:
JUAN CARLOS LARA ROMERO



Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Los ensayos marcados con (*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.
1. Información proporcionada por el cliente. LSA no se responsabiliza de dicha información
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.
-LSA libera su responsabilidad por la información proporcionada por el cliente y el uso que se le dará a los resultados

Anexo N° 3: Planos

UBICACIÓN DE LA PTAR DE CHIQUICHA CENTRO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

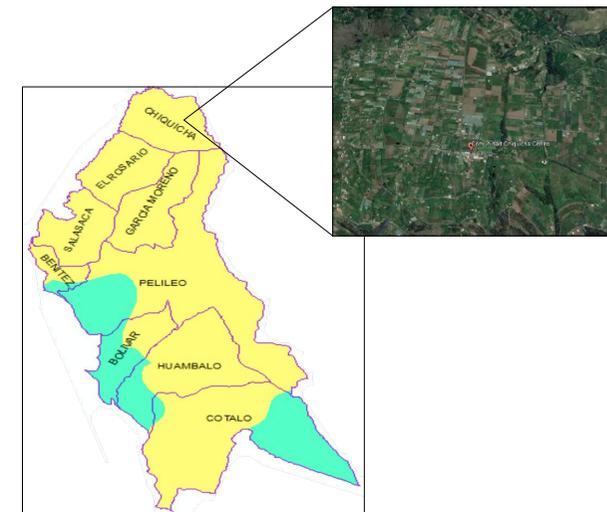


PROVINCIA:	CANTÓN:	PARROQUIA:	SECTOR:
TUNGURAHUA	PELILEO	CHIQUICHA	CHIQUICHA CENTRO

PROYECTO:

"REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD CHIQUICHA CENTRO PERTENECIENTE AL CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

REFERENCIA CARTOGRÁFICA: UBICACIÓN DE LA PTAR



ELABORÓ:

 SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA

REVISÓ:

 ING. MG. RODRIGO FABIÁN MORALES FIALLOS
 TUTOR

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA UTM

DATUM WGS-84 ZONA 17 S

ESCALA: S/E

SUPERFICIE: 600 m²

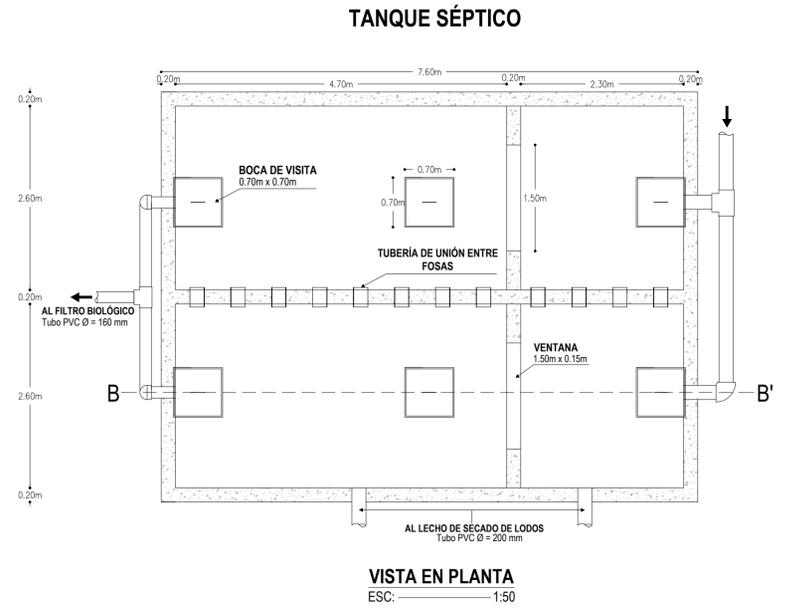
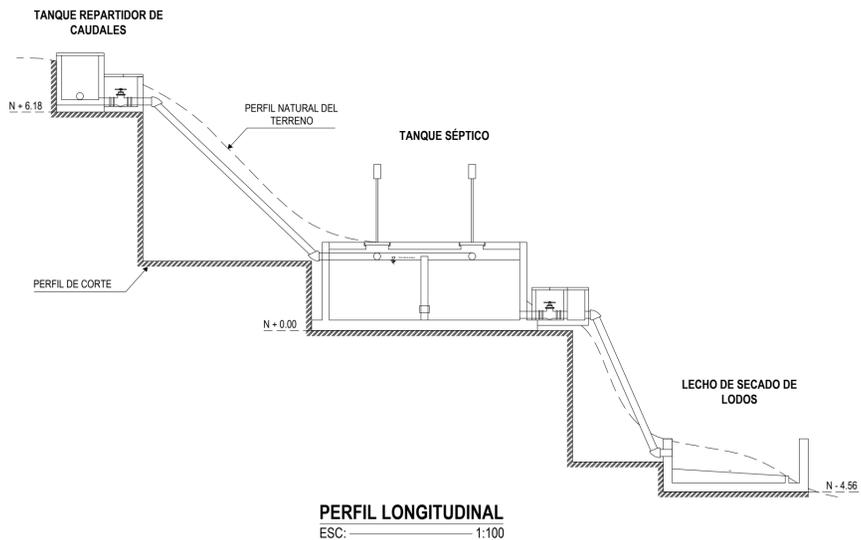
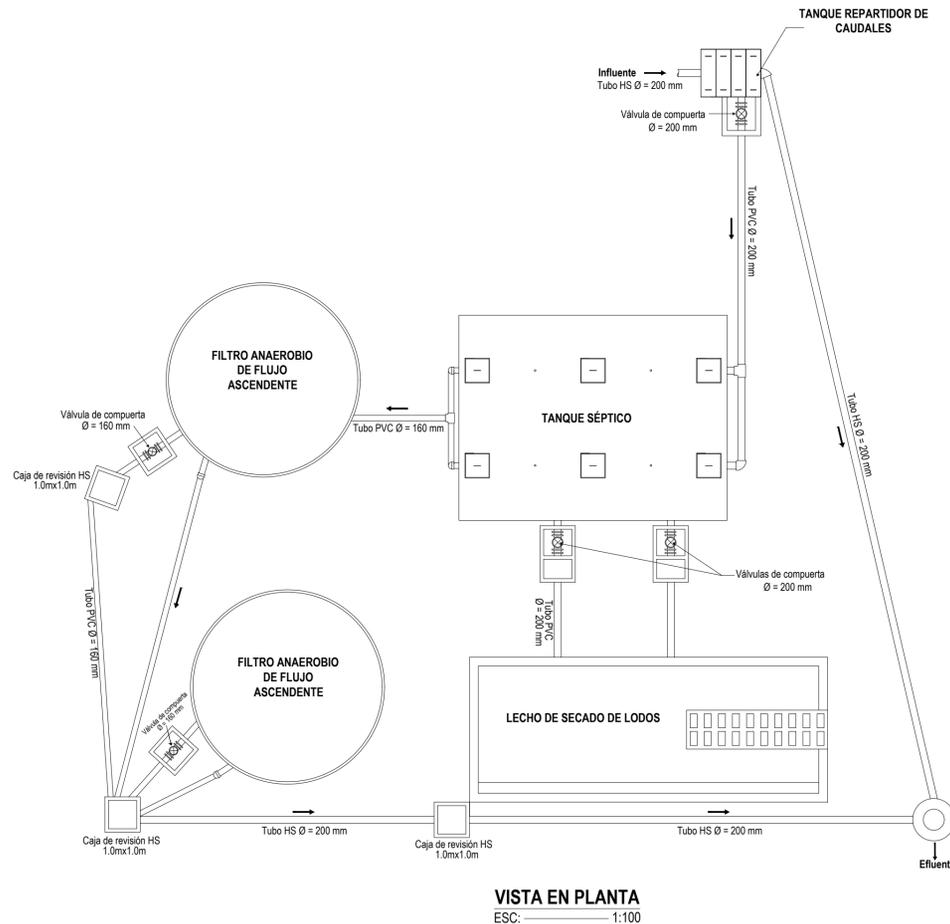
REF. CARTA TOP. IGM: 1 : 50000

Ñ - IV - A4

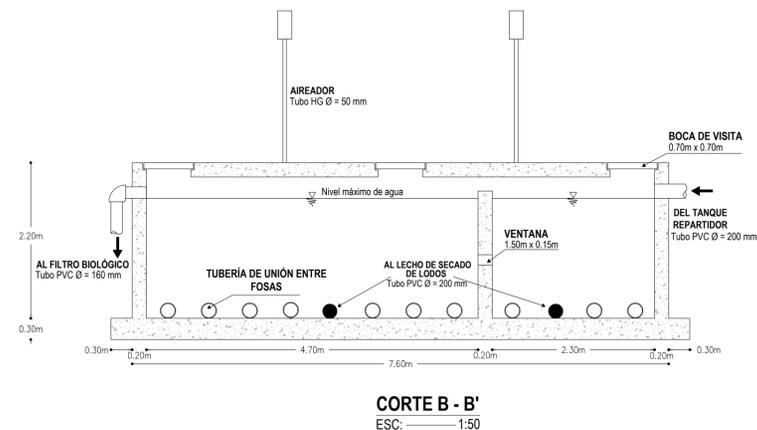
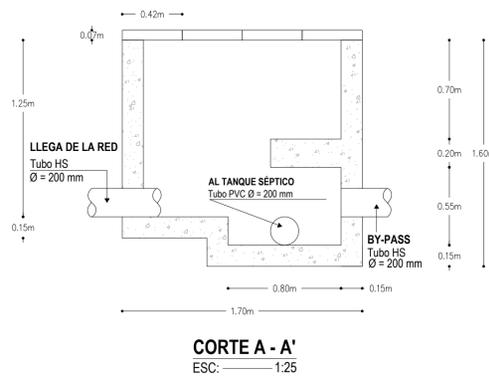
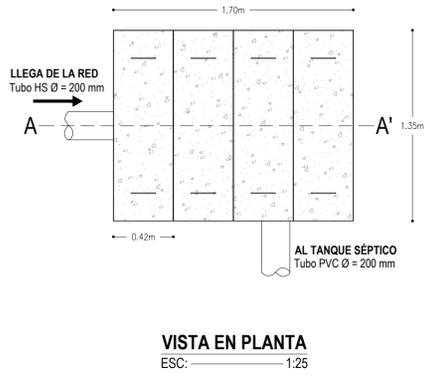
FECHA: AGOSTO 2022

LÁMINA: 1 DE 4

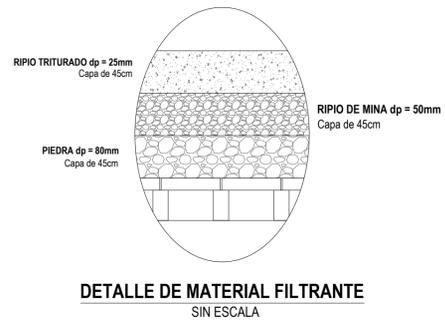
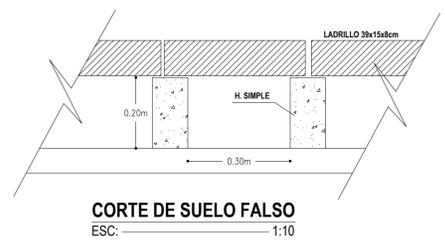
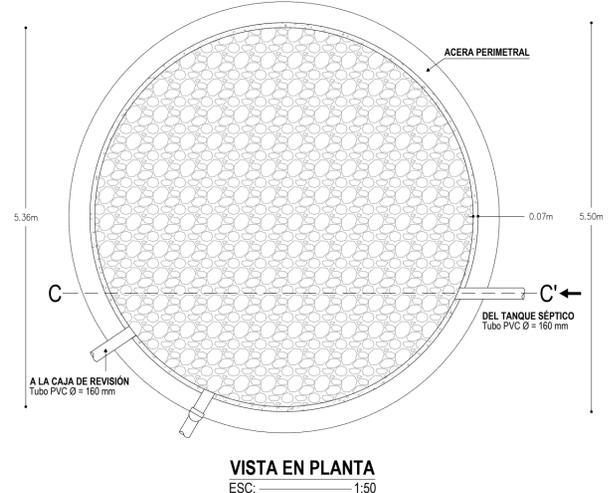
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD DE CHIQUICHA CENTRO



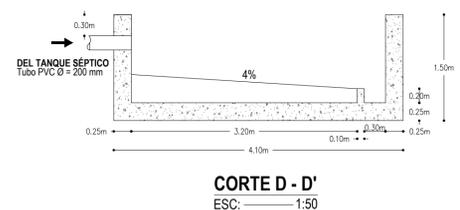
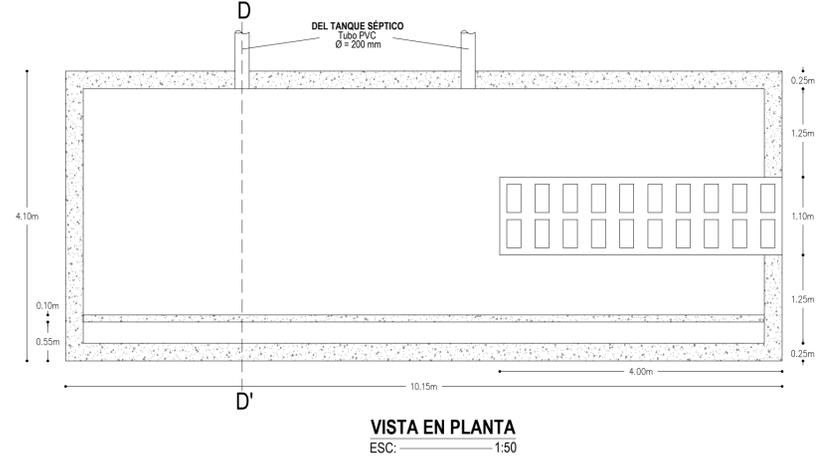
TANQUE REPARTIDOR DE CAUDALES



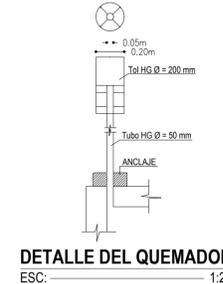
FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE



LECHO DE SECADO DE LODOS

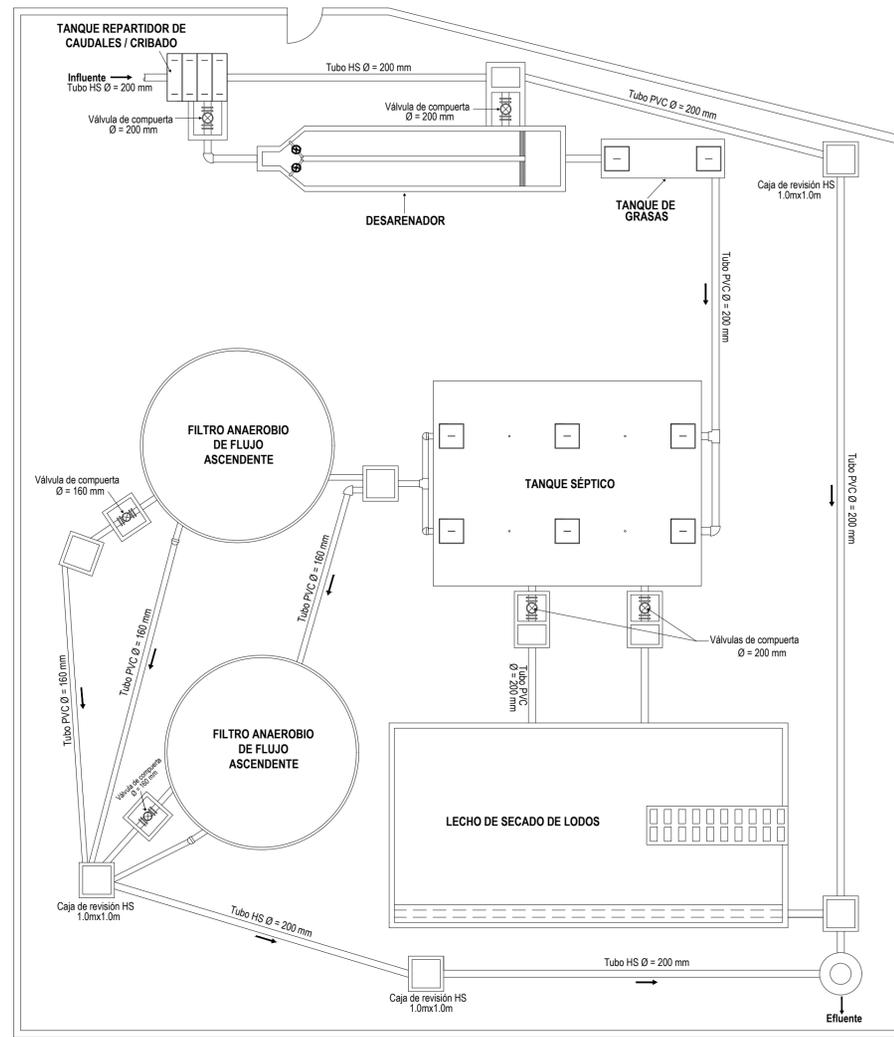


DETALLE DEL QUEMADOR

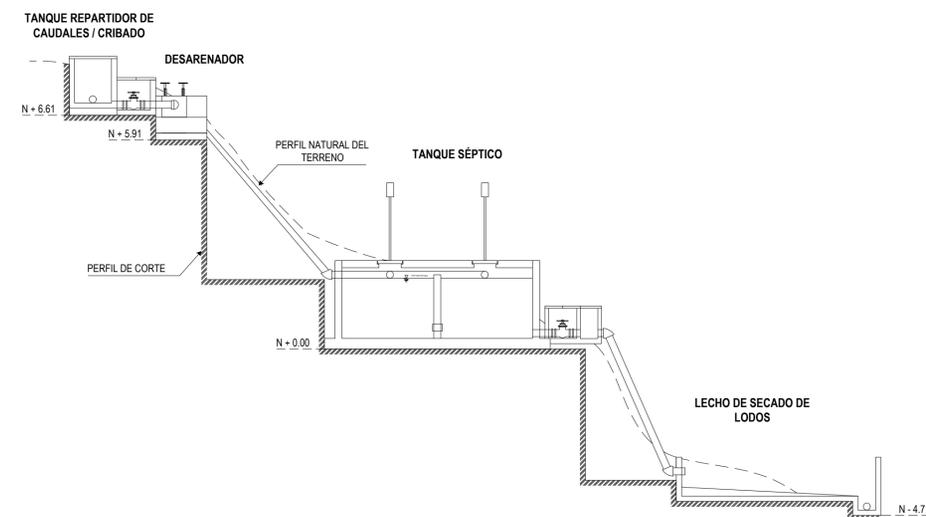


 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
PROYECTO: "REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD CHIQUICHA CENTRO PERTENECIENTE AL CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"		
UBICACIÓN: SECTOR: CHIQUICHA CENTRO PARROQUIA: CHIQUICHA	CANTÓN: PELILEO PROVINCIA: TUNGURAHUA	
CONTIENE: PLANOS Y DETALLES DE LA PTAR ACTUAL	ESCALA: INDICADAS	FECHA: AGOSTO 2022
ELABORÓ: SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA	REVISÓ: ING. MG. FABIÁN RODRIGO MORALES FIALLOS TUTOR	LÁMINA: 2 DE 4

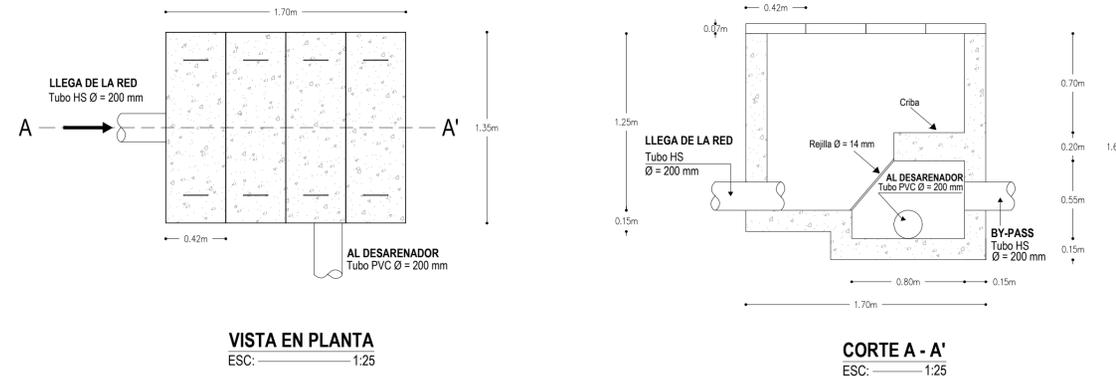
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD DE CHIQUICHA CENTRO



VISTA EN PLANTA
ESC: 1:100

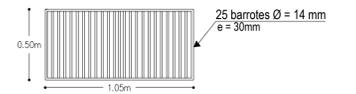


PERFIL LONGITUDINAL
ESC: 1:100

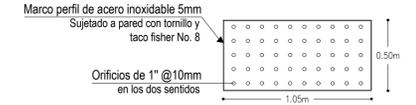


VISTA EN PLANTA
ESC: 1:25

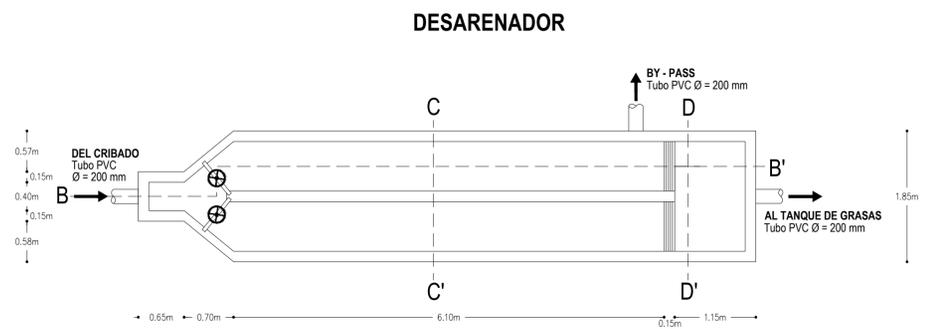
CORTE A - A'
ESC: 1:25



DETALLE DE REJILLA
REJILLA DE ACERO INOXIDABLE
ESC: 1:10

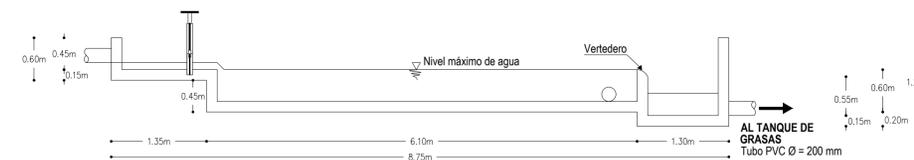


DETALLE DE CRIBA
CRIBA DE ACERO INOXIDABLE
ESC: 1:10

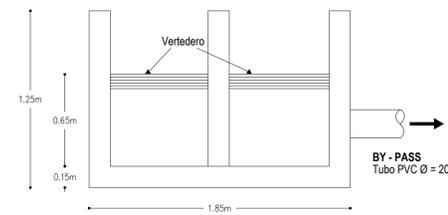


VISTA EN PLANTA
ESC: 1:50

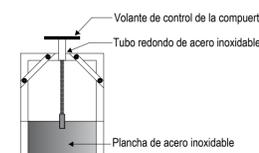
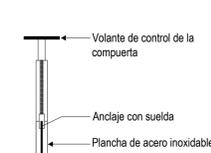
CORTE B - B'
ESC: 1:50



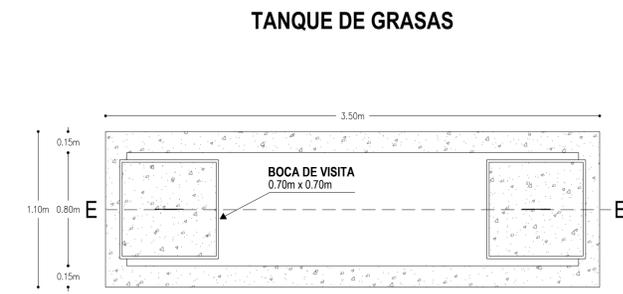
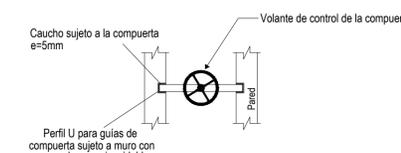
CORTE C - C'
ESC: 1:25



CORTE D - D'
ESC: 1:25

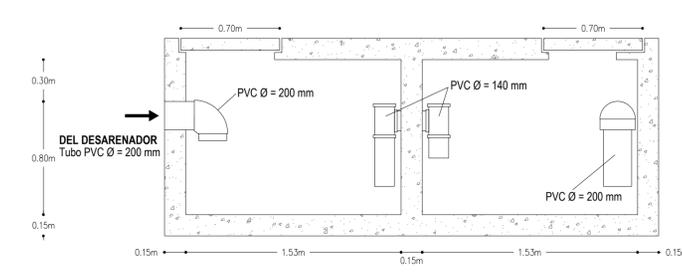


DETALLE DE COMPUERTA
ESC: 1:25



TANQUE DE GRASAS

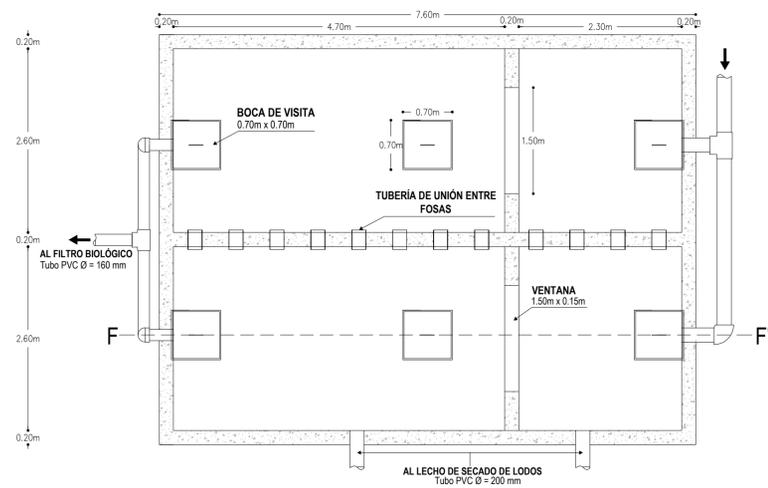
VISTA EN PLANTA
ESC: 1:25



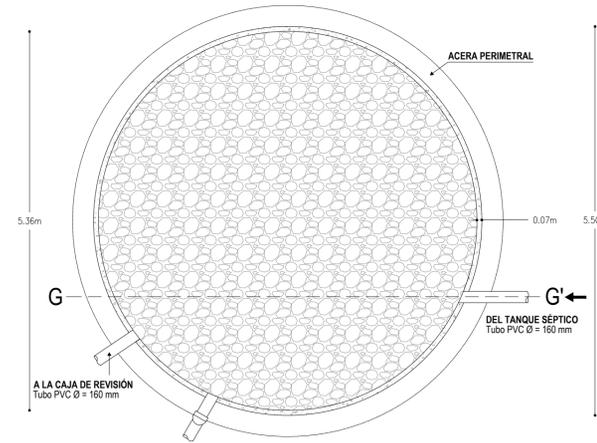
CORTE E - E'
ESC: 1:25

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
PROYECTO: "REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD CHIQUICHA CENTRO PERTENECIENTE AL CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"		
UBICACIÓN: SECTOR: CHIQUICHA CENTRO PARROQUIA: CHIQUICHA	CANTÓN: PELILEO PROVINCIA: TUNGURAHUA	
CONTIENE: PLANOS Y DETALLES DE LA PTAR ACTUAL	ESCALA: INDICADAS	FECHA: AGOSTO 2022
ELABORÓ: SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA	REVISÓ: ING. MG. FABIAN RODRIGO MORALES FIALLOS TUTOR	LÁMINA: 3 DE 4

TANQUE SÉPTICO

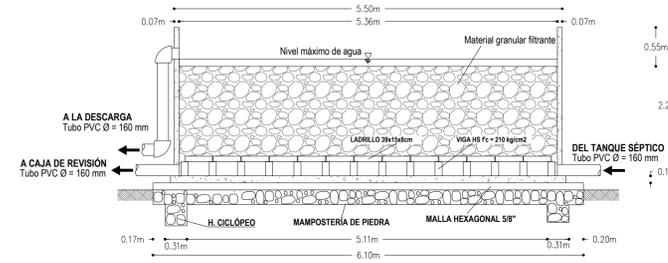


VISTA EN PLANTA
ESC: 1:50

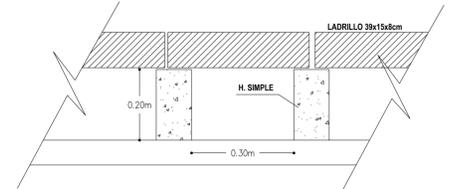


VISTA EN PLANTA
ESC: 1:50

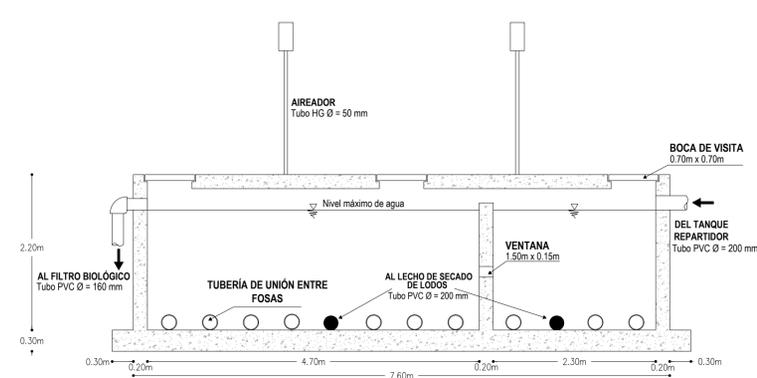
FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE



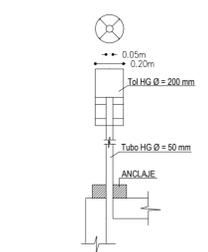
CORTE G - G'
ESC: 1:50



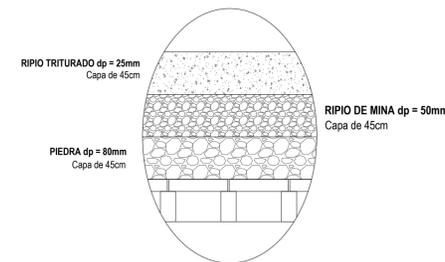
CORTE DE SUELO FALSO
ESC: 1:10



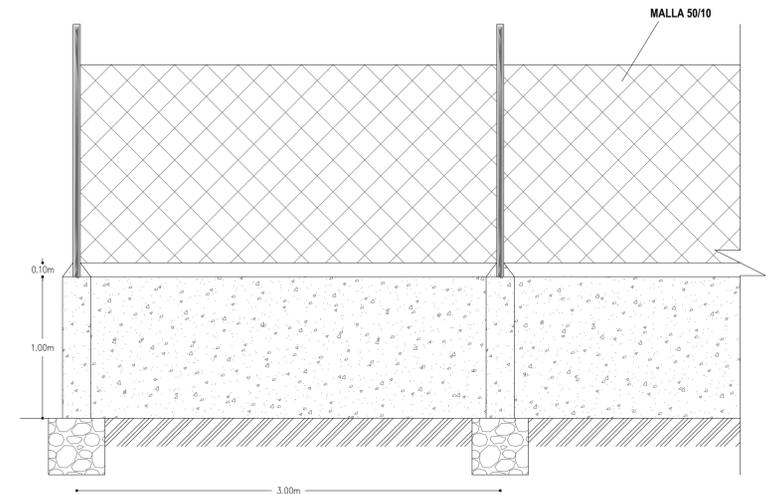
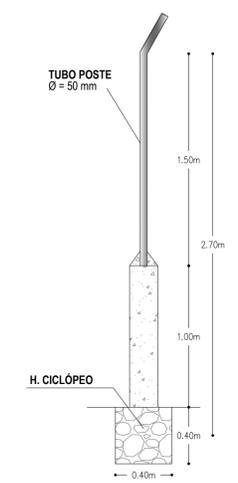
CORTE F - F'
ESC: 1:50



DETALLE DEL QUEMADOR
ESC: 1:25

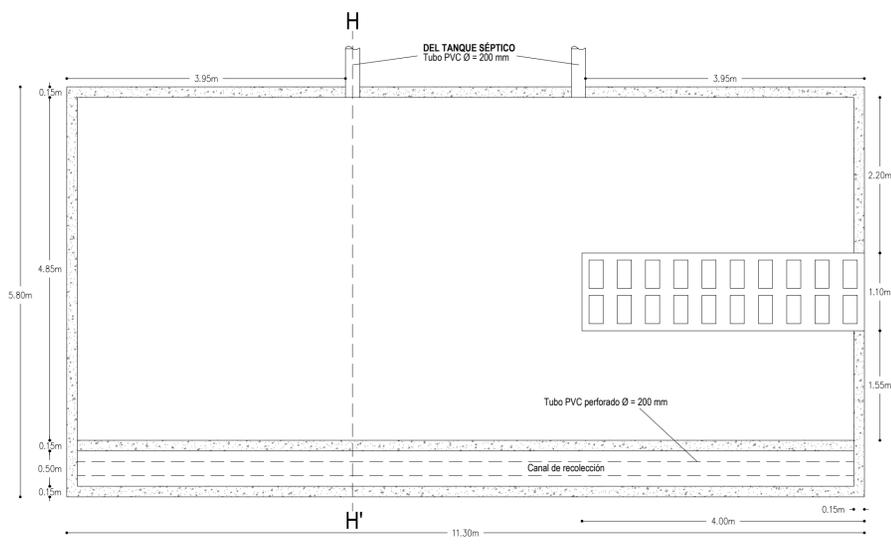


DETALLE DE MATERIAL FILTRANTE
SIN ESCALA

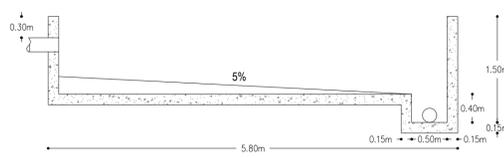


VISTA EN PLANTA
ESC: 1:25

LECHO DE SECADO DE LODOS

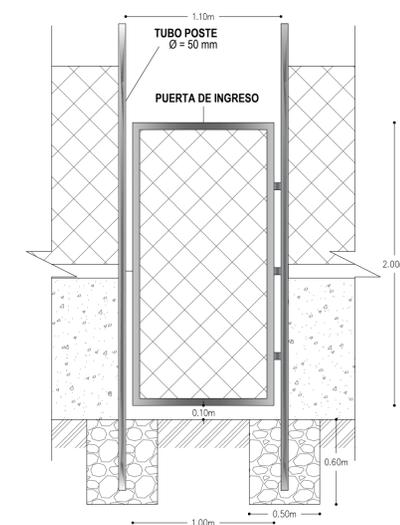
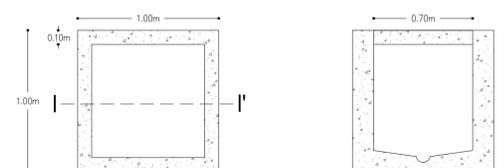


VISTA EN PLANTA
ESC: 1:50



CORTE H - H'
ESC: 1:50

CAJA DE REVISIÓN



PUERTA DE INGRESO
ESC: 1:25

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
PROYECTO: "REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD CHIQUICHA CENTRO PERTENECIENTE AL CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"			
UBICACIÓN: <i>SECTOR:</i> CHIQUICHA CENTRO <i>PARROQUIA:</i> CHIQUICHA		<i>CANTÓN:</i> PELILEO <i>PROVINCIA:</i> TUNGURAHUA	
CONTIENE: PLANOS Y DETALLES DE LA PTAR ACTUAL		ESCALA: INDICADAS	FECHA: AGOSTO 2022
ELABORÓ: SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA		REVISÓ: ING. MG. FABIAN RODRIGO MORALES FIALLOS TUTOR	LÁMINA: 4 DE 4

**Anexo N° 4: Manual de Operación y
Mantenimiento de la Planta de
Tratamiento de Aguas Residuales de
la Comunidad de Chiquicha Centro,
Cantón Pelileo, provincia de
Tungurahua.**

**PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA
COMUNIDAD DE CHIQUICHA CENTRO, CANTÓN PELILEO,
PROVINCIA DE TUNGURAHUA**

Manual de Operación y Mantenimiento

El tratamiento de aguas residuales busca modificar las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del líquido proveniente del sistema de alcantarillado antes de su descarga en un cuerpo de agua; todo esto para evitar problemas de contaminación en el entorno.

Un programa de mantenimiento preventivo y desarrollo de actividades propuestas con cierta frecuencia aseguran un alto nivel de funcionalidad de las unidades hidráulicas que conforman una PTAR, a su vez un correcto servicio para los usuarios de la misma. Se reducen gastos de reparación y mantenimiento de emergencia, perdura eficiencia en la operación de los componentes y se extiende el periodo de vida útil de la obra en general.

Por lo antes mencionado, el presente documento detalla los trabajos de mantenimiento que deben realizarse, según la frecuencia indicada, en cada uno de los elementos que conforman el tren descontaminante de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la comunidad de Chiquicha Centro, perteneciente al cantón Pelileo en la provincia de Tungurahua.

1. Labores de mantenimiento en la etapa de pretratamiento

En la etapa de pretratamiento se dispone de un cribado al interior del tanque repartidor de caudales para la retención de basura y sólidos de gran tamaño; seguidamente se tiene un desarenador de doble cámara en paralelo para retener arenas y demás partículas (cuando una unidad esté operando, la otra estará en mantenimiento). Finalmente, se incluye un tanque de grasas que impide el paso de grasas, jabones o espumas del afluente al resto de componentes.

1.1. Limpieza del tanque de cribado

Descripción de actividades:

- Verificar la presencia de sólidos acumulados en las rejillas.
- Limpiar las rejillas y retirar manualmente la basura y sólidos de gran tamaño que han sido retenidos.
- Trasladar los sólidos extraídos al lecho de secado de lodos para su disposición final.
- Examinar el estado y condición de los barrotes.
- Lavar los implementos utilizados.

Personal:

1 operador

Recursos necesarios

- Herramienta menor: rastrillo, pala, balde, carretilla.
- Equipo de seguridad (ver tabla 4)

Frecuencia aproximada:

Dos veces a la semana (en caso de observarse tuberías tapadas, proceder a realizarlo en menor tiempo).

Tiempo estimado

3 horas a la semana

Costo

\$59.26 (cincuenta y nueve dólares con veintiséis centavos) mensual.

1.2. Limpieza del desarenador

Cuenta con dos unidades construidas en paralelo con el objetivo de funcionar alternadamente. Mientras una cámara esté en operación, la otra se encontrará en mantenimiento.

Descripción de actividades:

- Controlar el caudal de ingreso para evitar anomalías y posibles obstrucciones, así como constatar que el agua no supere el nivel máximo del desarenador.
- Cerrar la compuerta de ingreso y salida de la unidad de mantenimiento.
- Remover manualmente el sedimento acumulado en el interior del sedimentador.
- Limpiar las paredes de la estructura.
- Abrir la compuerta de ingreso y salida de la cámara.

Personal:

1 operador

1 peón

Recursos necesarios

- Herramienta menor: pala, balde, carretilla.
- Equipo de seguridad (ver tabla 4)

Frecuencia aproximada:

- La verificación del correcto funcionamiento y control de caudal se realiza diariamente.
- La limpieza de esta unidad se llevará a cabo semanalmente.

Tiempo estimado

- 7 horas a la semana para control de funcionamiento
- 2 horas a la semana para limpieza

Costo

\$214.79 (doscientos catorce dólares con setenta y nueve centavos) mensual.

1.2.1. Mantenimiento de las compuertas

Este elemento corta el flujo del líquido residual que ingresa y sale del desarenador. Al permanecer en constante contacto con agua puede deteriorarse el material de fabricación; por tanto, se requiere realizar ciertas actividades de prevención como:

- Limpiar el sistema de elevación de la compuerta.
- Engrasar el sistema de ingreso y salida lubricando las piezas y facilitando su mantenimiento.
- Tratar oxidación y corrosión con limpieza y pintura adecuada de las partes metálicas.

Personal:

1 operador

Recursos necesarios

- Lubricante/engrasador y pintura anticorrosiva.
- Herramienta menor: pala, balde, carretilla.
- Equipo de seguridad (ver tabla 4)

Frecuencia aproximada:

Semestralmente

Tiempo estimado

2 horas

Costo

\$3.34 (tres dólares con treinta y cuatro centavos) mensual.

1.3. Limpieza del tanque de grasas

Descripción de actividades:

- Controlar la acumulación de grasas y aceites de la parte superior del tanque.
- Retirar natas de grasas y demás aceites para prevenir escapes que generen mal olor en el entorno.
- Transportar los residuos a su disposición final en el lecho de secado de lodos.

Personal:

1 operador

Recursos necesarios

- Herramienta menor: pala, balde, carretilla.
- Equipo de seguridad (ver tabla 4)

Frecuencia aproximada:

- El control de la acumulación de grasa se realiza diariamente.
- La limpieza de esta unidad se llevará a cabo quincenalmente o cuando se alcance un máximo de grasa del 75% de su capacidad.

Tiempo estimado

- 7 horas a la semana para control de funcionamiento
- 2 horas a la semana para limpieza

Costo

\$177.79 (ciento setenta y siete dólares con setenta y nueve centavos) mensual.

2. Labores de mantenimiento para el tanque séptico

La extracción de lodos se basa en el periodo de limpieza con el cual se diseñó o a su vez según el porcentaje de acumulación que presente (cuando se alcance 25% a 30% de la altura de agua del tanque se deben retirar). Las siguientes actividades se basan en la normativa OPS/CEPIS/05.168.

Descripción de actividades:

- Checar que las tapas de visita se encuentren colocadas correctamente.
- Escobillar la superficie del agua para fracturar y rehidratar las natas sobrenadantes (propiciar la sedimentación). Con esta labor se evacúan gases y se evita la acidificación del agua.
- Evaluar la profundidad de lodos del tanque.
- Extraer el lodo del interior de la fosa.
- Limpiar el tanque séptico.

Personal:

1 operador

2 peones

Recursos necesarios

- Herramienta menor: rastrillo, manguera, pala, barra, carretilla.
- Carro cisterna con bomba de vacío
- Equipo de seguridad (ver tabla 4)

Frecuencia aproximada:

- El escobillado de natas superficiales y medición de profundidad de lodos se realiza quincenal o mensualmente.
- La extracción de lodos se efectuará periódicamente cada seis meses.
- La limpieza del tanque se realiza una vez al año.

Tiempo estimado

- Escobillado de natas: 1 hora
- Extracción de lodos: 4 horas

Costo

\$52.26 (cincuenta y dos dólares con veintiséis centavos) mensual.

Nota: Al extraer lodos asegurarse de dejar un pequeño porcentaje para continuar con la digestión en el tanque.

3. Labores de mantenimiento para el lecho de secado de lodos**Descripción de actividades:**

- Checar las condiciones del lecho de secado de lodos.
- Distribuir los lodos uniformemente a lo largo de la superficie para su secado.
- Extraer manualmente los lodos deshidratados que han alcanzado una altura considerable.
- Limpiar las paredes del componente.

Personal:

1 operador

2 peones

Recursos necesarios

- Herramienta menor: pala, carretilla.
- Equipo de seguridad (ver tabla 4)

Frecuencia aproximada:

- Inspección y distribución de lodos se realiza quincenal o mensualmente.
- La extracción de lodos y limpieza de la estructura se efectuará periódicamente cada seis meses.

Tiempo estimado

- 2 horas para distribución de lodos
- 4 horas para extracción de lodos

Empleo de lodos como abono:

Controlar los microorganismos patógenos al cubrir con cal la superficie del lecho de secado. Recoger y depositar el material en terrenos agrícolas cuando se hayan deshidratado completamente.

Costo

\$66.21 (sesenta y seis dólares con veintiún centavos) mensual.

4. Labores de mantenimiento para el filtro anaerobio de flujo ascendente**Descripción de actividades:**

- Inspeccionar la capa superior del filtro y las condiciones de la estructura.
- Extraer la capa vegetal y sedimentos acumulados sobre el material filtrante.
- Limpiar el medio filtrante con agua a presión.
- Desalojar los lodos asentados al inferior del filtro (producto de la descomposición de microorganismos anaerobios).
- Aperturar válvulas durante el proceso de mantenimiento.

Personal:

1 operador

1 peón

Recursos necesarios

- Herramienta menor: pala, manguera, carretilla.
- Equipo de seguridad (ver tabla 4)

Frecuencia aproximada:

- Inspección diariamente.
- Limpieza y desalojo de lodos cada 3 meses (puede ser antes si se observa que la superficie del agua llega al lecho filtrante).

Tiempo estimado

- 7 horas semanalmente en inspección
- 4 horas en desalojo de lodos

Costo

\$151.00 (ciento cincuenta y un dólares) mensual.

Nota: Verificar la eficiencia del filtro percolador mediante análisis físicos – químicos del afluente, cada año como mínimo.

5. Labores de mantenimiento para el medio exterior**Descripción de actividades:**

- Limpiar la vía de ingreso/salida de la planta de tratamiento.
- Podar la vegetación del área externa de las estructuras hidráulicas.

Personal:

1 operador

1 peón

Recursos necesarios

- Herramienta menor: pala, hoz, moto guadaña, carretilla.

- Equipo de seguridad (ver tabla 4)

Frecuencia aproximada:

- Cada 6 meses.

Tiempo estimado

4 horas

Costo

\$6.42 (cincuenta y dos dólares con sesenta y seis centavos) mensual.

6. Operador de la PTAR

El encargado de la planta de tratamiento es el operador. Realiza todas las actividades previstas para cada unidad descontaminante y el medio exterior. Obligatoriamente deberá portar equipo de seguridad y cuidar la higiene para prevenir enfermedades.

Anexo N° 5: Análisis de Precios Unitarios

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 001

UNIDAD: m2

DETALLE: Limpieza y desbroce

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.12
SUBTOTAL M					0.12
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	2.00	3.83	7.66	0.29	2.22
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	0.29	0.12
SUBTOTAL N					2.34
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					2.46
INDIRECTOS %				15.00%	0.37
UTILIDAD %				0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2.83
VALOR OFERTADO					2.83

SON: Dos dólares con ochenta y tres centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofía Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 002

UNIDAD: m³

DETALLE: Derrocamiento de hormigón armado

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.72
SUBTOTAL M					0.72
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	4.00	3.83	15.32	0.92	14.09
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	0.92	0.40
SUBTOTAL N					14.49
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					15.21
INDIRECTOS %				15.00%	2.28
UTILIDAD %				0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					17.49
VALOR OFERTADO					17.49

SON: Diecisiete dólares con cuarenta y nueve centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 003

UNIDAD: m³-km

DETALLE: Transporte de materiales más de 5km

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.86
SUBTOTAL M					0.86
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Residente de obra (Estruc. Ocup. B1)	0.50	4.31	2.16	8.00	17.28
SUBTOTAL N					17.28
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Diesel	gal	1.10	1.02	1.12	
SUBTOTAL O					1.12
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
Desalojo de material	m ³ -km	1.00	1.00	1.00	
SUBTOTAL P					1.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					20.26
INDIRECTOS %				15.00%	3.04
UTILIDAD %				0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				23.30	
VALOR OFERTADO				23.30	

SON: Veintitrés dólares con treinta centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 004

UNIDAD: km

DETALLE: Replanteo y nivelación lineal

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					4.81
Equipo topográfico	1.00	5.00	5.00	5.00	25.00
SUBTOTAL M					29.81
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Topógrafo (Estruc. Ocup. C1)	1.00	4.29	4.29	8.00	34.32
Cadenero (Estruc. Ocup. D2)	2.00	3.87	7.74	8.00	61.92
SUBTOTAL N					96.24
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Estacas de madera	u	20.00	0.15	3.00	
Clavos	kg	2.00	1.78	3.56	
Pintura esmalte	gal	0.15	15.00	2.25	
Mojones	u	1.00	5.25	5.25	
SUBTOTAL O					14.06
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					140.11
INDIRECTOS %				15.00%	21.02
UTILIDAD %				0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					161.13
VALOR OFERTADO					161.13

SON: Ciento sesenta y un dólares con trece centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofía Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 005

UNIDAD: m³

DETALLE: Excavación manual en suelo natural, profundidad entre 0 y 2 metros

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.41
SUBTOTAL M					0.41
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	1.00	3.83	3.83	1.00	3.83
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	1.00	3.87	3.87	1.00	3.87
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	1.00	0.43
SUBTOTAL N					8.13
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
					0.00
					0.00
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					8.54
INDIRECTOS %				15.00%	1.28
UTILIDAD %				0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					9.82
VALOR OFERTADO					9.82

SON: Nueve dólares con ochenta y dos centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 006

UNIDAD: m³

DETALLE: Relleno compactado con material de excavación

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.33
Compactadora	0.10	6.25	0.63	0.55	0.35
SUBTOTAL M					0.68
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	2.00	3.83	7.66	0.55	4.21
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	1.00	3.87	3.87	0.55	2.13
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	0.55	0.24
SUBTOTAL N					6.58
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Agua	m ³	0.10	0.15	0.02	
SUBTOTAL O					0.02
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					7.28
INDIRECTOS %				15.00%	1.09
UTILIDAD %				0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				8.37	
VALOR OFERTADO				8.37	

SON: Ocho dólares con treinta y siete centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 007

UNIDAD: ml

DETALLE: Tubería PVC d=200mm desague NTE-INEN 2059

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.18
SUBTOTAL M					0.18
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	2.00	3.83	7.66	0.30	2.30
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	1.00	3.87	3.87	0.30	1.16
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.50	4.29	2.15	0.10	0.22
SUBTOTAL N					3.68
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Tubería PVC alcantarillado corrugada d=200mm	m	1.00	12.54	12.54	
Poliimpia	gal	0.10	23.00	2.30	
Polipega	gal	0.10	25.00	2.50	
Agua	m3	1.00	0.15	0.15	
SUBTOTAL O				17.49	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0.00	
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			21.35
		INDIRECTOS %			15.00%
					3.20
		UTILIDAD %			0.00%
					0.00
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			24.55
		VALOR OFERTADO			24.55

SON: Veinticuatro dólares con cincuenta y cinco centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 008

UNIDAD: m2

DETALLE: Replanteo y nivelación por componente

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.01
Equipo topográfico	1.00	5.00	5.00	0.02	0.10
SUBTOTAL M					0.11
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Topógrafo (Estruc. Ocup. C1)	1.00	4.29	4.29	0.02	0.09
Peón (Estruc. Ocup. E2)	2.00	3.83	7.66	0.02	0.15
SUBTOTAL N					0.24
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Estacas de madera	u	1.00	0.15	0.15	
Clavos	kg	0.10	1.78	0.18	
Pintura esmalte	gal	0.05	15.00	0.75	
SUBTOTAL O					1.08
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.43
INDIRECTOS %				15.00%	0.21
UTILIDAD %				0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				1.64	
VALOR OFERTADO				1.64	

SON: Un dólar con sesenta y cuatro centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 009

UNIDAD: u

DETALLE: Válvula de compuerta d=200mm (incluye accesorios)

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.83
SUBTOTAL M					0.83
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	1.00	4.29	4.29	1.00	4.29
Plomero (Estruc. Ocup. D2)	1.00	3.87	3.87	3.00	11.61
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	1.00	4.29	4.29	0.15	0.64
SUBTOTAL N					16.54
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Válvula de compuerta H.F. d=200mm	u	1.00	260.00	260.00	
Polihipia	kg	0.05	23.00	1.15	
Polipega	gal	0.05	25.00	1.25	
SUBTOTAL O				262.40	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					279.77
INDIRECTOS %				15.00%	41.97
UTILIDAD %				0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					321.74
VALOR OFERTADO					321.74

SON: Trecientos veintidós dólares con setenta y cuatro centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofía Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 010

UNIDAD: m³

DETALLE: Hormigón simple en replantillo (180 kg/cm²)

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.52
Concreteira inc. parihuelas	1.00	7.50	7.50	0.53	4.00
Vibrador	0.1	5.00	0.50	0.53	0.27
SUBTOTAL M					4.79
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	3.00	3.83	11.49	0.53	6.09
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	2.00	3.87	7.74	0.53	4.10
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	0.53	0.23
SUBTOTAL N					10.42
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Cemento Portland puesto en sitio	saco	4.20	7.85	32.97	
Arena puesto en sitio	m ³	0.50	15.00	7.50	
Ripio triturado puesto en sitio	m ³	1.00	17.50	17.50	
Agua	m ³	0.08	1.50	0.12	
Aditivo de hormigones	kg	0.30	4.90	1.47	
SUBTOTAL O					59.56
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
				0.00	
				0.00	
SUBTOTAL P					0.00
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			74.77
			INDIRECTOS %	15.00%	11.22
			UTILIDAD %	0.00%	0.00
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			85.99
		VALOR OFERTADO			85.99

SON: Ochenta y cinco dólares con noventa y nueve centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 011

UNIDAD: kg

DETALLE: Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2 (incluye corte y doblado)

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.01
SUBTOTAL M					0.01
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	1.00	3.83	3.83	0.03	0.10
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	1.00	3.87	3.87	0.03	0.10
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	0.03	0.01
SUBTOTAL N					0.21
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Acero fy=4200 kg/cm2	kg	1.00	1.46	1.46	
Alambre galvanizado #16-18	kg	0.10	1.77	0.18	
SUBTOTAL O					1.64
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.86
INDIRECTOS %					15.00% 0.28
UTILIDAD %					0.00% 0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2.14
VALOR OFERTADO					2.14

SON: Dos dólares con catorce centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 012

UNIDAD: m2

DETALLE: Encofrado y desencofrado recto

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.07
SUBTOTAL M					0.07
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	3.00	3.83	11.49	0.09	1.03
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	1.00	3.87	3.87	0.09	0.35
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	0.09	0.04
SUBTOTAL N					1.42
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Desmoldante de hormigones o aceite quemado para encofrado	gal	0.30	0.50	0.15	
Tabla dura de encofrado 0.30m seca y cepillada	u	3.00	12.00	36.00	
Clavos	kg	0.20	1.33	0.27	
Alambre galvanizado #16-18	kg	0.10	1.77	0.18	
Alfajja eucalipto 3x7x250cm	u	1.00	0.80	0.80	
Pirola	rollo	0.01	1.00	0.01	
SUBTOTAL O				37.41	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0.00	
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			38.90
		INDIRECTOS %			15.00%
		UTILIDAD %			0.00%
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			44.74
		VALOR OFERTADO			44.74

SON: Cuarenta y cuatro dólares con setenta y cuatro centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 013

UNIDAD: m2

DETALLE: Empedrado para replantillo e=10cm, incluye emporado con sub-base

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.16
SUBTOTAL M					0.16
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	3.00	3.83	11.49	0.16	1.84
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	2.00	3.87	7.74	0.16	1.24
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	0.16	0.07
SUBTOTAL N					3.15
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Piedra bola puesto en sitio 15cm	m3	0.80	22.50	18.00	
Sub-base clase 2 puesto en sitio	m3	0.60	10.63	6.38	
SUBTOTAL O				24.38	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					27.69
INDIRECTOS %				15.00%	4.15
UTILIDAD %				0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					31.84
VALOR OFERTADO					31.84

SON: Treinta y un dólares con ochenta y cuatro centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 014

UNIDAD: m³

DETALLE: Hormigón simple 210 kg/cm²

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					1.88
Concreteira inc. parihuelas	1.00	7.50	7.50	1.60	12.00
Vibrador	1	5.00	5.00	1.60	8.00
SUBTOTAL M					21.88
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	3.00	3.83	11.49	1.60	18.38
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	2.00	3.87	7.74	1.60	12.38
Operador de equipo liviano (Estruc. Ocup. D2)	1.00	3.87	3.87	1.60	6.19
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	1.60	0.69
SUBTOTAL N					37.64
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Cemento Portland puesto en sitio	saco	7.21	7.85	56.60	
Arena puesto en sitio	m ³	0.65	15.00	9.75	
Ripio triturado puesto en sitio	m ³	0.95	17.50	16.63	
Agua	m ³	0.22	1.50	0.33	
Aditivo de hormigones	kg	0.10	4.90	0.49	
SUBTOTAL O					83.80
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
				0.00	
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					143.32
INDIRECTOS %				15.00%	21.50
UTILIDAD %				0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				164.82	
VALOR OFERTADO				164.82	

SON: Ciento sesenta y cuatro dólares con ochenta y dos centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 015

UNIDAD: m2

DETALLE: Enlucido mortero 1:2 paletado fino (e=1.5cm) con impermeabilizante

EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	
Herramienta menor 5% M.O.					0.27	
SUBTOTAL M					0.27	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	
Peón (Estruc. Ocup. E2)	3.00	3.83	11.49	0.27	3.10	
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	2.00	3.87	7.74	0.27	2.09	
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	0.27	0.12	
SUBTOTAL N					5.31	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B		
Cemento Portland puesto en sitio	saco	0.35	7.85	2.75		
Arena puesto en sitio	m3	0.20	15.00	3.00		
Agua	m3	0.10	1.50	0.15		
Aditivo de hormigones	kg	0.05	4.90	0.25		
SUBTOTAL O				6.15		
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B		
SUBTOTAL P				0.00		
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			11.73	
		INDIRECTOS %			15.00%	1.76
		UTILIDAD %			0.00%	0.00
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			13.49	
		VALOR OFERTADO			13.49	

SON: Trece dólares con cuarenta y nueve centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 016

UNIDAD: u

DETALLE: Rejilla 14mm e=3cm, 0.50x1.05m

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					1.63
SUBTOTAL M					1.63
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	1.00	3.83	3.83	4.00	15.32
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	1.00	3.87	3.87	4.00	15.48
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	4.00	1.72
SUBTOTAL N					32.52
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Rejilla 14mm e=3cm, 0.50x1.05m	u	1.00	6.50	6.50	
Cemento	saco	0.20	7.85	1.57	
Arena	m ³	0.04	15.00	0.60	
Agua	m ³	0.05	1.50	0.08	
SUBTOTAL O				8.75	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					42.90
INDIRECTOS %				15.00%	6.44
UTILIDAD %				0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					49.34
VALOR OFERTADO					49.34

SON: Cuarenta y nueve dólares con treinta y cuatro centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 017

UNIDAD: u

DETALLE: Compuerta de ingreso al desarenador

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.34
Martillo percutador/neumático-ruptur hidráulico	1.00	5.00	5.00	0.80	4.00
Soldadora eléctrica inc. pinzas+cable	1.00	0.50	0.50	0.80	0.40
SUBTOTAL M					4.74
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	1.00	3.83	3.83	0.80	3.06
Maestro soldador especializado (Estruc. Ocup. C1)	1.00	4.29	4.29	0.80	3.43
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	0.80	0.34
SUBTOTAL N					6.83
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Compuerta de canal con volante y plancha de acero inoxidable	u	1.00	1250.00	1250.00	
Perfil U para guías de compuerta inc. caucho (e=5mm) y pernos de acero inoxidable	u	2.00	45.00	90.00	
SUBTOTAL O					1340.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1351.57
INDIRECTOS %					15.00%
UTILIDAD %					0.00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1554.31
VALOR OFERTADO					1554.31

SON: Mil quinientos cincuenta y cuatro dólares con treinta y cuatro centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 018

UNIDAD: ml

DETALLE: Tubería PVC d=140mm desague NTE-INEN 2059

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.21
SUBTOTAL M					0.21
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	2.00	3.83	7.66	0.30	2.30
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	1.00	3.87	3.87	0.30	1.16
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.50	4.29	2.15	0.32	0.69
SUBTOTAL N					4.15
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Tubería PVC alcantarillado corrugada d=140mm	m	1.00	10.25	10.25	
Poliimpia	gal	0.10	23.00	2.30	
Polipega	gal	0.10	25.00	2.50	
Agua	m3	1.00	0.15	0.15	
SUBTOTAL O				15.20	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0.00	
	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				19.56
	INDIRECTOS %				15.00%
	UTILIDAD %				0.00%
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				22.49
	VALOR OFERTADO				22.49

SON: Veintidos dólares con cuarenta y nueve centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 019

UNIDAD: u

DETALLE: Reposición de aireador Tubo HG d=50mm

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.13
SUBTOTAL M					0.13
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	1.00	3.83	3.83	0.32	1.23
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	1.00	3.87	3.87	0.32	1.24
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	0.32	0.14
SUBTOTAL N					2.61
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Tubo HG d=50mm	u	1.00	8.95	8.95	
Neplo HG d=50mm L=0.10m	u	1.00	0.58	0.58	
SUBTOTAL O				9.53	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0.00	
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			12.27
		INDIRECTOS %			15.00%
					1.84
		UTILIDAD %			0.00%
					0.00
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			14.11
		VALOR OFERTADO			14.11

SON: Catorce dólares con once centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 020

UNIDAD: m2

DETALLE: Reparación de fisuras mortero 1:2 paletado fino (e=1.5cm) con impermeabilizante

EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	
Herramienta menor 5% M.O.					0.16	
SUBTOTAL M					0.16	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	
Peón (Estruc. Ocup. E2)	2.00	3.83	7.66	0.27	2.07	
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	1.00	3.87	3.87	0.27	1.04	
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	0.27	0.12	
SUBTOTAL N					3.23	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B		
Cemento Portland puesto en sitio	saco	0.35	7.85	2.75		
Arena puesto en sitio	m3	0.20	15.00	3.00		
Agua	m3	0.10	1.50	0.15		
Aditivo de hormigones	kg	0.05	4.90	0.25		
SUBTOTAL O				6.15		
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B		
SUBTOTAL P				0.00		
	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				9.54	
	INDIRECTOS %				15.00%	1.43
	UTILIDAD %				0.00%	0.00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				10.97	
	VALOR OFERTADO				10.97	

SON: Diez dólares con noventa y siete centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 021

UNIDAD: ml

DETALLE: Tubería PVC d=160mm desague NTE-INEN 2059

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.21
SUBTOTAL M					0.21
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	2.00	3.83	7.66	0.30	2.30
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	1.00	3.87	3.87	0.30	1.16
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.50	4.29	2.15	0.32	0.69
SUBTOTAL N					4.15
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Tubería PVC alcantarillado corrugada d=160mm	m	1.00	10.87	10.87	
Poliimpia	gal	0.10	23.00	2.30	
Polipega	gal	0.10	25.00	2.50	
Agua	m3	0.10	1.50	0.15	
SUBTOTAL O				15.82	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0.00	
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			20.18
		INDIRECTOS %			15.00%
		UTILIDAD %			0.00%
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			23.21
		VALOR OFERTADO			23.21

SON: Veintitres dólares con veintitín centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 022

UNIDAD: m³

DETALLE: Material pétreo para filtrado

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.61
SUBTOTAL M					0.61
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	2.00	3.83	7.66	1.50	11.49
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	1.50	0.65
SUBTOTAL N					12.14
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Piedra clasificada	m ³	1.05	30.00	31.50	
Agua	m ³	0.05	1.50	0.08	
SUBTOTAL O					31.58
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					44.33
INDIRECTOS %					15.00% 6.65
UTILIDAD %					0.00% 0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					50.98
VALOR OFERTADO					50.98

SON: Cincuenta dólares con noventa y ocho centavos

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofía Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 023

UNIDAD: m³

DETALLE: Hormigón ciclópeo f_c=180 kg/cm²

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.52
Concreteira inc. parihuelas	1.00	7.50	7.50	0.53	3.98
Vibrador	1.00	5.00	5.00	0.53	2.65
SUBTOTAL M					7.15
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	3.00	3.83	11.49	0.53	6.09
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	2.00	3.87	7.74	0.53	4.10
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	0.53	0.23
SUBTOTAL N					10.42
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Cemento Portland puesto en sitio	saco	4.20	7.85	32.97	
Arena puesto en sitio	m ³	0.50	15.00	7.50	
Ripio triturado puesto en sitio	m ³	1.00	17.50	17.50	
Agua	m ³	0.08	1.50	0.12	
Aditivo de hormigones	kg	0.30	4.90	1.47	
Piedra bola 1/2 cemento	m ³	0.60	25.00	15.00	
SUBTOTAL O				74.56	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
				0.00	
SUBTOTAL P				0.00	
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			92.13
		INDIRECTOS %			15.00%
		UTILIDAD %			0.00%
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			105.95
		VALOR OFERTADO			105.95

SON: Ciento cinco dólares con noventa y cinco centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 024

UNIDAD: m

DETALLE: Escalera HG d=3/4"

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.26
Cortadora eléctrica de hierro	1.00	0.97	0.97	0.25	0.24
Soldadora	1.00	5.77	5.77	0.25	1.44
Compresor de 2Hp	1.00	2.54	2.54	0.25	0.64
SUBTOTAL M					2.58
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	3.00	3.83	11.49	0.25	2.87
Maestro soldador especializado (Estruc. Ocup. C1)	2.00	4.29	8.58	0.25	2.15
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	0.25	0.11
SUBTOTAL N					5.13
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Tubo HG 3/4" x3.0m	u	0.33	10.76	3.55	
Electrodos 6011 1/8	lb	0.04	2.30	0.09	
SUBTOTAL O				3.64	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0.00	
	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				11.35
	INDIRECTOS %				15.00%
					1.70
	UTILIDAD %				0.00%
					0.00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				13.05
	VALOR OFERTADO				13.05

SON: Trece dólares con cinco centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 025

UNIDAD: u

DETALLE: Tapa H.A., boca de visita con cerco, d=6mm y marco metálico

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					1.20
SUBTOTAL M					1.20
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	2.00	3.83	7.66	2.00	15.32
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	1.00	3.87	3.87	2.00	7.74
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	2.00	0.86
SUBTOTAL N					23.92
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	5.00	1.46	7.30	
Alambre #18	kg	0.10	1.77	0.18	
Cemento Portland puesto en sitio	saco	0.29	7.85	2.28	
Arena puesto en sitio	m3	0.08	15.00	1.20	
Agua	m3	0.10	1.50	0.15	
Clavos	kg	0.10	1.33	0.13	
Marco metálico para 600mm	u	1.00	13.89	13.89	
SUBTOTAL O				25.13	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					50.25
INDIRECTOS %				15.00%	7.54
UTILIDAD %				0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					57.79
VALOR OFERTADO					57.79

SON: Cincuenta y siete dólares con setenta y nueve centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 026

UNIDAD: m2

DETALLE: Mampostería de bloque alivianado e=0.15m

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.79
SUBTOTAL M					0.79
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	3.00	3.83	11.49	0.80	9.19
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	2.00	3.87	7.74	0.80	6.19
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	0.80	0.34
SUBTOTAL N					15.72
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Cemento Portland puesto en sitio	saco	0.27	7.85	2.12	
Arena puesto en sitio	m3	0.04	15.00	0.60	
Bloque alivianado e=0.15m	u	20.00	0.24	4.80	
Agua	m3	0.10	1.50	0.15	
SUBTOTAL O				7.67	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					24.18
INDIRECTOS %				15.00%	3.63
UTILIDAD %				0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					27.81
VALOR OFERTADO					27.81

SON: Veintisiete dólares con ochenta y un centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 027

UNIDAD: m

DETALLE: Suministro e instalación malla de cerramiento 50/10, H=1.50m

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.16
SUBTOTAL M					0.16
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	2.00	3.83	7.66	0.27	2.07
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	1.00	3.87	3.87	0.27	1.04
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	0.27	0.12
SUBTOTAL N					3.23
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Malla de cerramiento 50/10	m ²	1.50	11.85	17.78	
Tubo poste HG d=50mm	m	0.90	7.00	6.30	
SUBTOTAL O				24.08	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					27.47
INDIRECTOS %				15.00%	4.12
UTILIDAD %				0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					31.59
VALOR OFERTADO					31.59

SON: Treinta y cinco dólares con cincuenta y nueve centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofía Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 028

UNIDAD: u

DETALLE: Puerta de malla H=2.00m, L=1m

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.96
SUBTOTAL M					0.96
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	2.00	3.83	7.66	1.60	12.26
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	1.00	3.87	3.87	1.60	6.19
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	1.60	0.69
SUBTOTAL N					19.14
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Puerta malla H=2.00m, L=1m	u	1.00	60.00	60.00	
SUBTOTAL O				60.00	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					80.10
INDIRECTOS %					15.00%
UTILIDAD %					0.00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					92.12
VALOR OFERTADO					92.12

SON: Noventa y dos dólares con doce centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 029

UNIDAD: u

DETALLE: Caja de revisión HS 1.00x1.00m Tapa H.A.

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					2.11
Concreteira	1.00	7.50	7.50	2.67	20.03
SUBTOTAL M					22.14
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	2.00	3.83	7.66	2.67	20.45
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	2.00	3.87	7.74	2.67	20.67
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	2.67	1.15
SUBTOTAL N					42.27
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Cemento Portland puesto en sitio	saco	3.75	7.85	29.44	
Arena puesto en sitio	m ³	0.34	15.00	5.10	
Ripio puesto en sitio	m ³	0.50	17.50	8.75	
Agua	m ³	0.10	1.50	0.15	
Tabla dura de encofrado de 0.20m de ancho	u	2.00	2.00	4.00	
Tiras de eucalipto 2.50x2.00x200cm	u	0.90	1.25	1.13	
Clavos	kg	0.50	1.33	0.67	
Alambre #18	kg	0.30	1.77	0.53	
Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm ²	kg	6.00	1.46	8.76	
SUBTOTAL O					58.53
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					122.94
INDIRECTOS %				15.00%	18.44
UTILIDAD %				0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					141.38
VALOR OFERTADO					141.38

SON: Ciento cuarenta y un dólares con treinta y ocho centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 030

UNIDAD: m2

DETALLE: Blanqueado de cerramiento con cemento blanco dos manos

EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	
Herramienta menor 5% M.O.					0.24	
SUBTOTAL M					0.24	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	
Peón (Estruc. Ocup. E2)	2.00	3.83	7.66	0.40	3.06	
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	1.00	3.87	3.87	0.40	1.55	
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	0.40	0.17	
SUBTOTAL N					4.78	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B		
Cemento blanco	kg	0.20	0.35	0.07		
Agua	m3	0.01	1.50	0.02		
SUBTOTAL O				0.09		
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B		
SUBTOTAL P				0.00		
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			5.11	
		INDIRECTOS %			15.00%	0.77
		UTILIDAD %			0.00%	0.00
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			5.88	
		VALOR OFERTADO			5.88	

SON: Cinco dólares con ochenta y ocho centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 031

UNIDAD: m2

DETALLE: Enchambado en terreno preparado

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.17
Compactador mecánico	1.00	4.50	4.50	0.43	1.94
SUBTOTAL M					2.11
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	1.00	3.83	3.83	0.43	1.65
Jardinero (Estruc. Ocup. D2)	1.00	3.87	3.87	0.43	1.66
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	0.43	0.18
SUBTOTAL N					3.49
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Abono orgánico	kg	0.02	1.10	0.02	
Tierra negra	m3	0.30	14.50	4.35	
Chamba	m2	1.10	1.00	1.10	
Agua	m3	0.05	1.50	0.08	
SUBTOTAL O					5.55
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					11.15
INDIRECTOS %					15.00% 1.67
UTILIDAD %					0.00% 0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					12.82
VALOR OFERTADO					12.82

SON: Doce dólares con ochenta y dos centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 032

UNIDAD: u

DETALLE: Implementación de señalética

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.09
SUBTOTAL M					0.09
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	1.00	3.83	3.83	0.40	1.53
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	0.40	0.17
SUBTOTAL N					1.70
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Letrero de identificación 0.50x0.30m inc. accesorios y tornillería	u	1.00	15.00	15.00	
SUBTOTAL O					15.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					16.79
INDIRECTOS %					15.00% 2.52
UTILIDAD %					0.00% 0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					19.31
VALOR OFERTADO					19.31

SON: Diecinueve dólares con treinta y cinco centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 033

UNIDAD: m2

DETALLE: Limpieza final de la obra

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.13
SUBTOTAL M					0.13
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	2.00	3.83	7.66	0.32	2.45
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.29	0.43	0.32	0.14
SUBTOTAL N					2.59
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					2.72
INDIRECTOS %				15.00%	0.41
UTILIDAD %				0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					3.13
VALOR OFERTADO					3.13

SON: Tres dólares con trece centavos

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 034

UNIDAD: u

DETALLE: Plan de operación y mantenimiento

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					29.23
SUBTOTAL M					29.23
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	1.00	3.83	3.83	21.99	84.22
Operador responsable de PTAR (Estruc. Ocup. C2)	1.00	4.09	4.09	122.34	500.37
SUBTOTAL N					584.59
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Lubricante/engrasador	gal	0.04	12.50	0.50	
Pintura anticorrosiva	gal	0.04	24.50	0.98	
Carro cisterna con bomba de vacío	u	0.17	120.00	20.40	
SUBTOTAL O				21.88	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0.00	
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			635.70
		INDIRECTOS %			15.00%
		UTILIDAD %			0.00%
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			731.06
		VALOR OFERTADO			731.06

SON: Setecientos treinta y seis dólares con seis centavos.

OBSERVACIONES: El rubro incluye actividades en función del manual de operación mantenimiento de la PTAR por un tiempo de 30 días.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Sofia Daniela Morales Medina

Proyecto: Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Chiquicha Centro perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 035

UNIDAD: u

DETALLE: Monitoreo del análisis físico - químico del efluente

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					1.53
SUBTOTAL M					1.53
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Laboratorista (Estruc. Ocup. CI)	1.00	3.83	3.83	8.00	30.64
SUBTOTAL N					30.64
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Análisis físico - químico de agua residual, incl. muestreo y transporte	u	2.00	102.00	204.00	
SUBTOTAL O				204.00	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					236.17
INDIRECTOS %				15.00%	35.43
UTILIDAD %				0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					271.60
VALOR OFERTADO					271.60

SON: Doscientos setenta y un dólares con sesenta centavos.

OBSERVACIONES: El rubro incluye dos muestras de líquido residual de descarga.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

SOFÍA DANIELA MORALES MEDINA
OFERENTE