



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO EXPERIMENTAL
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA:

“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR LA MERCED DE LA PARROQUIA PÍLLARO PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

Autor: Ronald Fabricio Amaguaña Moreta

Tutor: Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos

AMBATO - ECUADOR

Marzo - 2023

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención de Título de Ingeniero Civil, con el tema: “**EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR LA MERCED DE LA PARROQUIA PÍLLARO PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**”, elaborado por el Sr. **Ronald Fabricio Amaguaña Moreta**, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1805439443, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, marzo 2023



Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **Ronald Fabricio Amaguaña Moreta**, con C.I. 1805439443, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema: “**EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR LA MERCED DE LA PARROQUIA PÍLLARO PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**”, así como también los análisis, gráficas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, marzo 2023



Ronald Fabricio Amaguaña Moreta

C.I. 1805439443

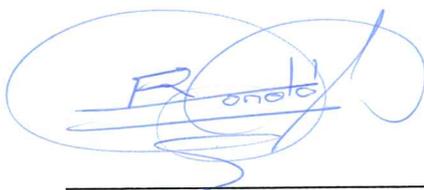
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental 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 Trabajo Experimental, 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, marzo 2023



Ronald Fabricio Amaguaña Moreta

C.I. 1805439443

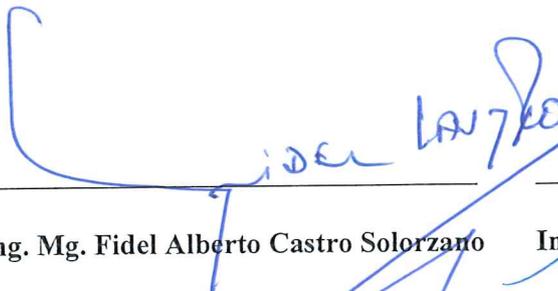
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Ronald Fabricio Amaguaña Moreta, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el Tema: “EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR LA MERCED DE LA PARROQUIA PÍLLARO PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”.

Ambato, marzo 2023

Para constancia firman:



Ing. Mg. Fidel Alberto Castro Solorzano

MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Mg. Bolívar Eduardo Paredes Beltrán

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

A mis padres Miguel Angel y María Clemencia (+), por el esfuerzo y confianza que me brindaron desde niño para que yo pueda alcanzar cada uno de mis objetivos.

A mis hermanos Diego, Diana, Alex, Edison y Andrés (+), quienes han sido indispensables a lo largo de toda mi formación académica, porque gracias a sus consejos he superado cada obstáculo que se me ha presentado.

A mis sobrinas Jomaris, Victoria, Clem y sobrino David por la alegría de poder verlos crecer día a día.

Gracias por hacer de mí una persona con valores y principios para afrontar los distintos desafíos de la vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Carrera de Ingeniería Civil, por darme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona de utilidad dentro de la sociedad.

A mis profesores de la carrera de Ingeniería Civil quienes impartieron sus conocimientos para mi formación académica y de manera especial a mi tutor Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos quien aportó con su experiencia, la misma que sirvió de ayuda durante la realización de mi trabajo de titulación.

Finalmente, a mis compañeros de universidad con quienes compartí diversos momentos y varias horas de estudio, por la ayuda que siempre me brindaron para poder culminar esta etapa de mi vida.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	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
1.1. Antecedentes Investigativos	1
1.2. Hipótesis	8
1.2.1. Hipótesis de trabajo.....	8
1.2.2. Hipótesis nula	8
1.3. Objetivos.....	9
1.3.1. Objetivo General.....	9
1.3.2. Objetivos Específicos.....	9
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.....	10
2.1. Materiales	10
2.2. Métodos	14
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
3.1. Etapa I Levantamiento de información de la PTAR.....	22
3.2. Etapa II Investigación de campo.....	26
3.3. Etapa III Investigación de laboratorio.....	43
3.4. Etapa IV Análisis y verificación de funcionamiento de la PTAR.....	45

3.5.	Verificación de hipótesis.....	54
3.6.	Etapa V Mejoramiento de la PTAR	55
3.6.1.	Propuesta de mejora de la PTAR	55
3.6.2.	Plan de Operación y Mantenimiento	55
3.6.3.	Presupuesto.....	70
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		71
4.1.	Conclusiones	71
4.2.	Recomendaciones.....	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		74
ANEXOS.....		78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Equipos y materiales empleados en el levantamiento de información	10
Tabla 2.	Materiales para la medición de afluente y efluente de la PTAR.....	11
Tabla 3.	Equipo de seguridad.....	12
Tabla 4.	Materiales para el transporte y recolección de muestras.	13
Tabla 5.	Metodología empleada para cumplir el objetivo específico 1	14
Tabla 6.	Metodología empleada para cumplir el objetivo específico 2	14
Tabla 7.	Metodología empleada para cumplir el objetivo específico 1	15
Tabla 8.	Metodología empleada para cumplir el objetivo específico 1	15
Tabla 9.	Metodología empleada para cumplir el objetivo específico 1	16
Tabla 10.	Parámetros analizados en la muestra de agua residual.....	20
Tabla 11.	Medidas del tanque repartidor.....	27
Tabla 12.	Medidas de la rejilla	27
Tabla 13.	Medidas tanque séptico	30
Tabla 14.	Medidas de FAFA.....	32
Tabla 15.	Medidas del lecho de secado de lodos.....	34
Tabla 16.	Medición de caudales de entrada por día (l/s)	36
Tabla 17.	Medición de caudales de salida por día(l/s)	36
Tabla 18.	Comparación de resultados de las muestras analizadas	43
Tabla 19.	Porcentaje de eficiencia del tratamiento de la PTAR.....	44
Tabla 20.	Porcentaje de remoción de sólidos de la PTAR	44
Tabla 21.	Comparación de parámetros de diseño y medidas actuales.....	46
Tabla 22.	Promedio de Personas por Hogar, según Parroquia.....	47
Tabla 23.	Datos para el diagnóstico del Tanque séptico	48
Tabla 24.	Comparación de parámetros de diseño y valores actuales	49
Tabla 25.	Datos para el diagnóstico del FAFA.....	50
Tabla 26.	Comparación de parámetros de diseño y valores actuales	51

Tabla 27. Datos para el diagnóstico del lecho de secado de lodos.....	52
Tabla 28. Tiempo requerido para digestión de lodos	53
Tabla 29. Comparación de parámetros de diseño y valores actuales	54
Tabla 30. Funcionamiento actual de las unidades de la PTAR.....	54
Tabla 31. Carga Viva: Sobrecarga Mínima.....	56
Tabla 32. Carga muerta o permanente	56
Tabla 33. Carga de granizo	57
Tabla 34. Datos a tomar en cuenta al momento de predimensionar la columna	58
Tabla 35. Esfuerzo crítico disponible para miembros de compresión	58
Tabla 36. Esfuerzo crítico disponible para miembros de compresión	60
Tabla 37. Datos de la correa estructural a predimensionar	60
Tabla 38. Implantación - Cubierta.....	63
Tabla 39. Actividades – Tanque repartidor y cribado	63
Tabla 40. Actividades – Tanque séptico	64
Tabla 41. Actividades - FAFA.....	64
Tabla 42. Actividades - Lecho de secado de lodos	65
Tabla 43. Actividades – Medio exterior.....	66
Tabla 44. Actividades – Impermeabilización y pintura.....	66
Tabla 45. Actividades – Implementación de señalética	66
Tabla 46. Actividades – Monitoreo del análisis físico - químico.....	67
Tabla 47. Propuesta de mejora de la PTAR	68
Tabla 48. Presupuesto referencial.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Entrevista a moradores del sector La Merced	17
Figura 2. Dimensionamiento de los componentes de la PTAR.....	18
Figura 3. Implantación de la PTAR.	18
Figura 4. Ubicación del sector La Merced.....	22
Figura 5. Sector La Merced.....	23
Figura 6. Vegetación presente en la PTAR.....	23
Figura 7. PTAR de La Merced – Píllaro.....	24
Figura 8. Tanque repartidor.....	24
Figura 9. Tanque séptico.....	25
Figura 10. Filtro biológico de flujo ascendente.....	25
Figura 11. Secado de lodos.....	26
Figura 12. Vista en planta del tanque repartidor y cribado	28
Figura 13. Vista corte longitudinal del tanque repartidor.....	28
Figura 14. Vista en planta de la rejilla.....	29
Figura 15. Vista en planta del tanque séptico.....	31
Figura 16. Vista de corte longitudinal del tanque séptico	31
Figura 17. Vista de corte transversal del tanque séptico	32
Figura 18. Vista en planta de Fafa.....	33
Figura 19. Vista de corte longitudinal de Fafa	33
Figura 20. Vista en planta del lecho de secado de lodos.....	34
Figura 21. Vista de corte transversal de lecho de secado de lodos	35
Figura 22. Medición del caudal de ingreso a la PTAR	37
Figura 23. Medición del caudal de salida de la PTAR.....	37
Figura 24. Recolección de muestra de entrada de agua residual de la PTAR.....	40
Figura 25. Recolección de muestra de salida de agua residual de la PTAR.....	41
Figura 26. Conservación y transporte de muestras recogidas de la PTAR.....	42

Figura 27.	Proceso de tratamiento actual de la PTAR	45
Figura 28.	Propuesta de mejora de la PTAR.....	55
Figura 29.	Detalle estructura metálica cuadrada.....	59
Figura 30.	Detalle estructural Correa	61
Figura 31.	Detalle del armado de la cubierta.....	62
Figura 32.	Armado de vigas principales y secundarias	62
Figura 33.	Señalética.....	67
Figura 34.	Flujograma de operación y mantenimiento de la PTAR.....	69

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio experimental con el objetivo de determinar si la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) está funcionando adecuadamente o si su eficacia en la eliminación de contaminantes ha disminuido a lo largo de su vida útil.

La evaluación de la PTAR comenzó con el levantamiento de información sobre las dimensiones de las unidades hidráulicas y los caudales de entrada y salida de la planta. Se tomaron muestras de agua en la entrada y salida de la PTAR y se analizaron en un laboratorio autorizado. Los resultados obtenidos fueron comparados con la normativa TULSMA 2015, revelando que los niveles de DBO5 y DQO excedían los límites permitidos para la descarga de aguas residuales en cuerpos de agua dulce.

Posteriormente, se diagnosticó cada unidad hidráulica y se determinó que cumplen con los parámetros establecidos en las guías y manuales de diseño para las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Finalmente, se sugiere implementar un plan de operación y mantenimiento para garantizar el correcto funcionamiento de la PTAR, que incluye la implantación de una cubierta para el lecho de secado de lodos y medidas para cada unidad hidráulica.

Palabras clave: PTAR, agua residual, desinfección, DBO5, DQO.

ABSTRACT

An experimental study was carried out with the objective of determining whether the Wastewater Treatment Plant (WWTP) is functioning adequately or whether its effectiveness in removing pollutants has decreased throughout its useful life.

The evaluation of the WWTP began with the collection of information on the dimensions of the hydraulic units and the plant's inlet and outlet flow rates. Water samples were taken at the inlet and outlet of the WWTP and analyzed in an authorized laboratory. The results obtained were compared with the TULSMA 2015 regulations, revealing that the BOD5 and COD levels exceeded the limits allowed for wastewater discharge into freshwater bodies.

Subsequently, each hydraulic unit was diagnosed and it was determined that they comply with the parameters established in the design guidelines and manuals for wastewater treatment plants.

Finally, it is suggested to implement an operation and maintenance plan to guarantee the correct operation of the WWTP, which includes the implementation of a cover for the sludge drying bed and measures for each hydraulic unit.

Keywords: WWTP, wastewater, disinfection, BOD5, COD.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

Uno de los problemas fundamentales es la contaminación del agua a causa de los vertidos de fuentes de contaminación, como el alcantarillado municipal y las aguas residuales. Las plantas de tratamiento de aguas residuales adecuadamente supervisadas disminuyen esencialmente la carga de contaminación vertida en el ecosistema. No obstante, las propias PTAR son una fuente de contaminación que influye en la calidad del agua natural, ya que en ocasiones los efluentes tratados contienen en realidad una elevada cantidad de sustancias que generan peligro [1].

De acuerdo a un informe de la UNESCO, en general los países desarrollados tratan alrededor del 70% de las aguas residuales que producen. Este porcentaje se reduce al 38% y 28% en los países desarrollados y de desarrollo intermedio, respectivamente. En los países de desarrollo bajo sólo el 8% recibe algún tipo de tratamiento. Estas valoraciones suponen que, en todo el mundo, más del 80% de las aguas residuales se vierten prácticamente sin tratamiento. Los países desarrollados motivan el tratamiento de aguas residuales debido a la necesidad de mantener la calidad ambiental o tener una fuente adicional de agua en caso de escasez. [2].

Según el Informe mundial de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos: el valor del agua y aguas subterráneas, en todo el mundo se calcula que el 80% de todas las aguas residuales provenientes de domicilios e industrias se vierten al medio ambiente sin tratar o tratadas en cierta medida, lo que influye en el bienestar humano y en el clima a través de la contaminación del suelo y el drenaje de los vertederos industriales en estado deplorable y construidos de manera precaria. Este porcentaje se amplía en las naciones menos desarrolladas, donde las infraestructuras de depuración y tratamiento de aguas residuales son muy deficientes [3][4].

En este sentido, el informe de la ONU referente a Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua es fundamental buscar respuestas para el tratamiento adecuado de las aguas residuales. Un estudio sobre la eliminación de contaminantes en un humedal construido a escala piloto en Ucrania muestra la gran capacidad de los humedales desarrollados para eliminar las sustancias peligrosas de las aguas residuales, con tasas de remoción para varios parámetros de saneamiento que van del 5 al 90%. La investigación analizó además la relación entre las tasas de remoción de contaminantes y las condiciones funcionales del humedal. Tras el cambio de los parámetros funcionales, la eficacia de la eliminación aumentó para la mayoría de parámetros [5].

En América Latina y el Caribe, según el Informe mundial de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos: no dejar a nadie atrás, el 22% de la población tenía acceso a servicios de saneamiento supervisados de forma segura. Esto implica que casi 89 millones de personas en la región carecen de servicios básicos de saneamiento y 495 millones carecen de servicios básicos de saneamiento de forma segura. La parte de la población que no cuenta con acceso a los servicios básicos de saneamiento tiene que darse sus modos de solución, por ejemplo: fosas y letrinas. En cualquier caso, estas soluciones de depuración son una de las principales fuentes de contaminación. La mayoría de las personas que no tienen acceso al servicio de depuración de aguas residuales son de baja remuneración y viven en sectores rurales [6].

Por lo tanto, la evaluación de las PTAR es una variable importante para conocer el funcionamiento actual de los componentes del tren de tratamiento. En Perú, entre las investigaciones realizadas, se puede señalar la evaluación y propuesta de mejora para la PTAR Nueva Florida, elaborada por F. M. Camones García and J. J. Salas Depaz. Donde se encontró que el DBO tiene una eficiencia de 78,10%, sin embargo, según el diseño de la PTAR, no está cumpliendo la eficiencia propuesta; a la vez, la eficiencia de SST fue de 87.86%. De acuerdo con las eficiencias obtenidas, y dado que éstas se encuentran dentro del rango de aceptación para su vertido en las masas de agua dulce, se propuso realizar actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, que permitan prolongar la vida útil de la planta y garantizar su funcionamiento [7].

De la misma forma en Lima, F. M. Torres Rodríguez en un estudio para mejorar el funcionamiento de la PTAR de Caujul, se evidenciaron maneras de mantenimiento

tanto preventivo como correctivo, según medidas de control y supervisión, herramientas y repuestos, personal calificado y presupuesto definido. Asimismo, se resolvió la importancia de contar con un lecho de secado para disponer de los lodos separados del proceso, teniendo en cuenta el traslado, tiempo de extracción, tipo de extracción y disposición final [8].

En el país vecino como lo es Colombia, de acuerdo a una evaluación y diagnóstico a la PTAR del Municipio de Guasca Cundinamarca realizada por J. A. Bermúdez-Grisales y J. E. Carrillo-Loaiza, se dio a conocer que se presenta una total ineficiencia en la remoción de contaminantes como: la DQO, DBO5, SST y grasas y aceites ya que no cumplen con los parámetros establecidos por norma vigente de dicho país. Por lo cual se concluyó que es necesario la implementación de un filtro percolador y un sedimentador con cual se tendría un óptimo proceso de tratamiento a las aguas residuales y la calidad de agua vertida en el río Siecha mejoraría. Otra opción para garantizar un adecuado tratamiento es la construcción de otro desarenador en paralelo con el construido actualmente [9].

Igualmente se llevó a cabo un diagnóstico, evaluación y planteamiento de mejora de la PTAR en el Municipio de Buenavista Boyacá realizado por el mismo Municipio, dicha planta al ser construida por el año 2005 presentó resultados ineficientes respecto a los parámetros de saneamiento como la DBO, DQO y SST. Por consiguiente, se planteó un rediseño de ciertos componentes del tren de tratamiento como el canal de entrada, rejas de cribado, desarenador, sedimentador primario, tanque de aireación y sedimentador secundario debido a que estos no cumplían con los parámetros de diseño, por lo cual se realizó proyecciones tanto de población y caudal al año 2037 con el fin de ofrecer una remoción del 85% de contaminantes, garantizando con esto el cumplimiento de parámetros de calidad del agua. Sin embargo, sino se realizan estas mejoras se propone además un manual de operación y mantenimiento para con esto mejorar el proceso de remoción de materia contaminante [10] .

Lamentablemente, los procesos convencionales utilizados en las plantas de tratamiento de aguas residuales, son de baja eficiencia en la remoción de parámetros de saneamiento. Por lo tanto, la investigación realizada por A. Rubio Clemente, E. Lenin Chica Arrieta, and G. Antonio Peñuela Mesa establece alternativas más eficaces, entre los cuales se enlista la oxidación avanzada (fotocatálisis heterogénea con TiO_2 ,

proceso Fenton y fotoFenton, el sistema UV/H₂O₂, la ozonización, y la electro-oxidación) y la filtración por membranas (membranas con diversos tamaños de poros y semipermeables), los cuales que retienen un gran número de sustancias contaminantes que normalmente son vertidos en efluentes naturales. Su uso permitió obtener resultados positivos; sin embargo, cada una de estas presenta inconvenientes. La oxidación avanzada, normalmente es cara y en ocasiones genera subproductos más tóxicos. Por otra parte, la filtración por membranas puede tener una saturación de sustancias y también genera un nuevo residuo que debe tener un tratamiento extra [11].

A nivel nacional, según la Estadística de información ambiental económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (Agua y Alcantarillado) del INEC, Ecuador cuenta con 421 plantas de tratamiento de aguas residuales en 133 GADs. De ellas, el 49,88%, el 30,64%, el 19% y el 0,48% están situadas en la región sierra, región costa, región amazónica y región Insular, respectivamente. El 61,8% de los GADs tratan sus aguas residuales, mientras que el 38,14% no las tratan. De igual manera hay que recalcar que la región la sierra tiene el mayor número de plantas de tratamiento de aguas residuales [12].

De acuerdo a un Plan nacional de gestión integrada e integral de recursos hídrico de la Secretaría Nacional de Agua, una de las principales fuentes de contaminación en la región costa, región interandina y región oriental es la descarga indiscriminada de aguas residuales urbanas e industriales no tratadas o no debidamente tratadas, la cual ha venido afectado a aproximadamente 37 cuencas a nivel nacional. Debido a estos vertimientos de agua residual la calidad del agua es muy baja, ya que varios parámetros están fuera de los límites máximos permitidos, como son: metales pesados, coliformes, DBO5, DQO, amonio, cloruros, fluoruros, entre otros [13].

Entre los proyectos de investigación en el Ecuador, se evidencia el diseño de la PTAR para la zona baja del barrio El Rosario de la Parroquia de Píntag, donde se examinaron dos opciones para el tratamiento de las aguas residuales, las cuales cumplieron con la normativa, sin embargo, la primera fue la óptima por ser la más económica. El tren de tratamiento es anaerobio, es decir, no se requiere incluir oxígeno para la actividad de las unidades y procesos, siendo de esta manera la operación y mantenimiento de costo bajo, en particular para sectores rurales donde se busca que la operación y mantenimiento sea fácil de realizar por los administradores. Se obtuvieron también los

rendimientos de remoción de parámetros orgánicos, donde se obtuvo: 87,75% de DBO5, 95,26% de SS, 30% de DQO y 65% de aceites y grasas, obteniendo valores permisibles por la norma ambiental para su vertimiento en determinada cuenca y su reutilización, si es necesario. En cuanto a los lodos, se ejecutaron cuatro unidades de lecho de secado donde el efluente tiene una calidad aceptable para ser descargado [14].

De igual manera, existen trabajos en los que se elaboran modelos o maquetas de tratamiento de aguas residuales de alcance limitado, por ejemplo, en el diseño de una PTAR para el uso del efluente en el riego de áreas verdes del campus "Edison Riera" de la UNACH, se fabricó un prototipo para reducir parámetros de saneamiento con el fin de mejorar la calidad del agua, aplicando procesos de tratamiento por lodos activados. Se evidenció que el sistema controlado por lodos activados y aireación prolongada ayuda a que los microorganismos anaerobios descompongan la materia orgánica de las aguas residuales, lo que permitió obtener tasas de disminución de los parámetros de control de DBO de 93,75%, DQO de 85,02%, color de 93,84%, la turbidez 90,29% y coliformes 87,51%. Las pruebas de laboratorio demostraron que el tratamiento de las aguas residuales con lodos activados es el más eficaz [15].

Por otro lado, en otra investigación elaborada por E. A. Benalcázar Aguas, se notó que el diseño actual de la PTAR de la comunidad Hualcanga San Luis, Cantón Quero no está cumpliendo con su propósito de dar un tratamiento eficaz de las aguas residuales, además de acuerdo a los análisis de carga orgánica (DQO, DBO5, sólidos suspendidos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, fósforo total, aceites y grasas) se evidenció que estos sobrepasan los límites normados en el TULSMA 2015 para su vertimiento en cuencas de agua dulce. Así pues, se recomendó un nuevo diseño que se ajusta a las directrices y manuales establecidos para las plantas de tratamiento de aguas residuales y con un caudal de diseño determinado de 2,77 l/s para un tiempo de funcionamiento de 20 años para la zona local. El nuevo proceso de tratamiento se compone de: cribado, desarenador, tanque para grasas, tanque séptico, filtro biológico ascendente y lecho de secado de lodos. Al mismo tiempo, se creó un manual de mantenimiento y operación para mantener el estado ideal de funcionamiento de la PTAR [16].

Asimismo, otra PTAR que no cumple con la norma ecuatoriana vigente para los vertidos de efluentes en un cuerpo de agua dulce es la ubicada en la zona de Punta Carnero, en este artículo los autores J. J. H. Cabrera, L. C. M. Alcívar, C. A. D.

Navarrete, A. M. G. Endara, J. H. Moreno, and J. A. S. Tomalá, evaluaron el sistema de tratamiento de las aguas residuales y se hallaron las eficiencias correspondientes para la DBO5 (62,42%), la DQO (62,41%) y la FC (53,58%), Además, se encontraron valores que superan los límites de calidad del agua para el riego en la agricultura: Aceites-Grasas (5,65 mg/l), FC (62,900 NMP/100ml), Hg (0,00141 mg/l), OD (8,86 mg/l). Se planteó como opción para mejorar la eficacia, que debería haber un control más continuo de las lagunas de estabilización, así como una evacuación más sucesiva de los limos presentes en estas lagunas, que no permiten un tratamiento eficaz del agua [17].

Se han llevado a cabo artículos científicos por docentes de la Facultad de ingeniería civil y mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, donde se experimentan alternativas para en tratamiento de aguas residuales, por ejemplo en una investigación para establecer la eficacia de un filtro artesanal hecho de bagazo de caña de azúcar en la remoción de contaminantes del agua residual proveniente de una lavadora de autos ligeros en la ciudad de Ambato, se comprobó un nivel de eficacia alta del filtro en la remoción de algunos parámetros, como la turbidez, sólidos suspendidos totales y los hidrocarburos totales de petróleo. No obstante, los valores de DBO5 y DQO en el agua no disminuyeron con éxito, aunque el nivel de remoción experimentado por ambos (alrededor de la mitad) está dentro de las pautas de disminución que manifiesta un tratamiento primario. Se sugiere su utilización en el tratamiento primario de las aguas residuales [18].

De la misma forma en otro artículo científico realizado en la misma institución, se comprobó la eficiencia de saneamiento de parámetros específicos: DBO5, DQO, Sólidos totales (ST) y Biodegradabilidad de las aguas residuales resultantes del lavado de jeans, se utilizó un biofiltro vertical fabricado a base de una cama de turba. Se obtuvo una eficiencia de la DBO5 del 75,27% y una eficacia de la DQO del 79,69%, una proporción de biodegradabilidad de la DBO5/DQO de 0,78, además, una disminución del 57,33% de los ST, recomendando la posibilidad de utilizar este biofiltro ya que se obtuvieron resultados positivos. También se observó la disminución notoria de la tonalidad de las aguas residuales del proceso de lavado de jeans [19].

Por otra parte, en el artículo científico de características físicas de los materiales de origen ecuatoriano para el tratamiento de aguas, se estudiaron algunas sustancias.

Donde se obtuvieron resultados dentro de los sugeridos para el tratamiento de aguas residuales. Estas sustancias, por ejemplo, el piroclasto volcánico tiene una utilidad decente como material filtrante en el tratamiento de aguas residuales, las zeolitas, obtienen grados muy sorprendentes de saneamiento del agua y logran eliminar metales pesados, por ejemplo, níquel, plomo, cobre, arsénico, sulfatos fosfatos y cloruros, no obstante, la zeolita Clinoptilolita elimina amonio en las aguas residuales. De esta forma la utilización de carbón activado es sugerida en la filtración, ya que está equipado para adsorber colores, olores, sabores, insecticidas, pesticidas, herbicidas, limpiadores y derivados de petróleo [20].

Según indica el PODT del cantón de Santiago de Píllaro, en la actualidad existen 27 PTAR, de las cuales 15 están administradas por el GAD y 12 por juntas parroquiales. El 66,7% del total de PTAR en el cantón están funcionando, el 29,6% están fuera de servicio y el 3,7% se desconoce su estado. A partir de los datos presentados, se podría decir que el 66,7% de las aguas reciben un tratamiento y alrededor del 29,6% se vierten directamente en cuencas naturales sin darle tratamiento. Teniendo en cuenta la descarga de agua residual sin tratar, es evidente que las quebradas están siendo un punto de contaminación masivo [21].

Además, el GAD Santiago de Píllaro manifiesta que existen quejas de la población del sector la Merced ya que se han presentado molestias, como la presencia de mal olor y mosquitos alrededor de la PTAR. Debido a esto, es importante efectuar una evaluación con el fin de evidenciar el estado actual de la PTAR del sector La Merced, al paso del tiempo y teniendo un progresivo aumento de la población hasta la actualidad, es necesario saber si la planta requiere alguna mejora o funciona en condiciones ideales.

1.2. Hipótesis

1.2.1. Hipótesis de trabajo

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Sector del sector La Merced de la parroquia Píllaro perteneciente al cantón Santiago de Píllaro, provincia de Tungurahua se encuentra funcionando de forma óptima en sus condiciones actuales.

1.2.2. Hipótesis nula

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Sector del sector La Merced de la parroquia Píllaro perteneciente al cantón Santiago de Píllaro, provincia de Tungurahua no se encuentra funcionando de forma óptima en sus condiciones actuales

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la planta de tratamiento de aguas residuales del sector La Merced de la parroquia Píllaro perteneciente al cantón Santiago de Píllaro, de la provincia de Tungurahua

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento de información de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector La Merced para el dimensionamiento de las unidades existentes.
- Realizar el levantamiento topográfico y la implantación georreferenciada de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector La Merced.
- Analizar el afluente y efluente de la planta de tratamiento en cuestión.
- Examinar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en base a la norma actual TULSMA 2015.
- Proponer un mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales según el análisis realizado con sus respectivos planos y presupuesto, en el caso de ser necesario.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.

Esta investigación se ha realizado en cinco etapas y se utilizaron los equipos y materiales que se presentan a continuación.

2.1. Materiales

En la Etapa I que se refiere al Levantamiento de información de la PTAR, se utilizó los equipos y materiales que se muestran a continuación para hacer el levantamiento topográfico de la PTAR y el dimensionamiento de las unidades del tren de tratamiento.

Tabla 1. Equipos y materiales empleados en el levantamiento de información

Equipo: GPS Marca: Garmin Modelo: Etrex 30x	Equipo: Drone Marca: DJI Modelo: Phantom 4
	
Utilización: Obtener coordenadas UTM de puntos de referencia del levantamiento topográfico	Utilización: Obtener fotografías para el Levantamiento de información.
Flexómetro	Cinta métrica
	
Utilización: Medición de los componentes de la PTAR.	Utilización: Medición de los componentes de la PTAR.

Fuente: Ronald Amaguaña

En la Etapa II que se refiere a la Investigación de campo se utilizó los equipos y materiales que se muestran a continuación para hacer la recolección de muestras tanto de entrada y salida.

Tabla 2. Materiales para la medición de afluente y efluente de la PTAR

Balde	Cronómetro
	
<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 l,</p>

Fuente: Ronald Amaguaña

Además, en la misma etapa se emplearon los siguientes equipos de seguridad utilizados durante el trabajo in situ.

Tabla 3. Equipo de seguridad

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

Fuente: Ronald Amaguaña

En la Etapa III que se refiere al Análisis de laboratorio de las muestras del agua residual se utilizaron los siguientes materiales para transportar las muestras de agua residual el Laboratorio para su respectivo análisis.

Tabla 4. Materiales para el transporte y recolección de muestras.

Hielera de espuma flex	Envase de vidrio
	
<p>Utilización: Empleado para transportar las muestras de agua residual al laboratorio de análisis</p>	<p>Utilización: Recolección de muestras de agua residual del afluente y efluente para el análisis de laboratorio del parámetro “aceites y grasas”</p>

Fuente: Ronald Amaguaña

2.2. Métodos

Se realizó la evaluación del funcionamiento de la PTAR ubicada en el sector de La Merced, cantón Santiago de Píllaro, donde se utilizaron diversas metodologías para cumplir los objetivos específicos planteados. A continuación, se presentan las siguientes tablas donde se identifican los métodos y resultados de acuerdo a cada objetivo.

Tabla 5. Metodología empleada para cumplir el objetivo específico 1

OBJETIVO ESPECÍFICO 1			
Realizar el levantamiento de información de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector La Merced para el dimensionamiento de las unidades existentes.			
Ítem	Actividad	Metodología	Resultado
1	Recopilación de información teórica y bibliográfica del sector y PTAR de estudio.	Investigación documental	Información respecto al sector, ubicación, límites, y actividades socioeconómicas de las personas del sector. Año de construcción y actividades de mantenimiento de la planta.
		Entrevista	Condiciones actuales en las que funciona la PTAR.
		Observación	Condiciones de la estructura de cada una de las unidades hidráulicas.
2	Medición de cada una de las unidades hidráulicas que integra el tren de tratamiento.	Investigación de campo	Plano con las medidas actuales de la PTAR.

Fuente: Ronald Amaguaña

Tabla 6. Metodología empleada para cumplir el objetivo específico 2

OBJETIVO ESPECÍFICO 2			
Realizar el levantamiento topográfico y la implantación georreferenciada de la PTAR del sector La Merced.			
Ítem	Actividad	Metodología	Resultado
1	Realizar las mediciones in situ de la planta	Investigación de campo	Plano topográfico y la implantación georreferenciada de la PTAR

Fuente: Ronald Amaguaña

Tabla 7. Metodología empleada para cumplir el objetivo específico 1

OBJETIVO ESPECÍFICO 3			
Analizar el afluente y efluente de la planta de tratamiento en cuestión.			
Ítem	Actividad	Metodología	Resultado
1	Medición de caudales de entrada y salida de la PTAR	Investigación de campo	Caudal máximo diario correspondiente al día de mayor cantidad de afluente que ingresa en la PTAR. Caudal máximo horario, utilizado para evaluar las unidades hidráulicas.
2	Muestreo y transporte de agua residual del afluente y efluente.	Experimental	Resultados del análisis físico – químico.

Fuente: Ronald Amaguaña

Tabla 8. Metodología empleada para cumplir el objetivo específico 1

OBJETIVO ESPECÍFICO 4			
Examinar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en base a la norma actual TULSMA 2015.			
Ítem	Actividad	Metodología	Resultado
1	Análisis físico – químico de las muestras de afluente y efluente de la PTAR enviadas a un laboratorio.	Analítica	Comparación de resultados de los parámetros analizados con los valores límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.
2	Comprobación del funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Agua Residual	Descriptiva	Evaluación actual de las unidades hidráulicas que forman parte de la planta de Tratamiento de Agua Residual

Fuente: Ronald Amaguaña

Tabla 9. Metodología empleada para cumplir el objetivo específico 1

OBJETIVO ESPECÍFICO 5			
Proponer un rediseño para el mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales según el análisis realizado con sus respectivos planos y presupuesto, en el caso de ser necesario.			
Ítem	Actividad	Metodología	Resultado
1	Mejoramiento de la PTAR	Deductiva	Implementación de unidades de tratamiento. Plano donde se especifica la propuesta de mejoramiento. Presupuesto referencial Manual de operación y mantenimiento.

Fuente: Ronald Amaguaña

La metodología empleada se explica en detalle en cada una de las cinco etapas que se describen a continuación, ofreciendo una comprensión plena de la metodología utilizada.

Etapas I Levantamiento de información de la PTAR

El método de investigación documental se utilizó en esta etapa ya que se recopilaban todos los datos teóricos y bibliográficos que evidenciaron el sector de estudio, considerando el área de ubicación, los límites y las actividades socioeconómicas de las personas del área local. Asimismo, se especificaron los datos relacionados a la planta de tratamiento de aguas residuales, por ejemplo, su tiempo de funcionamiento, su seguimiento y sus trabajos de mantenimiento.

El estudio se llevó a cabo mediante entrevistas debido a la dispersión de la población, propio de áreas agrícolas y pecuarias. La información recolectada fue valiosa para entender por qué la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) operaba en esas condiciones y para identificar los momentos en que la población generaba mayor caudal en la PTAR debido a sus actividades diarias.



Figura 1. *Entrevista a moradores del sector La Merced*

Fuente: Ronald Amaguaña

La observación directa permitió apreciar significativos detalles de la zona y describir las condiciones de las unidades del tren de tratamiento de la PTAR. Se reconocieron claros problemas en las estructuras que integran la planta de tratamiento y la eficacia con la que se está tratando el agua residual que entra en la planta.

Etapa II Investigación de campo

La metodología de investigación de campo se empleó para dimensionar (longitud, anchura, niveles y grosor) de las unidades del tren de tratamiento, como se muestra en la Figura 2. Este apartado fue esencial para tener información precisa que fue de utilidad para la comparación de parámetros de diseño en la última etapa.



Figura 2. *Dimensionamiento de los componentes de la PTAR*

Fuente: Ronald Amaguaña

A continuación, se tomó una fotografía aérea con un dron, mostrando la implantación de la planta de tratamiento y sus componentes, como se puede observar en la Figura 3.



Figura 3. *Implantación de la PTAR.*

Fuente: Ronald Amaguaña

Se llevó a cabo la medición del caudal de entrada y salida de la PTAR utilizando el método volumétrico, que consistió en determinar el tiempo requerido para llenar un recipiente de 5 litros.

Utilizando la metodología experimental, para obtener una muestra representativa del agua residual, se aplicó la estadística descriptiva (media, mediana, valor máximo,

desviación estándar, entre otras medidas), con el fin de tener una comprensión más profunda de la distribución y tendencia de los datos de caudal. De esta manera, se pudo identificar el día con el caudal más alto.

Teniendo en cuenta que Metcalf & Eddy notan que "el grado de variación del caudal condiciona el tiempo de muestreo"; es decir, el lugar y el momento específico para recoger una muestra que presente las características del agua residual de la PTAR [22].

Etapa III Investigación de laboratorio

Se analizó e identificó las principales características de las muestras de aguas residuales recogidas en la etapa anterior, debido a lo cual las muestras fueron enviadas a un laboratorio certificado (Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo). Metcalf & Eddy expresan que los principales contaminantes en el tratamiento de aguas residuales son los sólidos totales y en suspensión, ya que causan el desarrollo de depósitos de fango al vestirse el líquido en el ambiente, la materia orgánica biodegradable medidas de acuerdo al DBO y DQO (en el caso de que este parámetro no se trate, las circunstancias sépticas se hacen presente al agotamiento de oxígeno durante su estabilización biológica). Asimismo, es necesario verificar características físicas, químicas y biológicas como los niveles de pH ya que alteran la vida biológica de las aguas superficiales.

Con lo anterior, se identificó que los principales parámetros para estudiar y determinar la eficacia de una PTAR son los siguientes:

Tabla 10. Parámetros analizados en la muestra de agua residual.

PARÁMETRO	UNIDAD	PROCEDIMIENTO
pH	-	PE-LSA-01
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 – D
DBO5	mgO ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 – B
Sólidos suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - D
Sólidos totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - B

Fuente: Laboratorio de servicios ambientales de la UNACH.

Etapa IV Análisis y verificación de funcionamiento de la PTAR

En esta etapa, con la metodología descriptiva se presentó una valoración del funcionamiento de cada unidad del tren de tratamiento en la PTAR. Consecutivamente, y considerando la normativa TULSMA, libro VI, Anexo 1-Tabla 9, se utilizó la metodología de tipo analítica en la sección de resultados con el fin de comparar los resultados obtenidos de los parámetros analizados de las muestras de agua residual con los valores límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. La eficiencia de remoción de los parámetros analizados se determinó utilizando la ecuación 1 [23].

$$E = \frac{Co - Cf}{Co} * 100 \quad (Ec. 1)$$

Donde:

E = eficiencia del parámetro (%)

Co = Valor inicial del parámetro

Cf = Valor final del parámetro

Etapa V Mejoramiento de la PTAR

Finalmente, el método deductivo resultó útil en la propuesta de mejora de la PTAR del sector La Merced. Se consideraron los resultados obtenidos y el estado de las unidades del tren de tratamiento. La elección se basó en los resultados de laboratorio y en la implementación de la unidad de tratamiento, incluyendo sus planos, presupuesto y

manual de operación y mantenimiento. Para garantizar la durabilidad de cada unidad, se utilizó un caudal de diseño y se consideró la población futura.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Etapa I Levantamiento de información de la PTAR.

El sector La Merced se ubica en la Parroquia Urbana Píllaro del cantón Santiago de Píllaro de la provincia de Tungurahua. Limita al norte, sur, este y oeste con los sectores San Francisco, H. Chaupi, H. Ana Isabella y La Libertad, respectivamente. La extensión de las parroquias urbanas Píllaro y Ciudad Nueva es de aproximadamente 49.35 Km², donde su clima es mesotérmico seco que varía ente los 11- 15 °C. La PTAR donde se basa esta investigación, se encuentran ubicada en las coordenadas Norte 9872578 m y Sur 775181 m [24].

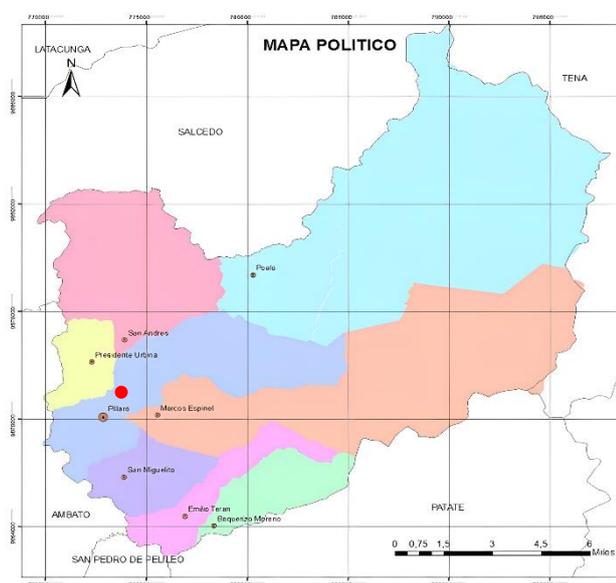


Figura 4. Ubicación del sector La Merced

Fuente: PODT de Píllaro

Se visitó el sector La Merced el 14 de septiembre del 2022, donde se evidenció que es un sector rural dedicado a la producción agrícola, donde los moradores se dedican a cultivos de ciclo corto como maíz, habas y papas, además tienen cultivos permanentes como manzana, pera, tomate de árbol y mora. La producción pecuaria tiene un papel importante en la economía del sector, las grandes extensiones de pastos y forrajes abastecen en la alimentación de la gran cantidad de ganado vacuno que existe. Las mismas son las encargadas de la producción y suministro de leche a las industrias lácteas del sector. El comercio se efectúa dentro del cantón y la provincia; lo demás es destinado a autoconsumo.



Figura 5. *Sector La Merced*

Fuente: Ronald Amaguaña

Según la información que suministro el Ing. Juan Pulluquitin funcionario del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Santiago de Píllaro y el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, la PTAR La Merced viene operando desde el año 2015 cuando fue construida por el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua. La operación y mantenimiento está a cargo actualmente de la Dirección de Obras Públicas, Mantenimiento y Fiscalización del GADMS Santiago de Píllaro. Además, el número de usuarios del sistema de alcantarillado es de aproximadamente 107 y la longitud de la red es de 3682 metros.

No existe planos acerca del diseño, ni un plan de mantenimiento y limpieza. Sin embargo, el pasto se lo corta cada debido tiempo para que no invadan y afecten a las unidades de tratamiento.

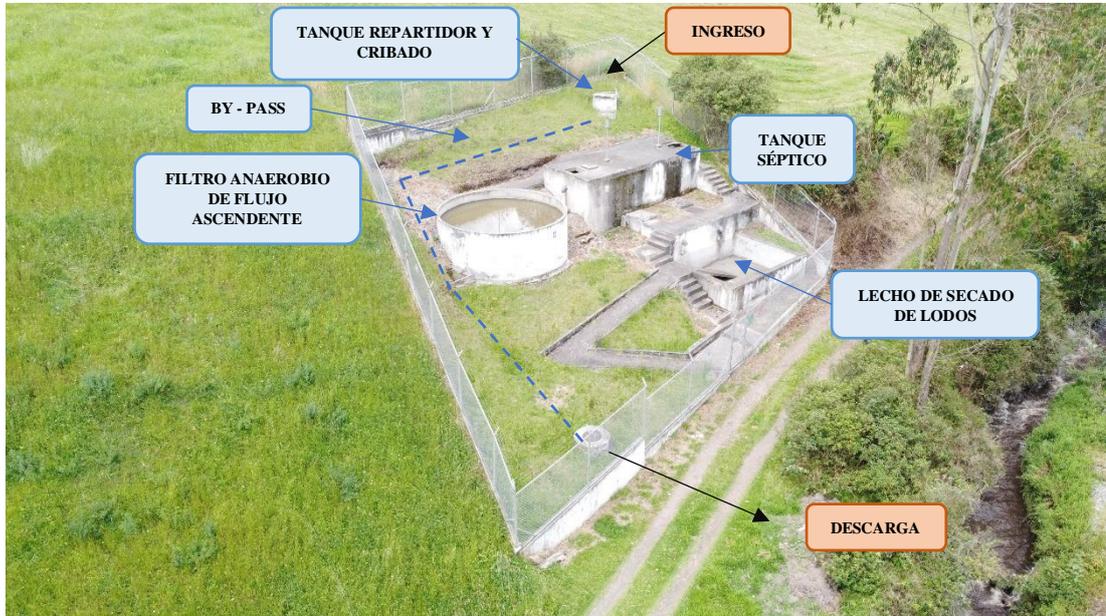


Figura 6. *Vegetación presente en la PTAR.*

Fuente: Ronald Amaguaña

La presencia de mal olor y mosquitos son problemas que causan preocupación en el efluente de la PTAR. Los residentes cerca de la quebrada son los más afectados, han mencionado también que ya no utilizan el agua tanto para sus cultivos y su ganado.

La PTAR del sector La Merced tiene una superficie estimada de 368.66 m² y se compone de las siguientes unidades como se muestra en la figura 8. Las unidades del tren de tratamiento que se reconocieron son los siguientes: tanque repartidor y cribado, tanque séptico, filtro anaerobio de flujo ascendente y lecho de secado de lodos.



Los pisos y paredes de la infraestructura, tanto internos como externos se encuentran deteriorados.



Figura 8. *Tanque repartidor*

Fuente: *Ronald Amaguaña*

Tanque séptico

Consta de dos tapas de revisión, un compartimento en serie dividido en dos cámaras y dos ductos de aireación. Existe presencia de moho negro en las paredes debido a la humedad del entorno, además, debido a la falta de limpieza y mantenimiento, hay elevados niveles de lodos y sedimentos en el interior del tanque, tal como se indica en la figura 16.

Las tapas de revisión que se encuentran permanentemente abiertas, lo cual provoca que el tanque emane malos olores.



Figura 9. *Tanque séptico*

Fuente: Ronald Amaguaña

Filtro biológico de flujo ascendente



Figura 10. *Filtro biológico de flujo ascendente*

Fuente: Ronald Amaguaña

Este filtro tiene un cuerpo cilíndrico y capta el agua del tanque séptico a través de tubos de PVC y la conduce a una caja de inspección y después al pozo de salida. Su estado actual no es bueno (material filtrante de grava), debido a que los lodos no son desalojados tal y como se muestra en la figura 10.

No cuenta con una tubería que permita la descarga de los lodos al lecho de secado de lodos por lo cual la limpieza es deficiente en esta unidad.

Lecho de secado de lodos

Las paredes externas de la estructura no se encuentran en buenas condiciones. La unidad no se encuentra trabajando adecuadamente ya que los lodos del tanque séptico y de la FAFA no se desalojan cada cierto periodo lo que provoca que los lodos se acumulen.

Existe presencia de moho negro en las paredes exteriores.



Figura 11. *Secado de lodos*

Fuente: Ronald Amaguaña

3.2. Etapa II Investigación de campo

Dimensiones de los componentes de la PTAR

Se realizó la medición de cada unidad del tren de tratamiento, de esa manera se presentan las vistas en planta y corte de cada unidad realizadas en el software AutoCAD.

Tanque repartidor y cribado

Se trata de una estructura rectangular de hormigón armado que conduce el agua residual del alcantarillado a través de una tubería de hormigón de 200 mm de diámetro. También tiene dos tuberías en su interior, de las cuales la primera es una tubería de PVC de 160 mm de diámetro que conecta con el tanque séptico y la segunda es una tubería de hormigón (BY-PASS) de 200 mm de diámetro que vierte directamente el afluente en la quebrada cuando existe un volumen excedente de agua residuales. También está equipado con una rejilla que filtra los sólidos de gran tamaño. Las dimensiones del tanque repartidor y la rejilla se indican en la tabla 10 y 11 que aparece a continuación.

Tabla 11. Medidas del tanque repartidor

Dimensiones	Valor (Metros)
Ancho	1.30
Largo	1.70
Altura 1	1.35
Altura 2	1.65
Espesor de pared	0.15

Fuente: Ronald Amaguaña

Tabla 12. Medidas de la rejilla

Dimensiones	Valor
Espesor de las barras (cm)	1.4
Espaciamiento entre barras (cm)	2.5
Pendiente con la horizontal (°)	45

Fuente: Ronald Amaguaña

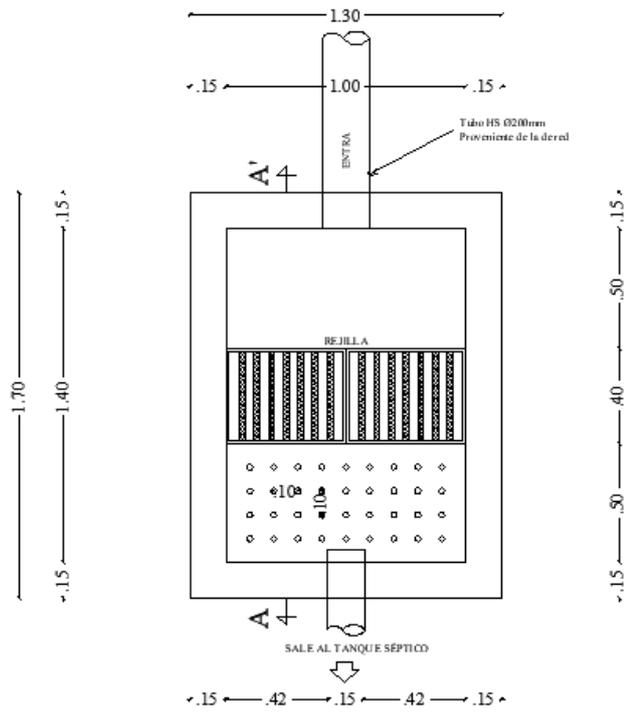


Figura 12. Vista en planta del tanque repartidor y cribado
Fuente: Ronald Amaguaña

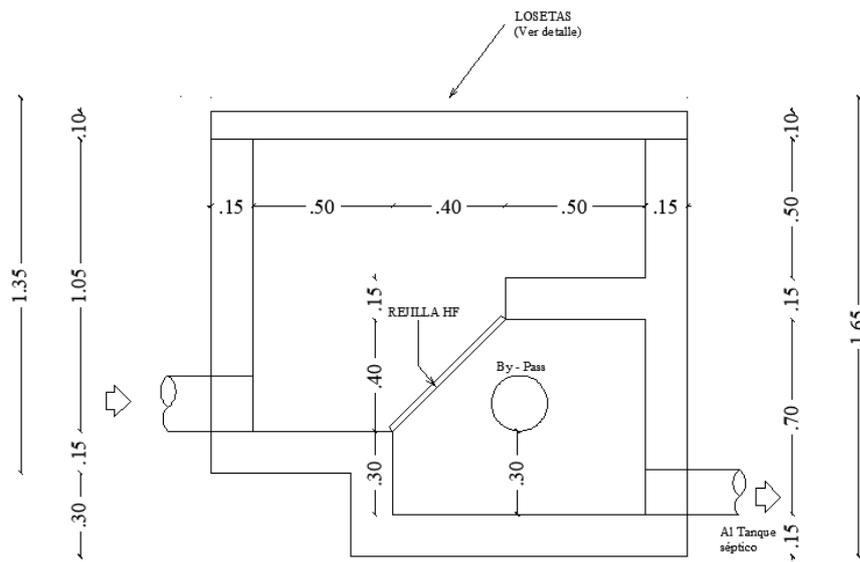


Figura 13. Vista corte longitudinal del tanque repartidor
Fuente: Ronald Amaguaña

Criba

La criba consiste en una rejilla destinada a retener los sólidos de mayor tamaño.

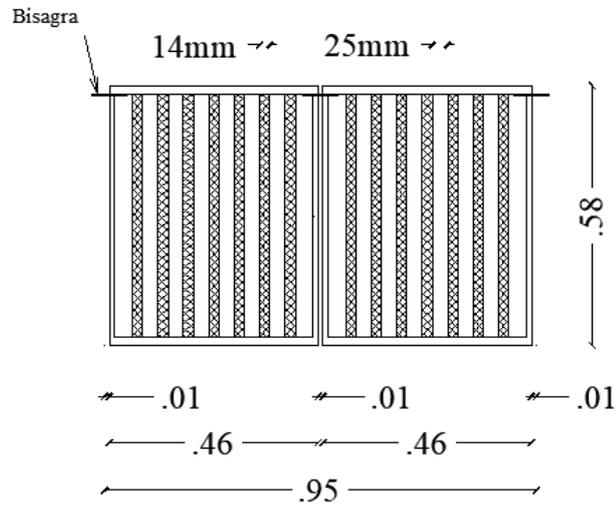


Figura 14. Vista en planta de la rejilla

Fuente: Ronald Amaguaña

Tanque séptico

Se trata de una estructura rectangular de hormigón armado dividida interiormente en dos cámaras en serie. Ambas cámaras están conectadas entre sí en el centro por una abertura de dimensiones 1,5 x 0,15 metros.

Las aguas residuales que provienen del tanque repartidor entran en esta unidad a través de una tubería de PVC de 160 mm de diámetro. Cuenta con tres tuberías de evacuación: una de 160 mm de diámetro que va al filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) y el resto de tuberías de 160 mm de diámetro conectan con dos cajas válvula que vierten los lodos producidos al lecho de secado de lodos. Las dimensiones de esta unidad se indican en la tabla que aparece a continuación.

Tabla 13. Medidas tanque séptico

Parámetro	Valor (Metros)
Ancho	3.00
Largo	7.60
Altura	2.95
Ancho útil	2.60
Largo útil	7.20
Altura útil	2.00
Espesor de pared	0.20

Fuente: Ronald Amaguaña

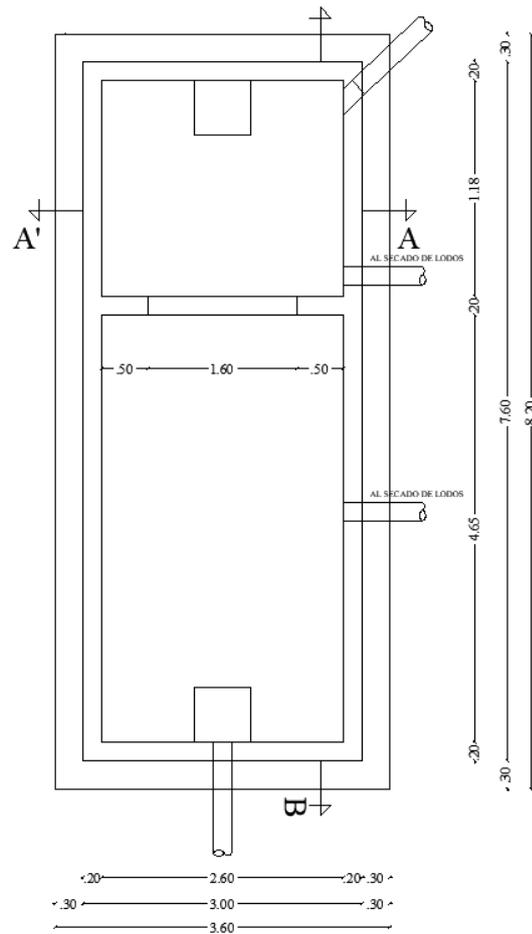


Figura 15. Vista en planta del tanque séptico
Fuente: Ronald Amaguaña

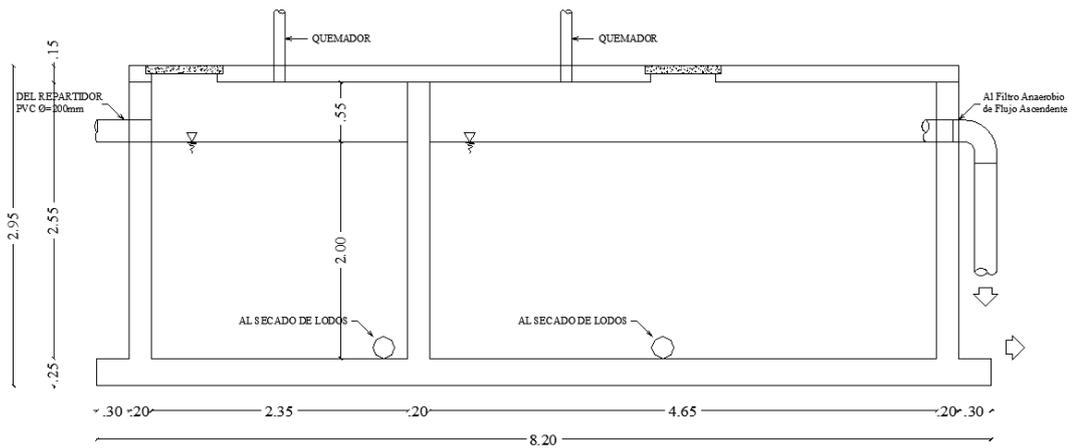


Figura 16. Vista de corte longitudinal del tanque séptico
Fuente: Ronald Amaguaña

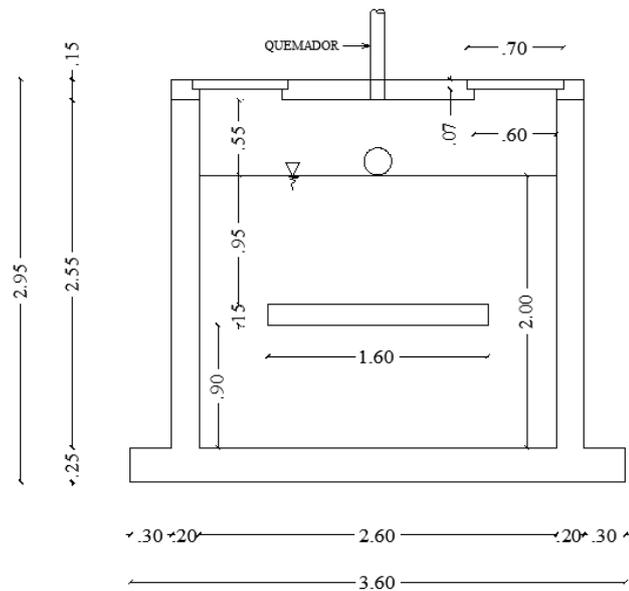


Figura 17. Vista de corte transversal del tanque séptico

Fuente: Ronald Amaguaña

Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)

Es una estructura cilíndrica de hormigón armado donde entra el agua procedente del tanque séptico a través de una tubería de PVC de 200mm de diámetro. Las dos tuberías de salida de diámetro 160mm y 110mm se encargan de conducir la descarga de la PTAR y direccionar el líquido a una caja de revisión respectivamente. Asimismo, de manera ascendente contiene piedras de 80mm, ripio de 50mm y ripio de 25 mm de diámetro que sirven de filtro. Las dimensiones principales de esta unidad se indican en la tabla que aparece a continuación.

Tabla 14. Medidas de FAFA

Parámetro	Valor (Metros)
Altura (H)	2.20
Borde libre (b)	0.45
Altura bajo dren (d)	0.28
Diámetro externo (De)	5.52
Diámetro interno (Di)	5.38
Espesor de pared	0.07

Fuente: Ronald Amaguaña

Lecho de secado de lodos

Esta unidad tiene forma rectangular y está construida en hormigón armado, con una pendiente en el piso de alrededor del 4%. A través de dos tubos de PVC de 160 mm, recoge los residuos procedentes de la fosa séptica. Las dimensiones de esta unidad se indican en la tabla que aparece a continuación.

Tabla 15. Medidas del lecho de secado de lodos

Parámetro	Valor (Metros)
Ancho	4.00
Largo	5.30
Altura	1.89
Ancho útil	4.9
Largo útil	3.6
Altura útil	1.7
Espesor de pared	0.20

Fuente: Ronald Amaguaña

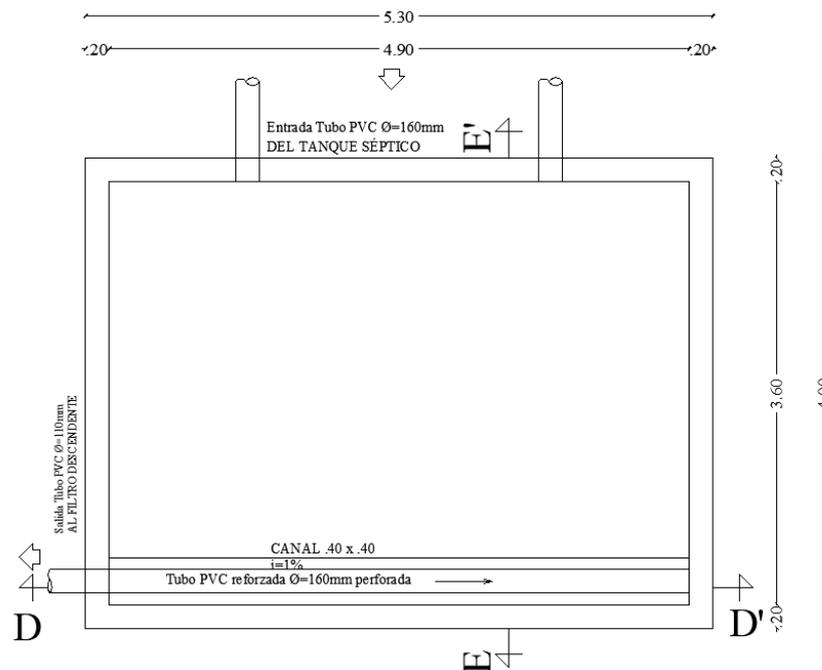


Figura 20. *Vista en planta del lecho de secado de lodos*

Fuente: Ronald Amaguaña

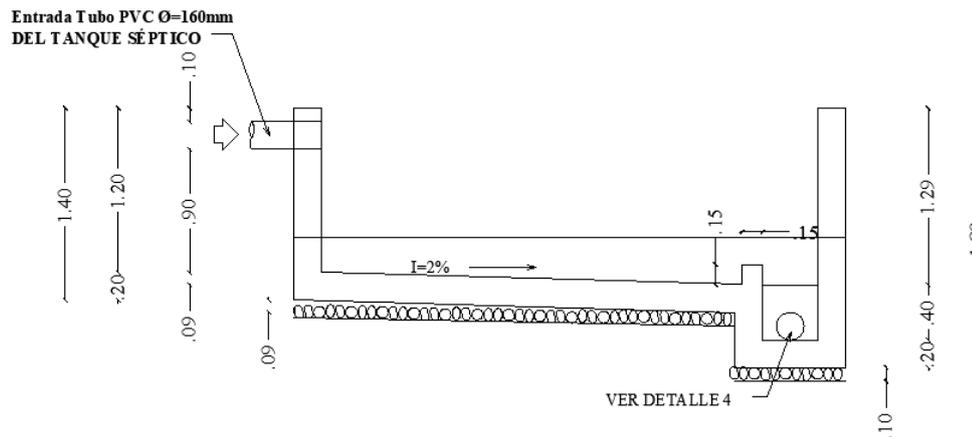


Figura 21. Vista de corte transversal de lecho de secado de lodos

Fuente: Ronald Amaguaña

Medición de caudales

Metcalf & Eddy en su libro Ingeniería de aguas residuales “tratamiento, vertido y reutilización” señalan que, en la mayoría de los casos, los datos de caudal se obtienen en un plazo de 30 días para obtener resultados más cercanos a la realidad y teniendo en cuenta factores como el estado del clima, la vegetación y las actividades socioeconómicas. Esto demuestra que el resultado obtenido es de confianza [22].

La toma de caudales se realizó desde las 8:00am debido a que a esa hora se disponía del acceso a la PTAR. Además, se estableció que el sector comienza sus actividades tanto agrícolas y pecuarias aproximadamente a las 8:00am y terminan su jornada por la tarde alrededor de las 16:00 pm.

Por lo tanto, la metodología de toma de muestras de afluente y efluente de la PTAR se llevó a cabo a lo largo de 30 días sucesivos, desde el 15 de agosto hasta el 13 de septiembre de 2022, a cada hora (de 8:00 a 16:00), para obtener 9 datos diarios. El registro de mediciones realizadas cada día se muestra en el Anexo 1.

Se eligió este intervalo de tiempo para obtener una información más precisa de acuerdo con la realidad del sector. A continuación, se presenta la tabla 16, con los promedios de caudal de cada hora y día de los 30 días medidos.

Tabla 16. Medición de caudales de entrada por día (l/s)

CAUDALES DE ENTRADA DE LA PTAR - (LTS/SEG)							
Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	0.431	0.827	0.785	0.733	0.648	0.557	0.570
9:00	0.466	0.582	0.761	0.936	1.041	0.734	0.981
10:00	0.612	0.882	0.650	0.509	0.866	0.839	0.519
11:00	0.388	0.638	0.553	0.724	0.565	1.047	0.460
12:00	0.311	0.478	0.622	0.581	0.470	0.473	0.447
13:00	0.674	0.563	0.373	0.714	0.668	0.564	0.328
14:00	0.831	0.511	0.609	0.452	0.659	0.652	0.627
15:00	0.529	0.681	0.940	0.782	0.515	0.657	0.796
16:00	0.512	0.715	0.881	0.831	0.494	0.696	0.744
Promedio	0.528	0.653	0.686	0.696	0.658	0.691	0.608

Fuente: Ronald Amaguaña

Se puede apreciar que las tasas de caudal más elevadas se dan en la primera parte del día, entre las 8:00 y las 9:00, y que el día jueves posee un mayor promedio de caudal que ingresa a la PTAR que corresponde a 0.696 l/s.

Según la investigación realizada in situ y los datos recopilados se evidenció que el caudal máximo horario se da a las 9:00 y fue de 0.936 l/s. Esto se da debido a las actividades agrícolas y pecuarias que realizan los habitantes del sector.

Estos valores se toman en cuenta para la evaluación de las unidades del tren de tratamiento de la PTAR.

Tabla 17. Medición de caudales de salida por día(l/s)

CAUDALES DE SALIDA DE LA PTAR - (LTS/SEG)							
Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	0.467	0.612	0.631	0.588	0.794	0.564	0.580
9:00	0.606	0.656	0.760	0.741	0.840	0.664	0.586
10:00	0.640	0.750	0.566	0.679	0.980	0.743	0.526
11:00	0.551	0.573	0.511	0.819	0.810	0.849	0.414
12:00	0.416	0.565	0.523	0.660	0.552	0.497	0.498
13:00	0.652	0.597	0.523	0.659	0.551	0.592	0.400
14:00	0.748	0.592	0.575	0.534	0.589	0.459	0.596
15:00	0.567	0.619	0.852	0.700	0.467	0.672	0.759
16:00	0.547	0.646	0.803	0.740	0.450	0.712	0.712
Promedio	0.577	0.623	0.638	0.680	0.670	0.639	0.564

Fuente: Ronald Amaguaña

El caudal máximo horario de salida de la PTAR se presenta en la tabla 17, el mismo que pertenece al día jueves. Este valor guarda relación con los valores de caudal de entrada mostrada en la tabla 16. De este modo, se puede ver que el tiempo de retención de las unidades del tren de tratamiento es generalmente bajo al comparar los valores promedio de caudales de entrada y salida de la PTAR.

A continuación, se muestran fotografías de la toma de datos de caudal:



Figura 22. *Medición del caudal de ingreso a la PTAR*

Fuente: Ronald Amaguaña



Figura 23. *Medición del caudal de salida de la PTAR*

Fuente: Ronald Amaguaña

Toma de muestras

La metodología de tipo experimental se empleó debido a que se tomaron las muestras de agua residual el día jueves 01-12-2022 desde las 8:00am hasta las 16:00pm, lo cual corresponde al día con mayor caudal de entrada en la PTAR, todo esto en concordancia con los estándares establecidos por el Instituto Ecuatoriano de Normalización en su norma NTE INEN 2176:98 Agua, calidad de agua, muestreo, técnicas de muestreo [25].

Tipos de muestra

Son necesarios para indicar la calidad del agua, todos los datos analíticos obtenidos mediante la determinación de parámetros como: las concentraciones de material inorgánico, minerales o químicos disueltos, gases disueltos, materia orgánica disuelta y materia en suspensión en el agua o en el sedimento en un tiempo y lugar específicos o a intervalos de tiempo y en un lugar en particular.

- Se recomienda separar las muestras que van a ser usadas en los análisis químicos, microbiológicos y biológicos, debido a que el proceso y el equipo para la recolección y manejo de las muestras es diferente.
- Las técnicas de muestreo varían de acuerdo a situaciones específicas.
- Es necesario diferenciar el muestreo para agua estancada y el muestreo para agua corriente.

El muestreo puntual y el muestreo compuesto se aplican a aguas estancadas y corrientes, mientras que el muestreo en serie es más adecuado para aguas estancadas.

Muestras puntuales

- Las muestras puntuales son muestras individuales, recogidas de forma manual o automática, para aguas en la superficie, a una profundidad específica y en el fondo.
- Cada muestra, normalmente, representará la calidad del agua solamente en el tiempo y en el lugar en que fue tomada. El muestreo automático equivale a una serie de muestras tomadas en un tiempo preestablecido o en base a los intervalos de flujo.
- Se recomienda tomar muestras puntuales si: el flujo del agua a muestrear no es uniforme, si los valores de los parámetros de interés no son constantes o si el uso

de la muestra compuesta presenta diferencias con la muestra individual debido a la reacción entre las muestras.

Muestras compuestas

- Las muestras compuestas se pueden obtener de forma manual o automática, sin importar el tipo de muestreo (dependiente del flujo, tiempo, volumen o localización). Se toman continuamente muestras que se reúnen para obtener muestras compuestas.
- Las muestras compuestas suministran el dato de composición promedio. Por lo tanto, antes de mezclar las muestras se debe verificar que ese es el dato requerido o que los parámetros de interés no varían significativamente durante el período de muestreo.
- Las muestras compuestas son recomendables cuando la conformidad con un límite está basada en la calidad promedio del agua.

Muestras en serie

- Muestras para establecer perfiles en profundidad, es una serie de muestras de agua tomadas a varias profundidades en el cuerpo de agua y en un punto específico.
- Muestras para establecer perfiles de áreas, es una serie de muestras de agua tomadas a una profundidad específica del cuerpo de agua en varios puntos.

Recipientes para el análisis de contaminantes

Las botellas para muestras en las que se analizarán contaminantes orgánicos, deben ser de vidrio, debido a que los recipientes plásticos interfieren con la alta sensibilidad del análisis. La tapa debe ser de vidrio o de politetrafluoroetileno (PTFE).

Equipo de muestreo para el análisis de características físicas o químicas

El volumen de muestra recogida debe ser suficiente para los análisis requeridos, y para cualquier repetición del análisis. El uso de volúmenes muy pequeños de muestra puede ser causa de que no sean representativos, y del incremento de los problemas de adsorción debido a la relación de volúmenes relativamente pequeños al área.

Las personas que realizan el muestreo deben:

- Reducir el tiempo de contacto entre la muestra y la persona.

- Usar materiales que no permitan la contaminación en la muestra

Considerando lo establecido en la norma se tomaron muestras compuestas ya que el flujo de agua es corriente tanto en la entrada y salida.

El intervalo de tiempo en el que se tomó la muestra compuesta de salida fue de cada 2 horas, desde las 8:00am hasta las 16:00pm.



Figura 24. *Recolección de muestra de entrada de agua residual de la PTAR*

Fuente: *Ronald Amaguaña*



Figura 25. *Recolección de muestra de salida de agua residual de la PTAR*
Fuente: Ronald Amaguaña

Posteriormente, las muestras recogidas fueron trasladadas a la UNACH (Universidad Nacional de Chimborazo), específicamente al Laboratorio de Servicios Ambientales con el fin de analizarlas e identificar sus propiedades más significativas de acuerdo a la normativa NTE INEN 2169:98 Agua, calidad de agua, muestreo, manejo y conservación de las muestras [26].

Tipos de recipientes

Es muy importante escoger y preparar los recipientes.

El recipiente que va a contener la muestra, y la tapa, no deben:

- Ser causa de contaminación por lixiviación de componentes inorgánicos de recipientes de vidrio (por ejemplo: los de borosilicato o los de sodio-cal, pueden incrementar el contenido de silicio y sodio), metales y compuestos orgánicos de los plásticos. Algunas tapas coloreadas pueden contener niveles significativos de metales pesados;

- Absorber o adsorber los constituyentes a ser determinados (por ejemplo: los hidrocarburos pueden ser absorbidos en un recipiente de polietileno; trazas de los metales pueden ser adsorbidas sobre la superficie de los recipientes de vidrio, lo cual se previene acidificando las muestras);
- Reaccionar con ciertos constituyentes de la muestra (por ejemplo: los fluoruros reaccionan con el vidrio).
- Tener una superficie a la cual no se puedan aplicar métodos de limpieza y tratamiento con la finalidad de reducir la contaminación de la muestra por trazas de constituyentes como metales pesados o radionucleidos.

El uso de recipientes opacos o de vidrio color ámbar puede reducir las actividades foto sensitivas considerablemente.

Es preferible reservar un juego de recipientes para las determinaciones especiales de forma que se reduzcan al mínimo los riesgos de contaminación cruzada.

Las precauciones son necesarias, en cualquier caso, para prevenir que los recipientes que anteriormente hayan estado en contacto con muestras de alta concentración de algún elemento, contaminen posteriormente muestras de baja concentración. Los recipientes desechables son adecuados, si son económicos para prevenir este tipo de contaminación, pero no se recomiendan para determinaciones de parámetros especiales como los de pesticidas organoclorados.



Figura 26. Conservación y transporte de muestras recogidas de la PTAR

Fuente: Ronald Amaguaña

3.3. Etapa III Investigación de laboratorio

En el Anexo 2 de este trabajo se muestran los valores obtenidos del análisis físico-químico de las aguas residuales.

En la Tabla 18 se comparó los resultados del análisis de los parámetros del afluente y efluente de la PTAR con los niveles máximos permisibles para el vertido del efluente a un cuerpo de agua dulce, establecidos en TULSMA 2015, Libro VI Anexo 1 - Tabla 9. Lo que hizo posible comprobar los parámetros analizados y concluir que cumplen con los límites permitidos.

Tabla 18. Comparación de resultados de las muestras analizadas

Parámetro	Unidad	Procedimiento	Líquido de ingreso (Afluente)	Líquido de descarga (Efluente)	TULSMA (Límite máximo)	Cumple
pH	-	PE-LSA-01	6.87	6.85	6 - 9	SI
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 – D	767	133	200	SI
DBO5	mgO ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 – B	390	88	100	SI
Sólidos suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - D	400	96	130	SI
Sólidos totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - B	1212	354	1600	SI

Fuente: Ronald Amaguaña

El nivel de eficacia de depuración de cada parámetro se evaluó mediante la ecuación 1, lo que permitió reconocer la eficacia del tratamiento de las aguas residuales de la PTAR.

Tabla 19. Porcentaje de eficiencia del tratamiento de la PTAR

Parámetro	Unidad	Líquido de ingreso (Afluente)	Líquido de descarga (Efluente)	% eficiencia del tratamiento
pH	-	6.87	6.85	0.29
DQO	mg/l	767	133	82.66
DBO5	mgO ₂ /l	390	88	77.44

Fuente: Ronald Amaguaña

Tabla 20. Porcentaje de remoción de sólidos de la PTAR

Parámetro	Unidad	Líquido de ingreso (Afluente)	Líquido de descarga (Efluente)	% remoción de sólidos
Sólidos suspendidos	mg/l	400	96	76.00
Sólidos totales	mg/l	1212	354	70.79

Fuente: Ronald Amaguaña

Según Metcalf & Eddy, el desempeño de una PTAR depende en gran medida de su diseño y, en consecuencia, es esencial no sólo analizar la calidad del efluente líquido a partir de análisis de laboratorio, por lo que es necesario evaluar los porcentajes de depuración de sustancias nocivas. La Tabla 19 muestra que el pH es ácido, considerando que el pH es una medida de acidez o alcalinidad de una solución y se expresa en una escala numérica de 0 a 14, donde 7 es el punto neutro. Un pH menor a 7 indica una solución ácida, mientras que un pH mayor a 7 indica una solución alcalina o básica.

Además, los porcentajes de eficiencia tanto del DQO y DBO5 corresponden al 82.66% y 77.44% respectivamente. Cabe destacar también que los porcentajes de remoción de sólidos suspendidos y totales fueron de 76.00% y 70.79%.

Evidenciando de acuerdo a la tabla 18 que la PTAR cumple con los límites máximos establecidos en la norma TULSMA.

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

La planta de tratamiento de aguas residuales en la actualidad recoge las aguas residuales de la red de alcantarillado del sector La Merced. Las unidades del tren de tratamiento se encuentran en óptimas condiciones. Sin embargo, existe un mal olor en el caudal de descarga de la PTAR.

La PTAR consta de un tren de tratamiento que comprende: tanque repartidor, tanque séptico, filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) y lecho de secado de lodos, los cuáles se describirán más adelante. Hay que destacar que existe un cerramiento o limitación en la PTAR el cual asegura la protección de sus componentes y del ecosistema que la rodea. La figura 14 presenta un diagrama del actual funcionamiento de la PTAR.

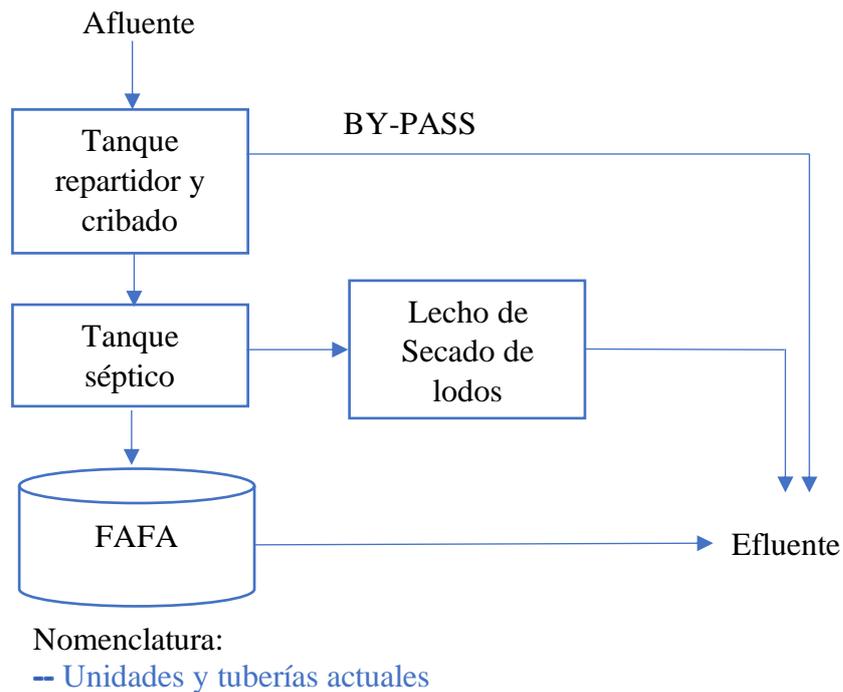


Figura 27. Proceso de tratamiento actual de la PTAR

Fuente: Ronald Amaguaña

Diagnóstico del funcionamiento actual de la PTAR

Tanque repartidor de caudales

La primera unidad del tren de tratamiento actualmente cumple con la función de retener los sólidos gruesos presentes en el afluente a través de la rejilla. Sin embargo, se verificó que se encuentre construido adecuadamente.

- Rejilla

Se utilizó el manual de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) referente a Introducción al tratamiento de aguas residuales municipales, para verificar el funcionamiento de la rejilla, la misma proporciona información general sobre las dimensiones y espaciamiento que debe existir entre barras. En la siguiente tabla se compara las medidas actuales con los parámetros de diseño establecidos por el manual [27].

Tabla 21. Comparación de parámetros de diseño y medidas actuales

Unidad	Parámetros de diseño	Rango permitido	Valores medidos	Cumple con el manual de la CONAGUA
Tanque repartidor y cribado	Espesor de las barras (cm)	0.6 a 1.6	1.4	SI
	Espaciamiento entre barras (cm)	2.5 a 5.1	2.5	SI
	Pendiente con la horizontal (°)	30 a 60	45	SI

Fuente: CONAGUA[27]

Considerando las dimensiones propuestas por el manual se puede inferir que la rejilla de la PTAR cumple con los parámetros de diseño.

Sin embargo, la falta de limpieza y acumulación de los lodos en la rejilla, es lo que provoca que exista presencia de mal olor y mosquitos alrededor de la PTAR especialmente en días soleados.

Tanque séptico

La Guía para el diseño de tanques sépticos, tanque IMHOFF y lagunas de estabilización de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) fue utilizada para el diagnóstico de esta unidad. Se necesitó conocer datos previos los cuales se detallan a continuación[28].

El diseño se basó en la cantidad de usuarios del sistema de alcantarillado, que es 107, y según la tabla 40, el promedio de personas por hogar en la parroquia de Píllaro es de aproximadamente 3. En consecuencia, la población servida es de 321 habitantes [29].

Tabla 22. Promedio de Personas por Hogar, según Parroquia

Parroquia	Total de personas	Total de hogares	Promedio de personas por hogar
Píllaro	13310	3946	3.37

Fuente: INEC

Considerando el Plan de Ordenamiento territorial del cantón Santiago de Píllaro, la dotación de agua potable es de $0.16 \text{ m}^3/(\text{hab} \cdot \text{día})$ equivalente a $160 \text{ l}/(\text{hab} \cdot \text{día})$, sin embargo, se optó por utilizar $200 \text{ l}/(\text{hab} \cdot \text{día})$ ya que es lo que una persona consume.

Según las Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP de Quito y la normativa RAS-2000 Sección II Título E, el caudal de aporte unitario de aguas residuales se encontró considerando un porcentaje de retorno al sistema de alcantarillado, el cuál esta entre 0.7 y 0.8[30][31].

El diagnóstico de la unidad se detalla a continuación usando los datos encontrados previamente.

- **Caudal de aporte unitario de aguas residuales (Q)**

$$Q = C * Da$$

Donde:

C: Factor de retorno $(0.7 - 0.8) = 0.7$

Da: Dotación actual = $200 \text{ l}/(\text{hab} \cdot \text{día})$

$$Q = 0.7 * 200 \text{ l}/(\text{hab} * \text{día})$$

$$Q = 140 \text{ l}/(\text{hab} * \text{día})$$

Tabla 23. Datos para el diagnóstico del Tanque séptico

Datos	Nomenclatura	Valor	Unidad
Población servida	P	321	hab
Caudal de aporte unitario de aguas residuales	Q	140	l/(hab*día)

Fuente: Ronald Amaguaña

- **Periodo de retención hidráulica (PR)**

$$PR = 1.5 - 0.3 \log(P * Q)$$

$$PR = 1.5 - 0.3 \log(321 \text{hab} * 140 \text{ lt}/(\text{hab} * \text{día}))$$

$$PR = 0.10 \text{días}$$

Valor mínimo de acuerdo a normativa 0.25 días o 6 horas.

$$PR = 0.25 \text{días}$$

- **Volumen requerido para la sedimentación (Vs)**

$$Vs = 10^{-3} * (P * Q) * PR$$

$$Vs = 10^{-3} (321 \text{hab} * 140 \text{ l}/(\text{hab} * \text{día})) * 0.25 \text{días}$$

$$Vs = 11.24 \text{m}^3$$

- **Volumen de digestión y almacenamiento de lodos (Vd)**

N: Intervalo deseado en años, entre operaciones sucesivas de remoción de lodos.

N = 1 año (mínimo)

$$Vd = 70 * 10^{-3} * P * N$$

$$Vd = 70 * 10^{-3} * 321 \text{hab} * 1 \text{año}$$

$$Vd = 22.47 \text{m}^3$$

- **Volumen de natas (Vn)**

$$Vn = 0.7 \text{m}^3 \text{ (Valor mínimo)}$$

- **Volumen total teórico del tanque séptico (Vt)**

$$Vt = Vs + Vd + Vn$$

$$Vd = 11.24m^3 + 22.47m^3 * 0.70m^3$$

$$Vd = 34.41m^3$$

Volumen total actual del tanque séptico (Va)

Las dimensiones utilizadas se muestran en la tabla 13.

$$Vt = Ancho \acute{u}til * Largo \acute{u}til * Altura \acute{u}til$$

$$Vt = 2.60 * 7.20m * 2m$$

$$Vt = 37.44m^3$$

Tabla 24. Comparación de parámetros de diseño y valores actuales

Unidad	Parámetros de diseño	Valores teóricos	Valores actuales	Cumple con la Guía OPS
Tanque séptico	Volumen total (m ³)	34.41	37.44	SI

Fuente: Ronald Amaguaña

De acuerdo con los resultados, se deduce que el tanque séptico cumple con las condiciones estipuladas en la guía, ya que el volumen teórico es inferior al volumen total actual.

Por otro lado, la falta de mantenimiento y acumulación de los lodos, además de que las tapas de revisión permaneces abiertas es lo que provoca que exista presencia de mal olor y mosquitos alrededor de la PTAR especialmente en días soleados.

Filtro anaerobio de flujo ascendente

El manual de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) referente a filtros anaerobios de flujo ascendente cuenta con criterios de diseño y rangos de dimensiones que el filtro debe cumplir, por lo cual fue utilizado para el verificar las condiciones de funcionamiento de esta unidad[32].

Para el diagnóstico de esta unidad se necesitan los siguientes datos que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 25. Datos para el diagnóstico del FAFA

Datos	Nomenclatura	Valor	Unidad
Caudal máximo horario PTAR	Q	80.87	m ³ /día
DBO ₅ presente en el afluente	So	0.39	kg/m ³

Fuente: Ronald Amaguaña

Las dimensiones del filtro se muestran en la tabla 14.

- **Altura del medio filtrante (h_m)**

$$h_m = H - b - d$$

$$h_m = 2.20m - 0.45m - 0.28m$$

$$h_m = 1.47m$$

- **Área superficial del filtro (A)**

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

$$A = \frac{3.14 * 5.38m^2}{4}$$

$$A = 22.73m^2$$

- **Volumen del lecho filtrante (V_m)**

$$V_m = h_m * A$$

$$V_m = 1.47m * 22.73m^2$$

$$V_m = 33.42m^3$$

- **Tiempo de retención hidráulica**

$$TRH = \frac{V_m}{Q}$$

$$TRH = \frac{33.42m^3}{80.87 m^3/día}$$

$$TRH = 0.41días = 9.92horas$$

Parámetros teóricos de la FAFA

- Área superficial del filtro (A)

El valor utilizado de carga hidráulica superficial (CHS) es un valor promedio del rango que establece el manual (6 – 15 m³/m² día)

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

$$A = \frac{80.87 \text{ m}^3/\text{día}}{10.5 \text{ m}^3/\text{m}^2 * \text{día}}$$

$$A = 7.70 \text{ m}^2$$

- Volumen del lecho filtrante (V_m)

El valor utilizado en el TRH es un valor promedio del rango que establece el manual (4 – 10 horas).

$$TRH = 7 \text{ horas} = 0.29 \text{ días}$$

$$V_m = TRH * Q$$

$$V_m = 0.29 \text{ días} * 80.87 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$V_m = 23.59 \text{ m}^3$$

Tabla 26. Comparación de parámetros de diseño y valores actuales

Unidad	Parámetros de diseño	Valores teóricos	Valores actuales	Cumple con el manual de la CONAGUA
FAFA	Altura del medio filtrante (m)	0.8 a 3.0	1.47	SI
	Área superficial del filtro (m ²)	7.70	22.73	SI
	Volumen del lecho filtrante (m ³)	23.59	33.42	SI
	Tiempo de retención hidráulica (horas)	4 a 10	9.92	SI

Fuente: Ronald Amaguaña

Los valores obtenidos indicaron que los valores teóricos son menores a los valores actuales que la unidad tiene actualmente, con lo cual se establece que cumple con los parámetros de diseño establecido en el Manual de la OPS.

La falta de limpieza es lo que provoca que los lodos se acumulen y de lugar a generarse malos olores, esto debido a que no existe una tubería que conecte al lecho de secado de lodos para tener un mejor manejo de los mismos.

Lecho de secado de lodos

Se utilizó la Guía de la OPS, donde se consideraron las ecuaciones y parámetros de diseño que se establece respecto al lecho de secado de lodos, para su diagnóstico se utilizó los datos que se muestra en la siguiente tabla. [28].

Tabla 27. Datos para el diagnóstico del lecho de secado de lodos

Datos	Nomenclatura	Valor	Unidad
Caudal máximo horario PTAR	Q	0.936	l/s
Sólidos suspendidos presente en el afluente	SS	400	mg/l
Densidad de lodos	plodo	1.04	kg/l
% Sólidos contenidos en el lodo (8 – 12) %	% de sólidos	10%	-
Profundidad de aplicación (0.20 – 0.40) m	Ha	0.4	m

Fuente: Ronald Amaguaña

La densidad de los lodos (plodo) utilizada en los cálculos que tiene por valor 1.04 kg/l se extrajo de la Guía de Organización Panamericana de la Salud (OPS).

- Carga de sólidos que ingresa al sedimentador (C)

$$C = Q * SS * 0.0864$$

$$C = 0.936 \text{ l/s} * 400 \text{ mg/l} * 0.0864 \text{ s} * \text{kg/mg} * \text{día}$$

$$C = 32.35 \text{ kg de SS/día}$$

- Masa de sólidos que conforman los lodos (M_{sd})

$$M_{sd} = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

$$M_{sd} = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 32.35) + (0.5 * 0.3 * 32.35)$$

$$M_{sd} = 10.51 \text{ kg de SS/día}$$

- Volumen diario de lodos digeridos (V_{ld})

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\text{plodo} * (\% \text{ de sólidos} / 100)}$$

$$V_{ld} = \frac{10.51 \text{ kg de SS/día}}{1.04 \text{ kg/l} * \left(\frac{10}{100}\right)}$$

$$V_{ld} = 101.09 \text{ l/día}$$

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

El Tiempo de digestión en días (T_d) se obtiene de acuerdo a la temperatura del sector según la siguiente tabla:

Tabla 28. Tiempo requerido para digestión de lodos

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

Fuente: Tabla 2 de la Guía de la OPS 2005

$$T_d = 55 \text{ días}$$

$$V_{el} = \frac{V_{ld} * T_d}{1000}$$

$$V_{el} = \frac{101.09 \text{ l/día} * 55 \text{ días}}{1000}$$

$$V_{el} = 5.56 \text{ m}^3$$

- **Área del lecho de secado (A_{ls})**

$$A_{ls} = \frac{V_{el}}{Ha}$$

$$A_{ls} = \frac{5.56 \text{ m}^3}{0.4 \text{ m}}$$

$$A_{ls} = 13.90 \text{ m}^2$$

- **Área actual del lecho de secado (A_{ls})**
- Las dimensiones utilizadas se muestran en la tabla 15.

$$A_{ls} = 4.9m * 3.6m$$

$$A_{ls} = 17.64m^2$$

Tabla 29. Comparación de parámetros de diseño y valores actuales

Unidad	Parámetros de diseño	Valores teóricos	Valores actuales	Cumple la Guía OPS
Lecho de secado de lodos	Área (m ²)	13.90	17.64	SI

Fuente: Ronald Amaguaña

Actualmente la unidad cumple con los parámetros de diseño establecido por la guía de la OPS, ya que el área actual del lecho de secado de lodos es mayor a la calculada.

3.5. Verificación de hipótesis

La PTAR del sector La Merced no se encuentra funcionando de forma óptima en sus condiciones actuales, ya que a pesar de que el afluente cumple con los límites permisibles establecidos por la norma TULSMA 2015 para descargas a cuerpos de agua dulce (datos mostrados en la Tabla 18). La inexistencia de la limpieza y mantenimiento adecuado a cada unidad hidráulica es lo que provoca que exista presencia de mal olor y mosquitos.

Tabla 30. Funcionamiento actual de las unidades de la PTAR

Unidad Hidráulica	Dimensiones de acuerdo a normativa de la OPS y CONAGUA	Limpieza y manteniendo	Análisis físico - químico TULSMA 2015
Tanque repartidor y cribado	Cumple	No cumple	Cumple
Tanque séptico	Cumple	No cumple	Cumple
Filtro anaerobio de flujo ascendente	Cumple	No cumple	Cumple
Lecho de secado de lodos	Cumple	No cumple	Cumple

Fuente: Ronald Amaguaña

Con lo anterior, se comprueba que la PTAR del sector La Merced presenta deficiencias en cuanto a la limpieza y mantenimiento de cada una de las unidades hidráulicas que la conforman. Por lo tanto, es necesario implementar un plan de operación y mantenimiento para garantizar que la planta trabaje en mejores condiciones.

3.6. Etapa V Mejoramiento de la PTAR

3.6.1. Propuesta de mejora de la PTAR

3.6.2. Plan de Operación y Mantenimiento

Para el correcto funcionamiento de la PTAR de La Merced, en cada unidad hidráulica se debe realizar un mantenimiento de forma periódica, lo cual posibilitará que funcionen de forma óptima y alarguen la vida útil para la que fueron diseñados. En cada una de las actividades de control se utilizarán equipos de protección personal como: gafas protectoras, overol, guantes, mascarilla, botas y casco.

Cabe destacar que el Plan de operación y mantenimiento se basa en estudios realizados por el GAD Santiago de Pillaro en las PTAR del Sector Callate, parroquia La Matriz y sectores Chaupi Loma, San Juan, Cardo Santo y Cusin.

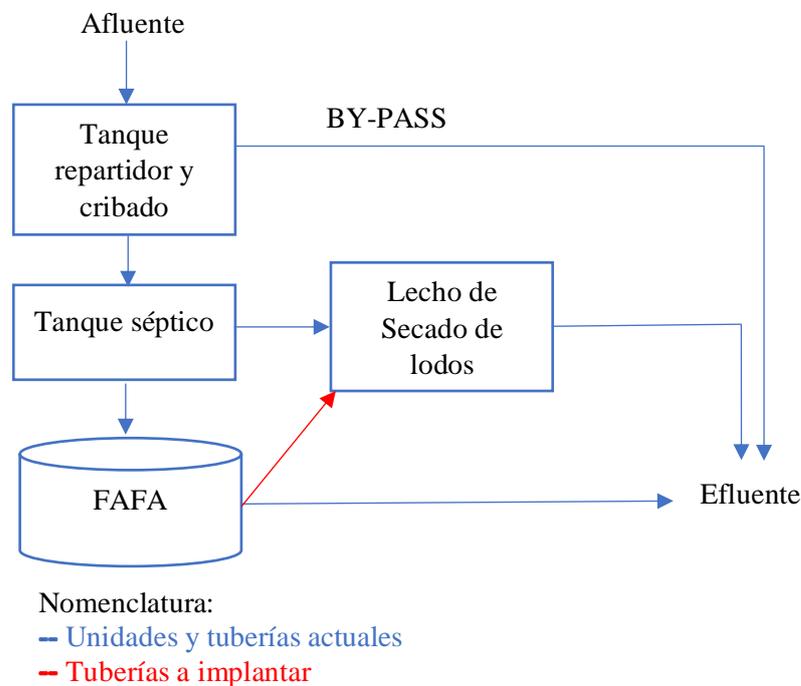


Figura 28. Propuesta de mejora de la PTAR

Fuente: Ronald Amaguaña

Medida 1. Implantación de cubierta en el lecho de secado de lodos

- Descripción

La mejora consiste en la implantación de una cubierta que proteja los residuos de lodo provenientes del tanque séptico y FAFA de la humedad durante las lluvias, lo que permite un procesamiento y eliminación más eficiente y rápido.

Las vistas en planta y lateral de muestra en el Anexo 4 correspondiente a los planos.

Cálculo de dimensiones

Pilares de la cubierta

La combinación de cargas que actúan en la cubierta a implantarse se basa en la Norma Ecuatoriana de Construcción-Seguridad Estructural-Cargas Gravitacionales (NEC-SE-CG), la cual se enfoca en las cargas permanentes (peso propio de la estructura) y las cargas variables (cargas climáticas y cargas vivas).

- Cargas que se consideran en el proyecto

Carga Viva

Tabla 31. Carga Viva: Sobrecarga Mínima

Ocupación o Uso	Carga Uniforme
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	70 kg/m ²

Fuente: NEC 2015 - SE – CG Cargas (No Sísmicas)

Carga muerta o permanente

Tabla 32. Carga muerta o permanente

Tipo de carga	Valor	Unidad
Peso propio de la estructura	Por prediseño se tomará el 10% de la carga última	kg/m ²
Peso de la cubierta Plancha Traslucida-Tipo Zinc	Depende del catálogo, por lo general se toma un valor de: 10	kg/m ²

Fuente: Ronald Amaguaña

Carga por granizo (ceniza)

La carga de granizo se toma en cuenta para regiones con una cota superior a 1500 msnm.

$$S = p_s * H_s$$

Dónde:

ps: Peso específico del granizo (100kg/m³)

Hs: Altura de acumulación (m), se considera una acumulación de 5 m

Tabla 33. Carga de granizo

Carga de Granizo	Carga Uniforme
Cubiertas planas, inclinadas y curvas (pendientes iguales o menores al 15%)	50 kg/m ²

Fuente: NEC 2015 - SE – CG Cargas (No Sísmicas)

Carga por viento y carga por sismo

Al ser una estructura de una altura aproximada de 2,5m de un nivel no se tomarán las cargas por viento ni por sismo. Cabe recalcar que este tipo de cargas se tomen especialmente en estructuras con alturas mayores a 5 m.

Combinación de Cargas

$$\begin{aligned} & \mathbf{1,2\ CM + 1,6CV} \\ & 1,2(10 + 50) + 1,6(70) \\ & \mathbf{184\ kg/m^2} \end{aligned}$$

Carga última

Cabe mencionar que se tomará el peso propio de la estructura como el 10% más a la combinación de cargas entonces:

$$\begin{aligned} Wu &= 1,10 \left(184 \frac{kg}{m^2} \right) \\ Wu &= 202,4\ kg/m^2 \end{aligned}$$

- Predimensionamiento de los pilares

Se aplicó el Diseño por Factores de Carga y Resistencia (LRFD) en base al esfuerzo crítico disponible para miembros a compresión según el Instituto Americano de la Construcción en Acero (American Institute of Steel Construction AISC).

Tabla 34. Datos a tomar en cuenta al momento de predimensionar la columna

Longitud de la columna (L)	2,15 m
Fy-A36	2530 kg/cm ²
Número de Pisos (n)	1
Área tributaria de la columna (3.1x2,5m)	7.75 m ²

Fuente: Ronald Amaguaña

Carga última puntual para una columna

$$Pu = Wu * A_{tri} * n$$

$$Pu = (202,4 \text{ kg/m}^2) * (7,75 \text{ m}^2) * (1)$$

$$Pu = 1568.6 \text{ kg}$$

Asumimos una relación de esbeltez ($\frac{KL}{r}$)

Dónde:

K: factor de longitud efectiva (recomendable K= 1, Articulada-Articulada)

r: radio de giro

L: Longitud libre de la columna

KL: Longitud efectiva

$$\frac{KL}{r} = \text{recomendado (40 - 60)}$$

$$\frac{KL}{r} = 50$$

Esfuerzo crítico disponible para miembros de compresión

Con el valor anterior buscamos en la Tabla 4-22 propuesta por el AISC

Tabla 35. Esfuerzo crítico disponible para miembros de compresión

Fy = 36 ksi	
KL/r	$\phi_c F_{cr}$ ksi LRFD
50	28,4

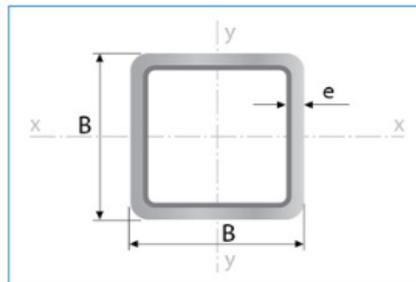
Fuente: Tabla 4-22 AISC

$$\phi_c F_{cr} = 28,4 \text{ ksi} \left(\frac{70,3 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{1 \text{ ksi}} \right) = 1996,56 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Área requerida

$$A_{req} = \frac{Pu}{\phi_c F_{cr}} = \frac{1568.6 \text{ kg}}{1996,56 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 0,78 \text{ cm}^2$$

Buscamos un catálogo mayor al área requerida



Designaciones		Área	Peso	Propiedades Estáticas		
				Eje x-x = y-y		
B	e	A	P	I	W	i
mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm
100	1,80	6,99	5,48	111,62	22,32	4,00
	2,00	7,74	6,07	123,01	24,60	3,99
	2,50	9,59	7,53	150,65	30,13	3,96
	3,00	11,41	8,96	177,08	35,42	3,94
	4,00	14,95	11,73	226,46	45,29	3,89
	5,00	18,36	14,41	271,36	54,27	3,84
	6,00	21,63	16,98	312,00	62,40	3,80

Figura 29. Detalle estructura metálica cuadrada.

Fuente: Catálogo IPAC 2019

Calculamos la relación de esbeltez

$$\frac{KL}{r}; r = \text{radio de giro}$$

$$\begin{aligned} & \frac{KL}{r} \\ &= \frac{(1)(2,15m)}{4} \\ & \frac{KL}{r} = 53.80 \approx 54 \end{aligned}$$

Esfuerzo crítico disponible para miembros de compresión

Con el valor anterior buscamos en la Tabla 4-22 propuesta por el AISC

Tabla 36. Esfuerzo crítico disponible para miembros de compresión

Fy=36 ksi	
KL/r	$\phi_c F_{cr}$
	ksi LRFD
54	27.8

Fuente: Tabla 4-22 AISC

$$\phi_c F_{cr} = 27.6 \text{ ksi} \left(\frac{70,3 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{1 \text{ ksi}} \right) = 1954.34 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Cálculo de carga última

$$Pu_1 = A_{\text{perfil}} * \phi_c F_{cr}$$

$$Pu_1 = (6.99 \text{ cm}^2) \left(1954.34 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$Pu_1 = 13660.84 \text{ kg}$$

Comprobación

$$Pu_1 > Pu \rightarrow \text{Cumple, soporta}$$

Nota: Elegimos el perfil cuadrado 100*100x3 mm.

Correas de la cubierta

Para el predimensionamiento tomaremos como punto de partida la forma de selección de una correa para una cubierta simple propuesta por el catálogo IPAC 2019.

Tabla 37. Datos de la correa estructural a predimensionar

Separación entre correas	1 m
Luz libre de la correa	5.10m

Fuente: Ronald Amaguaña

Para determinar la correa adecuada, se sugiere utilizar la siguiente fórmula:

$$P = Q * A$$

Dónde:

P: Carga admisible de la correa (kg/m)

Q: Carga por m² elegido

A: Separación entre correas

L: Luz libre de la correa

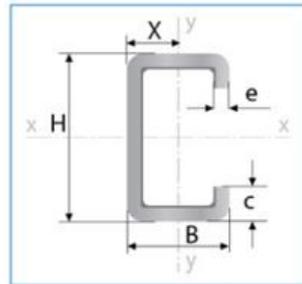
$$P = Q * A$$

$$P = 60 \frac{kg}{m^2} * (1.10 m - 0,10m)$$

(10 cm Traslape de la plancha)

$$P = 60 kg/m$$

Buscamos una correa que tenga una carga admisible mayor a 60 kg



Descripción	Espesor	P = Carga admisible (kg/m) incluido peso propio de viga					
		L = Luz (m)					
		3	4	5	6	7	8
100 x 50 x 15	2	168,91	95,01	60,81	42,23	31,02	23,75
	3	245,24	137,94	88,28	61,31	45,04	34,49

Figura 30. Detalle estructural Correa

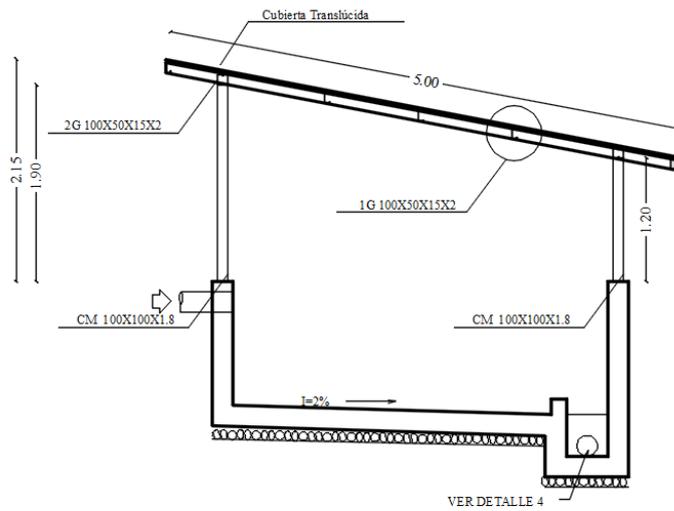
Fuente: IPAC 2019

Comprobación

$Carga\ admisible_1 > Carga\ admisible$

$$60.81 \frac{kg}{m} > 60 \frac{kg}{m} \rightarrow Cumple$$

A continuación, se presentan los detalles del armado de la cubierta.

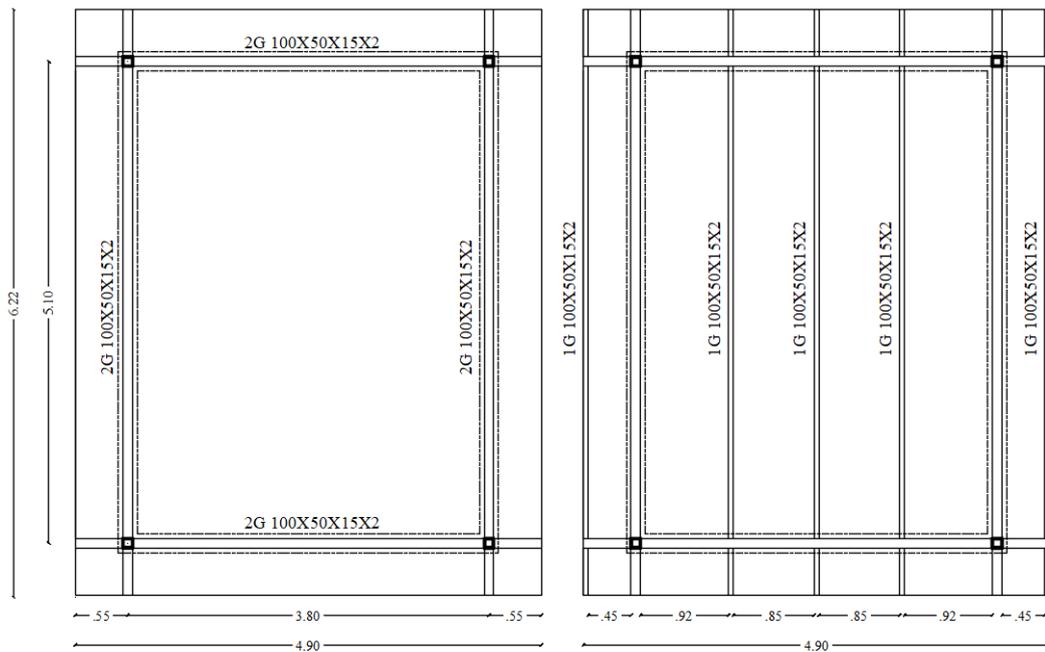


DETALLE DE ARMADO CUBIERTA METÁLICA

ESCALA:1:50

Figura 31. Detalle del armado de la cubierta

Fuente: Ronald Amaguaña



ARMADO PERFILES PRINCIPALES CUBIERTA METÁLICA

ESCALA:1:50

ARMADO PERFILES SECUNDARIOS CUBIERTA METÁLICA

ESCALA:1:50

Figura 32. Armado de vigas principales y secundarias

Fuente: Ronald Amaguaña

Tabla 38. Implantación - Cubierta

Actividades	Frecuencia	Herramientas	Responsable	Costo
Implantación cubierta	1 vez	-	1 peón 1 operador	\$ 2413.00

Fuente: Ronald Amaguaña

Los rubros de construcción de la cubierta se detallan en el Anexo 4.

Medida 2.- Operación y mantenimiento del tanque repartidor y cribado

- Descripción

La unidad recibe aguas residuales del sistema de alcantarillado y retiene los sólidos gruesos a través de una rejilla en el interior del tanque. Para garantizar su correcto funcionamiento, se deben llevar a cabo las siguientes actividades:

Tabla 39. Actividades – Tanque repartidor y cribado

Actividades	Frecuencia	Herramientas	Responsable	Costo
Limpieza y transporte de los sólidos acumulados en la rejilla al lecho de secado de lodos una vez se encuentren escurridos.	2 veces al día (Al medio día y a las 4 de la tarde) Si la cantidad de sólidos es pequeña, la limpieza se podrá hacer una vez al día (4 de la tarde)	Rastrillo, pala y carretilla	1 peón 1 operador	\$65.94/mes

Fuente: Ronald Amaguaña

Medida 3.- Operación y mantenimiento del tanque séptico

- Descripción

La unidad sedimenta sólidos pesados por gravedad y sólidos en suspensión. Además, es responsable de la descomposición biológica de los sólidos orgánicos presentes en las capas de lodo y espuma. Para garantizar su óptimo funcionamiento, deben llevarse a cabo las siguientes actividades:

Tabla 40. Actividades – Tanque séptico

Actividades	Frecuencia	Herramientas	Responsable	Costo
Desalojo de los sólidos acumulados en el interior del tanque abriendo las válvulas destinadas para esta actividad y medir el nivel de los lodos en el interior con una manguera.	Cada 3 meses	Rastrillo, manguera y pala	1 peón 1 operador	\$45.37/mes
Remover la superficie del agua para fracturar y rehidratar las natas sobrenadantes.	Cada mes		1 peón	

Fuente: Ronald Amaguaña

Nota: Es importante asegurarse de dejar una cantidad suficiente de lodos en el tanque para continuar con el proceso de digestión durante el proceso de extracción de los lodos.

Medida 4.- Operación y mantenimiento del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente

- Descripción

El sistema es el encargado de remover la materia orgánica restante en un ambiente sin oxígeno (condiciones anaerobias). Este proceso se lleva a cabo a través de un flujo ascendente que permite una eficiente eliminación de los residuos. Para garantizar su correcto funcionamiento y optimizar su eficacia, es esencial realizar las siguientes actividades periódicamente.

Tabla 41. Actividades - FAFA

Actividades	Frecuencia	Herramientas	Responsable	Costo
Desalojar los lodos acumulados en el fondo del filtro, abriendo las válvulas que se colocan para este uso.	Cada 3 meses	Pala, manguera y carretilla	1 peón 1 operador	\$116.61
Limpiar el medio filtrante con agua a presión por la parte alta del tanque, para que la corriente lleve las arenas y lodos que se encuentren entre la grava consiguiendo de esta manera la limpieza del filtro				

Fuente: Ronald Amaguaña

Medida 5.- Operación y mantenimiento del lecho de secado de lodos

- Descripción

La unidad se encarga de recibir y procesar los lodos producidos en el tanque séptico y el Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente. Este proceso permite reducir el volumen de los lodos y mejorar su manejo y disposición final. Para asegurar su funcionamiento eficiente y optimizar su desempeño, es importante realizar las siguientes acciones de mantenimiento y monitoreo regularmente.

Tabla 42. Actividades - Lecho de secado de lodos

Actividades	Frecuencia	Herramientas	Responsable	Costo
Inspección y distribución de lodos para el su secado uniforme.	Cada mes <i>Tiempo empleado:</i> 1 horas		1 operador 1 peón	\$40.48/mes
Extracción de lodos secos, una vez se haya alcanzado una altura considerable que sea de fácil manejo para el operador. Los sedimentos removidos serán depositados y enterrados en lugares preestablecidos. Es conveniente que esta actividad se realice preferentemente en la estación de verano.	Cada 6 meses <i>Tiempo empleado:</i> 3 horas	Pala y carretilla	1 operador 1 peón	

Fuente: Ronald Amaguaña

Medida 6.- Mantenimiento del medio exterior

- Descripción

Para preservar el buen funcionamiento de las unidades hidráulicas de la PTAR y evitar la invasión de la vegetación existente, es necesario llevar a cabo una adecuada actividad de mantenimiento. A continuación, se detallan las acciones específicas a realizar.

Tabla 43. Actividades – Medio exterior

Actividades	Frecuencia	Herramientas	Responsable	Costo
Cortar o podar la vegetación en el área alrededor de las unidades hidráulicas.	Cada mes <i>Tiempo empleado:</i> 3 horas	Pala, hoz, moto guadaña y carretilla	1 peón	\$ 31.92/mes

Fuente: Ronald Amaguaña

Medida 7.- Impermeabilización y pintura

- Descripción

Para preservar la integridad de las unidades hidráulicas de la PTAR, es importante proteger sus estructuras de los efectos negativos de las condiciones climáticas. Para lograr esto, se llevará a cabo un proceso de impermeabilización de sus paredes, con el objetivo de garantizar su óptimo funcionamiento y prolongar su vida útil.

Tabla 44. Actividades – Impermeabilización y pintura

Actividades	Frecuencia	Herramientas	Responsable	Costo
Retirar el moho presente en las paredes Impermeabilización de cada una de las paredes de cada unidad hidráulica Pintura en las paredes de cada unidad.	1 vez (Dependiendo su desgaste)	-	-	\$ 495.52

Fuente: Ronald Amaguaña

Medida 8.- Implementación de señalética

- Descripción

Para asegurar la seguridad y proporcionar alertas a los trabajadores en el área de la PTAR, se colocará señalización indicativa que permita tomar precauciones adecuadas.

Tabla 45. Actividades – Implementación de señalética

Actividades	Frecuencia	Herramientas	Responsable	Costo
Colocación de señalética informativa y de prevención de riesgos en la PTAR.	1 vez	Letreros 0.50x0.30m, accesorios y tomillería.	1 peón	\$ 174.87

Fuente: Ronald Amaguaña



Figura 33. Señalética
Fuente: Ronald Amaguaña

Medida 9.- Monitoreo del análisis físico – químico

- Descripción

Para garantizar el cumplimiento de los límites máximos de descarga de agua residual establecidos por la normativa TULSMA, se realizarán periódicamente análisis físico-químicos de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 46. Actividades – Monitoreo del análisis físico - químico

Actividades	Frecuencia	Herramientas	Responsable	Costo
Recolección de la muestra del efluente de la PTAR. Se recogerá un volumen de 1lt	Cada 3 meses <i>Tiempo empleado:</i> 1 horas	Envases de color ámbar de 1lt. Jarra	1 operador	\$79.87/anual

Fuente: Ronald Amaguaña

Implementación de las mejoras descritas

Se ha comprobado que actualmente existen deficiencias en la limpieza y mantenimiento tanto de las unidades y el medio exterior de la PTAR. Por ello, se realizó una propuesta de mejora que se describe en la siguiente tabla.

Tabla 47. Propuesta de mejora de la PTAR

Unidad Hidráulica	Propuesta
Tanque repartidor y cribado	<ul style="list-style-type: none">- Operación y mantenimiento- Impermeabilización y pintura- Implementación de señalética
Tanque séptico	<ul style="list-style-type: none">- Operación y mantenimiento- Impermeabilización y pintura- Implementación de señalética
Filtro anaerobio de flujo ascendente	<ul style="list-style-type: none">- Operación y mantenimiento- Impermeabilización y pintura- Implementación de señalética
Lecho de secado de lodos	<ul style="list-style-type: none">- Implantación de cubierta- Operación y mantenimiento- Impermeabilización y pintura- Implementación de señalética

Fuente: Ronald Amaguaña

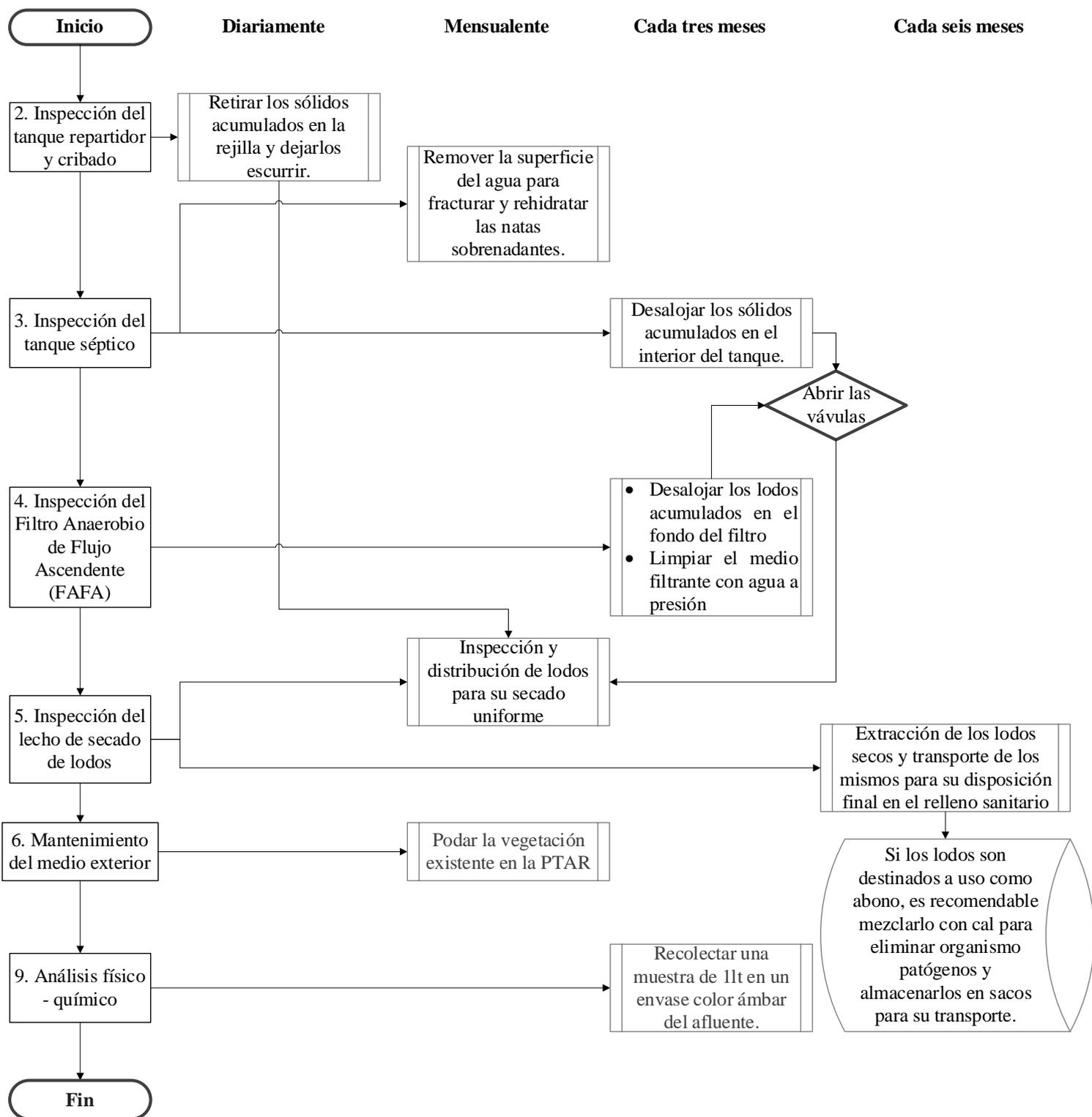


Figura 34. Flujograma de operación y mantenimiento de la PTAR

Fuente: Ronald Amaguaña

3.6.3. Presupuesto

El proyecto de mejora es viable y cuenta con un presupuesto referencial de \$ 2862.64 (Dos mil ochocientos sesenta y dos con sesenta y cuatro centavos) que incluye actividades de operación y mantenimiento en las unidades hidráulicas y en el área de la PTAR, y una cubierta en el lecho de secado de lodos. En el presupuesto referencial se detallan los diversos rubros para ejecutar cada una de las mejoras propuestas.

El detalle de los precios unitarios se presenta en el Anexo 3.

Tabla 48. Presupuesto referencial

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

TEMA: EVALUACION DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR LA MERCED DE LA PARROQUIA PÍLLARO PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

No.	Rubro / Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Medida 1. Implantación de cubierta en el lecho de secado de lodos					
1	Instalación de estructura metálica, acero A36	kg	295.36	4.30	1270.05
2	Intalación de zinc translucido e=30	m2	31.10	10.02	311.62
3	Canal y bajante de agua lluvia	m	7.42	22.66	168.14
Subtotal 1					1749.81
4	Medida 2. Operación y mantenimiento del tanque repartidor y cribado	u	1	65.94	65.94
5	Medida 3. Operación y mantenimiento del tanque séptico	u	1	45.37	45.37
6	Medida 4. Operación y mantenimiento del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente	u	1	116.61	116.61
7	Medida 5.- Operación y mantenimiento del lecho de secado de lodos	u	1	40.48	40.48
8	Medida 6.- Mantenimiento del medio exterior	u	1	31.92	31.92
9	Medida 7.- Impermeabilización y pintura	m2	164.08	3.02	495.52
10	Medida 8.- Implementación de señalética	u	9	19.43	174.87
11	Medida 9.- Monitoreo del análisis físico – químico	u	1	48.16	48.16
Subtotal 2					1018.87
FAFA					
12	Tubería PVC d=160mm desague NTE-INEN 2059	m	4.00	23.49	93.96
TOTAL					2862.64

Fuente: Ronald Amaguaña

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- La construcción de la PTAR en el sector La Merced, parroquia urbana Píllaro, cantón Santiago de Píllaro, provincia de Tungurahua se llevó a cabo en el año 2015, y cuenta con 107 usuarios del sistema de alcantarillado, y se pudo observar que las unidades hidráulicas presentan deficiencias debido a la falta de limpieza y mantenimiento inexistentes, lo que es un factor crítico que causa la proliferación de malos olores y mosquitos en la PTAR lo cual genera molestias a los habitantes alrededor de la planta.
- Se realizó el levantamiento topográfico de la PTAR del sector La Merced, evidenciando que la superficie que ocupa la planta es de 368.66m². Además de los dibujos de cada unidad hidráulica con sus respectivas medidas, obteniendo de este modo planos de implantación georreferenciada de la planta evaluada.
- Se determinó que el caudal máximo horario de ingreso y salida a las 9:00am en la PTAR que corresponde a 0,936 l/s y 0,840 l/s respectivamente y se observó que la mayor demanda de aguas residuales se presenta el día jueves debido a las actividades domesticas de los habitantes del sector.
- El análisis físico-químico de la calidad del agua residual del afluente y efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales reveló que la planta cumple los límites permisibles establecidos en la norma TULSMA 2015 para la descarga del efluente en un cuerpo de agua dulce.
- El diagnóstico técnico realizado a las unidades de tratamiento de la PTAR ha determinado que las estructuras de la planta cumplen con los estándares de diseño establecidos por la OPS y CONAGUA.
- Se propuso como mejoramiento la implementación de una cubierta en el lecho de secado de lodos. Lo cual promete un mejor manejo y disposición de los lodos provenientes del tanque repartidor y cribado, tanque séptico y Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA).
- Se ha desarrollado un plan de operación y mantenimiento que detalla las actividades, frecuencia, herramientas, responsables y costos relacionados con cada actividad. Este plan se encuentra en el apartado 3.6.1 y tiene como objetivo mantener las condiciones óptimas de funcionamiento para asegurar un tratamiento adecuado de las aguas residuales.

- Se ha estimado un presupuesto referencial para el mejoramiento de la planta, que asciende a \$2862.64 (Dos mil ochocientos sesenta y dos con sesenta y cuatro centavos). Este valor muestra la viabilidad económica de llevar a cabo las mejoras propuestas.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda que el operador de la planta de tratamiento de aguas residuales realice una inspección diaria, controlando el correcto funcionamiento de las unidades hidráulicas.
- Es fundamental llevar un registro detallado de las actividades y mantenimientos realizados en la PTAR a través de una bitácora, esto ayudará a contar con un historial claro y preciso de las acciones realizadas en la planta. Además, se sugiere llevar a cabo capacitaciones y emplear herramientas y equipo adecuado para asegurar una labor eficiente, garantizando así un tratamiento eficaz del agua residual y cumplimiento de las normas establecidas.
- Se sugiere contar con un plan de contingencia en caso de fallas y un seguimiento continuo a la operación para detectar y corregir problemas a tiempo.
- Se recomienda realizar análisis físico-químicos periódicos del efluente para garantizar que cumplan con los límites permisibles establecidos en la normativa TULSMA 2015.
- Con el fin de realizar el desalojo de los lodos y la limpieza del lecho filtrante de la FAFA, se recomienda colocar una tubería de conecte con el lecho de secado de lodos y se tenga un manejo de los mismos.
- El desalojo de los lodos tanto del tanque repartidor y cribado, tanque séptico y FAFA al lecho de secado de lodos se deben realizar de acuerdo a los tiempos establecidos en el Plan de operación y mantenimiento, con el fin de evitar que la presencia de malos olores y mosquitos.
- Por otro lado, es recomendable mantener las tapas de revisión del tanque séptico cerradas ya que al mantenerlas abiertas el mal olor sale del interior y se expande a los alrededores.
- Es importante controlar que la vegetación existente no invada las unidades de tratamiento, y cortarlo cada cierto tiempo para evitar la proliferación de mosquitos y otros insectos que generen molestia a los operadores de la PTAR y habitantes del sector.

- Es recomendable seguir estrictamente el plan de operación y mantenimiento propuesto para garantizar el cumplimiento de las fechas de mantenimiento programadas, así como para preservar la infraestructura de cada unidad hidráulica en las mejores condiciones y prolongar su vida útil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, Organización Mundial de la Salud, R. Johnston, F. Thevenon, and A. Shant, *Progreso en el tratamiento de las aguas residuales*. 2021.
- [2] G. Bokoba, I; Ryder, *Aguas residuales*. 2017.
- [3] Naciones Unidas, *Informe Mundial sobre los recursos hídricos 2021: El valor del agua*. 2021.
- [4] UNESCO, “Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2022: aguas subterráneas: hacer visible el recurso invisible,” *Organ. las Nac. Unidas para la Educ. la Cienc. y la Cult.*, p. 12, 2022.
- [5] ONU-WWAP, *Informe Mundial De Las Naciones Unidas Sobre El Desarrollo De Los Recursos Hídricos: Soluciones Basadas En La Naturaleza Para La Gestión Del Agua*. 2018.
- [6] UNESCO, *No dejar a nadie atrás*. 2019.
- [7] F. M. Camones García and J. J. Salas Depaz, “Evaluación y propuesta de mejora para la planta de tratamiento de aguas residuales Nueva Florida, Independencia, Huaraz - 2019,” *Repos. Inst. - UCV*, 2019.
- [8] F. M. Torres Rodríguez, “Rehabilitación de la infraestructura para la mejora del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, Caujul - Lima - 2017,” *Univ. César Vallejo*, 2017.
- [9] J. A. Bermúdez-Grisales and J. E. Carrillo-Loaiza, “Evaluación y diagnóstico a la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del casco urbano del municipio de Guasca, Cundinamarca,” 2019.
- [10] C. De, L. P. De, A. Residuales, E. N. El, M. De, and B. Boyacá, “Diagnóstico, evaluación y planteamiento de mejora en los componentes de la planta de aguas residuales en el municipio de Buenavista Boyacá,” 2017.
- [11] A. Rubio Clemente, E. Lenin Chica Arrieta, and G. Antonio Peñuela Mesa, “Procesos de tratamiento de aguas residuales para la eliminación de contaminantes orgánicos emergentes,” *An Interdiscip. J. Appl. Sci. Rev.*

Ambient. Agua, vol. 8.

- [12] INEC, “Estadística de información ambiental económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales 2015 (Agua y Alcantarillado),” *Inst. Nac. Estadística y Censos INEC*, vol. 2015, p. 30, 2016.
- [13] Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA) and Changjiang Institute of Survey Planning Design and Research(CISPDR), “Plan Nacional de Gestión Integrada e Integral de los Recursos Hídricos y de las Cuencas y Microcuencas hidrográficas de Ecuador. Memoria,” p. 602, 2016.
- [14] J. A. Cando Cisneros and S. D. Jibaja Robles, “Diseño del sistema de alcantarillado combinado y planta de tratamiento de aguas residuales para la zona baja del barrio El Rosario de la parroquia de Píntag, cantón Quito, provincia de Pichincha,” 2018.
- [15] C. De, I. Ambiental, I. M. Pino, and V. Riobamba-Ecuador, “Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que son generadas en el Campus Edison Rivera km1 1/2 vía a Guano para su reutilización en el riego de áreas verdes,” 2015.
- [16] E. A. Benalcázar Aguas, “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad Hualcanga San Luis, cantón Quero, provincia de Tungurahua,” 2022.
- [17] J. J. H. Cabrera, L. C. M. Alcivar, C. A. D. Navarrete, A. M. G. Endara, J. H. Moreno, and J. A. S. Tomalá, “Evaluation of biological wastewater treatment in stabilization lagoons from Punta Carnero, Salinas – Ecuador,” *Rev. Ambient. e Agua*, vol. 17, no. 2, Apr. 2022.
- [18] F. Morales-Fiallos, L. M. Narváez, G. Nuñez-Aldás, G. Paredes-Cabezas, and R. Hechavarría, “Filtro con elementos de bagazo de caña de azúcar para el tratamiento de aguas residuales de lavadoras de autos en la ciudad de Ambato, Ecuador,” *Tecnol. y ciencias del agua*, vol. 13, no. 5, pp. 365–395, Sep. 2022.
- [19] F. R. M. Fiallos, W. S. M. Robalino, and B. E. P. Beltrán, “Biofiltración sobre Cama de Turba, para el Tratamiento de Aguas Residuales Provenientes del Lavado de Jeans,” *Rev. Publicando*, vol. 4, no. 10 (2), pp. 579–590, Jun. 2017.

- [20] P. Daniel Ramírez Reyes *et al.*, “Physical characteristics of materials of Ecuadorian origin for water treatment,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 958, no. 1, p. 012020, Dec. 2021.
- [21] GADM Santiago de Píllaro, *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT)*. 2020.
- [22] G. Thcobanoglous, F. L. Burton, and H. D. Stensel, *Metcalf & Eddy, Inc. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, no. 4. 2003.
- [23] MAATE, “Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes,” *Regist. Of. No. 387*, no. 097, p. 407, 2015.
- [24] M. Ortiz, “Disposición De Las Aguas Servidas Y Su Influencia en la Condición Sanitaria De Los Moradores Del Barrio la Merced, de la Parroquia la Matriz, del Cantón Santiago de Píllaro, de la Provincia de Tungurahua-Ecuador,” 2016.
- [25] INEN, “NTE INEN 2176 Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de Muestreo,” *Inst. Ecuatoriano Norm.*, vol. 2013, p. 15, 2013.
- [26] INEN, “NTE INEN 2169 Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras,” *Inst. Ecuatoriano Norm.*, vol. 2013, p. 26, 2013.
- [27] CONAGUA, *Introducción al Tratamiento de Aguas Residuales Municipales*. 2015.
- [28] J. De Anda, L. Alberto, E. Villegas-garc, B. Riveros Olivares, and CONAGUA, “Guía Para El Diseño De Tanques Sépticos, Tanques Imhoff Y Lagunas De Estabilización,” *Publicaciones Estadísticas y Geográficas. SINA*, vol. 130, no. November, p. 92, 2016.
- [29] “home – Instituto Nacional de Estadística y Censos.” [Online]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>. [Accessed: 19-Jan-2023].
- [30] EPMAPS, *Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la emAAP-q*. V&M Gráficas, 2009.
- [31] Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, “Reglamento Técnico Del Sector De Saneamiento Basico Agua Potable

Y Ras - 2000 - Tratamiento De Aguas Residuales. Título E,” *Reglam. Técnico Del Sect. Agua Potable Y Saneam. Básico*, p. 150, 2000.

- [32] Comisión Nacional del Agua, *Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento “Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente.”* 2015.

ANEXOS

Anexo 1: Medición de caudales

CAUDALES DE ENTRADA PTAR - (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde lunes 15 de agosto hasta domingo 21 de agosto de 2022						
Hora de Medición	Agosto						
	15	16	17	18	19	20	21
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	0.438	0.832	0.877	0.524	0.665	0.515	0.583
9:00	0.466	0.558	0.742	0.860	1.081	0.661	0.963
10:00	0.605	0.854	0.657	0.476	0.894	0.743	0.529
11:00	0.393	0.779	0.576	0.504	0.578	0.900	0.466
12:00	0.318	0.510	0.619	0.292	0.479	0.442	0.456
13:00	0.666	0.476	0.316	0.604	0.685	0.520	0.336
14:00	0.809	0.522	0.601	0.422	0.675	0.594	0.632
15:00	0.518	0.693	0.981	0.763	0.525	0.639	0.828
16:00	0.502	0.727	0.917	0.810	0.504	0.675	0.772

CAUDALES DE ENTRADA PTAR - (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde lunes 22 de agosto hasta domingo 28 de agosto de 2022						
Hora de Medición	Agosto						
	22	23	24	25	26	27	28
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	0.392	0.915	0.565	0.534	0.686	0.535	0.572
9:00	0.448	0.701	0.859	0.887	1.140	0.694	1.138
10:00	0.599	1.076	0.662	0.484	0.934	0.787	0.522
11:00	0.360	0.305	0.511	0.513	0.594	0.964	0.471
12:00	0.282	0.423	0.662	0.295	0.490	0.457	0.443
13:00	0.658	0.857	0.550	0.617	0.709	0.541	0.319
14:00	0.837	0.520	0.661	0.429	0.698	0.621	0.660
15:00	0.538	0.719	0.885	0.784	0.538	0.671	0.779
16:00	0.520	0.756	0.832	0.834	0.516	0.711	0.729

CAUDALES DE ENTRADA PTAR - (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde lunes 29 de agosto hasta domingo 4 de septiembre de 2022						
Hora de Medición	Agosto - Septiembre						
	29	30	31	1	2	3	4
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	0.457	0.749	0.910	0.873	0.636	0.568	0.537
9:00	0.486	0.519	0.766	0.925	1.007	0.751	0.845
10:00	0.641	0.766	0.675	0.517	0.843	0.860	0.491
11:00	0.407	0.706	0.590	0.875	0.556	1.076	0.436
12:00	0.328	0.477	0.635	0.813	0.464	0.480	0.428
13:00	0.709	0.448	0.320	0.767	0.655	0.575	0.320
14:00	0.874	0.488	0.617	0.461	0.646	0.666	0.579
15:00	0.544	0.634	1.024	0.744	0.507	0.632	0.739
16:00	0.526	0.663	0.953	0.789	0.487	0.667	0.693

CAUDALES DE ENTRADA PTAR - (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde lunes 5 de septiembre hasta domingo 11 de septiembre de 2022						
Hora de Medición	Septiembre						
	5	6	7	8	9	10	11
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	0.437	0.813	0.788	1.002	0.607	0.612	0.588
9:00	0.464	0.549	0.678	1.072	0.935	0.831	0.978
10:00	0.603	0.834	0.606	0.560	0.792	0.966	0.534
11:00	0.392	0.763	0.536	1.005	0.534	1.217	0.469
12:00	0.317	0.502	0.573	0.924	0.448	0.512	0.460
13:00	0.663	0.470	0.304	0.866	0.624	0.620	0.338
14:00	0.805	0.515	0.558	0.495	0.615	0.728	0.639
15:00	0.517	0.680	0.872	0.836	0.488	0.687	0.839
16:00	0.500	0.713	0.820	0.893	0.470	0.730	0.781

CAUDALES DE ENTRADA PTAR - (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde lunes 12 de septiembre hasta domingo 13 de septiembre de 2022						
Hora de Medición	Septiembre						
	12	13	14	15	16	17	18
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	0.429	0.821					
9:00	0.456	0.557					
10:00	0.595	0.842					
11:00	0.384	0.771					
12:00	0.309	0.511					
13:00	0.655	0.478					
14:00	0.797	0.523					
15:00	0.508	0.688					
16:00	0.492	0.721					

CAUDALES DE SALIDA PTAR - (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde lunes 15 de agosto hasta domingo 21 de agosto de 2022						
Hora de Medición	Agosto						
	15	16	17	18	19	20	21
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	0.460	0.627	0.607	0.457	0.818	0.520	0.595
9:00	0.599	0.617	0.719	0.667	0.867	0.604	0.602
10:00	0.627	0.700	0.534	0.606	1.016	0.668	0.534
11:00	0.545	0.635	0.522	0.590	0.834	0.751	0.421
12:00	0.419	0.585	0.491	0.432	0.564	0.463	0.508
13:00	0.643	0.602	0.483	0.512	0.563	0.543	0.406
14:00	0.728	0.592	0.543	0.512	0.603	0.430	0.605
15:00	0.560	0.611	0.839	0.659	0.476	0.632	0.797
16:00	0.541	0.637	0.791	0.694	0.458	0.667	0.745

CAUDALES DE SALIDA PTAR - (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde lunes 22 de agosto hasta domingo 28 de agosto de 2022						
Hora de Medición	Agosto						
	22	23	24	25	26	27	28
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	0.469	0.624	0.733	0.465	0.851	0.541	0.580
9:00	0.594	0.832	0.924	0.683	0.904	0.632	0.583
10:00	0.644	0.974	0.684	0.620	1.068	0.702	0.538
11:00	0.542	0.446	0.498	0.603	0.869	0.795	0.414
12:00	0.392	0.557	0.638	0.438	0.580	0.479	0.500
13:00	0.644	0.638	0.663	0.521	0.579	0.566	0.401
14:00	0.761	0.644	0.691	0.522	0.621	0.444	0.613
15:00	0.558	0.700	0.943	0.675	0.487	0.663	0.717
16:00	0.539	0.735	0.883	0.712	0.468	0.702	0.675

CAUDALES DE SALIDA PTAR - (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde lunes 29 de agosto hasta domingo 4 de septiembre de 2022						
Hora de Medición	Agosto - Septiembre						
	29	30	31	1	2	3	4
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	0.480	0.579	0.623	0.678	0.775	0.575	0.547
9:00	0.634	0.569	0.741	0.759	0.818	0.678	0.553
10:00	0.666	0.640	0.546	0.703	0.950	0.760	0.495
11:00	0.573	0.585	0.534	0.961	0.790	0.870	0.397
12:00	0.436	0.543	0.501	0.827	0.543	0.505	0.473
13:00	0.683	0.557	0.493	0.754	0.543	0.603	0.383
14:00	0.780	0.549	0.556	0.529	0.579	0.466	0.556
15:00	0.590	0.564	0.870	0.693	0.461	0.714	0.714
16:00	0.569	0.587	0.818	0.732	0.444	0.760	0.672

CAUDALES DE SALIDA PTAR - (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde lunes 5 de septiembre hasta domingo 11 de septiembre de 2022						
Hora de Medición	Septiembre						
	5	6	7	8	9	10	11
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	0.459	0.617	0.563	0.753	0.732	0.620	0.600
9:00	0.597	0.606	0.658	0.855	0.771	0.743	0.608
10:00	0.625	0.687	0.500	0.785	0.886	0.842	0.538
11:00	0.543	0.624	0.489	1.121	0.745	0.960	0.424
12:00	0.418	0.576	0.462	0.943	0.522	0.540	0.512
13:00	0.640	0.592	0.455	0.848	0.521	0.654	0.408
14:00	0.725	0.583	0.508	0.574	0.555	0.496	0.611
15:00	0.558	0.600	0.758	0.773	0.445	0.679	0.808
16:00	0.539	0.626	0.718	0.821	0.430	0.720	0.754

CAUDALES DE SALIDA PTAR - (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde lunes 12 de septiembre hasta domingo 13 de septiembre de 2022						
Hora de Medición	Septiembre						
	12	13	14	15	16	17	18
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	0.451	0.625					
9:00	0.588	0.614					
10:00	0.617	0.695					
11:00	0.535	0.632					
12:00	0.410	0.584					
13:00	0.632	0.600					
14:00	0.716	0.591					
15:00	0.550	0.609					
16:00	0.531	0.634					

Anexo 2: Resultados del análisis



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

N° SE: 068-22

INFORME DE ANÁLISIS

NOMBRE: Ronald Fabricio Amaguaña Moreta¹

INFORME N.º 068 - 22

EMPRESA: Proyecto de Tesis UTA¹

N.º SE: 068 - 22

DIRECCIÓN: Ambato¹

TELÉFONO: 0984379776¹

FECHA DE RECEPCIÓN: 01/12/2022

FECHA DE INFORME: 07/12/2022

NÚMERO DE MUESTRAS: 2, Agua residual, PTAR¹

TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN: MA - 131-22 Entrada¹
MA - 132-22 Salida¹

Agua residual
Agua residual

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

El laboratorio se responsabiliza únicamente del análisis, no de la obtención las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA – 131-22

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	6,87	+/- 0,08	01/12/2022
* DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	767	N/A	01/12/2022
* DBO ₅	mg O ₂ /L	STANDARD METHODS 5210 - B	390	N/A	01/12/2022
* Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	400	N/A	01/12/2022
* Sólidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 B	1212	N/A	01/12/2022



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

Nº SE: 088-23

INFORME DE ANÁLISIS

NOMBRE: Ronald Fabricio Amaguaña Moreta¹

INFORME N.º 088 - 23

EMPRESA: Proyecto de Tesis UTA¹

N.º SE: 088 - 23

DIRECCIÓN: Ambato¹

TELÉFONO: 0984379776¹

FECHA DE RECEPCIÓN: 09/03/2023

FECHA DE INFORME: 10/03/2023

NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual, PTAR¹

TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN: MA - 142-23 Salida¹

Agua residual

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

El laboratorio se responsabiliza únicamente del análisis, no de la obtención las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA – 142-23

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	6,85	+/- 0,08	09/03/2023
* DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	133	N/A	09/03/2023
* DQO ₅	mg O ₂ /L	STANDARD METHODS 5210 - B	83	N/A	09/03/2023
* Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	96	N/A	09/03/2023
* Sólidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 B	354	N/A	09/03/2023



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

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



Nº SE: 006-23

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 ANALISIS:

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



Formado digitalmente por
**JUAN CARLOS
LARA ROMERO**

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

Anexo 3: Análisis de precios unitarios

Anexo 4: Planos



PROYECTO:
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR LA MERCED

UBICACIÓN:
SECTOR LA MERCED, PARROQUIA PÍLLARO, CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA TUNGURAHUA

CONTENIDO:
ROTULOS DE SEÑALIZACIÓN

FECHA:
MARZO DEL 2023

ESCALAS:
1: 75

ELABORÓ:

RONALD FABRICIO AMAGUAÑA MORETA

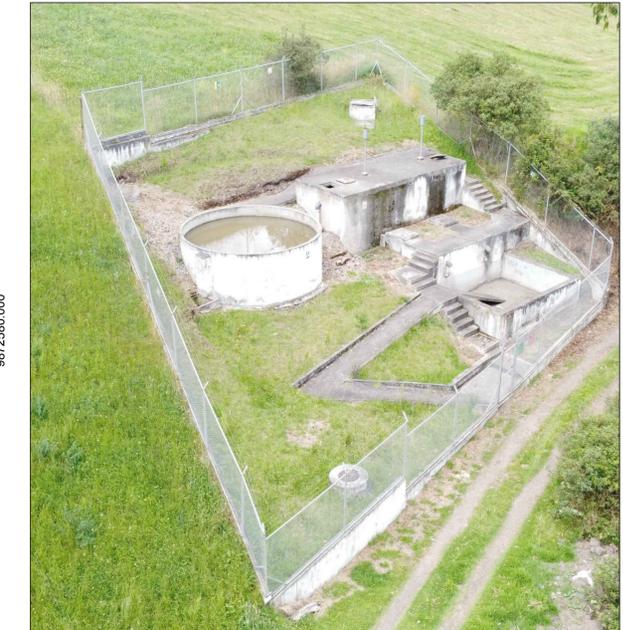
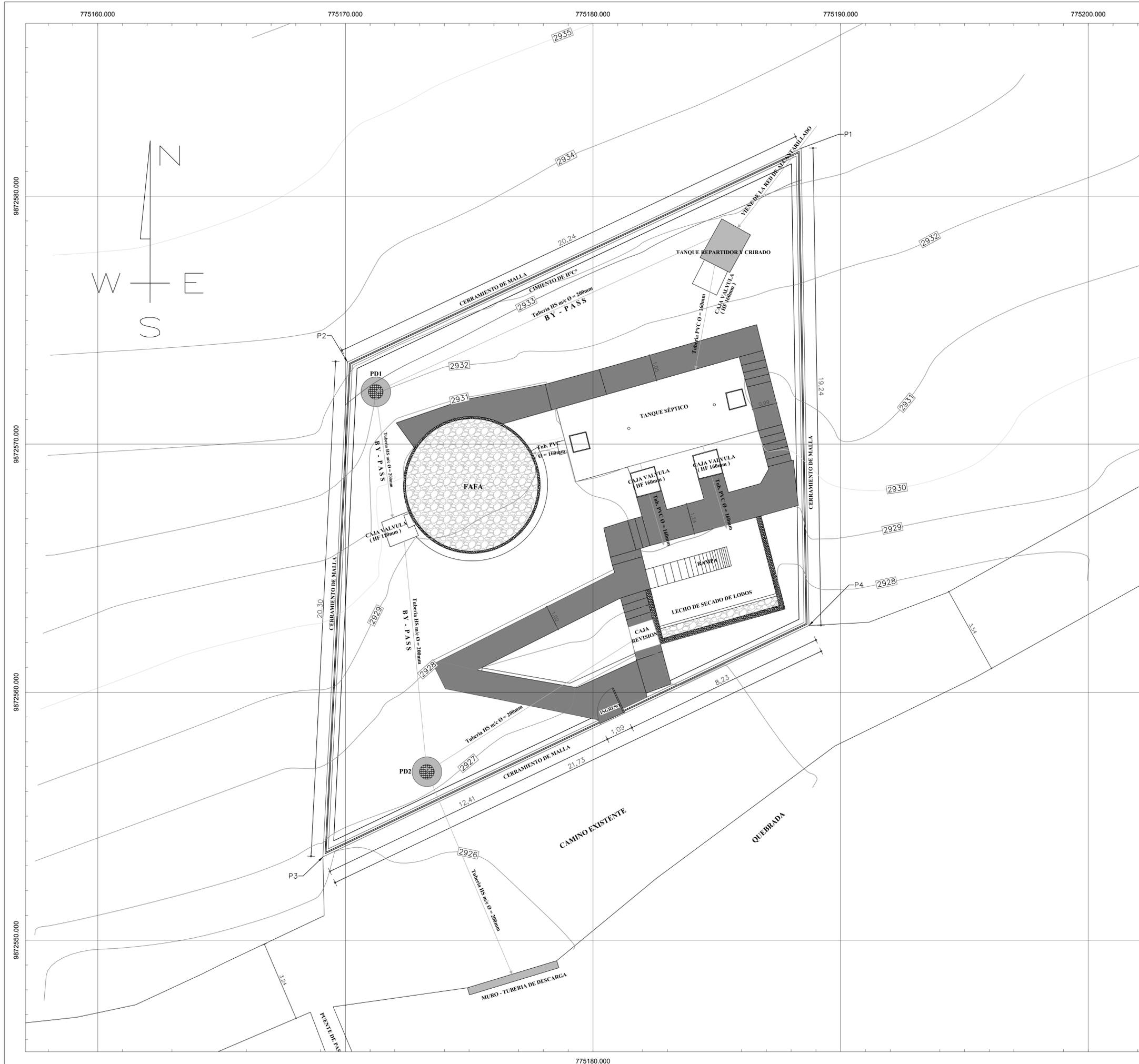
REVISÓ:

ING. MG. FABIÁN RODRIGO MORALES FIALLOS



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

LÁMINA:
1 / 4



PTAR DEL SECTOR LA MERCED

CUADRO DE ÁREAS

No. Punto	Lote	Área(m ²)
1	PTAR La Merced	368.66

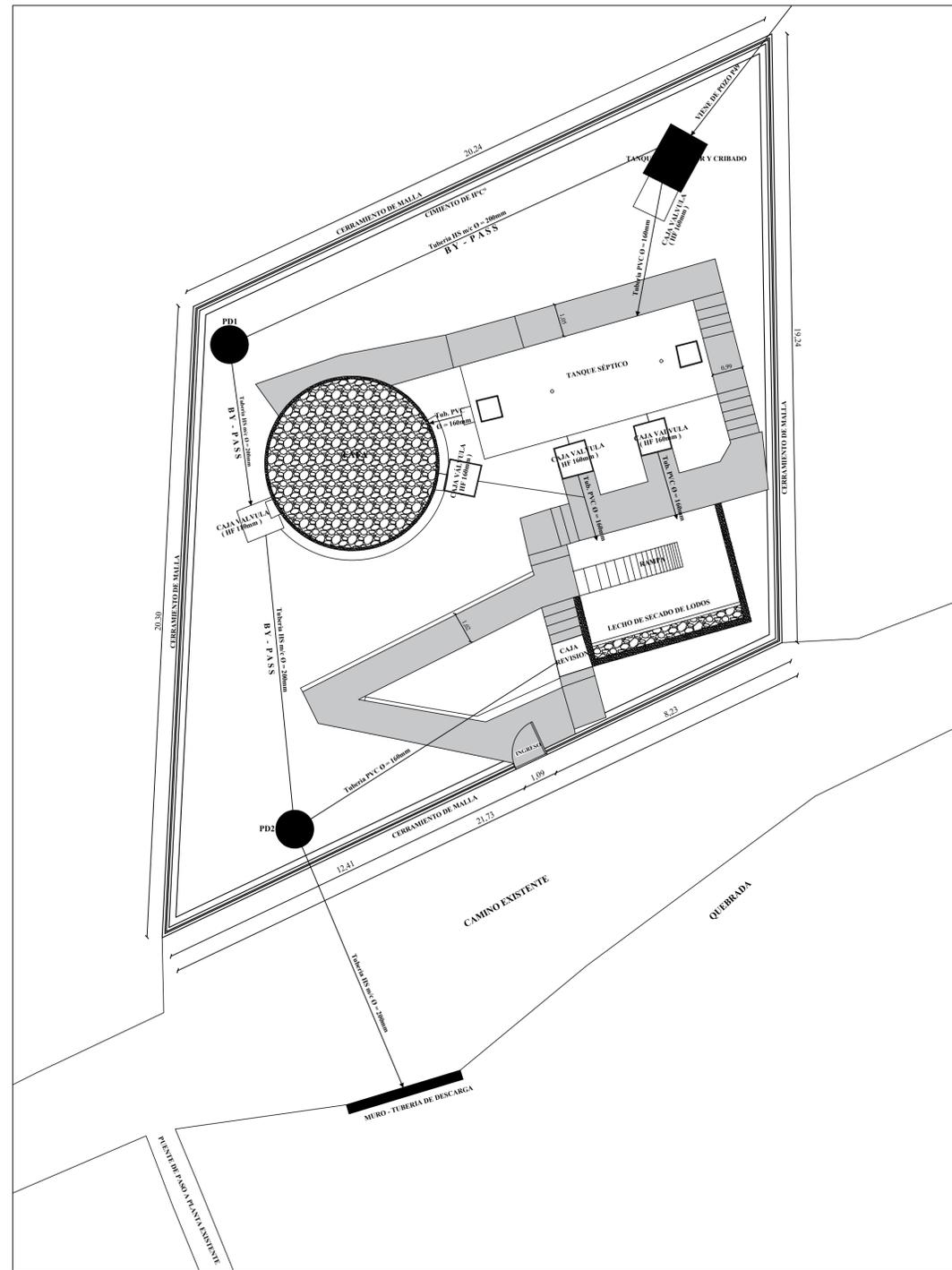
CUADRO DE COORDENADAS UTM WGS84 ZONA 17 SUR

No. Punto	Este	Norte
1	775188.40	9872581.93
2	775170.09	9872573.31
3	775169.10	9872553.36
4	775188.72	9872562.69

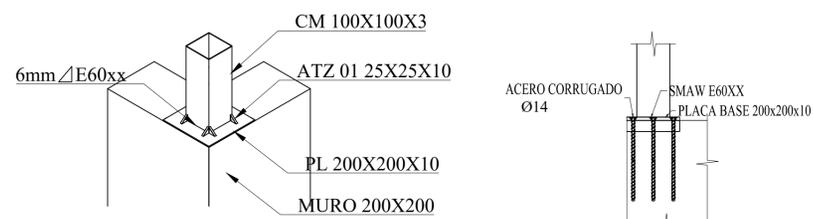
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR LA MERCED	
UBICACIÓN: SECTOR LA MERCED, PARROQUIA PILLARÓ, CANTÓN SANTIAGO DE PILLARÓ, PROVINCIA TUNGURAHUA	
CONTENIDO: IMPLANTACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	
FECHA: MARZO DEL 2023	ESCALAS: 1:75
ELABORÓ: RONALD FABRICIO AMAGUARA MORETA	REVISÓ: ING. MG. FABIAN RODRIGO MORALES FIALLOS



PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

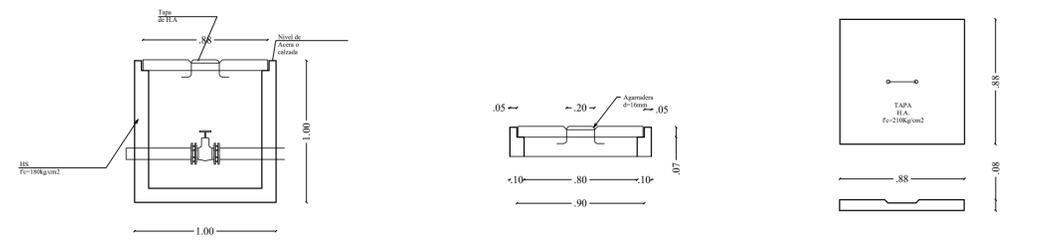


VISTA EN PLANTA PTAR DE LA MERCED (MEJORAMIENTO)
ESCALA: 1:100



DETALLE DE UNIÓN COLUMNAS
SIN ESCALA

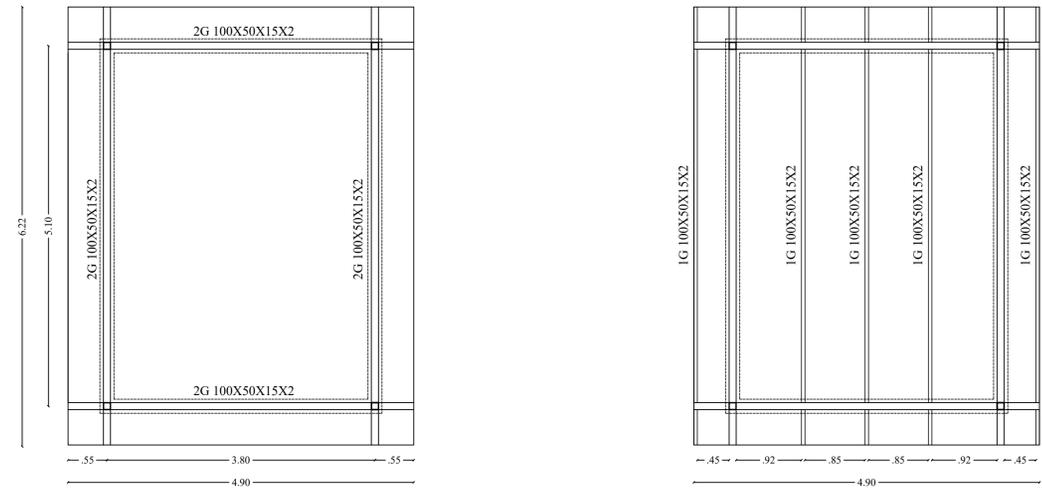
CAJA PARA VÁLVULAS



VISTA EN PLANTA PARA CAJA DE VÁLVULAS
ESCALA: 1:25

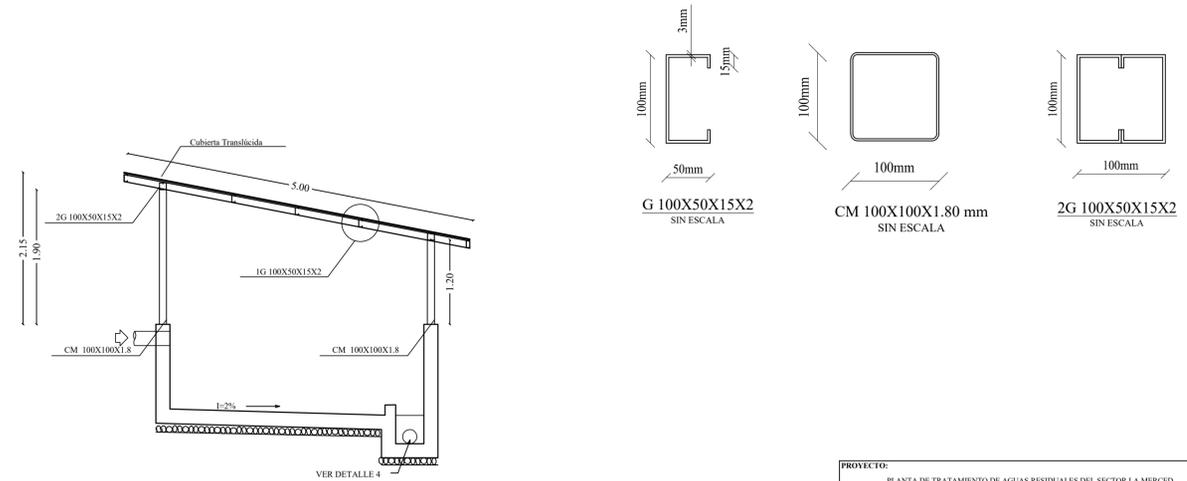
DETALLE DE LA TAPA

CUBIERTA DEL LECHO DE SECADO DE LODOS



ARMADO PERFILES PRINCIPALES CUBIERTA METÁLICA
ESCALA: 1:50

ARMADO PERFILES SECUNDARIOS CUBIERTA METÁLICA
ESCALA: 1:50



DETALLE DE ARMADO CUBIERTA METÁLICA
ESCALA: 1:50

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR LA MERCED	
UBICACIÓN: SECTOR LA MERCED, PARRUQUA PILLARO, CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA TUNGURAHUA	
CONTENIDO: IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS	
FECHA: MARZO DEL 2023	ESCALAS: INDICADAS
ELABORÓ: RONALD FABRICO AMAGUAÑA MORETA	REVISÓ: ING. MG. FABIAN RODRIGO MORALES FIALLOS

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

LÁMINA:
4/4