

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA:

INGENIERÍA AMBIENTAL

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERA E INGENIERO AMBIENTALES**

TEMA:

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y LA
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS EN LA POBLACIÓN
DE UYUMBICHO CANTÓN MEJÍA PARA SU DIMENSIONAMIENTO**

AUTORES:

LISETTE CAROLINA GUERRERO ARIAS

ROBINSON OLIVER HEREDIA DE LA CRUZ

TUTOR:

EDUARDO ALBERTO MIGUEL ARAQUE ARELLANO

Quito, Noviembre del 2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Lisette Carolina Guerrero Arias con documento de identificación N° 172468088-7 y Robinson Oliver Heredia de la Cruz con documento de identificación N° 050354997-4, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: **DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS EN LA POBLACIÓN DE UYUMBICHO CANTÓN MEJÍA PARA SU DIMENSIONAMIENTO**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERA E INGENIERO AMBIENTALES, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

.....
Lisette Carolina Guerrero Arias

172468088-7

.....
Robinson Oliver Heredia de la Cruz

050354997-4

Quito, noviembre 2021

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Trabajo Experimental, **DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS EN LA POBLACIÓN DE UYUMBICHO CANTÓN MEJÍA PARA SU DIMENSIONAMIENTO** realizado por Lisette Carolina Guerrero Arias y Robinson Oliver Heredia de la Cruz, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, noviembre 2021



.....
Eduardo Alberto Miguel Araque Arellano

170725309-0

DEDICATORIA

A Dios por ser mi luz y fortaleza en todo momento, a mi madre Tatiana Arias la edificadora de mis sueños por su amor, trabajo y sacrificio, quien es el pilar fundamental de mi vida, mi apoyo y mayor ejemplo de perseverancia.

A mis papis Alfonso y Coni por ser mi inspiración en cada etapa de mi vida, por ser los mejores abuelos quienes han sembrado en mí valores únicos y me regalan los mejores días de mi vida con tan solo su presencia y amor incondicional.

A mis hermanos Renata y Matías, por su cariño y compañía por motivarme a ser mejor cada día.

A Diego quien ha sabido ser mi compañero de clase y de vida, por el amor, la paciencia y apoyo durante este tiempo.

Lisette Carolina Guerrero Arias

Este trabajo va dedicado a Dios por darme la fuerza y el conocimiento necesario para atravesar todos los obstáculos encontrados en el trayecto de mi vida.

A mis padres Raúl Heredia y Blanca de la Cruz, por haberme brindado su apoyo incondicional ante todas las dificultades atravesadas como familia y siempre motivarme a salir adelante para ser una mejor persona.

A mis hermanos Andrés, Anthony, Thalia y Telmo, quienes con su paciencia, voluntad y perseverancia hicieron que todo esto sea posible, a quienes amo y respeto por ser personas con valores y virtudes que los hacen únicos para mí.

A don Absalón Fernández, por ser parte de nuestra familia y por compartir sus conocimientos y experiencias obtenidas a lo largo de sus años.

A Mario Silva, por ser una persona ejemplar, ya que con sus cualidades demostró ser más que un amigo, jefe o colega, influyó en mí como una figura paterna por el cual siento admiración por todo lo que ha logrado, y que gracias a sus consejos y ayuda desinteresada permitieron que hoy pueda lograr la finalización de mis estudios.

Robinson Oliver Heredia de la Cruz

AGRADECIMIENTO

Me gustaría mostrar mi más sincero agradecimiento al Ing. Miguelito quien ha sido una guía y apoyo para llevar de la mejor manera este proyecto, nos ha dedicado su tiempo y conocimientos, que nos demuestra ser una persona excepcional y excelente profesional.

A Edison Gómez quien me impulso a estudiar esta carrera, gracias por el apoyo y consejos que fueron necesarios para que hoy sea una realidad.

También agradecer infinitamente al GAD parroquial de Uyumbicho quienes nos brindaron su apoyo y estuvieron dispuestos a participar en las actividades encomendadas durante este trabajo.

Mi agradecimiento a mis familiares y amigos que de una u otra manera me brindaron su apoyo desinteresado. Especialmente a Jissel que es una hermana que me regalo la universidad, a Oliver mi compañero y amigo, juntos somos un buen equipo.

Lisette Carolina Guerrero Arias

Agradezco a la vida por darme la oportunidad de seguir mi destino y que a lo largo de mi trayecto me ha permitido cumplir con todas las metas que me he propuesto. Un especial agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana por haberme formado intelectualmente, y haber hecho de mí un profesional con valores éticos.

Agradezco al ingeniero Miguel Araque que, en calidad de tutor de tesis, confió en mis capacidades para realizar este documento y que con su experiencia y apoyo incondicional hizo que este trabajo sea posible.

A mi estimado amigo Saúl Pérez, por ser la persona quien me motivó a estudiar y darle una orientación a mi vida.

A Denise Leiva, por haberme ayudado en el trayecto de mi carrera ya que gracias a su motivación y ayuda hizo que todo sea posible.

A Santiago Torres, por ser un gran amigo incondicional que estuvo apoyándome en todas las etapas de mi carrera.

A mis amigos/as, Jiss, Carito, Fer, Mapau, Karlita, Joha, Sol, Diego, Alex, Bryan, y Fede, con quiénes compartí muchos momentos de felicidad a lo largo de esta etapa, son personas excepcionales y me siento afortunado de haberlos conocido.

Agradezco a mi amiga, compañera y futura colega, Carolina Guerrero por haber confiado en mí como su compañero de tesis y espero que este trabajo sea el inicio de muchos éxitos para los dos.

Robinson Oliver Heredia de la Cruz

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Objetivos	3
1.1.1.	General.....	3
1.1.2.	Específicos	3
1.2.	Hipótesis.....	3
2.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
2.1.	Ubicación de la zona	5
2.2.	Componente abiótico.....	7
2.2.1.	Caracterización física de la zona.....	7
2.2.2.	Caracterización del clima de la zona	10
2.3.	Componente biótico	11
2.3.1.	Flora	11
2.3.2.	Fauna.....	13
2.4.	Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador.....	15
2.4.1.	Refugio de Vida Silvestre Pasochoa.....	15
2.4.2.	Bosque Protector Santa Catalina.....	16
2.5.	Componente socio - cultural	16
2.5.1.	Demografía	16
2.5.2.	Densidad poblacional.....	17
2.5.3.	Población económicamente activa (PEA) - Población económicamente inactiva (PEI) 17	
2.6.	Infraestructura y acceso a servicios básicos.....	18
2.6.1.	Área urbana.....	18
2.6.2.	Área rural	18
2.7.	Componente económico.....	19
2.7.1.	Actividades económicas.....	19
2.7.2.	Comercio.....	19
2.7.3.	Sector agropecuario	19
2.7.4.	Sector agrícola	19
2.7.5.	Sector pecuario.....	20
2.8.	Conceptos básicos	20
2.8.1.	Agua.....	20
2.8.2.	Composición del agua.....	20

2.8.3.	Agua residual	21
2.8.4.	Tipos de agua residual	21
2.8.5.	Características del agua residual.....	22
2.9.	Tratamiento	29
2.9.1.	Planta de tratamiento de aguas residuales.....	29
2.9.2.	Tipos de tratamientos.....	30
2.10.	Etapas de tratamiento.....	31
2.10.1.	Pre tratamiento	31
2.10.2.	Tratamientos de aguas residuales: primario.....	32
2.10.3.	Tratamiento secundario de aguas residuales.....	32
2.10.4.	Tratamiento terciario de aguas residuales.....	33
2.11.	Lagunas de estabilización.....	33
2.11.1.	Tipos de lagunas de estabilización.....	34
2.12.	Usos del agua residual tratada	36
2.13.	Programa estadístico informático spss	37
2.14.	Normativa Ambiental	37
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	41
3.1.	Etapa de campo	41
3.1.1.	Materiales y equipos	41
3.1.2.	Metodología	42
3.2.	Etapa de laboratorio	46
3.2.1.	Materiales, equipos y reactivos.....	46
3.2.2.	Metodología	48
3.3.	Metodología de los cálculos para el diseño de la planta de tratamiento	55
3.3.1.	Proyección futura y vida útil.....	56
3.3.2.	Dotación.....	56
3.3.3.	Caudal de diseño o de aguas servidas	57
3.3.4.	Diseño del canal de entrada	58
3.3.5.	Diseño de la criba.....	58
3.3.6.	Diseño del desarenador.....	59
3.3.7.	Diseño del floculador hidráulico.....	60
3.3.8.	Diseño del vertedero para dosificar el coagulante	61
3.3.9.	Diseño del sedimentador.....	62
3.3.10.	Diseño de la laguna anaerobia, facultativa, maduración 1 y maduración 2	62

3.3.11.	Análisis estadístico de datos en el software SPSS	63
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
4.1.	Resultados de campo.....	65
4.2.	Resultados de condiciones iniciales	65
4.3.	Aforo y medición del caudal	66
4.4.	Cálculo del caudal	66
4.5.	Resultados de laboratorio	67
4.5.1.	Determinación de sólidos.....	67
4.5.2.	Prueba de tratabilidad y análisis estadístico.....	69
4.6.	Resultados para el diseño de la PTAR	86
4.6.1.	Proyección poblacional.....	86
4.6.2.	Canal de entrada.....	90
4.6.3.	Criba.....	94
4.6.4.	Desarenador	99
4.6.5.	Vertedero dosificador del coagulante	103
4.6.6.	Floculador hidráulico	113
4.6.7.	Sedimentador	120
4.6.8.	Laguna anaerobia	123
4.6.9.	Laguna facultativa.....	133
4.6.10.	Primera laguna de maduración.....	144
4.6.11.	Segunda laguna de maduración	153
4.6.12.	Resultado final del tratamiento físico- químico y biológico.....	162
4.7.	Estudio de sostenibilidad.....	163
4.7.1.	Análisis económico y técnico	163
4.7.2.	Análisis social	170
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	171
5.1.	Conclusiones	171
5.2.	Recomendaciones.....	172
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	174
7.	ANEXOS.....	184

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipo de relieve de la parroquia de Uyumbicho.....	7
Tabla 2. Tipo de pendientes de la parroquia de Uyumbicho	8
Tabla 3. Formaciones geológicas.....	9
Tabla 4. Tipos de suelo	10
Tabla 5. Datos poblacionales de la parroquia de Uyumbicho	16
Tabla 6. PEA y PEI en población de Uyumbicho definida por sexo.....	17
Tabla 7. Límites de descargar al sistema de alcantarillado público.....	39
Tabla 8. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	40
Tabla 9. Materiales para el muestreo y aforo.....	41
Tabla 10. Equipos para el muestreo y aforo.	42
Tabla 11. Materiales para laboratorio.	47
Tabla 12. Reactivos para laboratorio.	47
Tabla 13. Equipos de laboratorio.....	48
Tabla 14. Parámetros analizados en laboratorio.	49
Tabla 15. Dotación del consumo de agua.	57
Tabla 16. Coeficiente de pérdidas de rejillas.....	59
Tabla 17. Tiempos de sedimentación.....	60
Tabla 18. Relación de DQO/DBO5.	63
Tabla 19. Promedio de resultados de muestreo in situ.....	65
Tabla 20. Resultado de condiciones iniciales.	66
Tabla 21. Resultado del aforo y medición del caudal.	66
Tabla 22. Resultado de análisis de sólidos en la muestra compuesta N° 1.....	67
Tabla 23. Resultado de análisis de sólidos en la muestra compuesta N° 2.....	68
Tabla 24. Resultado de análisis de sólidos en la muestra compuesta N° 3.....	69
Tabla 25. Resultados de laboratorio del sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ al 2%.....	70
Tabla 26. Resultados de laboratorio del sulfato de hierro (II) $FeSO_4$ al 2%.....	70
Tabla 27. ANOVA determinación del coagulante - floculante y dosis óptima.	71
Tabla 28. Grupos tukey dosis óptima de coagulante - floculante.....	72
Tabla 29. Resultados de laboratorio del pH óptimo de coagulación.	74
Tabla 30. ANOVA pH óptimo de coagulación.....	75
Tabla 31. Grupos Tukey, pH óptimo.	75
Tabla 32. Resultados de laboratorio de la determinación de velocidad y tiempo de mezcla rápida óptima.	77
Tabla 33. ANOVA de velocidad y tiempo de mezcla rápida óptima.	78
Tabla 34. Grupos Tukey de velocidad y tiempo de mezcla rápida óptima.	78
Tabla 35. Resultados de laboratorio de velocidad y tiempo de mezcla lenta óptima.	80
Tabla 36. ANOVA de velocidad y tiempo de mezcla lenta óptima.....	81
Tabla 37. Grupos Tukey de velocidad y tiempo de mezcla lenta óptima.	81

Tabla 38. Resultados de laboratorio de tiempos de sedimentación óptimo.	83
Tabla 39. ANOVA de tiempo de sedimentación óptima.	84
Tabla 40. Grupos Tukey de tiempo de sedimentación óptima.	84
Tabla 41. Resultado de cromo VI en el agua residual.	85
Tabla 42. Datos poblacionales de Uyumbicho.	87
Tabla 43. Datos del número de habitantes para diseño de PTAR.	88
Tabla 44. Resultado para el diseño del canal de entrada.	93
Tabla 45. Resultado para el diseño de la criba.	98
Tabla 46. Resultados de sedimentación en cono Imhoff.	99
Tabla 47. Resultado para el diseño del desarenador.	102
Tabla 48. Resultado del vertedero dosificador de coagulante.	111
Tabla 49. Resultados del floculador hidráulico.	118
Tabla 50. Resultado del sedimentador.	122
Tabla 51. Datos de remoción de DBO5 en lagunas anaerobias.	128
Tabla 52. Resultado para el diseño de la laguna anaerobia.	132
Tabla 53. Resultado para el diseño de la laguna facultativa.	143
Tabla 54. Resultado para el diseño de la primera laguna de maduración.	152
Tabla 55. Resultado para el diseño de la segunda laguna de maduración.	160
Tabla 56. Condiciones del agua residual después del tratamiento.	162
Tabla 57. Determinación de costos de construcción.	166
Tabla 58. Costo del coagulante.	169
Tabla 59. Costo de operación y mantenimiento.	169

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1 Mapa de ubicación de la parroquia de Uyumbicho	6
Figura. 2 Huaycundos	12
Figura. 3 Zarcillo	12
Figura. 4 Orquídeas.....	12
Figura. 5 Colibrí pico de espada	14
Figura. 6 Venado de cola blanco.....	14
Figura. 7 Comadreja.....	14
Figura. 8 Mapa de punto de muestreo en la parroquia de Uyumbicho, cantón Mejía	43
Figura. 9 Tipos de criba	59
Figura. 10 Vertedero rectangular.	61
Figura. 11 Gráfica de medias marginales estimadas de turbiedad en NTU, tipo de coagulante-floculante y dosis óptima	73
Figura. 12 Gráficas de medias marginales estimadas de la turbiedad expresada en NTU del pH óptimo	76
Figura. 13 Gráfica de medias marginales estimadas de turbiedad expresada en NTU del gradiente de velocidad rápida.	79
Figura. 14 Gráfica de medias marginales estimadas de turbiedad expresada en NTU del gradiente de velocidad lenta.	82
Figura. 15 Gráfica de medias marginales estimadas de turbiedad expresada en NTU de tiempo de sedimentación.	85
Figura. 16 Diagrama de bloques del tratamiento físico - químico.....	89
Figura. 17 Vistas y cortes del canal de entrada.....	94
Figura. 18 Vistas y cortes de la criba.....	99
Figura. 19 Vistas y cortes del diseño del desarenador.	103
Figura. 20 Diseño del vertedero dosificador de coagulante.....	112
Figura. 21 Vista de diseño del vertedero dosificador de coagulante.	112
Figura. 22 Vistas y cortes del diseño del floculador hidráulico.....	119
Figura. 23 Vistas y cortes del diseño del sedimentador.....	122
Figura. 24 Diagrama de bloques de las lagunas de estabilización.	123
Figura. 25 Vistas y cortes del diseño de la laguna anaerobia.	133
Figura. 26 Vistas y cortes del diseño de la laguna facultativa.	144
Figura. 27 Vistas y cortes del diseño de la primera laguna de maduración.....	153
Figura. 28 Vistas y cortes del diseño de la segunda laguna de maduración.	161
Figura. 29 Mapa de ubicación de la zona del proyecto en la parroquia de Uyumbicho, cantón Mejía	165

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo. 1 Toma de muestra	184
Anexo. 2 Análisis de parámetros in situ	185
Anexo. 3 Aforo de caudal.	185
Anexo. 4 Socialización de apertura con las Autoridades.	186
Anexo. 5 Análisis en laboratorio UPS, cono Imhoff	186
Anexo. 6 Informe 1 de Laboratorio Chávez Solutions	187
Anexo. 7 Informe 2 de Laboratorio EcuaChemLab.	188
Anexo. 8 Informe 3 de Laboratorio EcuaChemLab.	189
Anexo. 9 Informe 4 de Laboratorio EcuaChemLab.	190
Anexo. 10 Informe 5 de Laboratorio EcuaChemLab.	191
Anexo. 11 Análisis de prueba de jarras en laboratorio UPS.	192
Anexo. 12 Análisis de DQO en laboratorio UPS.	192
Anexo. 13 Estructura del sistema de tratamiento físico - químico.	193
Anexo. 14 Estructura del sistema de tratamiento de aguas residuales.	194
Anexo. 15 Estructura de área administrativa.	195
Anexo. 16 Socialización final con las Autoridades.	196

RESUMEN

El presente trabajo analiza la calidad de las aguas servidas que desembocan sin tratamiento al río San Pedro en la parroquia de Uyumbicho, Cantón Mejía, debido al crecimiento constante de la población lo que refleja un incremento de aguas residuales. Para lo cual es importante diseñar una planta de tratamiento que cumpla con los límites máximos permisibles que establece la normativa ambiental vigente mediante análisis in situ y ex situ de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos con la finalidad de dimensionar las unidades del tren de tratamiento con un estudio de sostenibilidad económico, técnico y social de implementación y operación. Previo a una proyección poblacional y caudal de diseño de 25 años. En referencia del índice de biodegradabilidad que se define como materia orgánica “muy degradable”, el cual establece el diseño de un tratamiento físico, químico y biológico que consta de: canal de entrada, criba, desarenador, vertedero dosificador de coagulante, floculador, sedimentador y lagunas de estabilización, además se destina un espacio para el almacenamiento de lodos, simultáneamente la prueba de tratabilidad y análisis estadístico SPSS justifica como el mejor coagulante- floculante al Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ con una dosis óptima de 0,5 g/L, para la población de la zona urbana la cual cuenta con un sistema de alcantarillado, determinando un caudal de diseño de 443,23 m³/día que corresponde a la población futura de 5541 habitantes en 2046. El presupuesto de construcción aproximado es de \$205239,79, financiado por el GAD de la Parroquia de Uyumbicho en conjunto con el Municipio del Cantón Mejía por el bienestar de la población, así como también del medio ambiente.

Palabras clave: Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD), Startical Product and Service Solutions SPSS, biodegradabilidad, coagulante, floculante.

ABSTRACT

This paper analyzes the quality of the sewage that flows into the San Pedro River without treatment in the parish of Uyumbicho, Cantón Mejía, due to the constant growth of the population, which reflects an increase in wastewater. For this, it is important to design a treatment plant that complies with the maximum permissible limits established by current environmental regulations through internal and external analysis of the physical, chemical and microbiological parameters in order to measure the units of the treatment train with a study of economic, technical and social sustainability for its implementation and operation. Prior to a 25-year population projection and design flow, In reference to the biodegradability index that is defined as "very degradable" organic matter, which establishes the design of a physical, chemical and biological treatment that consists of: inlet channel, sieve, desander, coagulant dosing spillway, flocculator, settler and stabilization ponds, in addition a space is allocated for the storage of sludge, simultaneously the treatability test and statistical analysis SPSS justifies as the best coagulant-flocculant Aluminum Sulfate $Al_2(SO_4)_3$ with an optimal dose of 0.5 g / L, for the population of the urban area which has a sewage system, determining a design flow of 443.23 m³ / day that corresponds to the future population of 5541 inhabitants in 2046. The approximate construction budget is \$ 205 239.79, financed by the GAD of the Parish of Uyumbicho in conjunction with the Municipality of the Cantón Mejía for the welfare of the population, as well as the environment.

Keywords: Autonomous Decentralized Government (GAD), Startical Product and Service Solutions SPSS, biodegradability, coagulant, flocculant.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

COOTAD: Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización

DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días

DQO: Demanda Química de Oxígeno

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado

INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censo

NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez

PEA: Población Económicamente Activa

PEI: Población Económicamente Inactiva

pH: Potencial de hidrógeno

PPB: Partes por billón

PPM: Partes por millón

PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

rpm: Revoluciones por minuto

SAE: Sistema de acreditación ecuatoriano

SDT: Sólidos Disueltos Totales

SF: Sólidos Fijos

SNAP: Sistema Nacional de Áreas Protegidas

SS: Sólidos Sedimentables

SST: Sólidos Suspendidos Totales

ST: Sólidos Totales

SV: Sólidos Volátiles

TULSMA: Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente

1. INTRODUCCIÓN

Los recursos naturales son indispensables para la subsistencia de la vida en el planeta, por lo que su aprovechamiento es necesario para satisfacer las necesidades pertinentes de cada organismo vivo.

Debido al crecimiento constante de la población que se registra en la parroquia de Uyumbicho, ubicada al noreste del cantón Mejía en la provincia de Pichincha, limitada al norte con el Distrito Metropolitano de Quito, al suroeste la parroquia Tambillo, al este con la parroquia de Amaguaña y al oeste la parroquia de Cutuglagua. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020), donde el consumo del recurso agua muestra un aumento paulatino; a lo largo de los últimos años, reflejando mayor volumen de aguas servidas.

La población de Uyumbicho utiliza grandes cantidades de agua para su desarrollo económico, por el cual, su aprovechamiento debe estar enfocado en una manera sostenible y sustentable, donde pueda satisfacer las necesidades actuales sin que las generaciones futuras se vean afectadas.

A nivel del cantón, la población, mantienen una relación directa con la descarga de agua hacia la red de alcantarillado, que desemboca sin tratamiento al río San Pedro, que ha ido deteriorando el medio en el que se desenvuelven, pues gran parte de las parroquias del cantón no han implementado mecanismos de control para tratar las aguas residuales que produce la ciudadanía, además debe considerarse que la eficiencia en la administración de las empresas no son las adecuadas. Lescano, (2014)

Ante esta situación se ha determinado a través de la población tratar las aguas servidas para que las mismas no alteren al cuerpo hídrico receptor “río San Pedro”, permitiendo que las

comunidades que se encuentran aguas abajo, no se vean afectadas; esto permitirá que la red hídrica pueda ser usada para otros fines, minimizando de esta manera los impactos directos e indirectos, que se podría causar el ambiente.

Este proyecto representa un beneficio colectivo entre comunidades, con el fin de reducir la contaminación y/o alteración del agua, mediante análisis físicos, químicos y biológicos para estipular un tratamiento adecuado.

La legislación ecuatoriana establece el derecho a “vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado...” Lalama, (2015), garantizando a través del mismo el cuidado al ambiente, este proceso no depende solamente de las actividades o gestiones gubernamentales sino también de los ciudadanos, quienes; mediante un trabajo en conjunto se puede lograr un objetivo en común.

¿En la población de Uyumbicho, será conveniente realizar un sistema de tratamiento para aguas servidas, mediante la implementación de diferentes procesos físico químicos, complementado con las lagunas de estabilización para reducir, controlar y mitigar, las alteraciones provocadas hacia el cuerpo hídrico receptor río San Pedro, con el fin de proteger al medio ambiente y cumplir con los requerimientos legislativos de control establecidos en el acuerdo ministerial 097 A?

1.1. Objetivos

1.1.1. General

Realizar el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia de Uyumbicho, cantón Mejía.

1.1.2. Específicos

- Determinar la calidad de agua mediante parámetros físicos químicos y microbiológicos.
- Dimensionar las unidades de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Realizar el estudio de sostenibilidad económico, técnico y social.

1.2. Hipótesis

Hipótesis de investigación

Mediante la implementación de un sistema de tratamiento físico químico, complementado con la incorporación de las lagunas de estabilización permitirán reducir, controlar y mitigar, las alteraciones al cuerpo hídrico receptor, río San Pero, provocadas por el agua residual proveniente de la población de Uyumbicho.

Hipótesis nula

Mediante la implementación de un sistema de tratamiento físico químico, complementado con la incorporación de las lagunas de estabilización no permitirá reducir, controlar y mitigar las alteraciones al cuerpo hídrico receptor, río San Pedro, provocadas por el agua residual proveniente de la población de Uyumbicho.

Hipótesis alterna

Mediante la implementación de un sistema de tratamiento físico químico, complementado con la incorporación de las lagunas de estabilización permitirá fortalecer los vínculos entre el hombre y la naturaleza reduciendo, controlando y mitigando los impactos negativos al ambiente y fortaleciendo los puntos positivos hacia el mismo con el fin de preservar la vida y un entorno saludable.

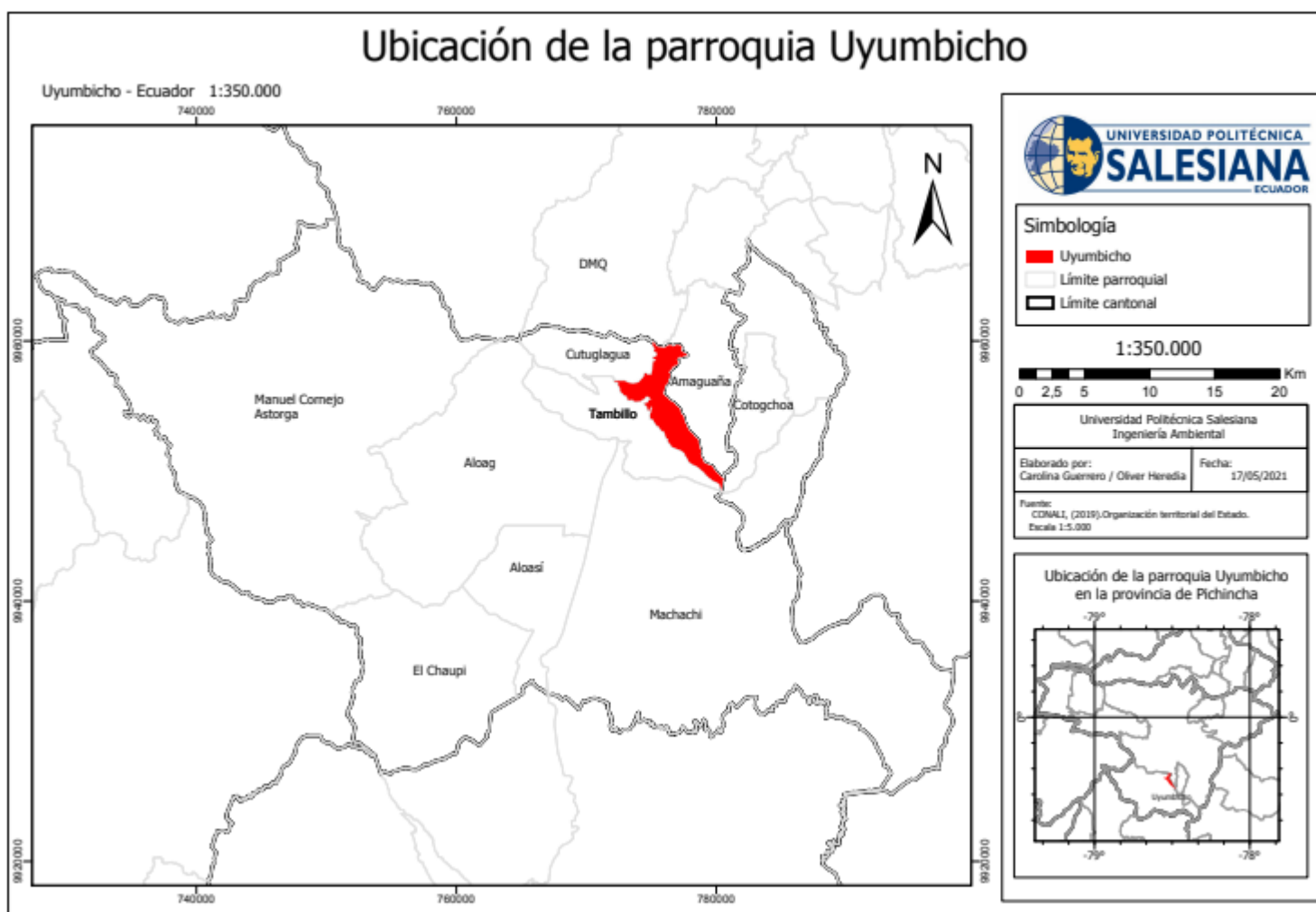
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Ubicación de la zona

“La parroquia Uyumbicho está ubicada entre los 2550 y 4220 m.s.n.m., la temperatura promedio oscila entre los 12°C – 14°C, el rango de precipitación predominante está entre los 1200 – 1500 mm anuales.” GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020).

Figura. 1

Mapa de ubicación de la parroquia de Uyumbicho.



Nota. Ubicación de la parroquia de Uyumbicho, cantón Mejía. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

2.2. Componente abiótico

2.2.1. Caracterización física de la zona

2.2.1.1. Relieve.

El tipo de relieve que predomina en la parroquia de Uyumbicho pertenece al volcánico colinado alto, ubicado especialmente en el norte y oeste de la parroquia con una extensión de 713.19 ha, que corresponde al 33,82% de la superficie total; presenta pendientes de medias a fuertes ya que oscilan entre los 25 y 70%. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020).

Tabla 1.

Tipo de relieve de la parroquia de Uyumbicho.

Clase	Superficie (Ha)	Porcentaje %
Relieve volcánico colinado alto	713,19	33,82
Vertiente de flujo de lava	494,44	23,45
Flujos de lava	290,63	13,78
Relieve lacustre ondulado	139,47	6,61
Relieve volcánico colinado medio	122,53	5,81
Cráter	85,67	4,06
Valle fluvial	73,41	3,48
Coluvio aluvial antiguo	67,48	3,20

Nota. Datos del relieve perteneciente a la parroquia de Uyumbicho. Tomado del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Uyumbicho. (2020). Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

2.2.1.2. Pendientes.

“La morfología en la parroquia Uyumbicho se encuentra caracterizada por el relieve montañoso, el cual presenta pendientes muy fuertes $> 70^\circ$ ”. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020), p. 18.

Tabla 2.

Tipo de pendientes de la parroquia de Uyumbicho

Pendiente	Descripción de la pendiente	Superficie (Ha)	Porcentaje %
Muy fuerte	>70-100%	1207,63	57,26
Fuerte	>40-70%	290,63	13,78
Suave	>5-12%	346,76	16,45
Media a fuerte	>25-40%	122,53	5,81
Muy escarpada	>150-200%	85,67	4,06
Muy suave	>70-100%	55,63	2,6
Total		2018,85	100

Nota. Datos relacionados a la pendiente establecida en la parroquia de Uyumbicho. Tomado del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Uyumbicho. (2020). Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

2.2.1.3. Geología.

Uyumbicho, está cubierta por una secuencia de rocas piróclásticas y volcánicas de eventos eruptivos de los volcanes Pasochoa, Cotopaxi, Sincholagua y Atacazo; las principales formaciones geológicas presentes en la parroquia corresponden a volcánicos Pasochoa con una superficie de 870,74 ha. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020), p. 20.

Tabla 3.*Formaciones geológicas en la parroquia de Uyumbicho.*

Formación	Litología	Período	Superficie (Ha)	Porcentaje %
Volcánicos Pasochoa	Andesitas y piroclastos del Pasochoa.	Polio cuaternario	870,74	41,28
Formación Cangahua	Depósitos piroclásticos de ceniza consolidada de color café.	Cuaternario	835,72	39,62
Depósitos fluviolacustres	Arcillas, limos y nivele de arenas finas	Cuaternario	139,47	6,61
Depósitos aluviales	Arcillas, gránulos, guijarros, cantos y bloques de formas variables	Cuaternario	73,41	3,48
Depósitos coluvio aluviales	Gravas (guijarros, cantos y bloques)	Cuaternario	73,41	3,19

Nota. Datos de las formaciones geológicas en la parroquia de Uyumbicho. Tomado del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Uyumbicho (2020). Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

2.2.1.4. Suelo.

“En la parroquia de Uyumbicho se ha identificado los tipos de suelo como se indica en la Tabla 4, en donde el tipo de suelo predominante es de orden andisol el cual presenta una extensión de 1058,91 ha que equivale al 50,21%”. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020), p. 21.

Tabla 4.

Tipos de suelos

Orden	Superficie (Ha)	Porcentaje %
Andisol	1.058,91	50,21
Molisol	768,82	36,46
Entisol	73,41	3,48
Asentamientos humanos	118,07	5,60
Tierras misceláneas	85,67	4,06
Cuerpos de agua	3,96	0,19
Total	2.108,84	100

Nota. Tipos de suelos en la parroquia de Uyumbicho. Tomado del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Uyumbicho. (2020). Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

“En cuanto al pH del suelo, el 53,86% de superficie son ligeramente ácidos entre 6,0 – 6,5. El 25,41% de la superficie corresponde a suelos con pH neutro de 7,0 – 7,5; y el 3,48% de la superficie corresponde a suelos con pH ácido 5,0 – 5,5”. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020), p. 22.

2.2.2. Caracterización del clima de la zona

2.2.2.1. Clima.

“El clima predominante en la parroquia de Uyumbicho es el subhúmedo con pequeño déficit de agua, mesotérmico templado frío”. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho (2020), p 27.

2.2.2.2. Precipitación.

Existen dos estaciones definidas: húmeda o invierno y seca o verano, la estación lluviosa va desde octubre a mayo y la seca de junio a septiembre. Ron, (2018) Acorde a la

información del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, en todo el territorio de la parroquia predomina el rango de precipitación entre los 1200 – 1500 mm anuales. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020), p. 28.

2.2.2.3. Hidrografía.

La parroquia de Uyumbicho tiene en su territorio un número importante de vertientes que nacen de los flancos del volcán Pasochoa, estas vertientes alimentan al río San Pedro que forman parte de sistemas hídricos que siguen una tendencia direccional oeste noroeste formando de esta manera micro cuencas hidrográficas. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020), p. 35.

2.2.2.4. Temperatura.

La temperatura de la parroquia oscila entre los 8 y 14°C, en la zona baja del refugio de vida silvestre Pasochoa la temperatura fluctúa entre 8-12°C mientras que en la parte alta en las zonas de páramo la temperatura puede llegar hasta los 3°. En la zona urbana se registran temperaturas entre 12 - 14°C, es necesario acotar que la temperatura está acorde al gradiente altitudinal, es decir, a mayor altura menor temperatura y viceversa. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020), p. 28.

Es importante mencionar que los datos obtenidos son registrados por la estación meteorológica Izobamba (M0003).

2.3. Componente biótico

2.3.1. Flora

En la parroquia de Uyumbicho se cuenta con gran variedad de flora entre estas se pueden encontrar varias especies de orquídeas, huaycundos y paraguas. También hay

árboles como alisos, pumamaquis, arrayanes, cedrillos y palmas de ramos, y arbustos como zapatitos, colcas y chilcas; también existen muchas plantas que son usadas por el ser humano como medicina o alimento: caballo chupa, ortiga, llantén, yerba mora y tocte. En la parte alta se encuentra el páramo de pajonal mezclado con pequeños arbustos de romerillo y mortiño. En las zonas más protegidas se encuentran los famosos árboles de papel o pantzas. SNAP, (2021)

Figura. 2

Huaycundos



Nota. Adaptado del Ministerio del Ambiente y Agua, tomado de Refugio de Vida Silvestre Paschocha, 2020, por Guerrero y Heredia, 2021, SNAP (<http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/refugio-de-vida-silvestre-paschocha>).

Figura. 3

Zarcillo



Nota. Adaptado del Ministerio del Ambiente y Agua, tomado de Refugio de Vida Silvestre Paschocha, 2020, por Guerrero y Heredia, 2021, SNAP (<http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/refugio-de-vida-silvestre-paschocha>).

Figura. 4

Orquídeas



Nota. Adaptado del Ministerio del Ambiente y Agua, tomado de Refugio de Vida Silvestre Pasochoa, 2020, por Guerrero y Heredia, 2021, SNAP (<http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/refugio-de-vida-silvestre-pasochoa>).

2.3.2. Fauna

La fauna del lugar también es muy diversa, hay mamíferos grandes como el puma, el venado de cola blanca y el lobo de páramo. También hay mamíferos más pequeños como ratones marsupiales y zarigüeyas, conejos y comadreas andinas o chucuris. El Pasochoa es un sitio muy bueno para ver aves, como colibríes como el pico de espada, el rayito de sol brillante y el zamarrito colilargo. También se pueden ver quílicos, curiquingues, pavas andinas, tórtolas, carpinteros, huiracchuros, cotingas crestirrojas y una gran cantidad de tangaras. Entre los anfibios hay ranitas de cristal agazapadas en las ramas de los árboles, y ranas marsupiales, que prefieren vivir dentro de las bromelias. SNAP, (2021)

Figura. 5

Colibrí pico de espada



Nota. Adaptado del Ministerio del Ambiente y Agua, tomado de Refugio de Vida Silvestre Pasochoa, 2020, por Guerrero y Heredia, 2021, SNAP (<http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/refugio-de-vida-silvestre-pasochoa>).

Figura. 6

Venado de cola blanca



Nota. Adaptado del Ministerio del Ambiente y Agua, tomado de Refugio de Vida Silvestre Pasochoa, 2020, por Guerrero y Heredia, 2021, SNAP (<http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/refugio-de-vida-silvestre-pasochoa>).

Figura. 7

Comadreja



Nota. Adaptado del Ministerio del Ambiente y Agua, tomado de Refugio de Vida Silvestre Pasochoa, 2020, por Guerrero y Heredia, 2021, SNAP (<http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/refugio-de-vida-silvestre-pasochoa>).

2.4. Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador

2.4.1. Refugio de Vida Silvestre Pasochoa

“El Pasochoa se encuentra ubicado en la parroquia de Uyumbicho. Dentro de esta área protegida existen dos zonas definidas que son un espacio de bosque secundario y otro primario que no ha sido intervenido por el hombre”. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020)

Es un protector de las cuencas hidrográficas, del bosque nace el riachuelo Santa Ana, provee de agua a las haciendas y poblaciones que se encuentra en los alrededores del bosque, en el habita el pez preñadilla, única especie nativa de los Andes. La Caldera es la zona ecológica más importante del bosque Pasochoa, aquí se encuentra la mayor extensión del bosque andino que no ha sufrido intervención humana y permite que se constituya en el hábitat del cóndor. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020)

2.4.2. *Bosque Protector Santa Catalina*

El bosque protector Santa Catalina se encuentra ubicado al norte de la parroquia de Uyumbicho, cuenta con una superficie aproximada de 210 ha, su topografía es accidentada y posee pendientes medias de 12 – 30°, fuertes 30 – 60° y muy fuertes mayor a 70°; su temperatura oscila entre los 10 – 12 °C, la vegetación predominante es la arbustiva y herbácea. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020), p. 33.

2.5. **Componente socio - cultural**

2.5.1. *Demografía*

Dentro de la información perteneciente al GAD Parroquial de Uyumbicho, obtenida a través del INEC mediante el VI y VII Censo realizado en 2001 y 2010 respectivamente, se estima un número de 4607 habitantes, con una proyección de crecimiento del 25,22%.

Tabla 5.

Datos poblacionales de la parroquia de Uyumbicho

AÑO	1990	2001	2010	Tasa de crecimiento poblacional
Población Uyumbicho	3217	3679	4607	25,22%

Nota. Datos poblacionales pertenecientes a la parroquia de Uyumbicho. Tomado del Instituto Nacional de Estadística y Censos del Ecuador. (2010). Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

“El crecimiento de la población en la parroquia de Uyumbicho a través de los censos es de tipo exponencial, tomando en cuenta la población del censo de 2001 y del 2010, la parroquia tiene una tasa de crecimiento de 2,27% anual”. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020), p. 63.

2.5.2. *Densidad poblacional*

La parroquia Uyumbicho tiene una densidad poblacional de 219 hab/km², ubicándose como la segunda parroquia más densamente poblada a nivel cantonal únicamente superada por Cutuglagua que posee 587 hab/km²; la densidad poblacional neta de la parroquia se ha calculado tomando en cuenta la presencia de las áreas protegidas, como el único lugar dentro de la parroquia que no permite asentamientos humanos, dando como resultado 301 hab/km². GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020), p. 66.

2.5.3. *Población económicamente activa (PEA) - Población económicamente inactiva (PEI)*

La población económicamente activa e inactiva de la parroquia Uyumbicho, se define de la siguiente manera:

Tabla 6.

PEA y PEI en población de Uyumbicho definida por sexo.

Sexo	PEA	% PEA	PEI	% PEI
Hombre	1206	48,03 %	407	69,42 %
Mujer	821	51,97 %	924	30,58 %
Total	2027	100 %	1331	100 %

Nota. Datos pertenecientes a la población económicamente activa e inactiva. Tomado del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Uyumbicho. (2020). Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

“La actividad predominante de la PEA es la industria manufacturera correspondiente en un 18,11%, seguida del comercio al por mayor y menor con un 13,67%, y la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca con un 10,36% de la población económicamente activa”. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020), p. 46.

2.6. Infraestructura y acceso a servicios básicos

2.6.1. Área urbana

La cobertura de servicios como suministro de agua para consumo humano, alcantarillado y luz eléctrica en el área urbana es del 100% según el catastro obtenido del GAD del Cantón Mejía del mes de julio de 2020; es decir, que de los 1720 predios que conforman el área urbana de la parroquia, cuenta con todos estos servicios. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020), p. 93.

2.6.2. Área rural

2.6.2.1. Cobertura de agua para consumo humano.

La cobertura del servicio de agua es limitada en el área rural ya que solamente el 24,15% cuenta con agua para consumo humano originaria de la red pública y el 75,13% no tiene acceso a este servicio, a pesar de esto es el servicio con la cobertura más alta de la zona rural. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020), p. 93.

2.6.2.2. Cobertura de servicio de alcantarillado.

El servicio de alcantarillado interconectado a la red pública tiene una cobertura del 3,52%, mientras que el 96% no tiene acceso a este servicio, es decir, posee la cobertura más baja dentro de la parroquia, lo que transgrede directamente en el bienestar y calidad de vida de los pobladores. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020), p. 94.

2.7. Componente económico

2.7.1. Actividades económicas

“Las principales actividades económicas de la parroquia de Uyumbicho se centran en la manufactura, el comercio al por mayor y menor, y, en menor parte la actividad agropecuaria”. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020), p. 50.

2.7.2. Comercio

La parroquia cuenta con 17 establecimientos económicos, de diversos campos, entre los que se encuentran servicios de hotelería, procesamiento de alimentos, transporte, bodegas industriales, comercio, entre otros. En términos generales, 10 de los establecimientos se los estratifican como pequeños, 6 son medianos y sólo la planta procesadora de KFC, es considerada como grande. En ese sentido, más del 90% de los servicios que ofrece la parroquia son pequeños y medianos. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020), p. 50.

2.7.3. Sector agropecuario

“El sector agropecuario constituye la tercera actividad económica en la cual se encuentra empleada la PEA de Uyumbicho, constituyendo de esta manera, un factor importante en el desarrollo socioeconómico y rural de la parroquia”. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020), p. 52.

2.7.4. Sector agrícola

Actualmente, la producción agrícola es poco significativa, según el Gobierno Autónomo Descentralizado de Mejía – GADM (2020), en el área rural existen 70,77

hectáreas de cultivos de ciclo corto, de los cuales la mayor parte corresponden a maíz y arveja. La producción de estos cultivos es destinada para el autoconsumo y el volumen restante, que es mínimo, se destina a la comercialización. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020), p. 52.

2.7.5. Sector pecuario

La producción de leche constituye una práctica agroproductiva dentro de Uyumbicho. Se conoce que la asociación de productores agropecuarios San Pedro de Pilopata, ubicada en la vía hacia el refugio de vida silvestre Pasochoa, está constituida por la mayor parte de los productores lecheros de la zona considerada como un centro de acopio; estimando una producción de 1000 litros de leche diarios los mismos que son comercializados a compradores directos. GAD Parroquial Rural de Uyumbicho, (2020), p. 53.

2.8. Conceptos básicos

2.8.1. Agua

Es un recurso que se encuentra en mayor proporción en el planeta cubriendo un 70% de la superficie de esta. Únicamente un 2,5% es agua dulce. Los glaciares, la nieve y el hielo de los cascos polares representan casi el 80% del agua dulce, el agua subterránea 19% y el agua de superficie accesible rápidamente sólo el 1%. Fernandez, (2012), p. 26.

2.8.2. Composición del agua

Una molécula de agua se compone de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. La disposición en el espacio de estos átomos es peculiar. A un lado los de hidrógeno, con

carga eléctrica positiva. Al otro el de oxígeno con carga negativa. La molécula del agua tiene una estructura denominada dipolar (dos polos). Esta disposición le da al agua un gran poder para disolver en su seno sustancias. Esta característica, unida a su composición, es lo que convierte al agua en medio imprescindible para la vida. IGME, (2012)

2.8.3. Agua residual

El agua residual se define como aquellas que, por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos, según, Espigares y Pérez, (1985)

Dando a comprender que el agua residual es la alteración de un cuerpo hídrico después de ser usado en diferentes actividades sean estas comerciales, domesticas, industriales, etc., donde el efluente presente características cuantitativas y cualitativas diferentes a la inicial.

2.8.4. Tipos de agua residual

a) Aguas residuales domésticas o aguas negras: “proceden de heces y orina que desecha la población, del aseo personal, de cocina y limpieza de la casa. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas”. Espigares y Pérez, (1985), p. 30.

b) Aguas blancas: “son de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos, éstas pueden evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración”. Espigares y Pérez, (1985), p. 30.

También se consideran a las aguas industriales y de actividad agrícola.

2.8.5. Características del agua residual

2.8.5.1. Características físicas.

Algunas de las características físicas de las aguas residuales son las siguientes:

Temperatura

Oscila entre 10 y 21 °C, con un valor medio de 15 °C, aproximadamente. Esta mayor temperatura ejerce una acción perjudicial sobre las aguas receptoras, pudiendo modificar la flora y fauna de éstas, y dando lugar al crecimiento indeseable de algas, hongos, etc. También, el aumento de temperatura puede contribuir al agotamiento del oxígeno disuelto, ya que la solubilidad del oxígeno disminuye con la temperatura. Espigares y Pérez, (1985), p. 43.

“Se debe a la cantidad de materias en suspensión que hay en las aguas residuales (limo, materia orgánica y microorganismos). Esta turbidez, en las masas de aguas receptoras, afecta a la penetración de la luz”. Espigares y Pérez, (1985), p.44 .

Color:

“Suele ser gris o pardo, pero debido a los procesos biológicos anóxicos el color puede pasar a ser negro”. Espigares y Pérez, (1985), p. 44.

Sólidos:

Los sólidos totales incluyen tanto las sales inorgánicas (carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos de sodio, potasio, calcio, magnesio y hierro) como la materia orgánica. Pueden clasificarse de acuerdo con su tamaño y estado (sólidos en suspensión, sólidos coloidales y sólidos disueltos), por las características químicas (sólidos

volátiles y fijos) y por la decantabilidad (sólidos en suspensión sedimentables y no sedimentables). Toasa, (2012), p. 28.

Olor:

El olor en el agua puede utilizarse de manera subjetiva para describir cualitativamente su calidad, estado, procedencia o contenido. Aun cuando esta propiedad pueda tener un amplio espectro de posibilidades, para propósitos de calidad de aguas existen ciertos aromas característicos que tipifican algunas fuentes u orígenes. DIGESA, (2010)

2.8.5.2. Características químicas.

Materia orgánica:

Constituye la tercera parte de los elementos de las aguas residuales, siendo los principales compuestos que se pueden hallar: Proteínas (40-60 %), Carbohidratos (25-50 %), Grasas y aceites (10 %). En las aguas residuales, la urea y el amoníaco constituyen las principales fuentes de nitrógeno, junto con las proteínas. La materia orgánica también puede aportar azufre, hierro y fósforo. Espigares y Pérez, (1985), p. 53.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):

“Es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica presente en el agua. Esta prueba se realiza durante 5 días a una temperatura de 20 °C por lo que se expresa como DBO_5 ”. Espigares y Pérez, (1985), p. 54.

Demanda química de oxígeno (DQO):

Mide la cantidad de materia orgánica presente en el agua, mediante la determinación del oxígeno necesario para oxidarla, pero en este caso proporcionado por un oxidante químico como el permanganato o el dicromato potásico. Este parámetro no puede ser menor que la DBO, ya que es mayor la cantidad de sustancias oxidables por vía química que por vía biológica. Espigares y Pérez, (1985), p. 54.

Materia inorgánica:

“Se denomina a la materia que no está compuesta por enlaces de carbono y no son provenientes de los seres vivos de forma biológica, sino, que hace referencia a su composición y reacción química como: sales, minerales, cloruros, gases, etc”. Espigares y Pérez, (1985), p. 56.

pH:

“Este parámetro se lo mide para determinar la acidez o alcalinidad que presenta el agua residual en un rango de 5 a 9, donde 7 es neutro”. Espigares y Pérez, (1985), p. 56.

Nitrógeno:

Es esencial para el crecimiento de microorganismos y plantas; la limitación de nitrógeno puede producir cambios en la composición bioquímica de los organismos, y reducir sus tasas de crecimiento. Pero, también el nitrógeno es un contribuyente especial para el agotamiento del oxígeno y la eutrofización de las aguas receptoras, cuando se encuentra en altas concentraciones. Espigares y Pérez, (1985), p. 57.

Nitratos:

“Los nitratos son la forma más oxidada del nitrógeno que se encuentra en las aguas residuales. Los nitratos en interaccionan con el agua dulce de consumo, pueden ocasionar graves enfermedades”. Espigares y Pérez, (1985), p. 58.

Nitritos:

“Los nitritos se suelen considerar como indicadores indirectos de contaminación fecal. Son inestables y se oxidan fácilmente a nitratos. Su ausencia en el medio puede deberse a condiciones anóxicas”. Espigares y Pérez, (1985), p. 58.

Fósforo:

Es también esencial para el crecimiento de los organismos. Las formas en que se puede encontrar en las aguas residuales son ortofosfato, polifosfato y fosfato orgánico. El fosfato satisface los requerimientos de fósforo de todos los organismos y se necesita en niveles mucho más bajos que el nitrógeno. Al igual que éste, es responsable de la producción de procesos de eutrofización. Espigares y Pérez, (1985), p. 58.

Azufre:

Es requerido para la síntesis de proteínas y se libera cuando éstas se descomponen. Prácticamente, todos los microorganismos pueden usar el sulfato como fuente de azufre, pero algunas especies requieren compuestos en forma más reducida para la biosíntesis. Las bacterias pueden realizar esta reducción de los sulfatos a sulfuros y SH₂, en condiciones anaerobias. Si estos resultantes llegan a contaminar el agua de bebida, puede causar

trastornos gastrointestinales, mal sabor en el agua entre otros. Espigares y Pérez, (1985), p. 59.

Compuestos tóxicos:

“Son compuestos de bajo nivel de degradación y de alta persistencia que en contacto con cuerpos receptores causan daño de forma directa a los organismos y microorganismos presentes en el entorno”. Espigares y Pérez, (1985), p. 59.

Metales pesados:

Algunos de los siguientes se pueden encontrar en las aguas residuales confiriéndoles un carácter tóxico: cobre, cromo, boro, plomo (causante de saturnismo y acumulación en moluscos), plata (puede producir argüiría), arsénico (melanodermia del pie y acumulación en mariscos), antimonio (efecto cancerígeno), bario (efectos sobre el corazón, vasos sanguíneos y nervios), flúor (fluorosis) y selenio produce cáncer y caries). Espigares y Pérez, (1985), p. 61.

Gases:

Los gases que se encuentran frecuentemente en la composición de las aguas residuales son nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, sulfhídrico, amoníaco y metano. Los tres primeros se encuentran en todas las aguas expuestas al aire, ya que son gases comunes en la atmósfera. El resto es resultado de la descomposición de la materia orgánica. Jurado y Vargas, (2015)

Oxígeno disuelto:

“La presencia de oxígeno evita procesos anaerobios que provocan malos olores en el agua”.
Espigares y Pérez, (1985), p. 65.

Sulfuro de hidrógeno:

“Se forma por descomposición anaerobia de la materia orgánica azufrada, o por reducción de sulfatos y sulfitos minerales. Es un gas incoloro, inflamable, con un olor característico muy degradable”. Espigares y Pérez, (1985), p. 66.

Metano:

Es el principal subproducto de la degradación anaerobia de la materia orgánica de las aguas residuales. Es un hidrocarburo incoloro, inodoro y de gran valor como combustible. Aunque no suele encontrarse en grandes niveles, debido a que cantidades muy pequeñas de oxígeno impiden su formación, es necesario tener precaución ante el gran peligro de explosión que supone su alta combustibilidad. Espigares y Pérez, (1985), p. 67.

2.8.5.3. Características biológicas.

“Las aguas residuales, dependiendo de su composición y concentración, pueden llevar en sí gran cantidad de organismos. También influye en su presencia la temperatura y el pH, puesto que cada organismo requiere valores determinados de estos dos parámetros para desarrollarse”.
Espigares y Pérez, (1985)

Bacterias:

Pueden ser de origen fecal o bacterias implicadas en procesos de biodegradación, tanto en la naturaleza como en las plantas de tratamiento. En las aguas residuales, predominan las especies pertenecientes a los siguientes grupos: Escherichia, Salmonella, estreptococos fecales, Proteus, Pseudomonas, Aeromonas, Serratia, Bifidobacterium, Clostridium, Zooglea, Flavohacterium, Nocardia, Achromobacter, Alcaligenes, Mycohacterium, Nitrosomonas, Nitrobacter, entre otros. Espigares y Pérez, (1985), p. 67.

Virus:

Proceden de la excreción, por parte de individuos infectados, ya sean humanos o animales. Estos microorganismos poseen la capacidad de adsorberse a sólidos fecales y otras materias particuladas, favoreciendo de esta forma su supervivencia durante tiempos prolongados en las aguas residuales. Se pueden encontrar virus pertenecientes a distintos grupos: Poliovirus, virus Echo, Coxsackievirus A y E, virus de la hepatitis, agente de Norwalk, Rotavirus, Reovirus, Adenovirus y Parvovirus. Espigares y Pérez, (1985), p. 68.

Algas:

Su crecimiento está favorecido por la presencia en las aguas residuales de distintas formas de fósforo y nitrógeno, así como de carbono y vestigios de elementos tales como hierro y cobalto, dando lugar a procesos de eutrofización. Este fenómeno esta producido principalmente por algas de los géneros; Anacystis, Anabaena, Gleocystis, Spirogyra, Cladophora, Enteromorpha, Stigeoclonium² Ulothrix, Chiorella, Euglena y Phormidium, etc. Espigares y Pérez, (1985), p. 68.

Protozoos:

Los que se encuentran más frecuentemente en las aguas residuales son amebas, flagelados y los ciliados libres y fijos. Estos organismos son muy importantes en los procesos de tratamiento biológico, especialmente en filtros percoladores y lodos activados. Pueden eliminar bacterias suspendidas en el agua, ya que éstos no sedimentan, evitando la producción de efluentes con turbidez. Espigares y Pérez, (1985), p. 69.

Hongos:

La mayoría son aerobios, pueden tolerar valores de pH relativamente bajos, y tienen baja demanda de nitrógeno. Esto les hace desempeñar una función importante en el tratamiento de aguas residuales industriales. Los géneros que pueden encontrarse son: Geotrichium, Mucor, Aureobasidium, Subbaromyces, Fusarium, Sepedonium y Sphaerotilus. Espigares y Pérez, (1985), p. 69.

2.9. Tratamiento

“Se define como un grupo de procesos que favorecen a la depuración y reutilización de aguas residuales, cuentan con procesos unitarios que al agruparse forman parte de tratamientos primarios, secundarios, terciario y avanzado”. Maya, (2017)

2.9.1. *Planta de tratamiento de aguas residuales*

Las plantas de tratamiento, también llamadas depuradoras, son instalaciones intermedias construídas entre una industria o una ciudad (con sus aguas servidas domiciliarias) y un ambiente acuático receptor. Su función específica consiste en tratar y transformar efluentes fabriles y /o urbanos químicamente complejos en sustancias simples

que puedan ser captadas por las plantas verdes fotosintetizadoras, o bien retener elementos tóxicos para el ambiente. Existen tratamientos físicos, químicos o biológicos y, entre estos últimos, los de tipo aeróbico y anaeróbico. Wais, (2019)

2.9.2. Tipos de tratamientos

2.9.2.1. Tratamientos físicos.

El tratamiento físico corresponde a una separación física, usualmente son los sólidos.

“Estos métodos suelen depender de las propiedades físicas de los contaminantes, como la viscosidad, tamaño de partículas, flotabilidad, etc. Entre ellos podemos encontrarnos el tamizado, la precipitación, separación y filtración de sólidos”. Rodriguez J. , (2020)

2.9.2.2. Tratamientos químicos.

Los tratamientos químicos dependen de las propiedades químicas ya sea del contaminante o reactivo incorporado al agua.

“Podemos destacar la eliminación del hierro y del oxígeno, la eliminación de fosfatos y nitratos, la coagulación, los procesos electroquímicos, la oxidación, intercambio de iones, etc”. Rodriguez J. , (2020)

2.9.2.3. Tratamientos biológicos.

En los tratamientos biológicos generalmente se utilizan microorganismos, con la finalidad de eliminar contaminantes coloidales.

“Los microorganismos en estos procesos actúan sobre la materia en suspensión transformándola en sólidos sedimentables. Pueden ser procesos aeróbicos o anaeróbicos, como los

lodos activos, los filtros percoladores, la biodigestión anaerobia o las lagunas aireadas”. Rodriguez J. , (2020)

2.9.2.4. Tratamiento de lodos.

Los lodos pueden ser tratados o espesados para quitarles algo de agua y luego seguir siendo procesados por estabilización. El proceso de desaguar el lodo evacúa la mayoría del agua de la mezcla de lodos. Se usan filtros, lechos de secado y varios tipos de prensas. Finalmente, el lodo seco llamado Pastel (Cake) está listo para ser usado o disponerse de éste. El lodo seco, a veces llamado lodo digestivo, puede ser usado como acondicionador de suelos. Belzona, (2010), p. 45.

2.10. Etapas de tratamiento

Las etapas de tratamiento de agua residual son: pre tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario.

2.10.1. Pre tratamiento

Esta etapa es considerada como “preliminar” ya que regula y mide el caudal, además en este proceso se eliminan los sólidos de gran tamaño por medio de filtros o trampas de grasa.

También suele realizarse un proceso de pre-aireación, para disminuir así los compuestos orgánicos volátiles disueltos en el agua, los cuales otorgan mal olor y aumentan la DQO del agua. Entre los dispositivos utilizados, se encuentran el pozo de gruesos, el desbaste de gruesos, desbaste de finos y desarenado-desengrasado. Rodriguez J. , (2020)

2.10.2. Tratamientos de aguas residuales: primario

El tratamiento primario es un proceso físico químico. El objetivo de esta etapa es eliminar los sólidos suspendidos, mediante un proceso de sedimentación gravitatoria o precipitación, generalmente con la ayuda de compuestos químicos y filtros en base al tamaño de partícula.

“Entre los principales métodos nos encontramos el decantador primario (sedimentación gravitatoria), el flotador por aire disuelto (separación de partículas en suspensión mediante burbujas) y los tratamientos químicos, con adición de reactivo para aumentar la sedimentación de los sólidos disueltos”. Rodríguez J. , (2020)

2.10.3. Tratamiento secundario de aguas residuales

El tratamiento secundario consiste en procesos biológicos cuyo objetivo es eliminar la materia orgánica disuelta y en estado coloidal que hay en el agua residual, mediante procesos de oxidación bioquímicos. Así como también degradan sustancias biológicas originadas por el ser humano.

En estos tratamientos nos encontramos con procesos aeróbicos y anaeróbicos. Los procesos aerobios son realizados en presencia de oxígeno, introducido mediante burbujeo en tanques de almacenamiento. Los procesos anaerobios están realizados en ausencia de oxígeno. En estos procesos tienen lugar las reacciones de fermentación de la materia orgánica, que se convierte en energía liberada, CO_2 , CH_4 y C. Algunos de los procesos anaerobios y anaerobios más empleados son los lodos activos, los filtros verdes, las lagunas aireadas, los lechos bacterianos y la digestión anaerobia. También existen procesos físico-químicos como los lechos particulados. Estos procesos disminuyen gran parte de la DBO y eliminan el resto de sólidos sedimentables. Generalmente suelen darse combinaciones entre estos

distintos tratamientos, dando lugar a procesos biológicos de dos o más etapas. Rodríguez J. , (2020)

2.10.4. Tratamiento terciario de aguas residuales

En esta etapa final del tratamiento se realizan procesos para la eliminación de agentes patógenos, como bacterias de origen fecal, aumentando los estándares de calidad requeridos para ser devuelta al ciclo del agua, por descarga al mar, en ríos, lagos, recargas de acuíferos, embalses y demás sistemas hídricos. García, (2018)

2.11. Lagunas de estabilización

Las lagunas de estabilización son otro tipo de tratamiento de depuración de las aguas residuales, además de ser más económicas a diferencia de las plantas de tratamiento, ya que estas lagunas de estabilización es un método más simple, se trata de una construcción a cielo abierto poco profunda circular o rectangular que están en reposo, tienen como objetivo eliminar los organismos patógenos y reducir la materia orgánica para posteriormente dar un segundo uso al agua residual.

La eliminación de la materia orgánica en las lagunas de estabilización es el resultado de una serie compleja de procesos físicos, químicos y biológicos, entre los cuales se pueden destacar dos grandes grupos. Sedimentación de los sólidos en suspensión, que suelen representar una parte importante (40-60 % como DBO₅) de la materia orgánica contenida en el agua residual, produciendo una eliminación del 75-80 % de la DBO₅ del efluente y transformaciones biológicas que determinan la oxidación de la materia orgánica contenida en el agua residual. CENTA, (2009), p. 45.

2.11.1. Tipos de lagunas de estabilización

2.11.1.1. Lagunas aerobias.

Las lagunas aerobias para trabajar necesitan la presencia de oxígeno, las cuales reciben aguas residuales que han tenido un tratamiento previo y que contienen pocos sólidos en suspensión, ya que en estas lagunas se produce la degradación de la materia orgánica mediante bacterias aerobias que consumen oxígeno producido fotosintéticamente por las algas. CENTA, (2009)

Son lagunas poco profundas de 1 a 1.5m de profundidad y suelen tener tiempo de residencia elevada, 20-30 días. CENTA, (2009), p. 47.

Las lagunas aerobias se pueden clasificar en 2:

“Lagunas Aerobias, donde la aireación es natural, siendo el oxígeno entregado a través de la interfase aire-agua y fundamentalmente por la actividad fotosintética de las algas”. CENTA, (2009), p. 48.

“Lagunas Aireadas, en ellas la cantidad de oxígeno suministrada por medios naturales es insuficiente para llevar a cabo la oxidación de la materia orgánica, necesitándose un suministro adicional de oxígeno por medios mecánicos”. CENTA, (2009), p. 48.

2.11.1.2. Lagunas anaerobias.

Las lagunas anaerobias, contienen un efluente de color amarillento o café, lo que genera mal olor, es por eso que, no son muy establecidas por la afectación a la zona aledaña, el proceso se lleva a cabo por medio de bacterias anaerobias, con el fin de eliminar la mayor cantidad de sólidos en suspensión y materia orgánica. La digestión anaerobia es más lenta

que la reacción aerobia. En las lagunas anaerobias una gran parte de las partículas coloidales están bajo coalescencia formando natas y lodos que aceleran la remoción de la DBO5 suspendida por adsorción. La digestión anaerobia es muy sensible, a los cambios de pH y no tiene lugar fuera del intervalo de 6.0 a 8.0, de tal manera que se requiere suficiente alcalinidad. Comisión Nacional del Agua, (2007), p. 44.

2.11.1.3. Lagunas facultativas u oxidación.

Las lagunas facultativas generalmente son las más usadas en tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que son consideradas combinadas por que usan una zona anaerobia y una zona aerobia, las cuales estabilizan la materia orgánica por medio de algas y su principal función es la producción de oxígeno.

También se les denomina lagunas de oxidación de agua residual doméstica o lagunas fotosintéticas. El tiempo de retención hidráulica varía de 5 a 30 días y la profundidad de 1.5 a 2 m, dependiendo de su localización geográfica, clima y del volumen requerido para almacenar el lodo sedimentado. Se recomienda mantener un bordo libre de 0.5 a 0.8 m para minimizar los efectos del viento y el oleaje, así como absorber temporalmente sobrecargas hidráulicas. Comisión Nacional del Agua, (2007)

El objetivo de las lagunas facultativas es obtener un efluente de la mayor calidad posible, en el que se haya alcanzado una elevada estabilización de la materia orgánica, y una reducción en el contenido en nutrientes y bacterias coliformes. La profundidad de las lagunas facultativas suele estar comprendida entre 1 y 2 m para facilitar así un ambiente oxigenado en la mayor parte del perfil vertical. CENTA, (2009)

2.11.1.4. Lagunas de maduración.

Las lagunas de maduración generalmente eliminan las de bacterias patógenas, por lo que tienen efecto desinfectante, además funcionan muy bien en la nitrificación del nitrógeno amoniacal, eliminación de nutrientes, clarificación del efluente y consecución de un efluente bien oxigenado. Las lagunas de maduración suelen constituir la última etapa del tratamiento, por medio de una laguna facultativa primaria o secundaria o de una planta de tratamiento convencional, debido a la eliminación de agentes patógenos, si se reutiliza el agua depurada. CENTA, (2009), p. 59.

2.12. Usos del agua residual tratada

El agua residual tratada puede tener usos muy útiles, desde cosas básicas como lavar un auto, riego de plantas, sembríos o más complejos como procesos industriales o fines recreativos y ecológicos.

De tal manera que ya no se considere un desecho si no un recurso, en donde se aplique la economía circular, aprovechando hasta la última gota en algo productivo, evitando significativamente impactos negativos hacia los cuerpos hídricos que son los que resultan contaminados.

Según el informe, el tratamiento de las aguas residuales tiene un doble valor. Además de los beneficios medioambientales y para la salud, puede ofrecer beneficios económicos al reutilizarse en distintos sectores. Sus productos derivados, como los nutrientes y el biogás, pueden aplicarse a la agricultura y utilizarse para la generación de energía. Asimismo, los ingresos adicionales que se obtengan de este proceso pueden ayudar

a cubrir costos operativos y de mantenimiento de los servicios públicos de aguas. Roming, (2020), p. 56.

2.13. Programa estadístico informático spss

El programa estadístico informático SPSS (Statistical Product and Service Solutions), es una potente aplicación de análisis estadísticos de datos, dotada de una intuitiva interfaz gráfica que resulta muy fácil de manejar. Este programa se asemeja a una hoja de cálculo inicialmente, además cuenta con una interfaz gráfica que resulta muy fácil de manejar. Abuin, (2014), pp. 26 - 28.

De este programa se obtendrán ciertas pruebas entre las cuales esta: Levene y Anova, así como también algunas interacciones entre los datos por ejemplo la de velocidad y tiempo de mezcla lenta y rápida.

2.14. Normativa Ambiental

Constitución de la República del Ecuador

Según la Constitución del Ecuador, (2008), se consideró los siguientes artículos:

Capítulo segundo: Biodiversidad y recursos naturales, sección sexta: agua

- **Art. 264**, numeral 4. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.
- **Art. 318.-** El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua.

- **Art. 411.-** El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.
- La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

Ordenanza Municipal Cantón Mejía

El artículo 137. inciso cuarto del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, establece que las competencias de prestación de servicios públicos de alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, y actividades de saneamiento ambiental, en todas sus fases, las ejecutarán los gobiernos autónomos descentralizados municipales con sus respectivas normativas; GAD Municipal Cantón Mejía, (2020)

Acuerdo Ministerial 097-A

ANEXO 1: del libro vi del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.

Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua

Con el objetivo de proteger el recurso agua el TULSMA mediante la reforma realizada a los ANEXOS DEL LIBRO VI - DE LA CALIDAD AMBIENTAL, ha determinado los siguientes límites máximos permisibles con el fin, de que los efluentes puedan ser depurados y usados en

diferentes áreas que sean pertinentes a las actividades ejecutadas por la población MAE, (2015) donde se debe considerar lo siguiente:

Tabla 7.

Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Parámetro	Expresado como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	70,0
Cloruros	Cl	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Nitrógeno Total	N	mg/l	60,0
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Sólidos sedimentables	SD	ml/l	20,0
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	220,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1600,0
Sulfatos	SO ₄ ⁽²⁾	mg/l	400,0
Temperatura	° C	° C	< 40,0

Nota. Datos pertenecientes a los límites máximos permisibles de descarga al sistema de alcantarillado público. Tomado del Ministerio del Ambiente, Acuerdo Ministerial 097-A, Reforma del libro VI del TULSMA. (2015). Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

Tabla 8.*Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.*

Parámetro	Expresado como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000,0
Cloruros	Cl	mg/l	1000,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Nitrógeno Total	N	mg/l	50,0
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Sólidos sedimentables	SD	ml/l	1,0
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	130,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1600,0
Sulfatos	SO ₄ ⁽²⁾	mg/l	1000,0
Temperatura	°C	°C	Condición natural ± 3
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5

Nota. Datos pertenecientes a los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce. Tomado del Ministerio del Ambiente, Acuerdo Ministerial 097-A, Reforma del libro VI del TULSMA. (2015), pp. 21- 22. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecen 2 etapas, la primera es en campo donde se lleva a cabo el aforo del caudal y la toma de muestra, por otro lado, en la etapa de laboratorio se analizará la prueba de tratabilidad, DQO, potencial de hidrógeno, temperatura, oxígeno disuelto, cromo VI, así como también sólidos suspendidos, totales y sedimentables.

3.1. Etapa de campo

3.1.1. *Materiales y equipos*

Para el muestreo y aforo in- situ se utilizan materiales básicos, los cuales se detallan a continuación.

Tabla 9.

Materiales para el muestreo y aforo.

Materiales	Características
Botellas plásticas recicladas	Capacidad de 5L
Cuerda	Longitud 5 m
Guantes	Quirúrgicos
Marcador	Permanente
Etiquetas adhesivas	-
Equipo de protección personal	-

Nota. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

Tabla 10.

Equipos para el muestreo y aforo.

Equipos	Marca
Turbidímetro	Orbeco Hellige
Equipo OD	Hanna Intruments
pH- metro	Hanna Intruments
GPS	Montana 680- GARMIN

Nota. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

3.1.2. Metodología

El muestreo y aforo son ejecutados en un punto clave que abarca gran cantidad de agua residual de la población de Uyumbicho que contiene alcantarillado antes del efluente al río San Pedro, cuyas coordenadas UTM son 775910.383E y 9956978.532N, como se presenta en el siguiente mapa.

Figura. 8

Mapa del punto de muestreo en la parroquia de Uyumbicho, cantón Mejía



Nota. Ubicación del punto de muestreo y aforo de caudal del agua residual en la parroquia de Uyumbicho. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021

3.1.2.1. Muestreo de agua residual.

Para el muestreo de aguas es importante mencionar que la guía del procedimiento es en base al método APHA, AWWA, WEF “Standard Methods for Examination of Water and Wastewater”, en donde establece procedimientos de toma, manejo y transporte de la muestra in situ y ex situ.

El muestreo se lleva a cabo en base a 3 muestras compuestas durante varios días y en diferentes semanas, la primera se realiza en el mes de mayo durante 7 horas, desde las 07:00 hasta las 14:00 horas, en intervalos de 1 hora y 45 minutos de un mismo día, en donde se toman 4 muestras simples en recipientes plásticos de 5L esterilizados, para posteriormente homogenizar una muestra compuesta en un recipiente de 20 L de capacidad.

La segunda muestra se realiza 3 días de la segunda semana en el mes de agosto (lunes 9, martes 10 y miércoles 11) desde las 7:00 hasta las 17:00 horas, en intervalos de una hora, en donde se toman 11 muestras simples para posteriormente homogenizar en una muestra compuesta.

La tercera muestra se realiza 3 días de la tercera semana en el mes de agosto (jueves 19, viernes 20 y sábado 21) de 7:00 am a 17:00 pm en intervalos de una hora, en donde se toman 11 muestras simples para posteriormente homogenizar en una muestra compuesta.

Para lo cual se utiliza un balde de 20 L que será introducido en la alcantarilla con la ayuda de una cuerda de 5 metros de longitud, con lo cual se recoge las 70 muestras mencionadas.

Cada muestra es debidamente analizada acorde a los parámetros de potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto, conductividad, temperatura y turbidez.

Las 3 muestras compuestas son previamente analizadas en laboratorios acreditados por el SAE, donde se tomó en cuenta la muestra que presenta mayor contaminación y que la misma no cumple con los límites máximos permisibles, para realizar los cálculos del diseño de la planta de tratamiento.

A continuación, se describe el procedimiento de los parámetros analizados in- situ:

➤ **Oxígeno disuelto**

En este parámetro se utiliza el equipo OD, el cual permite medir el oxígeno disuelto, consiste en introducir el electrodo en una muestra de agua residual de 100 a 200ml, se presiona el botón “Meas” para iniciar la medición, se espera unos segundos que aparezca en la pantalla la palabra “Hold” y finalmente se registra el valor real.

➤ **Turbidez**

En este parámetro se utiliza el equipo denominado turbidímetro, el cual se coloca una muestra de agua destilada de 10ml para calibrar el equipo y encerrar, posteriormente se coloca la muestra de agua residual de 10ml, se limpia con un paño para eliminar huellas dactilares o excesos que se presentan y alteren los resultados, finalmente se presiona el botón “Enter” para obtener el valor en Unidades Nefelométricas de Turbidez NTU.

➤ **Potencial de hidrógeno, conductividad y temperatura**

En estos parámetros el equipo usado es el pH metro, el cual permite medir pH y al mismo tiempo temperatura y conductividad, el procedimiento consiste en introducir el electrodo en una muestra de agua de 100ml, luego pulsar el botón SET/HOLD, se espera unos

segundos que el reloj deje de títalar y así se obtienen los valores correspondientes de los parámetros mencionados. Basám, (2008)

3.1.2.2. Aforo y medición del caudal.

“El aforo del caudal es llevado a cabo mediante el método volumétrico, el cual consiste en determinar el tiempo que tarda en llenar un recipiente con un volumen conocido”. Basám, (2008), de tal manera que se utilizó un balde plástico de 20L atado a una cuerda el cual es introducido en la alcantarilla y con el cronómetro se registra el tiempo cada vez que se llena el recipiente, se realizó 10 repeticiones en 2 días, de 5 en 5 para minimizar el margen de error.

Para conocer el valor del caudal se aplica la siguiente fórmula obtenido del libro de Basám, (2008):

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

Dónde

Q: Caudal (m³/ s)

V: Volumen (m³)

T: Tiempo (s)

3.2. Etapa de laboratorio

3.2.1. Materiales, equipos y reactivos

Para los análisis en laboratorio se utilizan materiales, equipos y reactivos los cuales se detallan a continuación.

Tabla 11.*Materiales para laboratorio.*

Materiales	Características
Vasos de precipitación	De 100 ml, 400 ml, 1000 ml y 250 ml
Balones aforados	De 250 ml y 100 ml
Frasco gotero	Plástico
Conos Imhoff	De 1000 ml
Crisoles	De porcelana Gooch, 50 ml y 100 ml
Probeta	1 L
Agitadores	De vidrio
Pinzas de sujeción	-
Piseta	Plástica de 500 ml
Pipeta	5 ml y 10 ml
Espátula	-
Gradilla	-
Matraz Erlenmeyer	De 250 ml
Tubos de ensayo	De vidrio
Placas de evaporación	-

Nota. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.**Tabla 12.***Reactivos para laboratorio.*

Reactivo	Cantidad	Unidades
Agua destilada	2	L
Sulfato de aluminio	50	g/L
Sulfato ferroso	50	g
Agua destilada	50	g

Reactivo	Cantidad	Unidades
DQO de rango medio (20-1500 mg/L)	30	mg/L
Reactivo Cromo VI	-	mg/L

Nota. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

Tabla 13.

Equipos de laboratorio.

Equipo	Marca
Prueba de jarras	Velp Cientifica
Balanza analítica	Mettler Toledo
Digestor de DQO	Hanna Intruments
Estufa	Boekel
Equipo de filtración	Hanna Intruments
Turbidímetro	Orbeco Hellige
Equipo OD	Hanna Intruments
Medidor Orbeco de DQO	Hanna Intruments
pH metro	Hanna Intruments
Mufla	Hanna Instrument
Placa calefactora con agitación magnética	Velp Cientifica
HI 723 Checker Cromo VI	Hanna Intruments

Nota. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

3.2.2. Metodología

Es importante realizar la caracterización de las aguas residuales domésticas de la parroquia de Uyumbicho, con el fin de conocer el estado y la calidad del agua que va directo al río San Pedro, es por eso que se realiza un análisis físico- químico y microbiológico.

A continuación, se detallan los parámetros analizados

Tabla 14.

Parámetros analizados en laboratorio.

Parámetro	Unidad
DBO5	mg/L
DQO	mg/L
Coliformes fecales	NMP/100 mL
Coliformes totales	NMP/100 mL
Nitritos	mg/L
Nitratos	mg/L
Fósforo total	mg/L
Potencia hidrógeno	-
Oxígeno disuelto	mg/L
Temperatura	°C
Conductividad	μS/cm
Turbidez	NTU
Sólidos totales	mg/L
Sólidos suspendidos totales	mg/L
Sólidos sedimentables	mL/Lh
Sólidos fijos y volátiles	mg/L
Sólidos disueltos totales	mg/L
Cromo VI	ppm

Nota. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

Los parámetros analizados en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana son sólidos, totales, disueltos, sedimentables, cromo VI y prueba de jarras.

3.2.2.1. Determinación de sólidos.

Para la determinación de sólidos se aplica las fórmulas extraídas del manual de análisis de aguas según: Giraldo Gómez y Gloria Inés, (1995)

Sólidos totales (ST)

Para determinar la cantidad de sólidos totales se analiza en una muestra compuesta del agua residual equivalente a 100 ml, la misma que fue colocada en un crisol para ser sometida al proceso de evaporación en la estufa a una temperatura de 105 °C, por un lapso de 24 horas.

- La concentración de los sólidos totales se lo determinó con la siguiente fórmula:

$$ST (mg/L) = \frac{(A - B) * 1000}{V(L)}$$

Dónde:

A = Peso del residuo a 105 °C + placa (mg)

B = Peso placa (mg)

V = Volumen de la muestra

Sólidos fijos y volátiles (SF – SV)

Para la determinación de sólidos fijos y volátiles, se procedió introducir dentro de la mufla la muestra anterior, la misma que fue sometida a una temperatura de 550 °C, durante un periodo de 30 minutos.

- La concentración de los sólidos fijos se lo determinó con la siguiente fórmula:

$$SF (mg/L) = \frac{(A - B) * 1000}{V(L)}$$

Dónde:

A = Peso del residuo a 550 °C + placa (mg)

B = Peso placa (mg)

V = Volumen de la muestra

- La concentración de los sólidos volátiles se lo determinó con la siguiente fórmula:

$$\text{Sólidos Volátiles} = \text{Sólidos Totales} - \text{Sólidos Fijos}$$

Sólidos sedimentables (SS)

Para esta determinación, se colocó la cantidad de 1000 ml de la muestra dentro de un cono Imhoff y se lo dejó reposar durante un periodo de tiempo de 60 minutos en total, en lo cual se toma la medida a los 45 minutos y 60 minutos de los sólidos sedimentados en el recipiente.

- La concentración de los sólidos sedimentables se lo determinó con la siguiente fórmula:

$$\text{Sólidos Sedimentables} = \frac{\text{Volumen sedimentado (ml)}}{\text{Volumen de la muestra en el cono Imhoff (L * h)}}$$

Sólidos suspendidos totales (SST)

Para la determinación de los sólidos suspendidos totales se utilizó un sistema de filtración, en el que se procedió a colocar un filtro entre el recipiente colector y el embudo, posteriormente se lo conectó a un motor, que, mediante absorción facilitó el proceso de filtrado. Después el filtro se lo llevó al horno durante 60 minutos a una temperatura de 105 °C, transcurrido este tiempo se

colocó el filtro dentro del desecador un tiempo estimado de 30 minutos hasta que se pueda enfriarse.

- La concentración de los sólidos suspendidos totales se lo determinó con la siguiente fórmula:

$$SST \text{ (mg/L)} = \frac{(A - B) * 1000}{V \text{ (L)}}$$

Dónde:

A = Peso del filtro + residuo (mg)

B = Peso del filtro (mg)

V = Volumen de la muestra

Sólidos disueltos totales

Para determinar sólidos disueltos totales, se procedió introducir dentro de la mufla la muestra que contenía el filtro anterior, el mismo que fue sometido a una temperatura de 550 °C, durante un periodo de tiempo de 60 minutos, posteriormente se dejó reposar en el desecador 30 minutos.

- La concentración de los sólidos disueltos totales se lo determinó con la siguiente fórmula:

$$SDT \text{ (mg/L)} = \frac{(A - B) * 1000}{V \text{ (L)}}$$

Dónde:

A = Peso del filtro + residuo (mg)

B = Peso del filtro (mg)

V = Volumen de la muestra

3.2.2.2. Prueba de tratabilidad.

Prueba de jarras

Mediante la determinación de la prueba de jarras se permitió obtener la dosis óptima del coagulante, pH, velocidad en rpm (revoluciones por minuto) en mezcla rápida y lenta, y el tiempo de sedimentación adecuado, con el fin de encontrar las concentraciones convenientes para clarificar el agua a tratar.

Para este procedimiento se realizó lo siguiente; se colocó 1L de agua residual en 6 vasos de precipitación. “un litro por cada vaso”. Después se introdujo la dosis del coagulante mientras comenzaba la agitación de la mezcla rápida, siguiendo con el proceso se continuó con la mezcla lenta y al finalizar el tiempo programado en la prueba de jarras se dejó sedimentar por un lapso de tiempo el cual permitirá verificar el resultado óptimo mediante el equivalente de turbidez medido a través del tubímetro previamente calibrado.

Para la determinación del pH óptimo, se realizó el mismo procedimiento descrito anteriormente con la diferencia que aquí se trabajó con 2 soluciones acidas, 2 neutras y 2 básicas. Así mismo se procedió con la determinación de la velocidad adecuada para el proceso de tratabilidad, donde, se trabajaron 3 variantes para mezcla rápida y 3 para mezcla lenta, a continuación, con el análisis se empezó a determinar los tiempos de sedimentación los cuales

fueron tomados en cuenta 3 periodos de reposo, cabe mencionar que cada proceso se lo ejecuta mediante el resultado de turbidez. Es decir, el que presenta menor turbidez adquirido a través del tubímetro.

Demanda química de oxígeno – DQO

Para determinar la DQO del agua residual se utilizaron viales de rango medio.

Este parámetro fue medido mediante los resultados obtenidos en la prueba de jarras. Las muestras se tomaron del recipiente que presentaba menor turbidez y esto se lo realizó en la dosis óptima del coagulante, pH, velocidad en rpm (mezcla rápida y lenta), y tiempo de sedimentación.

El procedimiento consistía en introducir dentro de un vial 2 ml de agua destilada, siendo tomado en cuenta como el contenido en blanco; y, en diferentes viales 2 ml con la muestra, considerando el número de repeticiones que se indiquen como adecuadas. A continuación, se alista el digestor del DQO verificando que éste llegue a su temperatura adecuada.

Después se introdujo en el digestor los viales a ser analizados durante dos horas, transcurrido este tiempo se procedió a retirar los mismos y se fueron colocados en la gradilla para que se enfríen y lleguen a una temperatura ambiente (20 minutos de reposo).

Como procedimiento final se introdujo el vial en blanco como referencia de mediación dentro de la máquina lectora de la DQO y a continuación, se introducían los viales con muestras para determinar su contenido.

Cromo VI

Este parámetro es analizado en el equipo HI 723 Checker colorímetro cromo VI, consiste en colocar el reactivo en polvo HI 723 – 25 H007 en una muestra de 10 ml de agua residual y presionar el botón negro, en unos segundos se registra los valores en unidades de PPB.

Mientras que, para el análisis de la primera muestra compuesta, los parámetros de coliformes fecales, coliformes totales, nitritos, nitratos, fósforo, y DBO₅, son enviados al laboratorio Chávez Solutions acreditado por la Norma ISO/IEC 17025:2018, los cuales en el ANEXO 6, se detallan los métodos usados en cada parámetro.

Y los análisis de la segunda y tercera muestra compuesta, los parámetros de coliformes fecales, DQO, nitritos, nitratos, fósforo, y DBO₅, son enviados al laboratorio EcuChemLab Cia. Ltda. acreditado por SAE LEN 14-009, los cuales en los ANEXOS 7, 8, 9 Y 10 se detallan los métodos de análisis.

3.3. Metodología de los cálculos para el diseño de la planta de tratamiento

Para el diseño de la PTAR en la parroquia de Uyumbicho, se considera tomar en cuenta la zona urbana de la población interconectada al sistema de alcantarillado, cabe mencionar que no se tomó en cuenta el área perteneciente al SNAP como son; el refugio de vida silvestre Pasochoa y el bosque protector Santa Catalina, así como también a la población de la zona rural que no cuenta con un sistema de recolección de aguas servidas.

3.3.1. *Proyección futura y vida útil*

El diseño se lo ejecutará a través de una proyección, perteneciente al crecimiento poblacional de dicho sector, donde; la PTAR tendrá una vida útil estimada de 25 años (2021 – 2046).

Para llevar a cabo el cálculo del crecimiento poblacional se utilizó el método de crecimiento poblacional geométrico cuya fórmula es extraída de Ríos Jimenez, (2013) que se detalla a continuación:

$$P_x = P_i(1 + r)^{t_f - t_i}$$

Dónde:

P_x = Población futura (hab)

P_i = Población inicial o actual (hab)

t_f = Tiempo final o futuro (año)

t_i = Tiempo inicial (año)

r = Tasa de crecimiento anual (%)

3.3.2. *Dotación*

Según la normativa de la EPMAPS utilizada por la EPAA - MEJÍA.EP, se puede estimar una dotación del consumo de agua en la población de 100 L/hab/día. Hermosa y Herrera, (2018)

Tabla 15.

Dotación del consumo de agua.

Población Habitantes	Clima	Dotación Media Futura (L/hab/día)
Hasta 5000	Frío	100 - 120
	Templado	130 - 160
	Cálido	170 - 200
5000 a 50000	Frío	180 - 200
	Templado	190 - 220
	Cálido	200 - 230
Más de 50000	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

Nota. Datos de la dotación del consumo de agua perteneciente a la parroquia de Uyumbicho. Tomado de normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Secretaria del agua (1992). Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

El diseño del tratamiento físico químico se realiza en base al libro de Tratamiento físico químico de aguas residuales según Aguilar, Ortuño Sandoval, Soler y Sáez, (2002).

3.3.3. Caudal de diseño o de aguas servidas

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q_d = \frac{P * D * 0,8}{86400}$$

Dónde:

Q_d = Caudal de diseño ($m^3/día$)

D = Dotación de agua potable (L/hab/día)

P = Proyección poblacional año 2046

0,8 = Coeficiente de retorno de aguas residuales

86400 = Segundos por día

3.3.4. *Diseño del canal de entrada*

El canal de entrada es un canal abierto el cual se calcula en base al caudal de diseño, para la construcción del canal es necesario realizar remoción de tierras y excavaciones.

El coeficiente de rugosidad depende del material a usar, el cual corresponde a hormigón, acabado con paleta, paredes lisas cuyo valor es 0,13. Bolinaga, (2015)

Además, es necesario calcular la altura máxima del canal, velocidad media y área transversal.

3.3.5. *Diseño de la criba*

La criba o rejillas son diseñadas para captar la mayor cantidad de sedimentos mediante las mallas de diferentes tamaños.

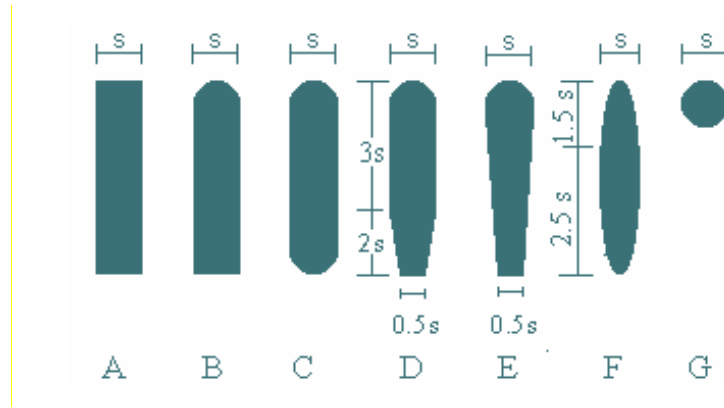
“Las rejillas pueden estar colocadas en ángulos de 45°- 60°, conformadas por barras paralelas y separadas con una distancia entre 0,5- 5cm, dependiente del tipo de diseño”.

“La velocidad a través de las barras debe ser menor a 0,6 m/s. El espesor recomendado de 10-40 mm”. RAS, (2000)

Para conocer el coeficiente de pérdida es importante establecer la forma de los barrotes de la criba se describe en la siguiente figura:

Figura. 9

Tipos de criba



Nota. Adaptado del diseño de captación convencional. (2018), por Guerrero y Heredia, 2021.

Tabla 16.

Coefficiente de pérdidas de rejillas.

Forma de rejillas	Sección transversal						
	A	B	C	D	E	F	G
β	2,48	1,83	1,67	1,035	0,92	0,76	1,79

Nota. Datos del coeficiente de pérdidas de rejillas. Tomado del manual de diseño de captación convencional. (2012), p. 9. Elaborado por Guerrero y Heredia, 2021.

Para el diseño de la criba y determinar el número de barras se necesita calcular el área libre al paso de agua de las rejillas, la altura del tirante, la altura total del canal y la longitud de barras.

3.3.6. *Diseño del desarenador*

El diseño del desarenador se realiza para de captar grasas, aceites u otro sedimento presente en las aguas residuales, por medio del tiempo de sedimentación. Lo cual se determina mediante el cono Imhoff, en el laboratorio.

Tabla 17.

Tiempos de sedimentación.

Parámetros	Tiempo de sedimentación 45 min	Tiempo de sedimentación 60 min
Muestra 1	Volumen sedimentado	Volumen sedimentado
Muestra 2	Volumen sedimentado	Volumen sedimentado
Muestra 3	Volumen sedimentado	Volumen sedimentado
Promedio	Volumen sedimentado	Volumen sedimentado

Nota. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021

Se obtiene mediante los cálculos del volumen del desarenador, el área superficial y la relación largo- ancho.

3.3.7. *Diseño del floculador hidráulico*

El proceso de floculación es precedido por la coagulación, por eso se suele hablar de los procesos de coagulación-floculación. Estos facilitan la retirada de las sustancias en suspensión y de las partículas coloidales. Colombia, (2011)

Para este diseño se considera el tiempo que tarda en formarse el floculo cuyo valor es de 20 minutos con una velocidad de 0,20 m/s obtenido en el laboratorio de la universidad.

Para lo cual es importante realizar cálculos de la longitud total recorrida por el agua, el volumen a mezclar, el área transversal del canal entre baffles, la profundidad del agua en los canales, el espacio entre el tabique y la pared del tanque, la longitud efectiva útil del canal, el número de canales, la longitud total de la cámara de floculación, el radio hidráulico y las pérdidas que pueden ocurrir.

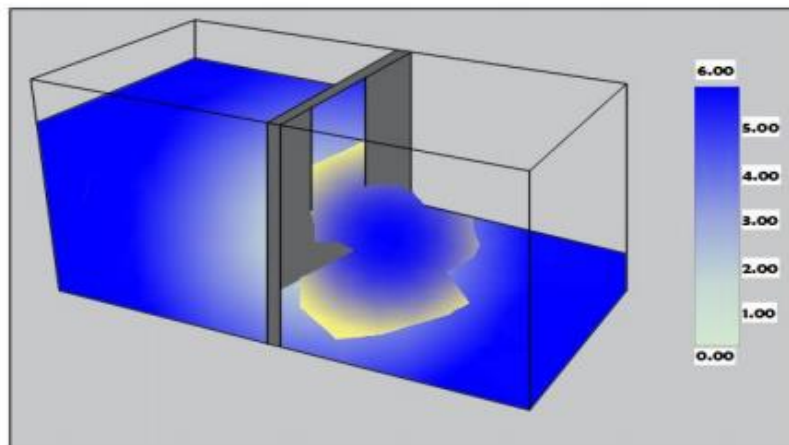
3.3.8. *Diseño del vertedero para dosificar el coagulante*

Los mezcladores rápidos hidráulicos que trabajan por medio del resalto hidráulico son el canal de Parshall y los vertederos rectangulares.

“Los mezcladores hidráulicos se caracterizan por presentar poca flexibilidad a las variaciones de caudal, no depende de una energía externa. Por lo general se utilizan como mezcladores rápidos las canaletas parshall y vertederos.” Cárdenas, (2000).

Figura. 10

Vertedero dosificador rectangular de coagulante.



Nota. Adaptado del tratamiento de agua: coagulación – floculación, tomado de (2000), p. 19, por Guerrero y Heredia, 2021.

Según Chow, (1994) “El resalto hidráulico se produce en un canal aguas arriba y debajo de una compuerta regulable, aguas arriba y debajo de un vertedero o cuando existe un cambio de pendiente brusco en el mismo.”

3.3.9. Diseño del sedimentador

Consta de un canal rectangular con volumen, longitud y condiciones de flujo adecuados para que sedimenten las partículas. La dirección del flujo es horizontal y la velocidad es la misma en todos los puntos, flujo pistón OPS, (2005)

El diámetro de las partículas oscila entre 0,02 mm a 0,05 mm.

Para el diseño del sedimentador el dato fundamental es el tiempo de sedimentación para calcular el volumen, área superficial y relación largo – ancho.

Para el diseño del tratamiento biológico se lo realizó mediante lo establecido en el libro de Dimensionamiento de lagunas de estabilización según Cortez, Treviño y Tomasini, (2017)

3.3.10. Diseño de la laguna anaerobia, facultativa, maduración 1 y maduración 2

Para el diseño de las lagunas: anaerobia, facultativa, maduración 1, maduración 2, es importante conocer datos de temperatura y evaporación de la parroquia, para lo cual se toma de referencia la estación meteorológica de Izobamba M0003.

Además de la concentración de DBO_5 y la cantidad de coliformes fecales presentes en el agua servida.

Previamente para un adecuado tratamiento se determina el índice de biodegradabilidad mediante la relación de DBO_5/DQO .

“En general, valores por debajo de 0,2 se consideran bajos, mientras que superiores a 0,4 se corresponden con una buena biodegradabilidad”. Remtavares, (2012)

Tabla 18.

Relación de DQO/DBO₅.

Relación	Índice	Observación
DQO/ DBO₅	1,5	Materia orgánica muy degradable
DQO/ DBO₅	2	Materia orgánica moderadamente degradable
DQO/ DBO₅	10	Materia orgánica poco degradable

Nota. Relación entre DQO y DBO₅ en relación a la degradación de materia orgánica. (2012), Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

Para lo cual se determinan varios cálculos de: carga orgánica, carga orgánica volumétrica, remoción de DBO₅, volumen de la laguna, área de la laguna, tiempo de retención hidráulico, concentración de la DBO₅ en el efluente de la laguna, gasto en el efluente corregido por evaporación, remoción de coliformes fecales, coliformes fecales en el efluente de la laguna, DBO₅ corregida por evaporación, coliformes fecales corregidos por evaporación; lo cual es aplicado para cada laguna con continuidad de resultados.

3.3.11. Análisis estadístico de datos en el software SPSS

La prueba de tratabilidad consiste en realizar 5 corridas las cuales son: tipos de coagulante y dosis optima, pH optimo, velocidad rápida optima, velocidad lenta optima y tiempo de sedimentación para lo cual es importante ejecutar un análisis estadístico de todos los datos extraídos de la prueba de jarras el parámetro principal es la turbiedad la cual es la variable dependiente en todas las corridas, además la medición de DQO es analizada después de cada corrida a la jarra que contenga menor turbiedad con 3 repeticiones.

“En la prueba de levene indica si es factible suponer varianzas iguales, si la probabilidad asociada al estadístico levene es >0.05 – suponemos varianzas iguales, si es <0.05 suponemos varianzas distintas”. INNOVAMIDE, (2010)

El ANOVA se basa en la descomposición de la variación total de los datos con respecto a la media global (SCT), que bajo el supuesto de que H_0 es cierta es una estimación de σ^2 obtenida a partir de toda la información muestral, en dos partes en intra-grupos o inter-grupos. UB, (2018)

Los grupos tukey, constan de varios números de tratamiento o experimento.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de campo

En el muestreo in situ se analizaron los parámetros descritos en la siguiente tabla.

Tabla 19.

Promedio de resultados del muestreo in situ.

Parámetro	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Unidad
pH	8,16	8,92	7,20	-
Conductividad	670	596	410	μS/cm
Temperatura	17,9	18,4	18,7	°C
Turbidez	29,80	30,68	33,32	NTU
Oxígeno Disuelto	1,08	1,20	1,36	mg/L

Nota. Valores obtenidos en el muestreo in situ. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021

Los valores que se presenta son los promedios de los tres muestreos compuestos que pertenecen a un total de 28 datos.

4.2. Resultados de condiciones iniciales

En los resultados de laboratorio, la muestra compuesta N° 3, se presenta como la “más contaminada”, por lo que se toman estos valores para el diseño de la planta de tratamiento. En la tabla 20 se presenta las condiciones iniciales de los parámetros analizados en el laboratorio EcuChemLab Cia. Ltda., los cuales se comparan con los límites máximos permisibles de la normativa ambiental vigente presentada en el acuerdo ministerial 097 A, con referencia a descargas hacia los cuerpos de agua dulce.

Tabla 20.

Resultado de condiciones iniciales.

Parámetro	Unidad	LMP	Condiciones sin tratamiento	Observaciones
Coliformes fecales	UFC/100 ml	2000,0	22*10 ⁵	No Cumple
DBO₅	mg/l	100,0	212	No cumple
DOQ	mg/l	200,0	319	No cumple
Fósforo total	mg/l	10,0	2,73	Cumple
Nitritos	mg/l	-	<0,09	-
Nitratos	mg/l	-	15,13	-

Nota. Comparación de resultados entre el límite máximo permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce presentado en la tabla 8 y los valores obtenidos en el muestreo in situ. Ministerio del Ambiente y del Agua, (2015), pp. 21-22. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

4.3. Aforo y medición del caudal

El aforo del caudal es llevado a cabo por el método volumétrico, con 5 repeticiones diferentes días.

Tabla 21.

Resultado del aforo y medición del caudal.

Volumen de 20 L	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Tiempo (s)	2,79	3,00	2,43	2,80	2,49	2,85	2,63	2,63	2,45	2,88
Promedio	2,70 segundos									

Nota. Resultados del aforo y medición del caudal. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

4.4. Cálculo del caudal

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

$$Q = \frac{0,02}{2,70}$$

$$Q = 0,007 \text{ m}^3/\text{s}$$

Los resultados que se presentan del caudal, se obtuvo mediante el análisis realizado en la parroquia de Uyumbicho, en la alcantarilla antes del desfogue al río San Pedro.

Nota: Cada resultado es el promedio de tres repeticiones.

4.5. Resultados de laboratorio

4.5.1. Determinación de sólidos

Los resultados se presentan por cada uno de los 3 muestreos de sólidos totales, fijos, volátiles, sedimentables, suspendidos y disueltos son calculados como indica la metodología donde se obtiene repeticiones que se muestra a continuación.

Tabla 22.

Resultado de análisis de sólidos en la muestra compuesta N° 1.

Parámetros	Unidad	Muestras			Promedio	LMP	Observaciones
		R1	R2	R3			
Sólidos totales	mg/ L	374	358	348	360	1600	Cumple
Sólidos fijos	mg/ L	253	240	233	242	-	-
Sólidos volátiles	mg/ L	121	118	115	118	-	-
Sólidos sedimentables	mg/ L	0,08	0,09	0,1	0,09	1	Cumple
Sólidos suspendidos totales	mg/ L	80	67	78	75	130	Cumple
Sólidos disueltos totales	mg/ L	311	322	316	316,33	-	-

Nota. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

Los sólidos analizados en laboratorio cumplen con la normativa.

Tabla 23.

Resultado de análisis de sólidos en la muestra compuesta N° 2.

Parámetros	Unidad	Muestras			Promedio	LMP	Observaciones
		R1	R2	R3			
Sólidos totales	mg/ L	498	468	538	501,33	1600	Cumple
Sólidos fijos	mg/ L	322	289	393	334,67	-	-
Sólidos volátiles	mg/ L	176	179	145	166,67	-	-
Sólidos sedimentables	mg/ L	1,5	1	0,9	1,13	1	No cumple
Sólidos suspendidos totales	mg/ L	80	74	82	78,67	130	Cumple
Sólidos disueltos totales	mg/ L	336	376	379	363,67	-	-

Nota. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

De los sólidos analizados en laboratorio los que incumplen con la norma son los sólidos sedimentables con un valor de 1,13 mg/ L, los demás cumplen con la normativa.

Tabla 24.*Resultado de análisis de sólidos en la muestra compuesta N° 3.*

Parámetros	Muestras			Promedio	LMP	Observaciones	
	Unidad	R1	R2				R3
Sólidos totales	mg/ L	504	567	534	535	1600	Cumple
Sólidos fijos	mg/ L	358	324	304	328,67	-	-
Sólidos volátiles	mg/ L	146	243	230	206,33	-	-
Sólidos sedimentables	mg/ L	2,2	1,9	2,3	2,13	1	No cumple
Sólidos suspendidos totales	mg/ L	10	30	42	27,33	130	Cumple
Sólidos disueltos totales	mg/ L	416	467	438	440,33	-	-

Nota. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

De los sólidos analizados en laboratorio los que incumplen con la norma son los sólidos sedimentables con un valor de 2,13 mg/ L, los demás cumplen con la normativa es decir están dentro del límite máximo permisible.

4.5.2. Prueba de tratabilidad y análisis estadístico

En la prueba de jarras se realizan 5 corridas cuyos resultados se expresan en las siguientes tablas, los cuales se introducen en el programa SPSS para el análisis estadístico.

Primera corrida- determinación del coagulante- floculante y dosis óptima

Para la determinación del coagulante – floculante se probaron dos tipos de reactivos cuyos son sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ y sulfato de hierro (II) $FeSO_4$, los cuales trabajan como depurativos de aguas residuales, previamente realizadas una solución madre al 2%.

Las dosis probadas en los dos tipos de coagulante – floculante son: 5 ml, 10ml y 20 ml; con una velocidad rápida de 120 rpm durante 2 minutos, posteriormente con la mezcla lenta a 30 rpm durante 25 minutos y el tiempo de sedimentación de 10 minutos, finalmente se evalúa la turbidez la cual es la variable dependiente, el pH, temperatura y DQO.

Tabla 25.

Resultados de laboratorio del sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ al 2%.

Sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ al 2%

Dosis del coagulante	pH	T (°C)	Turbidez (NTU) promedio
M1 = 5 mL	6,57	17,1	1,8
M2 = 10 ml	6,64	17,3	6,06
M3 = 20 ml	6,35	17,1	5,88

Nota. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

Tabla 26.

Resultados de laboratorio del sulfato de hierro (II) $FeSO_4$ al 2%.

Sulfato de hierro II $FeSO_4$ al 2%

Dosis del coagulante	pH	T (°C)	Turbidez (NTU) promedio
M1 = 5 ml	6,97	17,3	24,3
M2 = 10 ml	6,54	17,6	29,5
M3 = 20 ml	7,27	17,1	36,21

Nota. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

La prueba de levene (P) indica que la homogeneidad de varianzas equivale a un valor de 36,4% con una significancia mayor al 5%, por lo tanto, se acepta la hipótesis que todos los datos tienen una distribución normal.

En el ANOVA se evaluó el tipo de coagulante – floculante y la dosis óptima cuyos valores son $7,1889 \times 10^{-26}$ y $1,3924 \times 10^{-21}$ respectivamente, los cuales son menores al 5% por lo que se considera que al menos existe un coagulante – floculante diferente. Los resultados del ANOVA entre grupos unifactorial univariado determinan diferencias estadísticas significativas entre los grupos.

Tabla 27.

ANOVA determinación del coagulante- floculante y dosis óptima.

Prueba de los efectos inter- sujetos					
Variable dependiente: Turbiedad expresada en NTU					
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Significancia
Tipo de coagulante - floculante	838,0418	1	838,0418	145185,2974	7,1889E-26
Dosis óptima de coagulante- floculante	207,2137444	2	103,606872	17949,21752	1,3924E-21
Error	0,069266667	12	0,00577222		
Total	3648,9826	18			

Nota. Resultados del ANOVA perteneciente a la determinación de la dosis óptima del coagulante – floculante, ejecutado en el software estadístico SPSS. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

El tipo de coagulante – floculante escogido es el sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$, en el análisis de la prueba de tukey se forman 3 grupos homogéneos correspondiente a cada dosis de coagulante- floculante, como se observa las diferencias de medias de la turbiedad los grupos de tipología difieren entre sí.

Tabla 28.

Grupos tukey, dosis óptima de coagulante - floculante.

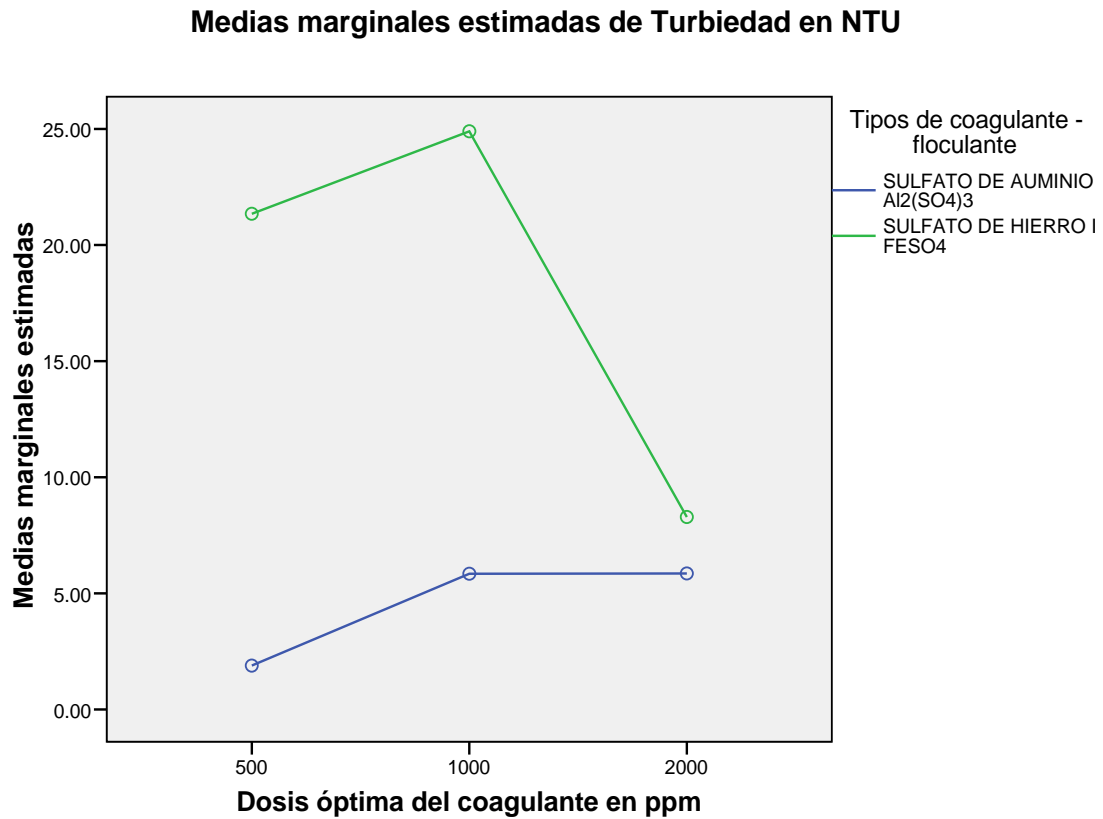
Concentración del coagulante (mg/ L)	Media de la turbiedad	Grupo tukey		
		1	2	3
2000	7,073333333	A		
500	11,61833333		B	
1000	15,37166667			C

Nota. Resultados de los grupos tukey perteneciente a la determinación de la dosis óptima del coagulante – floculante, ejecutado en el software estadístico SPSS. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

En la figura 11, se muestra la relación de la dosis del coagulante- floculante VS la turbiedad, en donde se establece que el mejor tipo de coagulante es el sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ con una diferencia significativa al sulfato de hierro II $FeSO_4$, con una dosis de 500 mg/L con datos de turbiedad relativamente baja.

Figura. 11

Gráfica de medias marginales estimadas de turbiedad en NTU, tipo de coagulante- floculante y dosis óptima



Nota. Medias marginales estimadas en turbiedad, tipo de coagulante - floculante y dosis óptima. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

La Demanda Química de Oxígeno (DOQ) en la determinación del coagulante- floculante y dosis óptima es analizada a la muestra de menor turbiedad, con 3 repeticiones donde la remoción promedio es de 196 mg/L lo que corresponde al 38,57%.

Segunda corrida -pH óptimo de coagulación

Para la determinación del pH óptimo de coagulación se probaron 6 tipos de pH, 2 ácidos (5y 6), 2 neutros (7 y 7,5) y 2 básicos (8 y 9) en 6 jarras con el coagulante escogido sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ al 2% con una dosis de 5 ml a una velocidad rápida de 120 rpm durante 2

minutos, posteriormente con la mezcla lenta a 30 rpm durante 25 minutos y el tiempo de sedimentación de 10 minutos, finalmente se evalúa la turbidez la cual es la variable dependiente, el pH y DQO.

Tabla 29.

Resultados de laboratorio del pH óptimo de coagulación.

Muestra	pH	Turbidez (NTU) promedio
Ácido	5	3,62
Ácido	6	5,09
Neutro	7	1,33
Neutro	7,5	2,21
Básico	8	3,71
Básico	9	4,05

Nota. Resultados del pH óptimo de coagulación en relación con el valor de turbidez. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021

La prueba de Levene (P) indica que la homogeneidad de varianzas equivale a un valor de 67,9% con una significancia mayor al 5%, por lo tanto, se acepta la hipótesis que todos los datos tienen una distribución normal. En el ANOVA se evaluó el pH óptimo de coagulación cuyo valor es $2,318 \times 10^{-19}$, el cual es menor al 5% por lo que se considera que al menos existe un pH diferente. Los resultados del ANOVA entre grupos unifactorial univariado determinan diferencias estadísticas significativas entre los grupos.

Tabla 30.*ANOVA pH óptimo de coagulación.*

Prueba de los efectos inter- sujetos						
Variable dependiente: Turbiedad expresada en NTU						
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Significancia	
pH Óptimo	5,08468333	3	1,69489444	6101,62	2,318E-19	
Error	0,00333333	12	0,00027778			
Total	207,5539	18				

Nota. Resultados del ANOVA perteneciente a la determinación del pH óptimo de coagulación, ejecutado en el software estadístico SPSS. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

En el análisis de la prueba de Tukey se forman 5 grupos homogéneos correspondiente a cada tipo de pH ácido, neutro y básico como se observa las diferencias de medias de la turbiedad los grupos de tipología difieren entre sí; los grupos iguales neutros de 7 y 7,5 que corresponde al grupo 1A, siendo este el pH óptimo.

Tabla 31.*Grupos tukey, pH.*

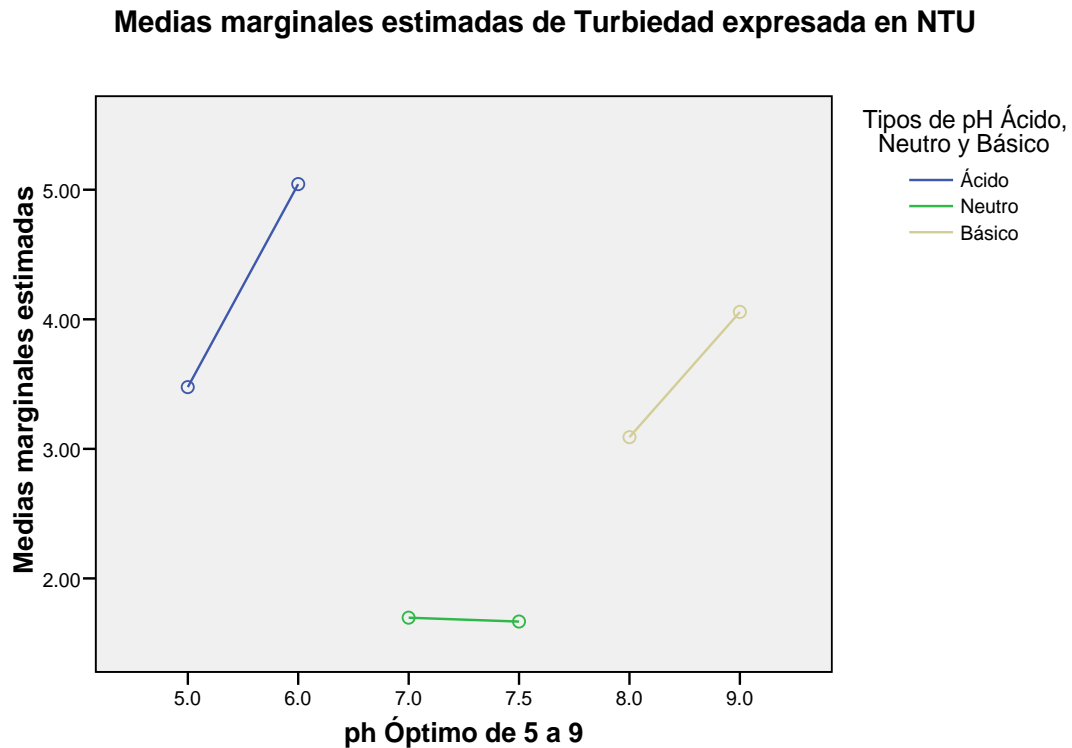
pH	Media de la turbiedad	Grupos Tukey				
		1	2	3	4	5
7,5	1,66666667	A				
7	1,69666667	A				
8	3,09		B			
5	3,47666667			C		
9	4,05666667				D	
6	5,04333333					E

Nota. Resultados de los grupos tukey perteneciente a la determinación del pH óptimo, ejecutado en el software estadístico SPSS. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

En la figura 12, se muestra la relación de pH óptimo Vs turbiedad, en donde se establece que el pH neutro de 7 a 7,5 es el mejor con datos de turbiedad relativamente baja, con una diferencia significativa a pH ácido y pH básico.

Figura. 12

Gráficas de medias marginales estimadas de la turbiedad expresada en NTU, del pH óptimo



Nota. Medias marginales estimadas en turbiedad, en relación al pH óptimo. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

La Demanda Química de Oxígeno (DOQ) en la determinación del pH óptimo es analizado a la muestra de menor turbiedad, con 3 repeticiones donde la remoción promedio es de 97 mg/L lo que corresponde al 69,59%.

Tercera corrida - Determinación de velocidad y tiempo de mezcla rápida óptima

En la determinación de velocidad y tiempo de mezcla rápida óptima, se probaron 3 velocidades correspondiente de 2 jarras a 100 rpm, 2 jarras a 120 rpm y 2 jarras a 140 rpm con tiempos de agitación de 2 y 3 minutos respectivamente, con una dosis de coagulante de 5ml y pH de 7, finalmente se evalúa la Turbidez la cual es la variable dependiente y DQO.

Tabla 32.

Resultados de laboratorio de la determinación de velocidad y tiempo de mezcla rápida óptima.

Velocidad (rpm)	Tiempo de agitación (min)	Turbidez de (NTU) promedio
100	2	2,32
100	3	0,97
120	2	1,81
120	3	2,1
140	2	1,53
140	3	2,59

Nota. Resultados en la determinación óptima de velocidad y tiempo de mezcla rápida, en relación con la turbidez.

Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

La prueba de Levene (P) indica que la homogeneidad de varianzas equivale a un valor de 59,5% con una significancia mayor al 5%, por lo tanto, se acepta la hipótesis que todos los datos tienen una distribución normal.

En el ANOVA se evaluó la velocidad y tiempo de mezcla rápida óptima cuyos valores son $1,99408 \times 10^{-11}$ y $3,84666 \times 10^{-12}$ respectivamente, los cuales son menores al 5% por lo que se

considera que al menos una velocidad es diferente. Los resultados del ANOVA entre grupos unifactorial univariado determinan diferencias estadísticas significativas entre los grupos.

Tabla 33.

ANOVA de velocidad y tiempo de mezcla rápida óptima.

Prueba de los efectos inter- sujetos								
Variable dependiente: Turbiedad expresada en NTU								
Fuente de variación	de	Suma de cuadrados	de	Grados de libertad	de	Media cuadrática	F	Significancia
Velocidad rápida		0,63958889	2			0,31979444	685,27381	1,99408E-11
Tiempo		0,67213333	1			0,67213333	1440,28571	3,84666E-12
Error		0,00466667	10			0,00046667		
Total		51,035	15					

Nota. Resultados del ANOVA perteneciente a la determinación óptima, de velocidad y tiempo de mezcla rápida, ejecutado en el software estadístico SPSS. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

En el análisis de la prueba de Tukey se forman 3 grupos homogéneos correspondiente a cada velocidad como se observa las diferencias de medias de la turbiedad los grupos de tipología difieren entre sí.

Tabla 34.

Grupos tukey de velocidad y tiempo de mezcla rápida óptima.

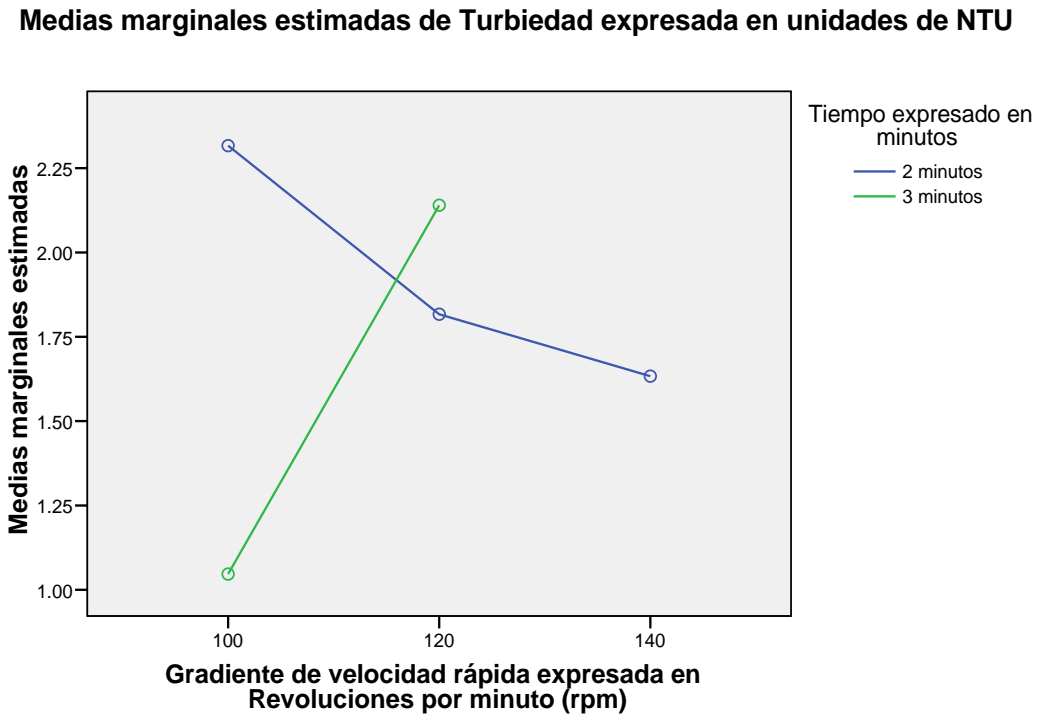
Gradiente de velocidad rápida	Media de turbiedad	Grupos Tukey		
		1	2	3
140	1,63333333	A		
100	1,68166667		B	
120	1,97833333			C

Nota. Resultados de los grupos tukey perteneciente a la determinación óptima de la velocidad y tiempo de mezcla rápida, ejecutado en el software estadístico SPSS. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021

En la figura 13, se muestra la relación del gradiente de velocidad rápida vs la Turbiedad, en donde se establece que la mejor velocidad es de 100 rpm durante 3 min con datos de turbiedad relativamente baja, con una diferencia significativa a las velocidades de 120 rpm y 140 rpm.

Figura. 13

Gráfica de medias marginales estimadas de turbiedad expresada en NTU, del gradiente de velocidad rápida.



Nota. Medias marginales estimadas en turbiedad, en relación a los gradientes de velocidad rápida. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

La DQO en la determinación del pH óptimo es analizado a la muestra de menor turbiedad, con 3 repeticiones donde la remoción promedio es de 49 mg/L lo que corresponde al 84,64%.

Cuarta corrida - terminación de velocidad y tiempo de mezcla lenta óptima

En la determinación de velocidad y tiempo de mezcla lenta óptima, se probaron 3 velocidades correspondiente a 2 jarras a 20 rpm, 2 jarras a 30 rpm y 2 jarras a 40 rpm con tiempos

de agitación de 20 y 25 minutos respectivamente con una dosis de coagulante de 5ml y pH de 7, finalmente se evalúa la Turbidez la cual es la variable dependiente y DQO.

Tabla 35.

Resultados de laboratorio de velocidad y tiempo de mezcla lenta óptima.

Velocidad (rpm)	Tiempo de agitación (min)	Turbidez (NTU)
20	20	0,06
20	25	0,19
30	20	0,32
30	25	0,45
40	20	0,42
40	25	0,38

Nota. Resultados en la determinación óptima de velocidad y tiempo de mezcla lenta, en relación con la turbidez.

Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

La prueba de Levene (P) indica que la homogeneidad de varianzas equivale a un valor de 53,7% con una significancia mayor al 5%, por lo tanto, se acepta la hipótesis que todos los datos tienen una distribución normal.

En el ANOVA se evaluó la velocidad y tiempo de mezcla lenta óptima cuyos valores son $3,1875 \times 10^{-12}$ y $1,1619 \times 10^{-07}$ respectivamente, los cuales son menores al 5% por lo que se considera que al menos una velocidad es diferente. Los resultados del ANOVA entre grupos unifactorial univariado determinan diferencias estadísticas significativas entre los grupos.

Tabla 36.*ANOVA de velocidad y tiempo de mezcla lenta óptima.*

Prueba de los efectos inter- sujetos					
Variable dependiente: Turbiedad expresada en NTU					
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Significancia
Velocidad Lenta	0,34201111	2	0,17100556	488,587302	3,1875E-12
Tiempo	0,04302222	1	0,04302222	122,920635	1,1619E-07
Error	0,0042	12	0,00035		
Total	2,338	18			

Nota. Resultados del ANOVA perteneciente a la determinación óptima, de velocidad y tiempo de mezcla lenta, ejecutado en el software estadístico SPSS. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

En el análisis de la prueba de Tukey se forman 3 grupos homogéneos correspondiente a cada velocidad como se observa las diferencias de medias de la turbiedad los grupos de tipología difieren entre sí.

Tabla 37.*Grupos tukey de velocidad y tiempo de mezcla lenta óptima.*

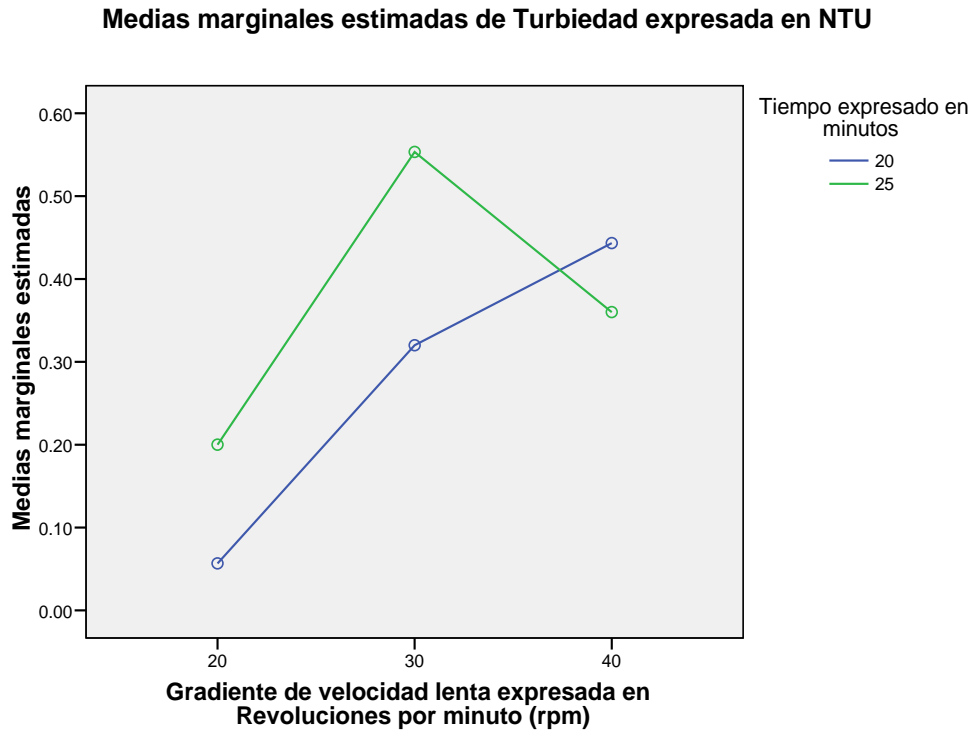
Gradiente de velocidad lenta	Media de turbiedad	Grupos Tukey		
		1	2	3
20	0,12833333	A		
40	0,40166667		B	
30	0,43666667			C

Nota. Resultados de los grupos tukey perteneciente a la determinación óptima de la velocidad y tiempo de mezcla lenta, ejecutado en el software estadístico SPSS. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021

En la figura 14, se presenta la relación del gradiente de velocidad lenta Vs turbiedad, en donde se establece que la mejor velocidad es de 20 rpm durante 20 min con datos de turbiedad relativamente baja, con una diferencia significativa a las velocidades de 30 rpm y 40 rpm.

Figura. 14

Gráfica de medias marginales estimadas de turbiedad expresada en NTU, del gradiente de velocidad lenta.



Nota. Medias marginales estimadas en turbiedad, en relación con el gradiente de velocidad lenta. Elaborado por:

Guerrero y Heredia, 2021.

La demanda química de oxígeno (DOQ) en la determinación del pH óptimo es analizado a la muestra de menor turbiedad, con 3 repeticiones donde la remoción promedio es de 27,9 mg/L lo que corresponde 91,25%.

Quinta corrida – Tiempo óptimo de sedimentación

En la determinación del tiempo óptimo de sedimentación, se probaron 3 tiempos correspondientes a 2 jarras a 10 minutos, 2 jarras a 20 minutos y 2 jarras a 30 minutos, con una dosis de coagulante de 5 ml y pH de 7, finalmente se evalúa la Turbidez la cual es la variable dependiente y DQO.

Tabla 38.

Resultados de laboratorio del tiempo de sedimentación óptimo.

Tiempo (min)	Turbidez (NTU)
10	0,32
20	0,16
30	0,02

Nota. Resultados en la determinación óptima del tiempo de sedimentación, en relación con la turbidez. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

La prueba de Levene (P) indica que la homogeneidad de varianzas equivale a un valor 10,7% con una significancia mayor al 5%, por lo tanto, se acepta la hipótesis que todos los datos tienen una distribución normal.

En el ANOVA se evaluó el tiempo de sedimentación óptimo cuyo valor es $2,8177 \times 10^{-06}$, el cual es menor al 5% por lo que se considera que al menos existe un tiempo diferente. Los resultados del ANOVA entre grupos unifactorial univariado determinan diferencias estadísticas significativas entre los grupos.

Tabla 39.

ANOVA de tiempo de sedimentación óptima.

Prueba de los efectos inter- sujetos						
Variable dependiente: Turbiedad expresada en NTU						
Fuente de variación	Suma de cuadrados	de Grados de libertad	de Media cuadrática	F	Significancia	
Tiempo	0,16286667	2	0,08143333	209,4	2,8177E-06	
Error	0,00233333	6	0,00038889			
Total	0,4053	9				

Nota. Resultados del ANOVA perteneciente a la determinación del tiempo de sedimentación óptimo, ejecutado en el software estadístico SPSS. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

En el análisis de la prueba de Tukey se forman 3 grupos homogéneos correspondiente a cada tiempo, como se observa las diferencias de medias de la turbiedad los grupos de tipología difieren entre sí.

Tabla 40.

Grupos tukey de tiempo de sedimentación óptima.

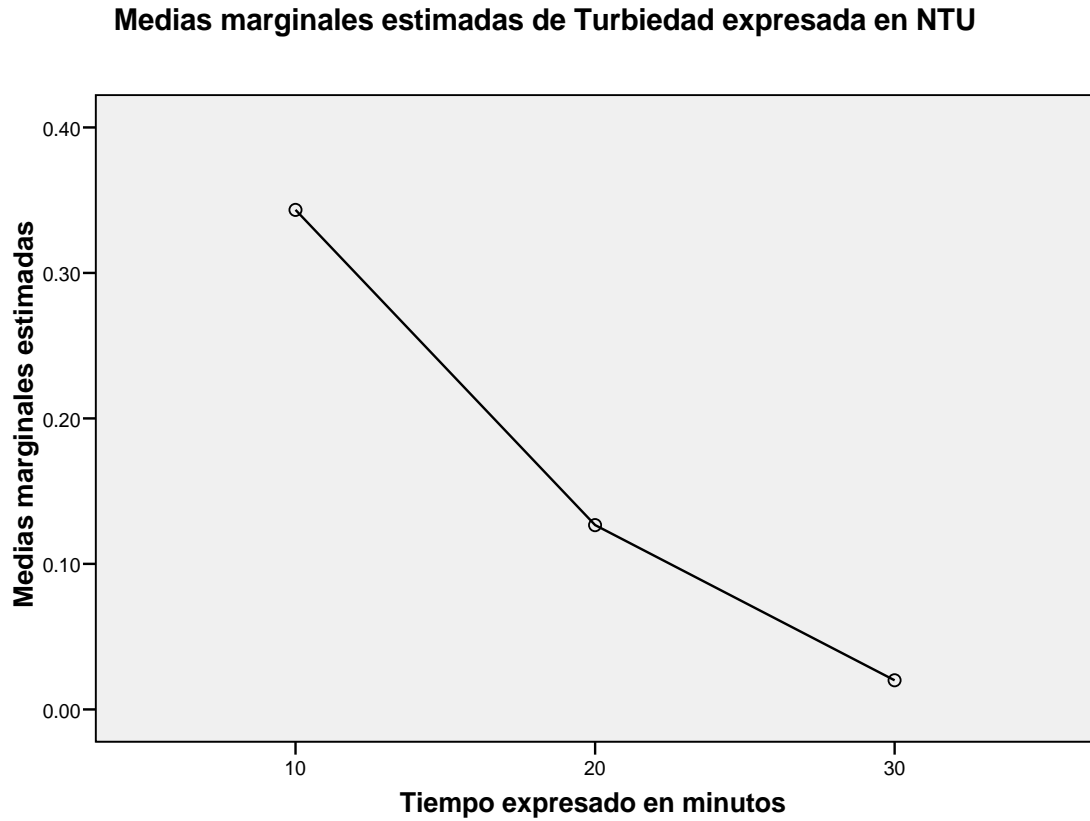
Grupos Tukey				
Tiempo (min)	Media de turbiedad	1	2	3
30	0,02	A		
20	0,12666667		B	
10	0,34333333			C

Nota. Resultados de los grupos tukey perteneciente a la determinación del tiempo de sedimentación óptimo, ejecutado en el software estadístico SPSS. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

En la figura 15, se observa que el tiempo óptimo de sedimentación es de 30 minutos lo cual presenta valores bajos de turbiedad a diferencia de los tiempos de 10 y 20 minutos.

Figura. 15

Gráfica de medias marginales estimadas de turbiedad expresada en NTU, del tiempo de sedimentación.



Nota. Medias marginales estimadas en turbiedad, en relación con el tiempo de sedimentación. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

La demanda química de oxígeno (DOQ) en la determinación del pH óptimo es analizado a la muestra de menor turbiedad, con 3 repeticiones donde la remoción promedio es de 12,5 mg/L lo que corresponde al 96,08%.

Cromo VI

El parámetro de Cromo hexavalente cumple con los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce el cual es de 0,5 mg/L comparado con el promedio de Cr^{+6} analizado que es 0,058 mg/L evidentemente es un valor relativamente bajo.

Tabla 41.

Resultado de cromo VI en el agua residual.

Parámetros	Unidades PPB	PPM
Repetición 1	57	0.057
Repetición 2	49	0.059
Repetición 3	47	0.057

Nota. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021

4.6. Resultados para el diseño de la PTAR

4.6.1. Proyección poblacional

Determinación del número de habitantes en la zona del proyecto

Datos:

- 2018,85 ha corresponde al área total de Uyumbicho
- 266,9 ha, reales de la zona del proyecto.
- 164,13 ha, zona urbana (con alcantarillado)
- 4607 habitantes totales de Uyumbicho

Número de habitantes para la zona del proyecto

266,9 ha reales 4607 habitantes

164,13 ha x

$X = 2833.07 \approx 2834$ habitantes para la zona del proyecto

Cálculo de la tasa de crecimiento poblacional de la zona del proyecto:

Tabla 42.

Datos poblacionales de Uyumbicho.

Año	N° de Habitantes
1990	3217
2001	3679
2010	4607

Nota. Datos poblacionales pertenecientes a la parroquia de Uyumbicho. Tomado del Instituto Nacional de Estadística y Censos del Ecuador. Fuente: (INEC, 2010). Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

$$r = \left(\sqrt{(ti+1)-ti} \frac{(Pi + 1)}{Pi} - 1 \right) (100)$$

$$r_1 = \left(\sqrt{2001-1990} \sqrt{\frac{3679}{3217}} - 1 \right) (100)$$

$$r_1 = 1,23$$

$$r_2 = \left(\sqrt{2010-2001} \sqrt{\frac{4607}{3679}} - 1 \right) (100)$$

$$r_2 = 2,53$$

$$r_{prom} = \frac{r_1 + r_2 + r_3 + r_n \dots}{n}$$

$$r_{prom} = \frac{1,01 + 1,03}{2}$$

$$r_{prom} = 1,88$$

Cálculo de la población futura en la zona del proyecto:

$$P_x = P_i(1 + r)^{t_f - t_i}$$

$$P_{2021} = 2834 * (1 + 0,0188)^{(2021-2010)}$$

$$P_{2021} = 3479$$

$$P_{2046} = 2834 * (1 + 0,0188)^{(2046-2010)}$$

$$P_{2046} = 5541$$

Tabla 43.

Datos del número de habitantes para el diseño de la PTAR.

Año	Nº de Habitantes
2010	2834
2021	3479
2046	5541

Nota. Resultados de la proyección poblacional en un periodo de 25 años. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021

Para el diseño se toma en cuenta la proyección hasta el 2046 con 5541 habitantes beneficiados.

Cálculo de Caudal de diseño o aguas servidas

Datos:

- P = 5541 hab

- Coeficiente de retorno de aguas residuales = 0,8
- 86400 = Segundos por día
- D= 100 L/hab/día

$$Q_d = \frac{5541 \text{ hab} * 100 \text{ L/hab/día} * 0,8}{86400 \text{ s/día}}$$

$$Q_d = 5,13 \frac{\text{L}}{\text{s}} * 86,4 \text{ (factor de conversión)}$$

$$Q_d = 443,23 \text{ m}^3/\text{día}$$

ó

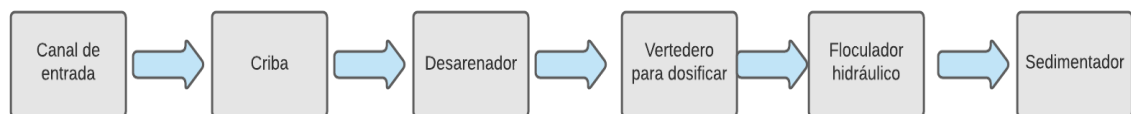
$$Q_d = 0,00513 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tratamiento físico - químico

El diseño de la PTAR está compuesto por las siguientes unidades expresadas en el diagrama de bloques, posteriormente conectada a las lagunas de estabilización:

Figura. 16

Diagrama de bloques del tratamiento físico - químico.



Nota. Procesos del tratamiento físico – químico. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

4.6.2. Canal de entrada

Datos:

- Caudal de diseño = 0,00513 m³/s
- Coeficiente de rugosidad = 0,013 (hormigón, paredes lisas)
- Ancho canal = 0,5 m
- Pendiente = 1%
- Largo canal = 2,5m

a) Coeficiente de Manning

$$K = \frac{Q_d * n}{b^{8/3} * S^{1/2}}$$

Dónde:

K= Coeficiente de rugosidad Manning.

Q_d= Caudal de diseño (m³/s)

b= ancho canal (m)

n= Coeficiente de rugosidad

S = Pendiente del canal rectangular revestido de hormigón %

$$K = \frac{0,00513 \text{ m}^3/\text{s} * 0,013}{0,5^{8/3} * 0,01^{1/2}}$$

$$K = 4,23 \times 10^{-3}$$

b) Altura máxima del agua del canal

$$H_{max} = 1,6624 * K^{0,74232} * b$$

Dónde:

H_{max} = Altura máxima (m)

K = Coeficiente de Manning

b = Ancho del canal (m)

$$H_{max} = 1,6624 * (4,23 \times 10^{-3})^{0,74232} * 0,5$$

$$H_{max} = 0,01438 \text{ m}$$

c) Radio hidráulico

$$R_h = \frac{b * h}{b + 2 * h}$$

Dónde:

b = ancho del canal (m)

H_{max} = altura máxima del agua del canal (m)

$$R_h = \frac{0,5 * 0,01438}{0,5 + 2 * 0,01438}$$

$$R_h = 0,01360 \text{ m}$$

d) Velocidad media del canal

$$V_{MC} = \frac{1}{n} R_h^{2/3} * S^{1/2}$$

Dónde:

V_{MC} = Velocidad media (m/s)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

R_h = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente del canal rectangular revestido de hormigón %

$$V_{MC} = \frac{1}{0,013} * 0,01360^{2/3} * 0,01^{1/2}$$

$$V_{MC} = 0,438 \text{ m /s}$$

e) Área transversal del canal

$$A_{tc} = \frac{Q_d}{V_{MC}}$$

Dónde:

A_{tc} = Área transversal (m²)

Q_d = Caudal de diseño (m³/s)

V_{mc} = Velocidad media (m/s)

$$A_{tc} = \frac{0,00513 \text{ m}^3/\text{s}}{0,438 \text{ m/s}}$$

$$A_{tc} = 0,012 \text{ m}^2$$

En la tabla 44 se presenta los resultados del diseño del canal de entrada.

Tabla 44.

Resultado para el diseño del canal de entrada.

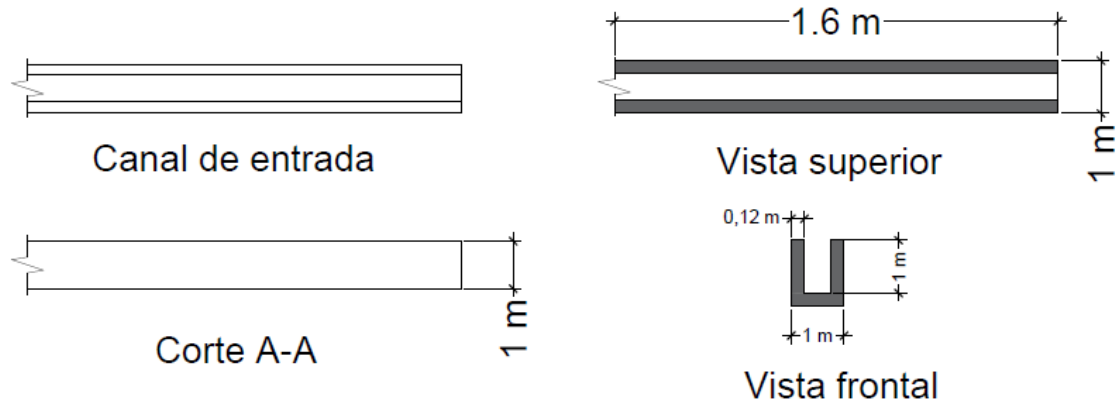
Parámetros	Resultados	Unidades
Coefficiente de Manning	4,23*10 ⁻³	---
Altura máxima del agua del canal	0,014	m
Radio hidráulico	0,013	m
Velocidad media del canal	0,438	m/s
Área transversal del canal	0,012	m ²

Nota. Elaborado por Guerrero y Heredia, 2021

En la figura 17, se especifica los cortes y vistas diseñadas en base a la tabla de resultados.

Figura. 17

Vistas y cortes del canal de entrada.



Nota. Vistas del canal de entrada propuesto para el sistema de tratamiento del agua residual. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

4.6.3. Criba

Datos:

- Caudal del diseño = $0,00513 \text{ m}^3/\text{s}$
- Altura de seguridad = 1 m
- Ancho del canal = 0,5 m
- Velocidad a través de las barras = 0,6 m/s
- Ángulo de inclinación (barras) = 45°
- Separación de las barras = 0,005 m
- Espesor (barras) = 0,015 m
- Coeficiente forma (barras) = 2,48 (A)

a) **Área libre al paso de agua de las rejillas**

$$A_{libre} = \frac{Q_d}{V_B}$$

Dónde:

A_{libre} = Área libre al paso de agua de las rejillas (m^2)

Q_d = Caudal de diseño (m^3/s)

V_B = Velocidad a través de las barras (m/s)

$$A_{libre} = \frac{0,00513}{0,6}$$

$$A_{libre} = 0,00855 m^2$$

b) **Altura del tirante en el canal**

$$h_{tirante} = \frac{A_{libre}}{b}$$

Dónde:

$h_{tirante}$ = Altura del tirante en el canal (m)

A_{libre} = Área libre al paso de agua de las rejillas (m^2)

B = Ancho del canal (m)

$$h_{tirante} = \frac{0,00855 m^2}{0,5 m}$$

$$h_{tirante} = 0,0171$$

c) Altura total del canal

$$H = h_{tirante} + H_s$$

Dónde:

H= Altura total (m)

$h_{tirante}$ = Altura del tirante (m)

H_s = Altura de seguridad (m)

$$H = 0,0171 + 1$$

$$H = 1,017 \text{ m}$$

d) Longitud de barras

$$L_{barras} = \frac{H_s}{\text{Sen } \alpha}$$

Dónde:

L_{barras} = Longitud (m)

H_s = Altura de seguridad (m)

α = Angulo de inclinación de la rejilla

$$L_{barras} = \frac{1}{\text{Sen } 45}$$

$$L_{barras} = 1,4142 \text{ m}$$

e) **Pérdida de carga en las barras**

$$H_p = B_p * \left(\frac{S_b}{E_b}\right)^{4/3} * \frac{V_b}{2g} * \text{sen } \alpha$$

Dónde:

H_p= Pérdida de carga (m)

B_p= Coeficiente de forma

S_B= Separación de las barras (m)

E_B=Espesor de las barras (m)

V_B= Velocidad a través de las barras (m/s)

G= Gravedad (m/s²)

α = Angulo de inclinación de la rejilla

$$H_p = 2,48 * \left(\frac{0,005 \text{ m}}{0,015 \text{ m}}\right)^{4/3} * \left(\frac{0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}\right) * \text{sen } 45$$

$$H_p = 0,012 \text{ m}$$

f) **Número de barras**

$$N_{barras} = \frac{b - S_b}{E_b + S_b}$$

Dónde:

N_{barras}= Número de barras

b= Ancho (m)

S_b= Separación (barras) (m)

E_b=Espesor (barras) (m)

$$N_{barras} = \frac{0,5 \text{ m} - 0,005 \text{ m}}{0,015 \text{ m} + 0,005 \text{ m}}$$

$$N_{barras} = 24,75 \approx 25 \text{ barras}$$

En la tabla 45 se presenta los resultados del diseño de la criba.

Tabla 45.

Resultado para el diseño de la criba.

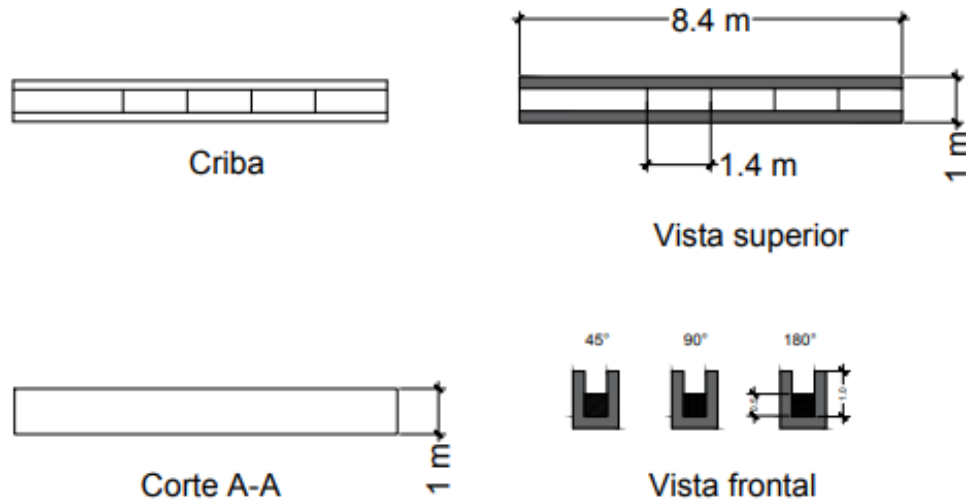
Parámetros	Resultados	Unidades
Área libre al paso de agua de las rejillas	0,0085	m ²
Altura del tirante en el canal	0,0171	m
Altura total del canal	1,017	m
Longitud de barras	1,41	m
Pérdida de carga en las barras	0,012	m
Número de barras	25	---

Nota. Elaborado por Guerrero y Heredia, 2021

En la figura 18, se especifica los cortes y vistas diseñadas en base a la tabla de resultados.

Figura. 18

Vistas y cortes de la criba.



Nota. Vistas de la criba propuesta para el sistema de tratamiento del agua residual. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

4.6.4. Desarenador

Alto= 1 m

a) Tiempo de sedimentación

Se lo realiza mediante el cono Imhoff con respecto al tiempo de sedimentación establecido.

Tabla 46.

Resultados de sedimentación en el cono Imhoff.

Parámetros	Tiempo sedimentación 45 min	Tiempo sedimentación 60 min
Muestra 1	1,5 ml	2 ml
Muestra 2	1 ml	1,5 ml
Muestra 3	0,8 ml	1,4 ml
Promedio	1,1 ml	1,63 ml

Nota. Elaborado por Guerrero y Heredia, 2021

b) Volumen del desarenador

$$V = Q_d * T$$

Dónde:

Q_d = Caudal de diseño (m^3/s)

T = Tiempo de retención (s)

El factor de seguridad propuesto es de “5”

$$V = 0,00513 * 2700 * 5$$

$$V = 69,26 m^3$$

c) Área superficial

$$A_s = \frac{V}{C}$$

Dónde:

A_s = área superficial m^2

C = calado (m)

El valor del calado es de 1,2 m

$$A_s = \frac{69,26 m^3}{1,2 m}$$

$$A_s = 57,71m^2$$

d) Relación, largo – ancho

Ancho

$$b = \sqrt{\frac{A_s}{r}}$$

Dónde:

b= Ancho (m)

As= Área superficial m^2

r = relación, largo – ancho (m)

$$b = \sqrt{\frac{57,71m^2}{3}}$$

$$b = 4,39 m \approx 5 m$$

Largo

$$L = \frac{A_s}{b}$$

Dónde:

L = longitud (m)

b = ancho (m)

$A_S = \text{área superficial (m}^2\text{)}$

$$L = \frac{57,71\text{m}^2}{4,39\text{ m}}$$

$$L = 13,15\text{ m} \approx 14\text{ m}$$

En la tabla 47 se presenta los resultados del diseño del desarenador.

Tabla 47.

Resultado para el diseño del desarenador.

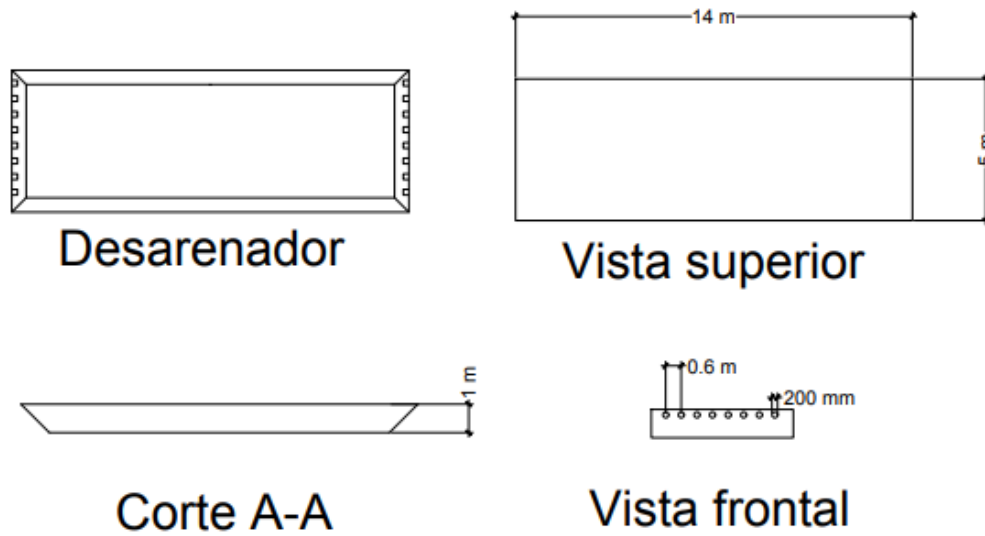
Parámetros	Resultados	Unidades
Tiempo de sedimentación		
45 min	0,09	ml
60 min	0,12	ml
Volumen del desarenador	69,26	m ³
Área superficial	57,71	m ²
Relación, largo ancho	3	
Ancho	4,39 \approx 5	m
Longitud	13,15 \approx 14	m
Profundidad	1	m

Nota. Elaborado por Guerrero y Heredia, 2021

En la figura se especifica los cortes y vistas diseñadas en base a la tabla de resultados.

Figura. 19

Vistas y cortes del diseño del desarenador.



Nota. Vistas del desarenador propuesto para el sistema de tratamiento del agua residual. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

4.6.5. Vertedero dosificador del coagulante

Datos:

- $Q_d = 0,00513 \text{ (m}^3/\text{s)}$
- $B = 0,25 \text{ m}$
- $P = 0,20 \text{ m}$

a) Altura de agua sobre el vertedero

$$H = \left(\frac{Q_d}{1,84 * B} \right)^{\frac{1}{1,5}}$$

$$H = \left(\frac{0,00513}{1,84 * 0,25} \right)^{\frac{1}{1,5}}$$

$$H = 0,05 \text{ m} \approx 5 \text{ cm}$$

b) Primera condición

$$P \geq 2 * H$$

Dónde:

H = Altura de agua sobre el vertedero (m)

$$P \geq 2 * 0,05$$

$$P \geq 0,1$$

$$0,20 \text{ m} \geq 0,1 \text{ m}$$

Sí cumple

c) Caudal unitario

$$q = \frac{Q_d}{B}$$

$$q = \frac{0,00513}{0,25}$$

$$q = 0,02052 \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{m}}$$

d) Altura crítica

$$H_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Dónde:

q = caudal unitario (m^3/s)/m

g = gravedad terrestre m/s^2

$$Hc = \sqrt[3]{\frac{(0,02052)^2}{9,81}}$$

$$Hc = 0,035 \text{ m} \approx 3,5 \text{ cm}$$

e) Segunda condición

$$\frac{P}{Hc} > 3$$

Dónde:

P = base (m)

Hc = altura crítica (m)

$$\frac{0,20}{0,035} > 3$$

$$5,71 > 3$$

Sí cumple.

f) Calado contraído antes del resalto hidráulico

$$h1 = \frac{\sqrt[2]{2} * Hc}{1,06 + \sqrt[2]{\frac{P}{Hc}} + 1,5}$$

Dónde:

Hc = altura crítica (m)

P/Hc = segunda condición

$$h_1 = \frac{\sqrt[2]{2} * 0,035}{1,06 + \sqrt[2]{5,71 + 1,5}}$$

$$h_1 = 0,013 \text{ m} \approx 1,3 \text{ cm}$$

g) Velocidad en el que se forma el calado contraído

$$V_1 = \frac{q}{h_1}$$

Dónde:

q = caudal unitario (m³/s)/m

h₁ = calado contraído antes del resalto hidráulico (m)

$$V_1 = \frac{0,02052}{0,013}$$

$$V_1 = 1,578 \text{ m/s}$$

h) Número de Froude en el punto en que se forma el calado contraído

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt[2]{g * h_1}}$$

Dónde:

V₁ = velocidad en el que se forma el calado contraído (m/s)

g = gravedad terrestre (m/s^2)

h_1 = calado contraído antes del resalto hidráulico (m)

$$Fr_1 = \frac{1,578}{\sqrt[3]{9,81 * 0,013}}$$

$$Fr_1 = 4,5$$

Para un resalto hidráulico estable debe estar en rangos inferiores a 9.

i) Calado conjugado

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \left(\sqrt[2]{1 + 8 * (Fr_1)^2} - 1 \right)$$

Dónde:

h_1 = calado contraído antes del resalto hidráulico (m)

Fr_1 = número de Froude en el punto en que se forma el calado contraído

$$h_2 = \frac{0,013}{2} \left(\sqrt[2]{1 + 8 * (4,5)^2} - 1 \right)$$

$$h_2 = 0,08 \text{ m}$$

j) Velocidad final del resalto hidráulico

$$V_2 = \frac{q}{h_2}$$

Dónde:

q = caudal unitario (m^3/s)/m

$h_2 =$ calado conjugado (m)

$$V_2 = \frac{0,02052}{0,08}$$

$$V_2 = 0,25 \text{ m/s}$$

k) Velocidad media en el resalto hidráulico

$$V_m = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n}{n_v}$$

Dónde:

$V_1 =$ velocidad en el que se forma el calado contraído (m/s)

$V_2 =$ velocidad final del resalto hidráulico (m/s)

$n_v =$ número de velocidades

$$V_m = \frac{1,578 + 0,25}{2}$$

$$V_m = 0,91 \text{ m/s}$$

l) Longitud del resalto hidráulico

$$L = 6,9 (h_2 - h_1)$$

Dónde:

$h_1 =$ calado contraído antes del resalto hidráulico (m)

$h_2 =$ calado conjugado (m)

$$L = 6,9 (0,08 - 0,013)$$

$$L = 0,50 \text{ m}$$

m) Tiempo de resalto hidráulico

$$t = \frac{L}{V_m}$$

Dónde:

L = longitud del resalto hidráulico (m)

V_m = velocidad media en el resalto hidráulico (m/s)

$$t = \frac{0,50}{0,91}$$

$$t = 0,54 \text{ segundos}$$

n) Pérdida de energía en el resalto

$$hp = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4 * h_2 * h_1}$$

Dónde:

h₁ = calado contraído antes del resalto hidráulico (m)

h₂ = calado conjugado (m)

$$hp = \frac{(0,08 - 0,013)^3}{4 * 0,08 * 0,013}$$

$$hp = 0,0722 \text{ m}$$

o) Gradiente de velocidad

$$G = \sqrt{\frac{\gamma * hp}{\mu * t}}$$

Dónde:

γ = constante (9891 N/m³)

hp = pérdida de energía en el resalto

μ = constante (1,1*10⁻³ N*s/m²)

t = tiempo del resalto hidráulico (s)

$$G = \sqrt{\frac{9891 * 0,0722}{1,1 * 10^{-3} * 0,54}}$$

$$G = 1096$$

p) Grada de salida

$$Gs = \frac{h_2}{6}$$

Dónde:

h₂ = calado conjugado (m)

$$Gs = \frac{0,08}{6}$$

$$Gs = 0,015 \text{ m} \approx 1,5 \text{ cm}$$

q) Resultados para la colocación del coagulante

$$Lm = 1,45 * P^{0,54} * Hc^{0,46}$$

Dónde:

Hc = altura crítica

$$Lm = 1,45 * 0,20^{0,54} * 0,035^{0,46}$$

$$Lm = 0,13 \text{ m}$$

En la tabla 48 se presenta los resultados del diseño del vertedero dosificador de coagulante.

Tabla 48.

Resultado del vertedero dosificador de coagulante.

Parámetros	Resultados	Unidades
Altura de agua sobre el vertedero	5	cm
Caudal unitario	0,02052	m ³ /s/m
Altura crítica	3,5	cm
Calado contraído antes del resalto hidráulico	1,3	cm
Velocidad en el que se forma el calado contraído	1,578	m/s
Número de Froude en el punto en que se forma el calado contraído	4,5	-
Calado conjugado	0,08	m
Velocidad final del resalto hidráulico	0,25	m/s
Longitud del resalto hidráulico	0,50	m
Tiempo de resalto hidráulico	0,54	s
Pérdida de energía en el resalto	0,0722	m

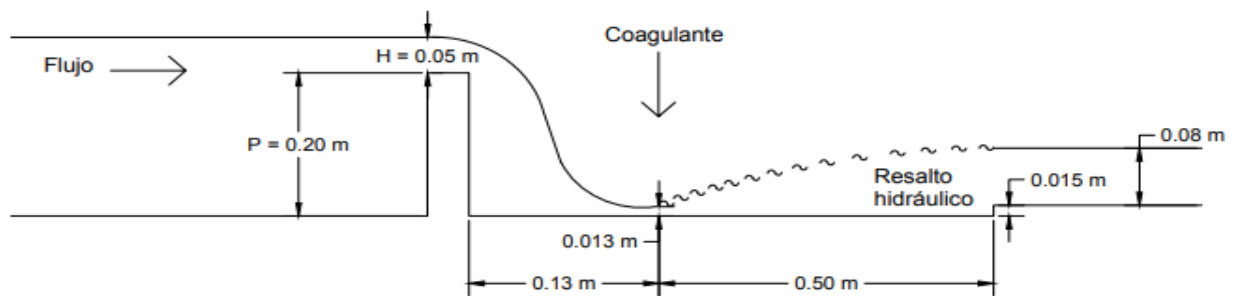
Parámetros	Resultados	Unidades
Gradiente de velocidad	1096	-
Grada de salida	1,5	m

Nota. Elaborado por Guerrero y Heredia, 2021

En la figura se especifica los cortes y vistas diseñadas en base a la tabla de resultados.

Figura. 20

Diseño del vertedero dosificador de coagulante.

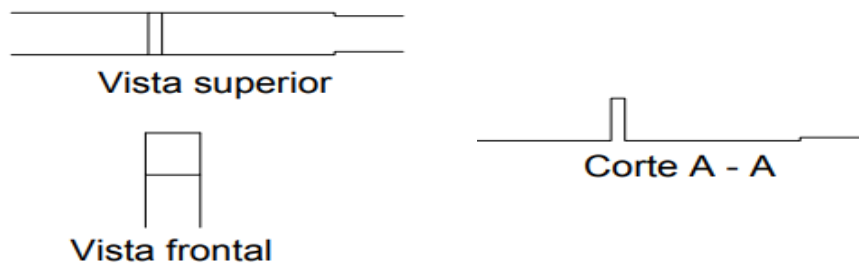


Nota. Vista del vertedero dosificador del coagulante, propuesto para el sistema de tratamiento del agua residual.

Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

Figura. 21

Vista de diseño del vertedero dosificador de coagulante.



Nota. Vista del vertedero dosificador del coagulante, propuesto para el sistema de tratamiento del agua residual.

Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

4.6.6. Floculador hidráulico

El tiempo y la velocidad referencial son de 20 minutos y 20 rpm respectivamente.

a) Longitud total recorrida por el agua

$$L = v * t$$

Dónde:

v = Velocidad (m/s)

t = tiempo de retención (s)

$$L = 0,20 \text{ m/s} * 1200\text{s}$$

$$L = 240 \text{ m}$$

b) Volumen a mezclar

$$V = Q_d * t$$

$$V = 0,00513 \text{ m}^3/\text{s} * 1200\text{s}$$

$$V = 6,16 \text{ m}^3$$

c) Área transversal del canal entre baffles

$$A_t = \frac{Q_d}{V}$$

$$A_t = \frac{0,00513 \text{ m}^3/\text{s}}{0,20 \text{ m/s}}$$

$$A_t = 0,026 \text{ m}^2$$

d) Profundidad del agua en los canales

El factor de seguridad de 1 para un ancho de 0,25 m.

$$d = \frac{A_t}{a} * f_s$$

Dónde:

a = ancho (m)

f_s = factor de seguridad

A_t = Área transversal del canal entre baffles

$$d = \frac{0,026 \text{ m}^2}{0,25} * 1$$

$$d = 0,11 \text{ m}$$

e) Espacio entre el tabique y la pared del tanque

$$e = 1.5 * a$$

Dónde:

a = ancho (m)

$$e = 1.5 * 0,25$$

$$e = 0,38 \text{ m}$$

f) Longitud efectiva útil del canal

Se considera un ancho de 5 m.

$$l = b - e$$

Dónde:

b = ancho del floclador (m)

e = espacio entre el tabique y la pared del tanque

$$l = 5 - 0,38m$$

$$l = 4,62 m$$

g) Número de canales

$$N = \frac{L}{l}$$

Dónde:

L = longitud total

l = longitud efectiva

$$N = \frac{240 m}{4,62 m}$$

$$N = 51,95 \approx 52 \text{ canales}$$

h) Longitud total de la cámara de floclación

Para el espesor de la lámina se establece un ancho de 0,03 m.

$$L_T = N * a + (N - 1) * b$$

Dónde:

N = número de canales

a = ancho (m)

b = ancho del floclador (m)

$$L_T = 52 * 0,25 + (52 - 1) * 0,03$$

$$L_T = 14,53 \text{ m}$$

i) Radio hidráulico

$$R_h = \frac{A_t}{2(d) + a}$$

Dónde:

A_t = Área transversal del canal entre bafles

d = profundidad del agua

a = ancho (m)

$$R_h = \frac{0,026 \text{ m}^2}{2(0,11\text{m}) + 0,25}$$

$$R_h = 0,055 \text{ m}$$

j) Pérdida por fricción

Las pérdidas de fricción ocurren a lo largo del canal la cual se obtiene de la ecuación de Manning.

$$h_f = \frac{(n * V)^2 * L}{R^{4/3}}$$

Dónde:

n= coeficiente de fricción (0,013 concreto simple)

V = velocidad

L = longitud total recorrida por el agua

R = radio hidráulico

$$h_f = \frac{(0,013 * 0,20)^2 * 240m}{0,05^{4/3}}$$

$$h_f = 0,088 m$$

k) Pérdida adicional

La constante k tiene un rango de 2 a 4.

$$h = \frac{k(N - 1)V^2}{2g}$$

Dónde:

k = constante empírica

N = número de canales

V = velocidad

g = gravedad

$$h = \frac{3(52 - 1)0,20^2}{2(9,8)}$$

$$h = 0,31 \text{ m}$$

1) Pérdidas totales

$$H = h_f + h$$

Dónde:

h_f = pérdida por fricción

h = pérdida adicional

$$H = 0,088 \text{ m} + 0,31 \text{ m}$$

$$H = 0,40 \text{ m}$$

En la tabla 49 se presenta los resultados del diseño del floculador hidráulico.

Tabla 49.

Resultados del floculador hidráulico.

Parámetros	Resultados	Unidades
Longitud total recorrida por el agua	240	m
Volumen	6,16	m ³

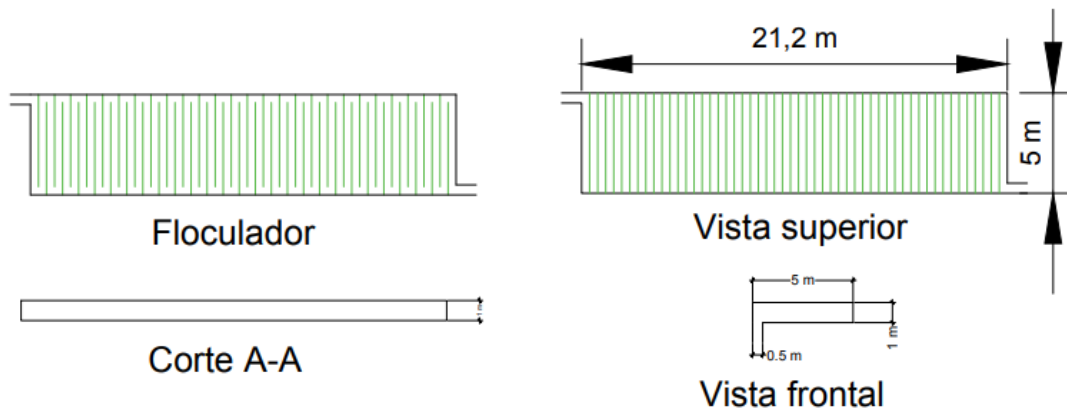
Parámetros	Resultados	Unidades
Área transversal del canal entre baffles	0,026	m ²
Profundidad del agua en los canales	0,11	m
Espacio entre el tabique y la pared del tanque	0,38	m
Longitud efectiva útil del canal	4,62	m
Número de canales	52	canales
Longitud total de la cámara de floculación	14,53	m
Radio hidráulico	0,055	m
Pérdida por fricción	0,088	m
Pérdidas totales	0,40	m

Nota. Elaborado por Guerrero y Heredia, 2021

En la figura se especifica los cortes y vistas diseñadas en base a la tabla de resultados.

Figura. 22

Vistas y cortes del diseño del floculador hidráulico.



Nota. Vista del floculador hidráulico propuesto para el sistema de tratamiento del agua residual. Elaborado por:

Guerrero y Heredia, 2021.

4.6.7. Sedimentador

a) Tiempo de sedimentación

El tiempo es establecido y analizado en la prueba de jarras cuyo valor es de 10 minutos.

b) Volumen

$$V = Q_d * t$$

$$V = 0,00513 \frac{m^3}{s} * 600s * 5$$

$$V = 15,39 m^3$$

c) Área superficial

El valor del calado es de 1,2m.

$$A_s = \frac{V}{P}$$

Dónde:

V = volumen (m³)

P = valor del calado

$$A_s = \frac{15,39}{1,2}$$

$$A_s = 12,83 m^2$$

d) Relación largo – ancho

Se establece una relación de profundidad en 3 m.

Ancho

$$b = \sqrt{\frac{A_s}{r}}$$

Dónde:

A_s = área superficial (m^2)

r = profundidad (m)

$$b = \sqrt{\frac{12,83m^2}{3}}$$

$$b = 2,07 \text{ m} \approx 3 \text{ m}$$

Largo

$$L = \frac{A_s}{b}$$

Dónde:

A_s = área superficial (m^2)

b = ancho (m)

$$L = \frac{12,83m^2}{2,07 \text{ m}}$$

$$L = 6,20 \text{ m} \approx 7 \text{ m}$$

En la tabla 50 se presenta los resultados del diseño del sedimentador.

Tabla 50.

Resultados del sedimentador.

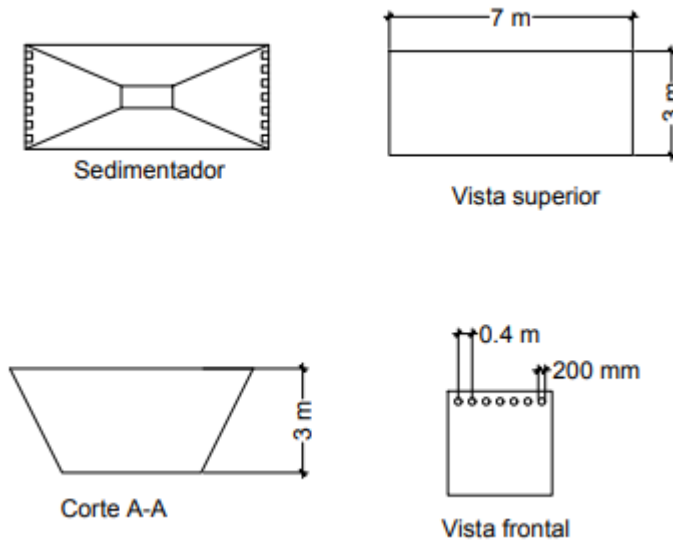
Parámetros	Resultados	Unidades
Tiempo de sedimentación	10	min
Volumen	15,39	m ³
Relación largo - ancho	3	m
Ancho	3	m
Largo	7	m

Nota. Elaborado por Guerrero y Heredia, 2021

En la figura se especifica los cortes y vistas diseñadas en base a la tabla de resultados.

Figura. 23

Vistas y cortes del diseño del sedimentador.



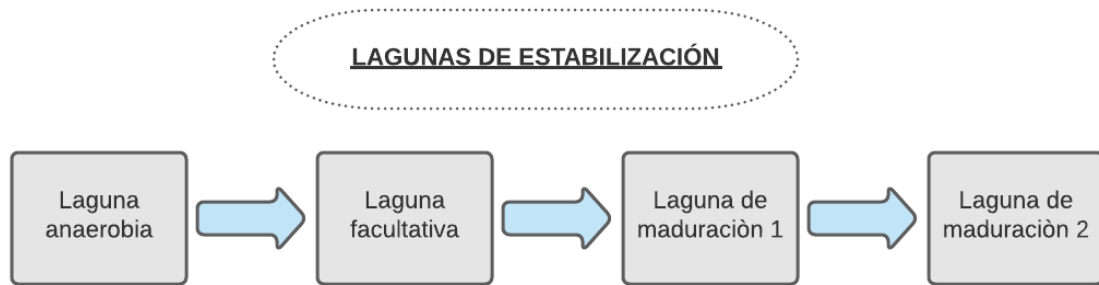
Nota. Vista del sedimentador propuesto para el sistema de tratamiento del agua residual. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

Tratamiento biológico

En el índice de biodegradabilidad se determina mediante la DQO que corresponde a un valor de 319 mg/L y la DBO₅ un valor de 212 mg/L, cuya relación es de 1,5047 que pertenece al índice de 1,5 lo cual establece que la materia orgánica es muy degradable, para lo cual el tratamiento adecuado son las lagunas de estabilización.

Figura. 24

Diagrama de bloques de las lagunas de estabilización.



Nota. Procesos del tratamiento biológico mediante lagunas de estabilización. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

4.6.8. Laguna anaerobia

Datos:

- Número de habitantes futuros: 5541
- Dotación: 100 L/hab/día
- Temperatura promedio: 12,4°C
- Concentración de DBO₅: 212 mg/L

- Coliformes fecales: 22×10^5 NMP/100 ml
- Evaporación: 3,86 mm/día
- En lagunas anaerobias relación largo – ancho: 2
- En lagunas facultativas relación largo – ancho: 3

a) Carga orgánica

$$C.O. = \frac{Q_d * DBO_5}{1000}$$

Dónde:

C.O. = carga orgánica (Kg)

Q_d = caudal de diseño ($m^3/día$)

DBO_5 = concentración de la DBO en la entrada (mg/L)

1000 = factor de conversión

$$C.O. = \frac{443,23 * 212}{1000}$$

$$C.O. = 93,96 \text{ Kg}$$

b) Carga Orgánica Volumétrica

$$\lambda_v = 20T - 100$$

Dónde:

T = temperatura promedio

$$\lambda_v = 20(12,4) - 100$$

$$\lambda_v = 148 \text{ gr DBO}_5/\text{m}^3 \cdot \text{día}$$

c) Remoción de DBO₅

$$\lambda_v = 2T + 20$$

Dónde:

T = temperatura promedio

$$\lambda_v = 2(12,4) + 20$$

$$\lambda_v = 44,8 \text{ \% DBO}_5 \text{ removido}$$

d) Volumen de la laguna

$$V = \frac{DBO_5 * Q_d}{\lambda_v}$$

Dónde:

V = volumen (m³)

DBO₅ = concentración de la materia orgánica a la entrada (mg/L)

Q_d = caudal de diseño (m³/día)

λ_v = carga orgánica volumétrica (gDBO₅/m³*día)

$$V = \frac{212 * 443,23}{148}$$

$$V = 634,90 \text{ m}^3$$

e) Área de la laguna

Se considera una profundidad de 5 m según lo establecido en Cortez, Treviño y Tomasini, (2017).

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

Dónde:

Z = profundidad (m)

V = volumen (m³)

$$A = \frac{634,90}{5}$$

$$A = 126,98 \text{ m}^2$$

➤ Determinación de largo y ancho de la laguna

Ancho:

$$2x * x = 126,98 \text{ m}^2$$

$$x = \sqrt{\frac{126,98}{2}}$$

$$x = 7,97 \text{ m} \approx 8 \text{ m}.$$

Longitud:

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

Dónde:

A = área de la laguna (m²)

x = ancho de la laguna (m)

$$L = \frac{126,98}{7,97}$$

$$L = 15,93 \text{ m} \approx 16 \text{ m}$$

Ancho = 8 m

Largo = 16 m

f) Tiempo de retención hidráulico.

$$t_R = \frac{V}{Q_d}$$

Dónde:

t_R = tiempo de retención hidráulico (días)

V = volumen (m³)

Q_d = caudal de diseño (m³/día)

Datos de remoción de DBO₅ en lagunas anaerobias:

$$t_R = \frac{634,90}{443,23}$$

$$t_R = 1,43 \text{ días}$$

Tabla 51.

Datos de remoción de DBO₅ en lagunas anaerobias.

Tiempo de retención (días)	DBO ₅ removida (%)
0,12	20
0,40	30
0,71	35
1,30	40
2,40	45
4,70	50
9,40	55

Nota: Valores referenciales para interpolación en relación al tiempo de retención con el porcentaje de remoción de la DBO₅. Tomado del libro Dimensionamiento para lagunas de estabilización. Fuente: Cortez, Treviño Tomasini, (2017). Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021

Interpolación

1,30 40

1,43 x

2,40 45

$$\frac{x - 40}{1,43 - 1,30} = \frac{45 - 40}{2,40 - 1,30}$$

$$\% \text{ Remoción DBO}_5 = 40,59 \%$$

g) Concentración de la DBO₅ en el efluente de la laguna.

$$DBO_{5_efluente} = (100\% - \%DBO_{removido}) * DBO_5$$

$$DBO_{5_efluente} = (100\% - 40,59\%) * 212$$

$$DBO_{5_efluente} = \left(\frac{59,41}{100}\right) * 212$$

$$DBO_{5_efluente} = 125,95 \text{ mg/L}$$

h) Gasto en el efluente corregido por evaporación.

$$Q_{EV} = Q_d - 0,001 * A * Ev$$

Dónde:

Q_{EV} = gasto en el efluente ($m^3/día$)

Q_d = caudal de diseño ($m^3/día$)

A = área de la laguna (m^2)

Ev = evaporación ($mm/día$)

$$Q_{EV} = 443,23 - 0,001 * 126,98 * 3,86$$

$$Q_{EV} = 442,74 \text{ m}^3/día$$

i) Remoción de coliformes fecales.

$$K_t(d^{-1}) = 2,6(1,19)^{T-20}$$

Dónde:

K_t = constante global de decaimiento (d^{-1})

T = temperatura ($^{\circ}C$)

$$K_t = 2,6(1,19)^{12,4-20}$$

$$K_t = 0,6931 d^{-1}$$

j) Coliformes fecales en el efluente de la laguna

$$N_e = \frac{N_o}{1 + K_t * t_R}$$

Dónde:

N_e = coliformes fecales en la salida (NMP/100ml)

N_o = coliformes fecales en la entrada (NMP/100ml)

t_R = tiempo de retención hidráulico (días)

K_t = constante

$$N_e = \frac{2200000}{1 + 0,6931 * 1,43}$$

$$N_e = 1104898,57 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$$

k) DBO₅ corregida por evaporación.

$$DBO_{5_corregida} = \frac{DBO_{5_efluente} * Q_d}{Q_{EV}}$$

Dónde:

$DBO_{5_corregida}$ = DBO₅ corregida por evaporación (mg/L)

$DBO_{5_efluente}$ = Concentración de la DBO_5 en el efluente de la laguna (mg/L)

Q_{EV} = gasto en el efluente ($m^3/día$)

Q_d = caudal de diseño ($m^3/día$)

$$DBO_{5_corregida} = \frac{125,95 * 443,23}{442,74}$$

$$DBO_{5_corregida} = 126,09 \text{ mg/L}$$

l) Coliformes fecales corregidos por evaporación.

$$N_{EV} = \frac{N_e * Q_d}{Q_{EV}}$$

Dónde:

N_{EV} = Coliformes fecales corregidos por evaporación (NMP/100ml)

N_e = coliformes fecales en la salida (NMP/100ml)

Q_{EV} = gasto en el efluente ($m^3/día$)

Q_d = caudal de diseño ($m^3/día$)

$$N_{EV} = \frac{1104898,57 * 443,23}{442,74}$$

$$N_{EV} = 1106121,41 \text{ NMP/100 ml}$$

En la tabla 52 se presenta los resultados del diseño de la laguna anaerobia.

Tabla 52.*Resultado para el diseño de la laguna anaerobia.*

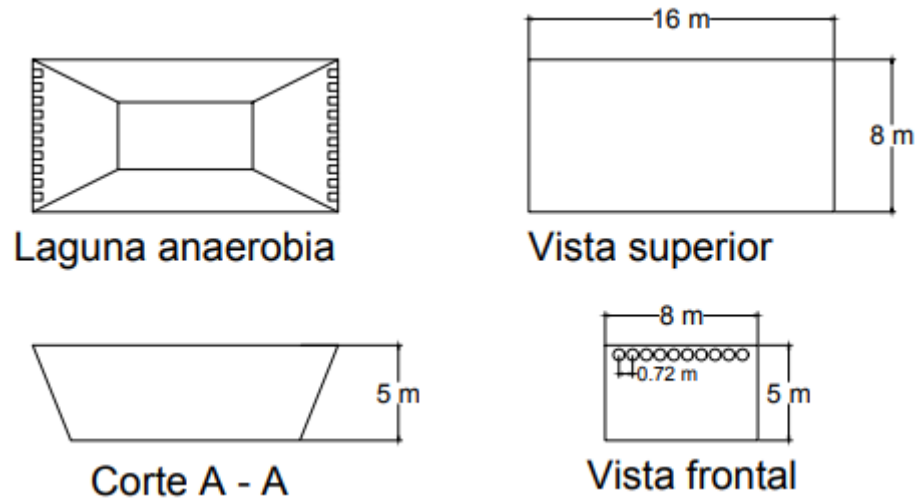
Parámetros	Resultados	Unidades
Caudal de agua servidas	443,23	m ³ /día
Carga orgánica	93,96	Kg
Carga orgánica volumétrica	148	gDBO ₅ /m ³ *día
Remoción de DBO5	44,8	%
Volumen	634,90	m ³
Área	126,98	m ²
Ancho	7,97 ≈ 8	m
Longitud	15,87 ≈ 16	m
Profundidad	5	m
Tiempo de retención hidráulico	1,43	día
Porcentaje de remoción por interpolación	40,59	%
Concentración de la DBO5 en el efluente de la laguna	125,95	mg/L
Gasto en el efluente corregido por evaporación	442,74	m ³ /día
Remoción de coliformes fecales	0,6931	d ⁻¹
Coliformes fecales en el efluente de la laguna	1104898,57	NMP/100 ml
DBO5 corregida por evaporación	126,09	mg/L
Coliformes fecales corregidos por evaporación	1106121,41	NMP/100 ml

Nota. Elaborado por Guerrero y Heredia, 2021

En la figura se especifica los cortes y vistas diseñadas en base a la tabla de resultados.

Figura. 25

Vistas y cortes del diseño de la laguna anaerobia.



Nota. Vista de la laguna anaerobia propuesta para el sistema de tratamiento del agua residual. Elaborado por:

Guerrero y Heredia, 2021.

4.6.9. Laguna facultativa

Datos:

- Caudal del efluente: 442,74 m³/día
- DBO₅ del efluente: 126,09 mg/L
- Coliformes fecales: 1106121,41 NMP/ 100 ml
- Temperatura: 12,4 °C
- Evaporación: 3,86 mm/día

a) Carga orgánica

$$C.O. = \frac{Q_{EV} * DBO_{5_corregido}}{1000}$$

Dónde:

C.O. = carga orgánica (Kg)

Q_{EV} = caudal de aguas servidas en laguna facultativa ($m^3/día$)

$DBO_{5_corregido}$ = concentración de la DBO en la entrada de laguna facultativa (mg/L)

1000 = factor de conversión

$$C.O. = \frac{442,74 * 126,09}{1000}$$

$$C.O. = 55,83 \text{ Kg}$$

b) Carga superficial

$$\lambda_v = 20T - 100$$

Dónde:

T = temperatura promedio

$$\lambda_v = 20(12,4) - 100$$

$$\lambda_v = 148 \text{ gr } DBO_5/m^3 * día$$

c) Área de la laguna facultativa

$$A = \frac{10 * DBO_{5_efluente} * Q_{EV}}{\lambda_v}$$

Dónde:

Q_{EV} = caudal de aguas servidas en laguna facultativa ($m^3/día$)

$DBO_{5_corregido}$ = concentración de la DBO en la entrada de laguna facultativa (mg/L)

λ_v = carga orgánica volumétrica (gDBO5/ $m^3*día$)

$$A = \frac{10 * 126,09 * 442,74}{148}$$

$$A = 3771,97 m^2$$

d) Volumen de la laguna

$Z = 1,5 m$

$$V = A * Z$$

Dónde:

A = área (m^2)

Z = profundidad asumida (m)

$$V = 3771,97 * 1,5$$

$$V = 5657,96 m^3$$

e) Tiempo de retención

$$t_R = \frac{V}{Q_{EV}}$$

Dónde:

V = volumen (m³)

Q_{EV} = caudal de aguas servidas en laguna facultativa (m³/día)

$$t_R = \frac{5657,96}{442,74}$$

$$t_R = 12,78 \text{ días} \approx 13 \text{ días}$$

f) Dimensiones de la laguna: relación largo-ancho

Para evitar zonas muertas utilizamos una relación largo-ancho de r = 3 y para el talud 2:1.

Ancho:

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

Dónde:

A = área (m²)

r = factor de relación largo - ancho (m)

$$B = \sqrt{\frac{3771,97}{3}}$$

$$B = 35,46 \text{ m} \approx 36 \text{ m}$$

Longitud:

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

$$L = \frac{3771,97}{35,46}$$

$$L = 106,37 \text{ m} \approx 107 \text{ m}$$

g) Gasto en el efluente corregido por evaporación

$$Q_{EV_corregido} = Q_{EV} - 0,001 * A * Ev$$

Dónde:

$Q_{EV_corregido}$ = efluente corregido por evaporación ($m^3/día$)

Q_{EV} = caudal de aguas servidas en laguna facultativa ($m^3/día$)

A = área (m^2)

Ev = evaporación (mm/día)

$$Q_{EV_corregido} = 442,74 - 0,001 * 3771,97 * 3,86$$

$$Q_{EV_corregido} = 428,18 \text{ m}^3/día$$

h) Remoción de coliformes fecales

$$x = \frac{L}{B}$$

Dónde:

L = longitud de la laguna facultativa (m)

B = ancho de la laguna facultativa (m)

$$x = \frac{106,37}{35,46}$$

$$x = 3$$

➤ **Coefficiente de dispersión**

$$d = \frac{x}{-0,26118 + 0,25392x + 1,0136x^2}$$

Dónde:

x = remoción de coliformes fecales

$$d = \frac{3}{-0,26118 + 0,25392(3) + 1,0136(3)^2}$$

$$d = 0,3118$$

➤ **Coefficiente de reducción bacteriana.**

$$K_b = 0,841(1,075)^{T-20}$$

Dónde:

T = temperatura promedio

$$K_b = 0,841(1,075)^{12,4-20}$$

$$K_b = 0,4854 \text{ días}^{-1}$$

➤ **Constante “a”**

$$a = \sqrt{1 + 4 * K_b * t_R * d}$$

Dónde:

K_b = coeficiente de reducción bacteriana

t_R = tiempo de retención hidráulico (d)

d = coeficiente de dispersión

$$a = \sqrt{1 + 4 * 0,4854 * 12,78 * 0,3118}$$

$$a = 2,9558$$

i) Coliformes fecales en el efluente de la laguna facultativa.

$$\frac{N_f}{N_o} = \frac{4 * a * e^{(1 - \frac{a}{2*d})}}{(1 + a)^2}$$

Dónde:

a = constante

d = coeficiente de dispersión

$$\frac{N_f}{N_o} = \frac{4 * 2,9558 * e^{(1 - \frac{2,9558}{2*0,3118})}}{(1 + 2,9558)^2}$$

$$\frac{N_f}{N_o} = 0,01795$$

Coliformes fecales en el efluente:

$$N_{efluente} = \frac{N_f}{N_o} * \text{coliformes fecales}$$

Dónde:

N_f/N_o = Coliformes fecales en el efluente de la laguna facultativa

$$N_{efluente} = 0,01795 * 1106121,41$$

$$N_{efluente} = 19854,88 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$$

j) Coliformes fecales corregidos por evaporación

$$N_{e_corregido} = \frac{N_{efluente} * Q_{EV}}{Q_{EV_corregido}}$$

Dónde:

$N_{efluente}$ = Coliformes fecales en el efluente NMP/100 ml

$Q_{EV_corregido}$ = efluente corregido por evaporación (m³/día)

Q_{EV} = caudal de aguas servidas en laguna facultativa (m³/día)

$$N_{e_corregido} = \frac{19854,88 * 442,74}{428,18}$$

$$N_{e_corregido} = 20530,032 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$$

k) **Concentración de la DBO₅ en el efluente de la laguna y constantes para lagunas facultativas.**

$$K_f = \frac{K_{f35}}{(1,085)^{35-T}}$$

$$K_f = \frac{1,2}{(1,085)^{35-12,4}}$$

$$K_f = 0,1899 \text{ d}^{-1}$$

l) **Concentración de DBO₅ en el efluente**

$$DBO_{5_efluente} = \frac{DBO_{5_corregido}}{K_f * t_R + 1}$$

Dónde:

DBO_{5_corregida} = DBO₅ corregida por evaporación (mg/L)

K_f = constantes para lagunas facultativas

t_R = tiempo de retención hidráulico (d)

$$DBO_{5_efluente} = \frac{126,09}{0,1899 * 12,78 + 1}$$

$$DBO_{5_efluente} = 36,79 \text{ mg/L}$$

m) **Eficiencia de remoción de la DBO₅**

$$\% = \frac{(DBO_{5_corregido} - DBO_{5_efluente})}{DBO_{5_corregido}} * 100$$

Dónde:

$DBO_{5_efluente}$ = concentración de DBO_5 en el efluente (mg/L)

$DBO_{5_corregida}$ = DBO_5 corregida por evaporación (mg/L)

$$\% = \frac{(126,09 - 36,79)}{126,09} * 100$$

$$\% = 70,82$$

n) DBO_5 corregida por evaporación.

$$DBO_{5_corregida} = \frac{Q_{EV} * DBO_{5_efluente}}{Q_{EV_corregido}}$$

Dónde:

$DBO_{5_efluente}$ = concentración de DBO_5 en el efluente (mg/L)

$Q_{EV_corregido}$ = efluente corregido por evaporación (m³/día)

Q_{EV} = caudal de aguas servidas en laguna facultativa (m³/día)

$$DBO_{5_corregida} = \frac{442,74 * 36,79}{428,18}$$

$$DBO_{5_corregida} = 38,04mg/L$$

En la tabla 53 se presenta los resultados del diseño de la laguna facultativa.

Tabla 53.*Resultado para el diseño de la laguna facultativa.*

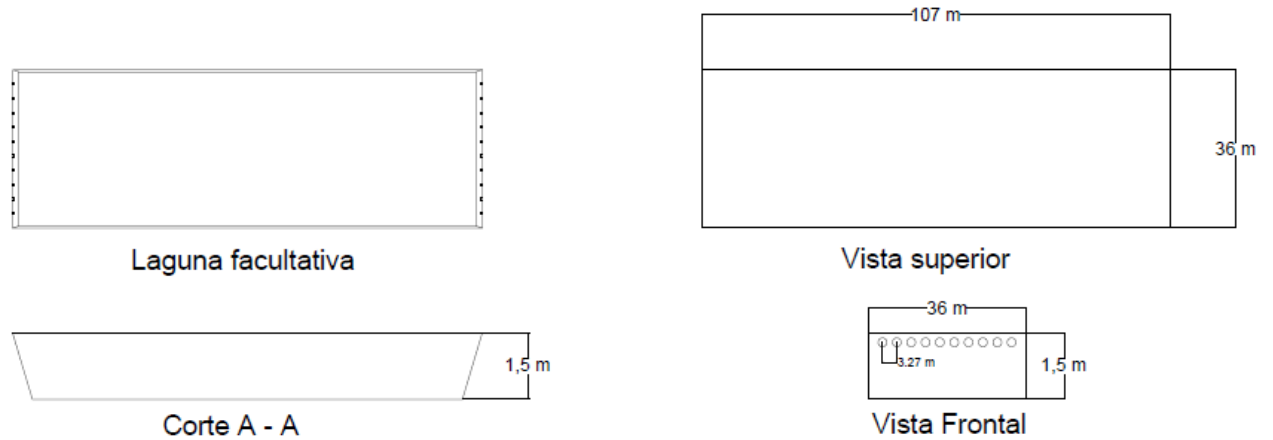
Parámetros	Resultados	Unidades
Carga orgánica	55,83	Kg
Carga superficial	148	gDBO ₅ /m ³ *día
Área	3771,97	m ²
Volumen	5657,96	m ³
Tiempo de retención hidráulico	12,78 ≈ 13	día
Ancho	35,46 ≈ 36	m
Longitud	106,37 ≈ 107	m
Profundidad	1,5	m
Gasto en el efluente corregido por evaporación	428,18	m ³ /día
Parámetros	Resultados	Unidades
Remoción de coliformes fecales	3	---
Coefficiente de dispersión	0,3118	---
Coefficiente de reducción bacteriana	0,4854	d ⁻¹
Constante "a"	2,9558	---
Coliformes fecales en el efluente de la laguna	19854,88	NMP/100 ml
Coliformes fecales corregidos por evaporación	20530,032	NMP/100 ml
Constante para lagunas facultativas	0,1899	d ⁻¹
Concentración de la DBO₅ en el efluente	36,79	mg/L
Eficiencia de remoción de la DBO₅	70,82	%
DBO₅ corregida por evaporación	38,04	mg/L

Nota. Elaborado por Guerrero y Heredia, 2021

En la figura se especifica los cortes y vistas diseñadas en base a la tabla de resultados.

Figura. 26

Vistas y cortes del diseño de la laguna facultativa.



Nota. Vista de la laguna facultativa propuesta para el sistema de tratamiento del agua residual. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

4.6.10. Primera laguna de maduración

Datos:

- Caudal efluente: 428,18 m³/día
- Coliformes fecales: 20530,032 NMP/100 ml
- DBO₅ = 38,04 mg/L
- Tiempo de retención = 5 días (asumido)
- Ancho sugerido = 15 m

a) Volumen de la laguna.

$$V = Q_{efluente} * t_R$$

Dónde:

Q_{efluente} = caudal de ingreso a laguna de maduración 1 ($\text{m}^3/\text{día}$)

t_R = tiempo de retención hidráulico asumido (d)

$$V = 428,18 * 5$$

$$V = 2140,9 \text{ m}^3$$

b) Área de la laguna

$$Z = 2 \text{ m}$$

Dónde:

V = volumen (m^3)

Z = profundidad sugerida (m)

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

$$A = \frac{2140,9}{2}$$

$$A = 1070,45 \text{ m}^2$$

c) Longitud de la laguna

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

Dónde:

B = ancho de la laguna de maduración asumido (m)

$$L = \frac{1070,45}{15}$$

$$L = 71,36 \text{ m} \approx 72 \text{ m}$$

d) Relación Largo - Ancho

$$X = \frac{\text{Largo}}{\text{Ancho}}$$

Dónde:

L = longitud de la laguna de maduración 1 (m)

$$X = \frac{71,36}{15}$$

$$X = 4,76$$

e) Coeficiente de dispersión

$$d = \frac{x}{-0,26118 + 0,25392 x + 1,0136 x^2}$$

Dónde:

x = relación largo - ancho

$$d = \frac{4,76}{-0,26118 + 0,25392 (4,76) + 1,0136 (4,76)^2}$$

$$d = 0,1991$$

- f) **Coefficiente de reducción bacteriana con la formula sugerida por Yánez en el año 1984.**

$$K_b = 0,841 (1,075)^{T-20}$$

T = temperatura promedio

$$K_b = 0,841 (1,075)^{12,4-20}$$

$$K_b = 0,4854$$

- g) **Constante “a”**

$$a = \sqrt{1 + 4 K_b * t_R * d}$$

Dónde:

K_b = coeficiente de reducción bacteriana

t_R = tiempo de retención hidráulico (d)

d = coeficiente de dispersión

$$a = \sqrt{1 + 4 (0,4854) * 5 * 0,1991}$$

$$a = 1,7126$$

- h) **Coliformes fecales en el efluente.**

$$\frac{N_f}{N_o} = \frac{4 * a * e^{(1 - \frac{a}{2 * d})}}{(1 + a)^2}$$

Dónde:

a = constante

d = coeficiente de dispersión

$$\frac{N_f}{N_o} = \frac{4 * 1,7126 * e^{(1 - \frac{1,7126}{2 * 0,1991})}}{(1 + 1,7126)^2}$$

$$\frac{N_f}{N_o} = 0,0343$$

i) Coliformes fecales en el efluente de la laguna de maduración.

$$N_e = \frac{N_f}{N_o} * \text{coliformes fecales}$$

Dónde:

N_f/N_o = Coliformes fecales en el efluente

$$N_e = 0,0343 * 20530,0321$$

$$N_e = 704,18 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$$

j) Gasto del efluente corregido por evaporación

$$Q_{\text{corregido}_{ev}} = Q_{\text{efluente}} - A * Ev * 0,001$$

Dónde:

$Q_{\text{corregido}_{ev}}$ = efluente corregido por evaporación (m³/día)

Q_{efluente} = efluente corregido por evaporación (m³/día)

A = área

Ev = evaporación

0,001 = factor de conversión

$$Q_{\text{corregido}_{ev}} = 428,18 - 1070,45 * 3,86 * 0,001$$

$$Q_{\text{corregido}_{ev}} = 424,05 \text{ m}^3/\text{día}$$

k) Coliformes fecales corregidos

$$N_{e_corregido} = \frac{N_e * Q_{\text{efluente}}}{Q_{\text{corregido}_{ev}}}$$

Dónde:

$Q_{\text{corregido}_{ev}}$ = efluente corregido por evaporación (m³/día)

Q_{efluente} = caudal de ingreso a la laguna de maduración 1 (m³/día)

N_e = coliformes fecales en el efluente de la laguna de maduración 1.

$$N_{e_corregido} = \frac{704,18 * 428,18}{424,05}$$

$$N_{e_corregido} = 711,04 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$$

l) Concentración de la DBO₅ en el efluente de la laguna y la constante para lagunas K_f.

$$K_f = \frac{1,2}{(1,085)^{35-T}}$$

T = temperatura promedio

$$K_f = \frac{1.2}{(1,085)^{35-12,4}}$$

$$K_f = 0,1899 \text{ días}^{-1}$$

m) Concentración de la DBO₅ en el efluente

$$DBO_{5_efluente} = \frac{DBO_{5_inicial}}{K_f * t_R + 1}$$

Dónde:

DBO_{5_efluente} = DBO₅ en el efluente de la laguna de maduración (mg/L)

DBO_{5_inicial} = DBO₅ inicial en la laguna de maduración (mg/L)

K_f = constante para lagunas

t_R = tiempo de retención hidráulico (d)

$$DBO_{5_efluente} = \frac{38,04}{0,1899 * 5 + 1}$$

$$DBO_{5_efluente} = 19,51 \text{ mg/L}$$

n) Eficiencia de remoción de la DBO₅

$$\% = \frac{(DBO_{5_inicial} - DBO_{5_efluente})}{DBO_{5_inicial}} * 100$$

Dónde:

$DBO_{5_efluente}$ = DBO_5 en el efluente de la laguna de maduración (mg/L)

$DBO_{5_inicial}$ = DBO_5 inicial en la laguna de maduración (mg/L)

$$\% = \frac{(38,04 - 19,51)}{38,04} * 100$$

$$\% = 48,71$$

o) DBO_5 corregida por evaporación

$$DBO_{5_corregido} = \frac{DBO_{5_efluente} * Q_{efluente}}{Q_{corregido_ev}}$$

Dónde:

$DBO_{5_corregido}$ = DBO_5 corregido por evaporación (mg/L)

$DBO_{5_efluente}$ = DBO_5 en el efluente de la laguna de maduración (mg/L)

$Q_{corregido_ev}$ = efluente corregido por evaporación ($m^3/día$)

$Q_{efluente}$ = caudal de ingreso a la laguna de maduración 1 ($m^3/día$)

$$DBO_{5_corregido} = \frac{= 19,51 * 428,18}{424,05}$$

$$DBO_{5_corregido} = 19,70 \text{ mg/L}$$

En la tabla 54 se presenta los resultados del diseño de la primera laguna de maduración.

Tabla 54.

Resultado para el diseño de la primera laguna de maduración.

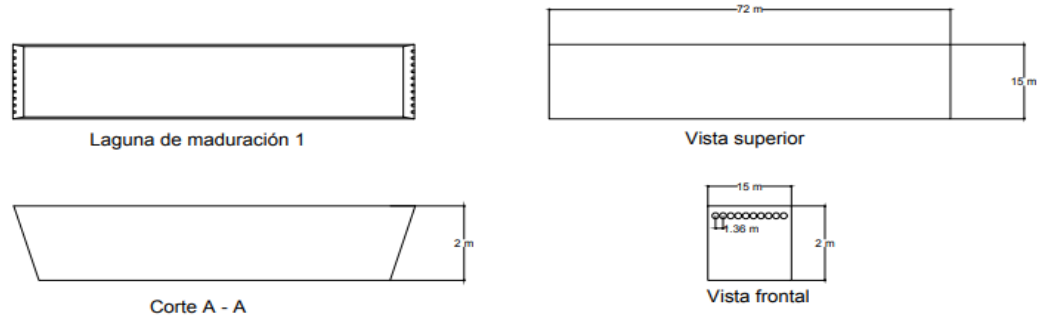
Parámetros	Resultados	Unidades
Volumen	2140,9	m ³
Área	1070,45	m ²
Ancho	15	m
Longitud	71,36 ≈ 72	m
Profundidad	2	m
Relación, largo - ancho	3	---
Coefficiente de dispersión	0,1991	---
Coefficiente de reducción bacteriana con la fórmula sugerida por (Yáñez, 1984)	0,4854	---
Constante “a”	1,7126	---
Coliformes fecales en el efluente de la laguna	704,18	NMP/100 ml
Gasto en el efluente corregido por evaporación	424,05	m ³ /día
Coliformes fecales corregidos por evaporación	711,04	NMP/100 ml
Constante para lagunas de maduración	0,1899	d ⁻¹
Concentración de la DBO5 en el efluente	19,51	mg/L
Eficiencia de remoción de la DBO5	48,71	%
DBO5 corregida por evaporación	19,70	mg/L

Nota. Elaborado por Guerrero y Heredia, 2021

En la figura se especifica los cortes y vistas diseñadas en base a la tabla de resultados.

Figura. 27

Vistas y cortes del diseño de la primera laguna de maduración.



Nota. Vista de la primera laguna de maduración propuesta para el sistema de tratamiento del agua residual.

Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

4.6.11. Segunda laguna de maduración

Datos:

- Caudal del efluente: 424,05 m³/día
- Coliformes fecales: 711,04 NMP/100 ml
- DBO₅: 19,70 mg/L
- Tiempo de retención: 5 días
- Ancho sugerido: 20 m

a) Volumen de la laguna

$$V = Q_{\text{efluente}} * t_R$$

Q_{efluente} = caudal de ingreso a laguna de maduración 2 (m³/día)

t_R = tiempo de retención hidráulico asumido (d)

$$V = 424,05 * 5$$

$$V = 2120,25 \text{ m}^3$$

b) Área de la laguna

Profundidad sugerida $Z = 1,5 \text{ m}$.

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

$$A = \frac{2120,25}{1,5}$$

$$A = 1413,5 \text{ m}^2$$

c) Longitud de la laguna

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

Dónde:

A = área (m^2)

B = ancho (m)

$$L = \frac{1413,5}{20}$$

$$L = 70,68 \text{ m} \approx 71 \text{ m}$$

d) Relación Largo - Ancho

$$X = \frac{Largo}{Ancho}$$

$$X = \frac{70,68}{20}$$

$$X = 3,53 \text{ m}$$

e) Coeficiente de dispersión

$$d = \frac{x}{-0,26118 + 0,25392 x + 1,0136 x^2}$$

Dónde:

x = relación largo - ancho

$$d = \frac{3,53}{-0,26118 + 0,25392 (3,53) + 1,0136 (3,53)^2}$$

$$d = 0,2661$$

f) Coeficiente de reducción bacteriana.

$$K_b = 0,841 (1,075)^{T-20}$$

Dónde:

T = temperatura promedio

$$K_b = 0,841 (1,075)^{12,4 - 20}$$

$$K_b = 0,4854$$

g) Constante “a”

$$a = \sqrt{1 + 4 * K_b * t_R * d}$$

Dónde:

K_b = coeficiente de reducción bacteriana

t_R = tiempo de retención hidráulico (d)

d = coeficiente de dispersión

$$a = \sqrt{1 + 4 * 0,4854 * 5 * 0,2661}$$

$$a = 1,8930$$

h) Coliformes fecales en el efluente de la 2da laguna de maduración.

$$\frac{N_f}{N_o} = \frac{4 * a * e^{(1 - \frac{a}{2 * d})}}{(1 + a)^2}$$

Dónde:

a = constante

d = coeficiente de dispersión

$$\frac{N_f}{N_o} = \frac{4 * 1,8930 * e^{(1 - \frac{1,8930}{2 * 0,2661})}}{(1 + 1,8930)^2}$$

$$\frac{N_f}{N_o} = 0.0702$$

i) Coliformes fecales

$$N_e = \frac{N_f}{N_o} * \text{coliformes fecales}$$

Dónde:

N_f/N_o = Coliformes fecales en el efluente

$$N_e = 0,0702 * 711,04$$

$$N_e = 49,92 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$$

j) Gasto del efluente corregido por evaporación

$$Q_{\text{corregido}_{ev}} = Q_{\text{efluente}} - A * Ev * 0.001$$

Dónde:

$Q_{\text{corregido}_{ev}}$ = efluente corregido por evaporación ($m^3/\text{día}$)

Q_{efluente} = efluente corregido por evaporación ($m^3/\text{día}$)

A = área de la laguna de maduración 2

Ev = evaporación

0,001 = factor de conversión

$$Q_{\text{corregido}_{ev}} = 424,05 - 1413,5 * 3,86 * 0,001$$

$$Q_{\text{corregido}_{ev}} = 418,59 \text{ m}^3/\text{día}$$

k) Coliformes fecales corregidos

$$N_{e_corregido} = \frac{N_e * Q_{efluente}}{Q_{corregido_ev}}$$

Dónde:

$Q_{corregido_ev}$ = efluente corregido por evaporación (m³/día)

$Q_{efluente}$ = caudal de ingreso a la laguna de maduración 2 (m³/día)

N_e = coliformes fecales en el efluente de la laguna de maduración 2

$$N_{e_corregido} = \frac{49,92 * 424,05}{418,59}$$

$$N_{e_corregido} = 50,57 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$$

l) Concentración de la DBO₅ en el efluente

$$K_f = \frac{K_{f35}}{(1,085)^{35-T}}$$

Dónde:

T = temperatura promedio

$$K_f = \frac{1.2}{(1,085)^{35-T}}$$

$$K_f = \frac{1.2}{(1,085)^{35-12,4}}$$

$$K_f = 0,1899$$

m) Concentración de la DBO₅ en el efluente

$$DBO_{5_efluente} = \frac{DBO_{5_inicial}}{K_f * t_R + 1}$$

Dónde:

DBO_{5_efluente} = DBO₅ en el efluente de la laguna de maduración 2 (mg/L)

DBO_{5_inicial} = DBO₅ inicial en la laguna de maduración 2 (mg/L)

K_f = constante para lagunas

t_R = tiempo de retención hidráulico (d)

$$DBO_{5_efluente} = \frac{19,70}{0,1899 * 5 + 1}$$

$$DBO_{5_efluente} = 10,11 \text{ mg/L}$$

n) Eficiencia de remoción de la DBO₅

$$\% = \frac{(DBO_{5_inicial} - DBO_{5_efluente})}{DBO_{5_inicial}} * 100$$

Dónde:

DBO_{5_efluente} = DBO₅ en el efluente de la laguna de maduración 2 (mg/L)

DBO_{5_inicial} = DBO₅ inicial en la laguna de maduración 2 (mg/L)

$$\% = \frac{(19,70 - 10,11)}{19,70} * 100$$

$$\% = 48,68$$

o) DBO₅ corregido por evaporación

$$DBO_{5_corregido} = \frac{DBO_{5_efluente} * Q_{efluente}}{Q_{corregido_ev}}$$

Dónde:

DBO_{5_corregido} = DBO₅ corregido por evaporación (mg/L)

DBO_{5_efluente} = DBO₅ en el efluente de la laguna de maduración (mg/L)

Q_{corregido_ev} = efluente corregido por evaporación (m³/día)

Q_{efluente} = caudal de ingreso a la laguna de maduración 2 (m³/día)

$$DBO_{5_corregido} = \frac{10,11 * 424,05}{418,59}$$

$$DBO_{5_corregido} = 10,24 \text{ mg/L} < 30 \text{ mg/L}$$

En la tabla 55, se presenta los resultados del diseño de la segunda laguna de maduración.

Tabla 55.

Resultado para el diseño de la segunda laguna de maduración.

Parámetros	Resultados	Unidades
Volumen	2120,25	m ³
Área	1413,5	m ²
Ancho	20	m
Longitud	70,68 ≈ 71	m
Profundidad	1,5	m

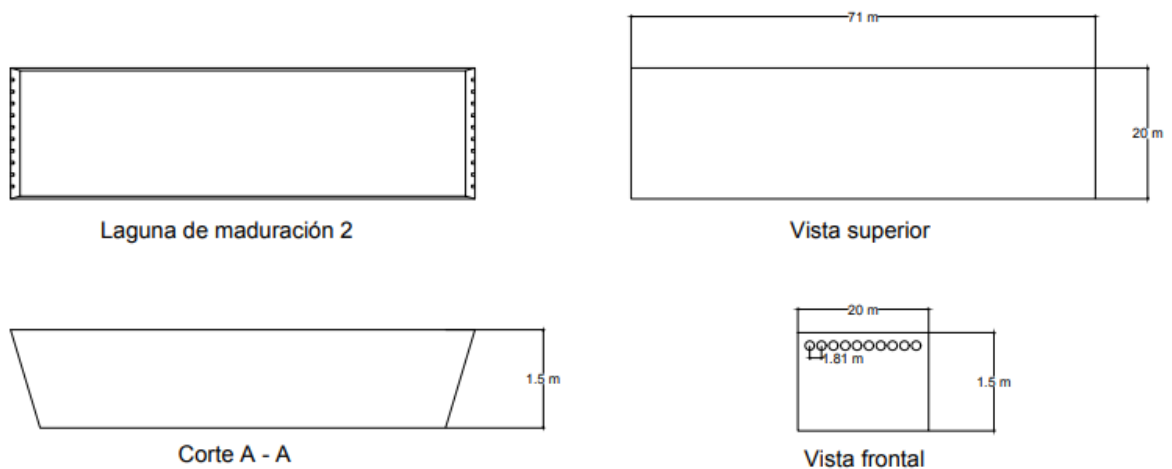
Parámetros	Resultados	Unidades
Relación, largo - ancho	3,53	---
Coefficiente de dispersión	0,2611	---
Coefficiente de reducción bacteriana	0,4854	---
Constante "a"	1,8930	---
Coliformes fecales en el efluente de la laguna	49,92	NMP/100 ml
Gasto en el efluente corregido por evaporación	418,59	m ³ /día
Coliformes fecales corregidos por evaporación	50,57	NMP/100 ml
Constante para lagunas de maduración	0,1899	d ⁻¹
Concentración de la DBO5 en el efluente	10,11	mg/L
Eficiencia de remoción de la DBO5	48,68	%
DBO5 corregida por evaporación	10,24	mg/L

Nota. Elaborado por Guerrero y Heredia, 2021

En la figura se especifica los cortes y vistas diseñadas en base a la tabla de resultados.

Figura. 28

Vistas y cortes del diseño de la segunda laguna de maduración.



Nota. Vista de la segunda laguna de maduración propuesta para el sistema de tratamiento del agua residual.

Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

Disposición de lodos

Se destina un espacio para el almacenamiento de lodos con un área de 600 m², para lo cual acorde al funcionamiento se efectuará el contacto con un gestor encargado del transporte y disposición final de los lodos.

El procedimiento es realizar la entrega de los lodos a un gestor ambiental calificado por la Autoridad Ambiental, en lo cual se llevará un registro de generación y entrega trimestral, así como también un registro de mantenimiento y limpieza de la planta de tratamiento, este proceso de mantendrá el tiempo de duración de la PTAR.

4.6.12. Resultado final del tratamiento físico- químico y biológico

Después del tratamiento se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 56.

Condiciones del agua residual después del tratamiento.

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible	Condiciones con tratamiento	Observaciones
Coliformes fecales	NMP/100 ml	2000,0	50,57	Cumple
DBO₅	mg/l	100,0	7,86	Cumple
DQO	mg/l	200,0	10,24	Cumple

Nota. Comparación de resultados entre el límite máximo permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce presentado en la tabla 8 y los valores obtenidos después del tratamiento propuesto. Fuente: Ministerio del Ambiente y del Agua, (2015), pp. 21, 22. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

El presente estudio permitió determinar los parámetros cuantitativos y cualitativos del agua residual provenientes de la población de Uyumbicho, dando como resultado los datos presentados en la tabla 56; y con el fin de dar cumplimiento a los parámetros que se presenta en la legislación

ambiental ecuatoriana para descargas a cuerpos de agua dulce, se propone este sistema de tratamiento para la depuración del agua residual mediante lagunas de estabilización.

Este proyecto tiene como finalidad preservar el entorno ambiental por un tiempo de durabilidad de 25 años, tiempo de vida útil establecido al sistema de tratamiento de aguas residuales para la población de Uyumbicho.

Los resultados obtenidos demuestran que el tratamiento que se desea implementar cumple con los requerimientos necesarios para la depuración del agua residual a ser tratada.

Este sistema ayudará a cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en el acuerdo ministerial 097 A, como se detalla en la tabla comparativa anterior, beneficiando de esta manera a las comunidades que se encuentran aguas abajo del río San Pedro, y de igual forma, al cuerpo hídrico receptor ya mencionado.

La eficiencia de la depuración del agua residual en lagunas de estabilización depende ampliamente de las condiciones climáticas de la zona, temperatura, radiación solar, frecuencia y fuerza de los vientos, y factores que afectan directamente a la biología del sistema. La eliminación de la materia orgánica en las lagunas de estabilización es el resultado de una serie compleja de procesos físicos, químicos y biológicos. Romero, (1999).

4.7. Estudio de sostenibilidad

4.7.1. Análisis económico y técnico

Para el diseño de la PTAR es necesario realizar el análisis de costos para las fases de construcción y operación de la misma, el cual incluye el costo por metro cúbico para lo cual se

manejan valores referenciales de la cámara de la industria de construcción el cual es efectuado en base al volumen del proyecto; además teniendo en cuenta que la zona del proyecto sugerida cuenta con un área de aproximada de 2 ha, la cual pertenece al estado ecuatoriano.

Figura. 29

Mapa de ubicación de la zona del proyecto en la parroquia de Uyumbicho, cantón Mejía.



Nota. Ubicación de la zona donde se podría ejecutar el proyecto en la parroquia de Uyumbicho. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

Costo de construcción

El costo de construcción parte desde el diseño del canal de entrada, diseño de criba, desarenador, floculador, vertedero dosificador de coagulante, sedimentador, laguna anaerobia, laguna facultativa y 2 lagunas de maduración, además comprende el área administrativa, bodegas, guardianía y parqueaderos.

Tabla 57.

Determinación de costos de construcción.

Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO REFERENCIAL	CANTIDAD	TOTAL
TRABAJOS DE CAMPO					
1	Limpieza de terreno	m2	\$ 1,24	8700	\$ 10.788,00
2	Replanteo y trazado	m2	\$ 2,13	8700	\$ 18.531,00
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
3	Excavación y desalojo	m3	\$ 7,97	7604,06	\$ 60.604,36
4	Relleno compacto con material del sitio	m3	\$ 6,63	213,9	\$ 1.418,16
HORMIGÓN PRE MEZCLADO					
5	f'c=210 Kg/cm2, Corr.Piedra 12 mm	m3	\$ 116,28	8,79	\$ 1.022,10
ACERO					
6	Malla electrosoldada \varnothing 4.5mm@15cm r106	m2	\$ 3,37	8700	\$ 29.319,00
	Rejillas de cribado de acero inoxidable	c/u	\$ 482,55	4	\$ 1.930,20

N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO REFERENCIAL	CANTIDAD
7	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 (para estructuras) r-106	kg	\$ 2,51	465,75 \$ 1.169,03
CANALIZACIÓN				
8	Excavación de zanjas a máquina de la tubería H=0-2.75 m	m3	\$ 3,56	24,57 \$ 87,47
9	Tubería PVC u/e 200 mm 1.25 MPA	m	\$ 34,46	155,9 \$ 5.372,31
10	Pozo de revisión HS, INC. Tapa HF	m	\$ 184,44	8 \$ 1.475,52
GEOTEXTIL				
11	Instalación de geomembrana Polietileno 0,5 mm	m2	\$ 5,91	5141,31 \$ 30.385,14
INFRAESTRUCTURA				
12	Construcción de área administrativa, guardianía y bodega	m2	\$ 250,00	172,55 \$ 43.137,50
TOTAL				\$205.239,79

Nota. Análisis del costo de construcción de la PTAR propuesta para el tratamiento de aguas residuales en la parroquia de Uyumbicho. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

Los costos que se le atribuyeron al diseño del sistema propuesto en la parroquia de Uyumbicho fueron tomados de la tabla de costos presentados en la cámara de construcción de Guayaquil publicado en el año de 2019.

Costo de operación y mantenimiento

El costo de operación se calcula mediante el caudal de diseño, principalmente de la dosis óptima del coagulante obtenido en la prueba de tratabilidad la cual es de 0,5 g/L a una solución del 2%, y el costo en el mercado es de 1\$/kg de sulfato de aluminio.

Por lo que la cantidad y costo diario se obtiene mediante el siguiente cálculo:

$$1L \text{ solución} \qquad 20g \text{ Coagulante}$$

$$0,005 L \qquad x$$

$$x = 0,1 g \text{ Coagulante}$$

Datos:

Caudal de Diseño (Q_d) = 443230 L/ día

\$ Coagulante = 1\$/kg

$$\text{Cantidad de coagulante diario} = Q_d * \$/kg \text{ de coagulante}$$

$$\text{Cantidad de coagulante diario} = 443230 L/ día * 0,1 g \text{ Coagulante}$$

$$\text{Cantidad de coagulante diario} = 44323 g \approx 44,323 kg$$

$$\text{Cantidad de coagulante mensual} = 44,323 kg * 30 días$$

$$\text{Cantidad de coagulante mensual} = 1329,6 kg/mes$$

$$\text{Costo diario} = \text{Cantidad de coagulante} * 1\$/kg$$

$$\text{Costo diario} = 44,323 kg * 1\$/kg$$

$$\text{Costo diario} = 44,323 \text{ \$/día}$$

$$\text{Costo mensual} = 44,323 \text{ \$} * 30 \text{ días}$$

$$\text{Costo mensual} = 1329,6 \text{ \$/mes}$$

Tabla 58.

Costo del coagulante.

COAGULANTE	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO
Sulfato de	kg/día	44,32	44,32 \\$/día
Aluminio	kg/mes	1329,6	1329,6 \\$/mes

Nota. Determinación de la cantidad y costo del coagulante a ser utilizado por día y por mes. Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

El mantenimiento en las plantas de tratamiento es importante, ya que para que todo funcione en orden se requiere de un operador y un técnico, los cuales son los encargados de mantener en condiciones normales de funcionamiento.

Tabla 59.

Costo de operación y mantenimiento.

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO REFERENCIAL (\$/MES)	TOTAL \$/MES
1	Operador	1	\$ 400,00	\$ 400,00
2	Técnico	1	\$ 700,00	\$ 700,00
Costo TOTAL de mantenimiento				\$ 1.100,00

Nota. Determinación del costo en operación y mantenimiento dentro del sistema de tratamiento propuesto.

Elaborado por: Guerrero y Heredia, 2021.

4.7.2. *Análisis social*

El objetivo del estudio es por el bienestar de los pobladores de Uyumbicho y cuidado del medio ambiente, por lo que, los actores principales se enmarcan en la socialización de inicio y finalización del proyecto que a corto, mediano o largo plazo pueda ser ejecutado.

La propuesta del diseño realizada a los directivos del GAD parroquial rural de Uyumbicho, es totalmente de interés ya que en ninguna de las 8 parroquias del Cantón Mejía cuentan con un sistema de tratamiento, por lo tanto, es un tema de gran importancia para la comunidad.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La planta de tratamiento se diseñó en base a una proyección de 25 años que corresponde hasta el 2046, para la población de la zona urbana de Uyumbicho la cual cuenta con un sistema de alcantarillado, determinando un caudal de diseño de 443,23 m³/día que corresponde a la población futura de 5541 habitantes; la viabilidad del proyecto se efectúa mediante análisis de laboratorio de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, por lo cual el diseño de tratamiento cumple con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente.

Es importante realizar el índice de biodegradabilidad ya que permite establecer el tratamiento adecuado del agua residual a tratar, mediante la relación DQO/DBO₅, con un valor de 1,5047 que se define como materia orgánica “muy degradable”, para lo cual el tratamiento adecuado son las lagunas de estabilización.

El sistema de tratamiento propone la construcción de las siguientes unidades: canal de entrada, criba, desarenador, vertedero dosificador del coagulante, floculador, sedimentador, laguna anaerobia, laguna facultativa y 2 lagunas de maduración. Además, la prueba de tratabilidad y análisis estadístico SPSS justifica como el mejor coagulante- floculante al Sulfato de Aluminio Al₂(SO₄)₃ con una dosis óptima de 0,5 g/L.

En base al estudio económico el presupuesto de construcción aproximado es de \$205239,79, el cual representa una durabilidad de 25 años de funcionamiento normal, financiado por el GAD de la Parroquia de Uyumbicho en conjunto con el Municipio del Cantón Mejía por el bienestar de la población, así como también del medio ambiente.

El proyecto técnicamente requiere una extensión aproximada de 1Ha cuya zona es apta para ser implantada. Las autoridades contribuyen y socializan con los actores principales los cuales son beneficiarios directos que fundamentalmente garantiza un ambiente sano y ecológicamente equilibrado como se encuentra establecido como un derecho en la Constitución de la República del Ecuador.

5.2. Recomendaciones

Establecer un estudio previo del terreno donde se va a ejecutar la construcción del sistema de tratamiento para aguas residuales en la parroquia de Uyumbicho, evitando en sí, el incremento del costo de construcción.

Informar mediante campañas de socialización a toda la población de Uyumbicho sobre los beneficios de contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales y a su vez los perjuicios que estos causarían al no ser depurados.

Acordar con las entidades gubernamentales de la parroquia de Uyumbicho, el establecer un control sanitario en diferentes periodos de tiempo, manteniendo un control de los parámetros analizados mediante la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos en aguas residuales futuras.

En caso de implementar el sistema de tratamiento propuesto se recomienda contratar personal calificado para que facilite el proceso de operación y mantenimiento dentro de la planta de tratamiento.

Considerar los parámetros de temperatura, crecimiento poblacional y consumo de agua en el trayecto de operación para que se puedan realizar los ajustes necesarios al sistema de tratamiento, ya que estos factores que pueden aumentar o disminuir la eficiencia de depuración.

Debido al costo excesivo del coagulante, no es recomendable implementar el tratamiento físico químico, ya que, con el tratamiento biológico de las lagunas de estabilización, se puede cumplir con los límites máximos permisibles de descarga.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Abuin, J. (23 de 4 de 2014). *Primeros pasos en SPSS*. Recuperado el 12 de 7 de 2021, de Primeros pasos en SPSS: http://humanidades.cchs.csic.es/cchs/web_UAE/tutoriales/PDF/SPSSIniciacion.pdf
- Adminmgv. (23 de 06 de 2015). *Sedimentaciòn, Tratamiento del Agua*. Recuperado el 24 de 6 de 2021, de Sedimentaciòn, Tratamiento del Agua: <https://www.tratamientodelagua.com.mx/teoria-de-sedimentacion/#:~:text=El%20dise%C3%B1o%20de%20un%20tanque%20sedimentador%20es%20basado,La%20part%C3%ADcula%20%E2%80%9Cb%E2%80%9D%20no%20sedimentara%20en%20el%20suelo.>
- Aguilar, M., Ortuño Sandoval, J., Soler, A., & Sáez, J. (2002). *Tratamiento Físico Químico de Aguas Residuales*. Murcia, España: Universidad de Murcia.
- Basám, M. (1 de 2 de 2008). *Aforadores de corriente de agua*. Recuperado el 3 de 6 de 2021, de Aforadores de corriente de agua.: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_curso_aforadores_de_agua.pdf
- Belzona. (1 de 3 de 2010). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Recuperado el 7 de 6 de 2021, de Tratamiento de Aguas Residuales: https://www.belzona.com/es/solution_maps/wastewater/money_map.pdf
- Bolinaga, J. (2015). *Drenaje Urbano*. Lima: INOS.

Cárdenas, Y. A. (16 de 4 de 2000). *TRATAMIENTO DE AGUA: COAGULACIÓN FLOCULACIÓN*. Recuperado el 16 de 5 de 2021, de TRATAMIENTO DE AGUA: COAGULACIÓN FLOCULACIÓN: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/andia.pdf>

CENTA, C. d. (6 de 7 de 2009). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas comunidades. Capítulo IV. Lagunas de estabilización*. Recuperado el 6 de 7 de 2021, de Tratamiento de aguas residuales en pequeñas comunidades. Capítulo IV. Lagunas de estabilización.: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19117/capitulo4.pdf>

Chow, V. T. (12 de 03 de 1994). *Ven Te Chow - HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS*. Recuperado el 6 de 5 de 2021, de Ven Te Chow - HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS: https://www.academia.edu/43519012/Ven_Te_Chow_HIDRAULICA_DE_CANALES_ABIERTOS

Colombia, E. y. (29 de 07 de 2011). *Floculador*. Recuperado el 5 de 5 de 2021, de Floculador: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/floculador>

Comisión Nacional del Agua. (8 de 5 de 2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Recuperado el 5 de 7 de 2021, de Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/10DisenoDeLagunasDeEstabilizacion.pdf>

Constitución del Ecuador. (13 de 5 de 2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Recuperado el 4 de 6 de 2021, de Constitución de la República del Ecuador: <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/Constitucion.pdf>

Córdova Sánchez, C. V. (2018). *DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES EN LA PARROQUIA EL ROSARIO, CANTÓN GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO*. Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Cortez, F., Treviño, A., & Tomasini, A. (2017). *Dimensionamiento de lagunas de estabilización*. Mexico: IMTA.

DIGESA. (6 de 8 de 2010). *PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS*. Recuperado el 7 de 7 de 2021, de PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS: http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf

Espigares, M., & Pérez, J. (8 de 6 de 1985). *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas*. Recuperado el 5 de 7 de 2021, de Aspectos sanitarios del estudio de las aguas: https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf

Espigares, M., & Pérez, J. (8 de 6 de 1985). *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas*. Recuperado el 5 de 7 de 2021, de Aspectos sanitarios del estudio de las aguas: https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf

Fernandez, A. (03 de 12 de 2012). *El agua: un recurso esencial*. Recuperado el 6 de 07 de 2021, de El agua: un recurso esencial: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>

GAD Municipal Cantón Mejía. (5 de 6 de 2020). *EL CONCEJO DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN MEJÍA*. Recuperado el 4 de 6 de 2021, de EL CONCEJO DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN MEJÍA:
<https://municipiodemejia.gob.ec/uploads/ordenanzas/77e66-7.-2020-09-10-ordenanza-para-la-gestion-y-manejo-de-los-desechos-sanitarios-generados-en-el-canton-mejia.pdf>

GAD Parroquial Rural de Uyumbicho. (2012). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA DE UYUMBICHO*. Uyumbicho.

GAD Parroquial Rural de Uyumbicho. (3 de 04 de 2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Uyumbicho*. Recuperado el 21 de 07 de 2021, de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Uyumbicho:
http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1768087800001_ACTUALIZACION_PDYOT_UYUMBICHO_2015_DIAGNOSTICO_30-10-2015_11-00-23.pdf

García, A. (6 de 4 de 2018). *Tipos de tratamiento de aguas residuales*. Recuperado el 4 de 6 de 2021, de Tipos de tratamiento de aguas residuales.: <https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamiento-aguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes>

Giraldo Gómez, Gloria Inés. (15 de Agosto de 1995). *Manual de análisis de aguas*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia:
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/55218/manualdeanalisisdeaguas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hermosa, J., & Herrera, N. (2018). *Diseño del emisario principal, (colector), en el barrio La Banda, parroquia de Alóag, cantón Mejía*. Issue Dotaciolnes medias futuras : Universidad Central del Ecuador .

IEOS. (1992). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*. Quito: Zamorano.

IGME, I. G. (8 de 9 de 2012). *La molécula de agua*. Recuperado el 7 de 5 de 2021, de La molécula de agua:
http://www.igme.es/zonainfantil/MateDivul/guia_didactica/pdf_carteles/cartel1/CARTEL%201_1-2.pdf

INAMHI. (2013). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de <https://www.serviciometeorologico.gob.ec/biblioteca/>

INEC. (2010). *Instituto Nacional de Estadística y Censo*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>

INNOVAMIDE. (5 de 12 de 2010). *PRUEBA "T" PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES*. Recuperado el 6 de 7 de 2021, de PRUEBA "T" PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES:
https://www.uv.es/innomide/spss/SPSS/SPSS_0701b.pdf

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2013). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/biblioteca/>

Jurado, J. C., & Vargas, E. A. (5 de 7 de 2015). *“REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN UN SISTEMA BIODISCOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS DE*

LOS EFLUENTES “LAS VÍRGENES”. Recuperado el 4 de 7 de 2021, de “REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN UN SISTEMA BIODISCOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS DE LOS EFLUENTES “LAS VÍRGENES”:
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1006/Jurado%20De%20la%20Cruz%20Juan%20Carlos%20%2b.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lalama, M. F. (3 de 6 de 2015). *PROYECTO DE PREFACTIBILIDAD DEL PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL ESCOLAR DEL GADMA, PARA LOGRAR CONCIENTIZACIÓN AMBIENTAL EN LOS NIÑOS Y NIÑAS DE LAS ESCUELAS DEL CANTÓN AMBATO*. Recuperado el 6 de 5 de 2021, de PROYECTO DE PREFACTIBILIDAD DEL PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL ESCOLAR DEL GADMA, PARA LOGRAR CONCIENTIZACIÓN AMBIENTAL EN LOS NIÑOS Y NIÑAS DE LAS ESCUELAS DEL CANTÓN AMBATO:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/12539/1/92T00072.pdf>

Lescano, N. E. (05 de 02 de 2014). *PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PARA MINIMIZAR LA CONTAMINACION DEL RIO SAN PEDRO DEL BARRIO EL ROSAL, PARROQUIA TAMBILLO, CANTON MEJIA*. Recuperado el 23 de 07 de 2021, de PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PARA MINIMIZAR LA CONTAMINACION DEL RIO SAN PEDRO DEL BARRIO EL ROSAL, PARROQUIA TAMBILLO, CANTON MEJIA: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2749/1/T-UTC-00286.pdf>

MAE. (4 de 11 de 2015). *REGISTRO OFICIAL NORMA 097-A*. Recuperado el 23 de 6 de 2021, de REGISTRO OFICIAL NORMA 097-A: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf

Maya, K. (4 de 3 de 2017). *ANÁLISIS DE LA CÁSCARA DE CACAO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIAS DE LÁCTEOS SALINERITO DE LA CIUDAD DE GUARANDA*. Recuperado el 2 de 6 de 2021, de ANÁLISIS DE LA CÁSCARA DE CACAO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGU: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27239/1/Tesis%201222%20-%20Maya%20Monar%20Karen%20Rosangela.pdf>

Ministerio del Ambiente y del Agua. (2015). *Registro Oficial 387 Año III. Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, REFORMA LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE*. Quito: Ministerio del Ambiente y del Agua.

OPS, O. P. (23 de 06 de 2005). *GUÍA PARA EL DISEÑO DE DESARENADORES Y SEDIMENTADORES*. Recuperado el 7 de mayo de 2021, de GUÍA PARA EL DISEÑO DE DESARENADORES Y SEDIMENTADORES : https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005b.%20Gu%C3%ADa%20desarenadores%20y%20sedimentadores.pdf

Ortiz Bardales, P. E. (07 de Marzo de 2014). *Fundamentos de tratamiento por lagunas*. Recuperado el 27 de 06 de 2021, de Fundamentos de tratamiento por lagunas: <https://docplayer.es/40431758-Fundamentos-de-tratamiento-por-lagunas.html>

RAS, R. t. (3 de 11 de 2000). *Sistemas de potabilización*. Recuperado el 5 de 6 de 2021, de Sistemas de potabilización: https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=16483

Remtavares. (10 de 12 de 2012). *Biodegradabilidad de efluentes resultantes del tratamiento de clorofenoles mediante hidrodecoloración catalítica*. Recuperado el 4 de 6 de 2021, de Biodegradabilidad de efluentes resultantes del tratamiento de clorofenoles mediante hidrodecoloración catalítica: <https://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2012/12/10/131836>

Ríos Jimenez, G. (12 de Junio de 2013). *Métodos para calcular la población futura*. Obtenido de Academics and Researchers: https://www.academia.edu/11852913/M%C3%89TODOS_PARA_CALCULAR_LA_POBLACION_FUTURA

Rodriguez, J. (5 de 5 de 2020). *El proceso de tratamiento de aguas residuales y eliminación de contaminantes emergentes*. Recuperado el 6 de 6 de 2021, de El proceso de tratamiento de aguas residuales y eliminación de contaminantes emergentes.: <https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamiento-aguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes>

Rodriguez, J., & Proaño, V. (05 de 10 de 2012). *DISEÑO DE CAPTACIÓN CONVENCIONAL*. Recuperado el 7 de 06 de 2021, de DISEÑO DE CAPTACIÓN CONVENCIONAL:

<https://dl-manual.com/doc/diseo-de-captacion-convencional-manual-de-ayuda-wo19g6605ez5>

Romero, J. A. (1999). *Tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización*. Mexico: Alfaomega.

Roming, S. (19 de 3 de 2020). *El agua residual puede generar beneficios para la gente, el medioambiente y las economías, según el Banco Mundial*. Recuperado el 30 de 6 de 2021, de El agua residual puede generar beneficios para la gente, el medioambiente y las economías, según el Banco Mundial.: <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/03/19/wastewater-a-resource-that-can-pay-dividends-for-people-the-environment-and-economies-says-world-bank>

Ron, A. L. (31 de 01 de 2018). *Geografía y Clima del Ecuador*. Recuperado el 7 de 8 de 2021, de Geografía y Clima del Ecuador: <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/GeografiaClima/>

Ruiz, L. (13 de 4 de 2016). *Análisis de Varianza (ANOVA): qué es y cómo se usa en estadística*. Recuperado el 5 de 6 de 2021, de Análisis de Varianza (ANOVA): qué es y cómo se usa en estadística: <https://psicologiaymente.com/cultura/analisis-de-varianza-anova>

Secretaría del Agua. (18 de Septiembre de 1992). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*. Obtenido de NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES.:

<https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/norma-co-10-7-602-poblacion-mayor-a-1000-habitantes.pdf>

SNAP, S. N. (9 de 7 de 2021). *Refugio de vida silvestre Pasochoa*. Recuperado el 5 de 8 de 2021, de Refugio de vida silvestre Pasochoa: <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/refugio-de-vida-silvestre-pasochoa>

Toasa, F. A. (8 de 4 de 2012). *VALIDACION DE LOS METODOS DE ENSAYO PARA FENOLES, TENSOACTIVOS, SOLIDOS SUSPENDIDOS Y TOTAL DE SOLIDOS DISUELTOS (TDS)*. Recuperado el 8 de 6 de 2021, de VALIDACION DE LOS METODOS DE ENSAYO PARA FENOLES, TENSOACTIVOS, SOLIDOS SUSPENDIDOS Y TOTAL DE SOLIDOS DISUELTOS (TDS).: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/894/1/T-UCE-0017-19.pdf>

Toscano, J. (2014). *DISEÑO DE LAGUNAS DE OXIDACIÓN PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN EL CAMPAMENTO EL COCA DE LA EMPRESA TRIBOILGAS*.

UB, U. B. (6 de 7 de 2018). *ANÁLISIS DE LA VARIANZA CON UN FACTOR (ANOVA)*. Recuperado el 5 de 5 de 2021, de ANÁLISIS DE LA VARIANZA CON UN FACTOR (ANOVA): http://www.ub.edu/aplica_infor/spss/cap4-7.htm

Wais, I. (5 de 6 de 2019). *Planta de tratamiento*. Recuperado el 8 de 6 de 2021, de 2008: <https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/PlantadeTrat.htm>

7. ANEXOS



Anexo. 1 Toma de muestra



Anexo. 2 Análisis de parámetros in situ



Anexo. 3 Aforo de caudal.



Anexo. 4 Socialización de apertura con las Autoridades.



Anexo. 5 Análisis en laboratorio UPS, como Imhoff

INFORME DE RESULTADOS
LABORATORIO QUÍMICO AMBIENTAL

ANÁLISIS: Físicoquímico de Muestras de Agua
MC22.1
Revisión: 11

CIU: NI R: AJ-3M

CLIENTE EMPRESA: Sr. Oliver Heredia DIRECCIÓN: NA TELÉFONO: 0979252484 SOLICITADO POR: Sr. Oliver Heredia		TIPO DE MUESTRA: Agua Residual CÓDIGO DE MUESTRA: AJ-3M CUERPO RECEPTOR: Alcantarillado LOCALIZACIÓN DEL MUESTREO: Agua de alcantarilla - Uyumbicho Mejía / Pichincha PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRAS: PEE01*			
CONDICIONES AMBIENTALES		TEM AMB (°C):	35,2		
		HUMEDAD (%):	53		
COORDENADAS EN EL PUNTO DE MUESTREO			775810333		
			99954978,532		
TECNICO RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA			Cliente		
TIPO DE TOMA DE MUESTRA (Simple/Compuesta)			Compuesta		
FECHA DE TOMA DE MUESTRA			17/05/2021		
HORA DE TOMA DE MUESTRA			07:00 - 14:00		
FECHA DE INGRESO DE MUESTRA			18/05/2021		
HORA DE INGRESO			8:30		
FECHA DE ANÁLISIS			18/05/2021 - 26/05/2021		
FECHA DE REALIZACIÓN DE INFORME			31/05/2021		
ANALISTA RESPONSABLE DE ELABORACIÓN DE INFORME			Cristofer Sanchez		
			Especial		
			AJ-3M		
PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR MAX. PERMISIBLE	MÉTODOS	± U (k=2)	
Nitratos	mg/L	NA	PEE55/ HACH 8507	26%	0,07
Coliformes Focales	Colonias/100 mL	NA	PEE47/ SM-E6-22-2017, 9222 D	9%	2,9x10 ⁶
Coliformes Totales	Colonias/100 mL	NA	PEE49/ SM-E6-22-2017, 9222 B	4%	1,6x10 ⁷
Demanda Biológica de Oxígeno (5 días)	mg/L	250,0	PEE11/ SM-E6-23-2017, 5210 D	21%	98
Fósforo Total	mg/L	15,0	PEE22/ SM-D-22, 4500P B, HACH 8190	8%	0,72
Nitratos*	mg/L	NA	PEE56/ HACH 8171	NA	12,4

** Según Anexo 1 del libro VI del TULSMA del 30 de Julio del 2015, AM 297-A, Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado

LUGAR DE REALIZACIÓN DEL ANÁLISIS:

- Los parámetros Demanda Biológica de Oxígeno 5 días, Nitratos, Nitratos, Fósforo total fueron realizados en el Laboratorio Mejía Guilo de CHAVEZSOLUTIONS
- El parámetro Coliformes focales y Coliformes totales fueron realizados en la Unidad Técnica del Coca de CHAVEZSOLUTIONS

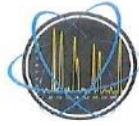


Nombre: **LUIS FERNANDO SOTO MORENO**

Dr. Luis Soto
RESPONSABLE TÉCNICO

NOTA: C= Cumple con la norma, NC=No cumple con la norma, NI= No indicado por el cliente, NA=No aplica
SM= Standard Methods, EPA=Environmental Protection Agency
PEE= Procedimiento Especifico de Ensayo U : Incertidumbre del Método

- El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo
- Prohíbe la reproducción parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio
- CHAVEZSOLUTIONS libera su responsabilidad por la información proporcionada por el cliente y por el uso que se le dará a los resultados
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE



INFORME DE RESULTADOS

INF.AFQ.14393a
Orden de Trabajo.14393a

DATOS DEL CLIENTE

Cientes:	CAROLINA GUERRERO
Dirección:	UYUMBICHO
Teléfono:	0960658080

DATOS DE LA MUESTRA

Nombre de la Muestra:	MUESTRA COMPUESTA UYUMBICHO LUNES 9, MARTES 10, MIERCOLES 11 AGOSTO 2021 7 am-17 pm,	Lote:	X
Tipo de muestra:	AGUA RESIDUAL	Fecha elaboración:	X
Muestreado por:	CLIENTE	Fecha vencimiento:	X
Color:	CARACTERISTICO	Contenido declarado:	1 litro
Olor:	CARACTERISTICO	Contenido encontrado:	1 litro
Estado:	LIQUIDO	Fecha de recepción:	2021-08-12
		Hora de recepción:	11:39:41
		Fecha análisis:	13 al 19 de Agosto del 2021
		Fecha entrega:	2021-08-20

RESULTADOS FISICOQUIMICOS

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	METODO DE ANALISIS INTERNO	METODO DE ANALISIS DE REFERENCIA	INCERTIDUMBRE
*©DBO5	195	mg/l	PA-FQ-73	SM 5210 D	---
*©NITRITOS,	< 0,039	mg/l	PA-FQ-139	SM 4500-NO2 B	---
*©FOSFORO,	4,33	mg/l	PA-FQ-298	HACH 8048	---
*©DQO	310	mg/l	PA-FQ-78	HACH 8000	----
*©NITRATOS	14,43	mg/l	PA-FQ-137	SM 4500-NO3 B	-----

Nota 1: La información de datos del cliente y de la muestra que afecte a la validez de resultados es proporcionada y exclusiva del cliente.


Nota 2: Sin la aprobación escrita del Laboratorio no se debe reproducir el informe, excepto cuando se reproducen en su totalidad.

Nota 3: "©", Resultado proporcionado por Laboratorio AQLAB, con acreditación, N° SAE LEN 14-009.

Nota 4: Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Nota 5: El resultado se refiere únicamente a la muestra recibida o tomada por laboratorio, Ecuachemlab Cía. Ltda., se responsabiliza exclusivamente de los análisis


Dra. Sandra Morales
JEFE AREA FISICO QUIMICO


Dr. Bladimir Acosta
GERENTE GENERAL

Pasaje S/N y Simón Bolívar, Puente 9, Urbanización Armenia 1
Valle de Los Chillos - Quito - Ecuador
Telf: 6007470, 0983192976 / email: ecuachemlab@gmail.com



INFORME DE RESULTADOS

INF.AMB.14392a
Orden de Trabajo.14392a

DATOS DEL CLIENTE

Clientes:	CAROLINA GUERRERO
Dirección:	UYUMBICHO
Teléfono:	0960658080

DATOS DE LA MUESTRA

Nombre de la Muestra:	MUESTRA COMPUESTA UYUMBICHO LUNES 9, MARTES 10, MIERCOLES 11 AGOSTO 2021 7 am-17 pm	Lote:	X
Tipo de muestra:	AGUA RESIDUAL	Fecha elaboración:	X
Muestreado por:	CLIENTE	Fecha vencimiento:	X
Color:	CARACTERISTICO	Contenido declarado:	1L
Olor:	CARACTERISTICO	Contenido encontrado:	1L
Estado:	LÍQUIDO	Fecha de recepción:	2021-08-12
		Hora de recepción:	11:33:31
		Fecha análisis:	2021-08-12
		Fecha entrega:	2021-08-16

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	METODO DE ANALISIS INTERNO	METODO DE ANALISIS DE REFERENCIA	INCERTIDUMBRE
*RECUENTO COLIFORMES FECALES AGUA	14 x 10 ⁵	UFC/100ml	PA-NB-15	SM 9222 D	---

Nota 1: La información de datos del cliente y de la muestra que afecte a la validez de resultados es proporcionada y exclusiva del cliente.

Nota 2: Sin la aprobación escrita del Laboratorio no se debe reproducir el informe, excepto cuando se reproducen en su totalidad.

Nota 3: Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Nota 4: El resultado se refiere únicamente a la muestra recibida o tomada por laboratorio, Ecuachemlab Cía. Ltda., se responsabiliza exclusivamente de los análisis.

Quim. Alim. Karla Alvarez
JEFE AREA MICROBIOLOGIA

Dr. Bladimir Acosta
GERENTE GENERAL





INFORME DE RESULTADOS

INF.AFQ.14419a
Orden de Trabajo.14419a

DATOS DEL CLIENTE

Clientes:	CAROLINA GUERRERO
Dirección:	UYUMBICHO
Teléfono:	0960658080

DATOS DE LA MUESTRA

Nombre de la Muestra:	MUESTRA COMPUESTA UYUMBICHO JUEVES 19, VIERNES 20, SABADO 21, AGOSTO 2021 7 am-17 pm,	Lote:	X
Tipo de muestra:	AGUA RESIDUAL	Fecha elaboración:	X
Muestreado por:	CLIENTE	Fecha vencimiento:	X
Color:	CARACTERISTICO	Contenido declarado:	1 litro
Olor:	CARACTERISTICO	Contenido encontrado:	1 litro
Estado:	LIQUIDO	Fecha de recepción:	2021-08-23
		Hora de recepción:	09:23:17
		Fecha análisis:	23 al 30 de Agosto del 2021
		Fecha entrega:	2021-08-31

RESULTADOS FISICOQUIMICOS

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	METODO DE ANALISIS INTERNO	METODO DE ANALISIS DE REFERENCIA	INCERTIDUMBRE
*ⓄDBO5	212	mg/l	PA-FQ-73	SM 5210 D	---
*ⓄNITRITOS,	< 0,09	mg/l	PA-FQ-139	SM 4500-NO2 B	---
*ⓄFOSFORO,	2,73	mg/l	PA-FQ-298	HACH 8048	---
*ⓄDQO	319	mg/l	PA-FQ-78	HACH 8000	----
*ⓄNITRATOS	15,13	mg/l	PA-FQ-137	SM 4500-NO3 B	-----

Nota 1: La información de datos del cliente y de la muestra que afecte a la validez de resultados es proporcionada y exclusiva del cliente.

Nota 2: Sin la aprobación escrita del Laboratorio no se debe reproducir el informe, excepto cuando se reproducen en su totalidad.

Nota 3: *Ⓞ, Resultado proporcionado por Laboratorio AQLAB, con acreditación, N° SAE LEN 14-009.

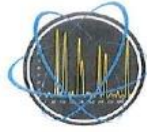
Nota 4: Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Nota 5: El resultado se refiere únicamente a la muestra recibida o tomada por laboratorio, Ecuachemlab Cía. Ltda., se responsabiliza exclusivamente de los análisis


Dra. Sandra Morales
JEFE AREA FISICO QUIMICO


Dr. Bladimir Acosta
GERENTE GENERAL

Pasaje S/N y Simón Bolívar, Puente 9, Urbanización Armenia 1
Valle de Los Chillos - Quito - Ecuador
Telf: 6007470, 0983192976 / email: ecuachemlab@gmail.com



INFORME DE RESULTADOS

INF.AFQ.14418a
Orden de Trabajo.14418a

DATOS DEL CLIENTE

Cientes:	CAROLINA GUERRERO
Dirección:	UYUMBICHO
Teléfono:	0960658080

DATOS DE LA MUESTRA

Nombre de la Muestra:	MUESTRA COMPUESTA UYUMBICHO JUEVES 19, VIERNES 20, SABADO 21, AGOSTO 2021 7 am-17 pm,	Lote:	X
		Fecha elaboración:	X
Tipo de muestra:	AGUA RESIDUAL	Fecha vencimiento:	X
Muestreado por:	CLIENTE	Contenido declarado:	1 litro
Color:	CARACTERISTICO	Contenido encontrado:	1 litro
Olor:	CARACTERISTICO	Fecha de recepción:	2021-08-23
		Hora de recepción:	09:23:17
Estado:	LIQUIDO	Fecha análisis:	2021-08-23
		Fecha entrega:	2021-08-27

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	METODO DE ANALISIS INTERNO	METODO DE ANALISIS DE REFERENCIA	INCERTIDUMBRE
*RECUENTO COLIFORMES FECALES AGUA	22 x 10 ⁵	UFC/100ml	PA-MB-15	SM 9222 D	-----

Nota 1: La información de datos del cliente y de la muestra que afecte a la validez de resultados es proporcionada y exclusiva del cliente.

Nota 2: Sin la aprobación escrita del Laboratorio no se debe reproducir el informe, excepto cuando se reproducen en su totalidad.

Nota 3: "©", Resultado proporcionado por Laboratorio AQLAB, con acreditación, N° SAE LEN 14-009.

Nota 4: Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Nota 5: El resultado se refiere únicamente a la muestra recibida o tomada por laboratorio, Ecuachemlab Cía. Ltda., se responsabiliza exclusivamente de los análisis

Quím. Alim. Karla Alvarez
JEFE ÁREA MICROBIOLOGÍA

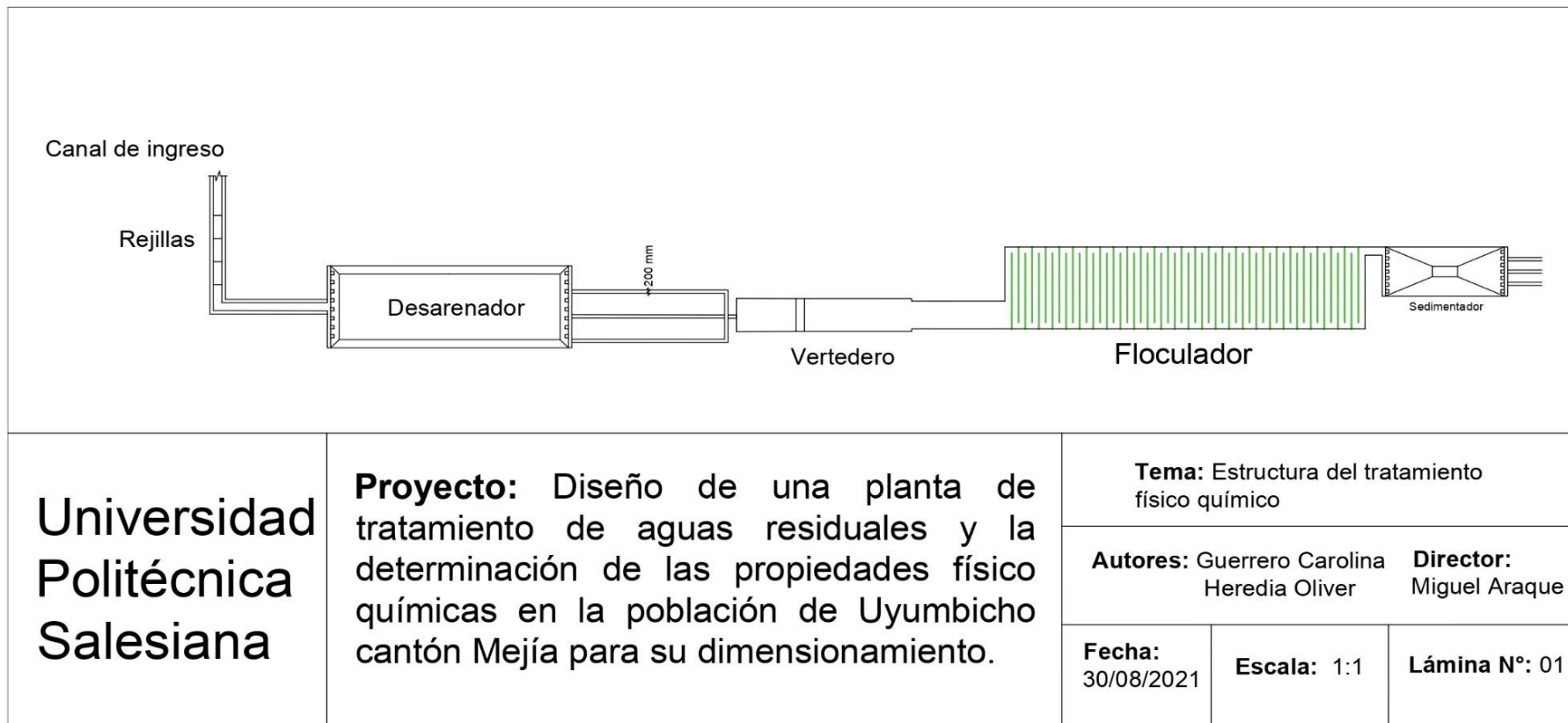
Dr. Bladimir Acosta
GERENTE GENERAL



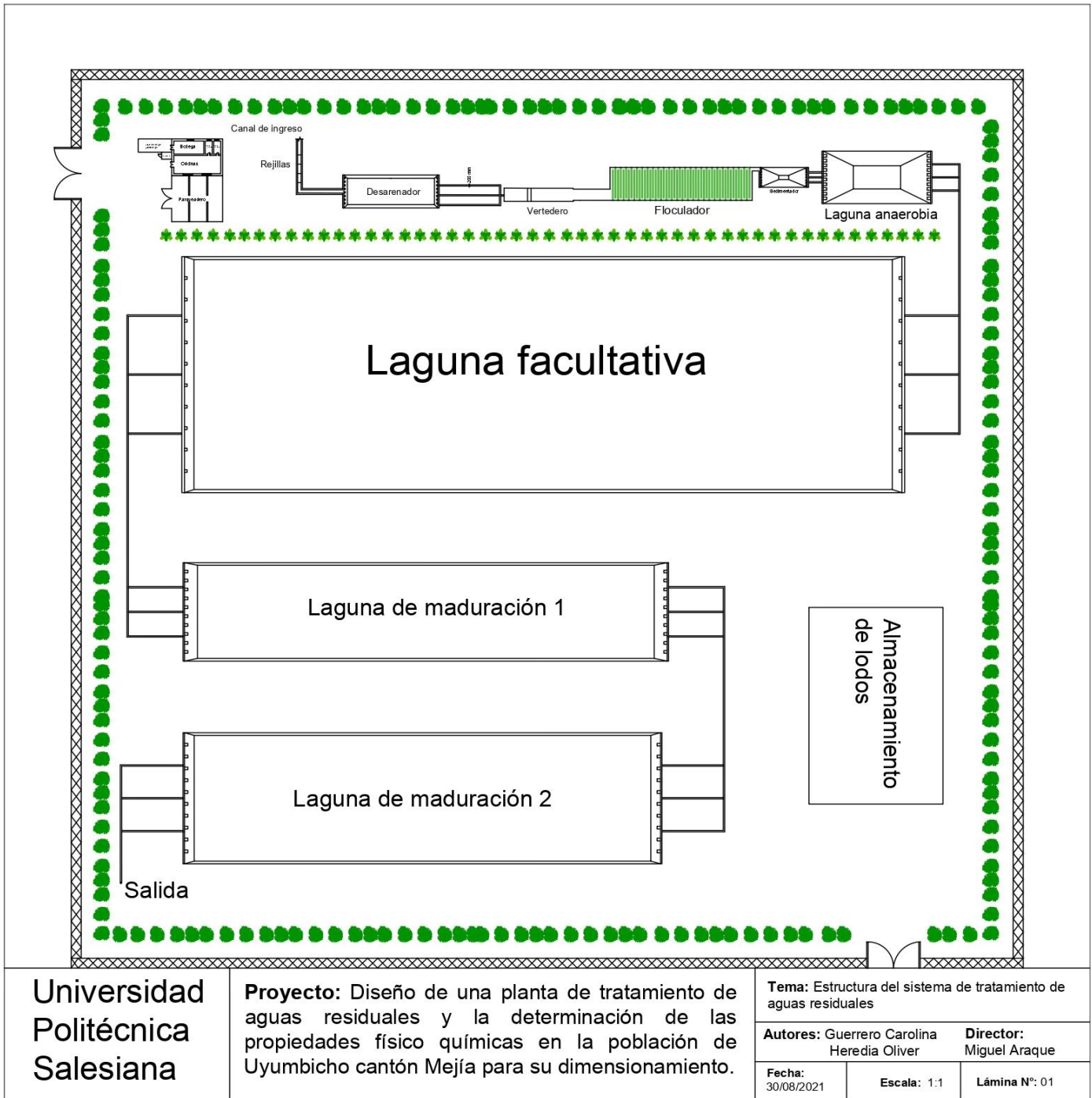
Anexo. 11 Análisis de prueba de jarras en laboratorio UPS.



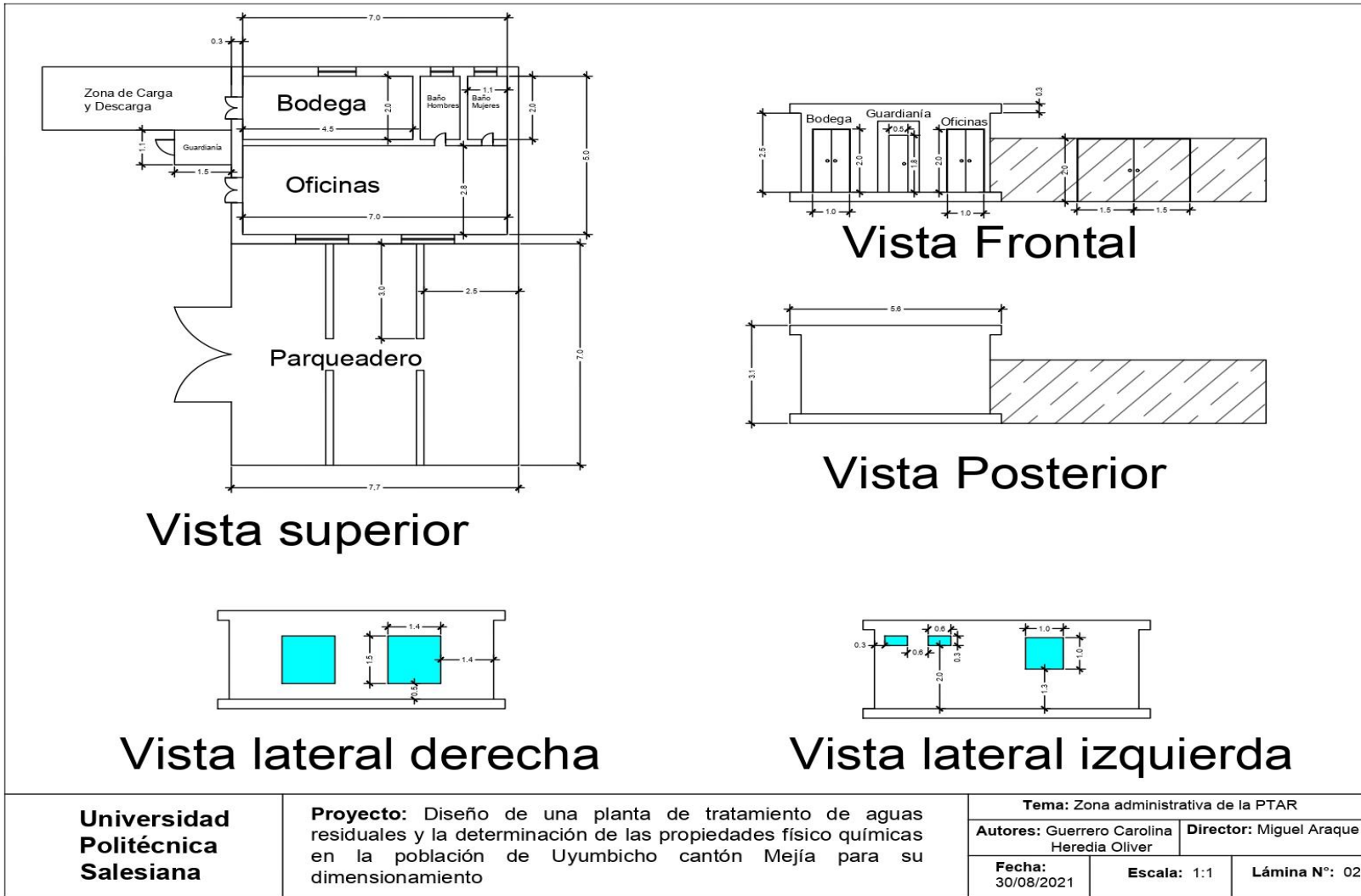
Anexo. 12 Análisis de DQO en laboratorio UPS.



Anexo. 13 Estructura del sistema de tratamiento físico - químico.



Anexo. 14 Estructura del sistema de tratamiento de aguas residuales.



Anexo. 15 Estructura de área administrativa.



Anexo. 16 Socialización final con las Autoridades.